



Gestión de Activos en los Edificios de Casas Fiscales

Ministerio De Defensa Nacional.

Luz Dary Peñuela Suán

**Universidad Antonio Nariño
Maestría Gestión De La Infraestructura
Proyecto de investigación 2022**

Gestión de Activos en los Edificios de Casas Fiscales

Ministerio De Defensa Nacional.

Luz Dary Peñuela Suán

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Gestión de la Infraestructura

Director:

Ingeniero Edison Osorio Bustamante

Matías Andrés Valenzuela Saavedra

Línea de Investigación:

Infraestructura Sostenible

Universidad Antonio Nariño

Maestría Gestión de la Infraestructura

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado
_____, Cumple con los
requisitos para optar
Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ciudad, Día Mes Año

Dedicatoria

A mi pequeña Ana María Ipaz Peñuela por brindarme su apoyo, comprender y ceder su tiempo permitiéndome seguir adelante con mis sueños y propósitos.

A todas las personas que aportaron las ideas, tiempo, conocimiento, bibliografía y ayuda para cumplir con este objetivo.

Agradecimientos

Agradezco a Dios y a la virgen María, a mi familia en especial a mi hija, mi esposo y mis padres por su apoyo incondicional en cada paso de mi vida laboral y académica y permitir alcanzar las metas propuesta.

Contenido

Lista de tablas	7
Capítulo I	9
1.1 Introducción	9
1.2 Objetivos	12
Capitulo II	14
2.1 Marco Teórico.....	14
2.1.1. Evolución de la Gestión de Activos Físicos	14
2.1.2 Gestión de activos	16
2.1.3 Normativa	18
2.2 Estado del Conocimiento	19
2.3 Metodología	28
Capitulo III.....	30
3.1 Resultados	30
3.2 Estrategias y Recomendaciones	96
3.3 Conclusiones	100
Anexos.	109
Anexo 1 Hoja de cálculo gestión del activo.	109

Lista de Figuras

Figura 1 Medicion de la Satisfaccion de los Usuarios	10
Figura 2 Evolución de la gestión de activos	15
Figura 3 Principios gestión de activos	17
Figura 4 Evolución de las investigaciones.....	19
Figura 5 Red de visualización Mapa bibliométrico.	20
Figura 6 Análisis de número de palabras claves por grupo.	21
Figura 7 Mapa bibliométrico de densidad.	25
Figura 8 Metodología de la gestion de activos	30
Figura 9 Conservación preventiva	49
Figura 10 Tasa de rentabilidad.....	52
Figura 11 Índice de valorización.....	53
Figura 12 m2 de demolicion	53
Figura 13 Etapas del ciclo de vida de un edificio	57
Figura 14 Contexto de la organización	62
Figura 15 Liderazgo en gestion de activos	62
Figura 16 Liderazgo en la gestión de activos.....	64
Figura 17 Evaluación de la falla	83
Figura 18 Estimación de la vida útil	89
Figura 19 Huella de carbono de los materiales	95

Lista de tablas

Tabla 1 Muestra la clasificación de la concurrencia de las palabras claves de acuerdo con el grupo temático.	22
Tabla 2 Artículos más citados, búsqueda Scopus.	26
Tabla 3 Relación de los artículos de gran importancia para el desarrollo del trabajo de investigación	26
Tabla 4 Expectativas típicas de la vida útil de la infraestructura.	32
Tabla 5 Ficha de registro	33
Tabla 6 Formulario de diagnósticos de los componentes de las edificaciones.	34
Tabla 7 Patologías comunes de los componentes de una edificación.	36
Tabla 8 Porcentajes de daño ATC-13. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2002).	38
Tabla 9 Criterios de la caracterización del daño.	39
Tabla 10 Criterios de índice de daño	40
Tabla 11 Cuadro de clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente/usuario	41
Tabla 12 Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo.	41
Tabla 13 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo	42
Tabla 14 Formato cálculo modo de fallo	43
Tabla 15 Calificaciones grado de afectación de las variables	45
Tabla 16 Factores para la estimación de la vida útil de una edificación.	45

	8
Tabla 17 Evaluación de análisis de riesgos, basados en el modo de fallo.	54
Tabla 18 Clasificación del nivel de riesgo	55
Tabla 19 Matriz de riesgos.	56
Tabla 20 Emisiones de CO ² por kg de material y por m ² construido del MCH	59
Tabla 21 Tabla de cálculo para emisiones CO ₂ materiales de construcción.	60
Tabla 22 Edificios construidos	68
Tabla 23 Identificación de activos	69
Tabla 24 Información general del activo.	71
Tabla 25 Vida útil.	72
Tabla 26 Resultado del diagnóstico	74
Tabla 27 Inspección visual	80
Tabla 28 Resultado del diagnóstico	81
Tabla 29 Evaluación de la falla	83
Tabla 30 Análisis de modo y efecto de falla	84
Tabla 31 Vida residual	88
Tabla 32 Estimación de la vida útil	89
Tabla 33 Costo del ciclo de vida	91
Tabla 34 Análisis de riesgos	91
Tabla 35 Calculo de emisiones	94
Tabla 36 Vida útil comparativo	97
Tabla 37 Ciclo de vida	99

Capítulo I

1.1 Introducción

La gestión de activos como estrategia generadora de valor organizacional, ha contado con una historia evolutiva que paso del mantenimiento de los activos físicos, que implicaba reparaciones y acciones aisladas que se ocupaban del uso de los activos, a la integración de procesos y técnicas que permiten de manera coordinada sacar el mayor provecho de los activos, aportar significativamente en el cumplimiento de objetivos de las diferentes instituciones y organizaciones (Amendola, 2016).

En Colombia, actualmente se presenta un desarrollo significativo en el área de la construcción con especial énfasis en la construcción y comercialización de apartamentos a diferencia de unas décadas atrás, cuando el principal interés de los usuarios de la finca raíz eran las casas, así lo afirma el periódico Portafolio (2019) mencionando también, que los aparta estudio y apartamentos de menos de 3 habitaciones, son los más comercializados, gracias a que se pueden ubicar en zonas de alto desarrollo a costos no tan elevados como en el caso de Bogotá la calle 93, el Virrey y la calle 72.

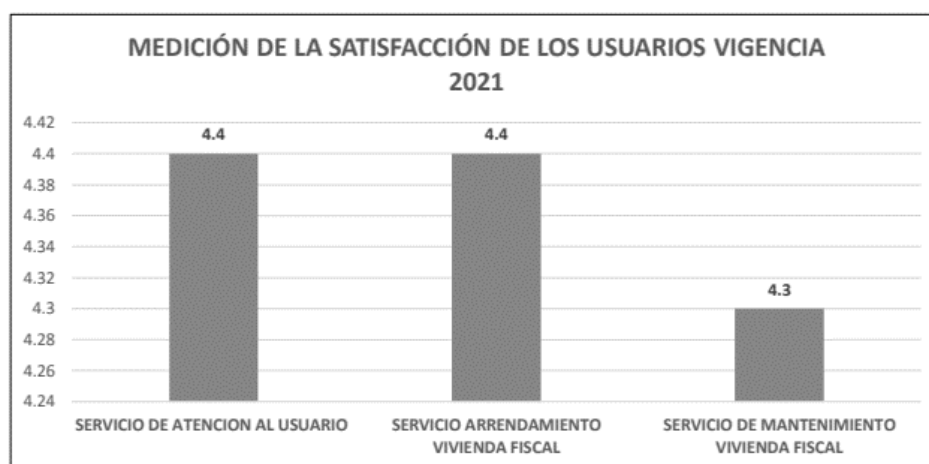
Dicho panorama, se presenta no solo a nivel de la construcción privada, en el sector público también se ha procurado la construcción y remodelación de edificios que permiten una mayor cobertura de usuarios en menos espacio, ejemplo de ello es lo expuesto por la constructora RUBAU S.A. (2016) quienes fueron los encargados de la edificación de tres torres

de apartamentos en Bogotá, de once pisos con sótano, para un total de 170 apartamentos destinados al uso de casas fiscales para el Ejército Nacional.

Adicionalmente, en ciudades como Neiva se invirtió en la restructuración de la torre de edificios denominada la Gaitana, la cual cuenta con 16 apartamentos (Ejército Nacional, 2018) y en Boyacá se entregaron 36 apartamentos en 3 torres mejorados, como parte del compromiso de la institución en el bienestar de sus miembros (Ministerio de Defensa, 2018).

Por su parte, los edificios de Casas Fiscales del Ejército Nacional seccional Brigada 13, como objetivo poblacional, necesitan profundizar en la metodología de su mantenimiento a corto, mediano y largo plazo, esto se logra evidenciar en los indicadores ofrecidos por el Instituto De Casas Fiscales Del Ejército (2022) en su informe de gestión con vigencia 2021, en él se expone la siguiente figura.

Figura 1 Medicion de la Satisfaccion de los Usuarios



Fuente. Instituto de Casas Fiscales del Ejército (2022) p.51

La figura 1, representa como el nivel de satisfacción más bajo es el servicio de mantenimiento en la vivienda fiscal para la seccional Bogotá, esto se manifiesta en el deterioro de las unidades y la inexistencia de una metodología coordinada y estructurada que, de continuidad a la gestión de activos de los edificios, se identifica como la problemática que orienta el presente ejercicio investigativo, en la medida que motiva a la investigadora a diseñar e implementar una metodología de gestión de activos, basada en las Normas ISO 55000, 55001 y 55002 que permita proponer estrategias de mantenimiento.

Por consiguiente, el propósito de la presente investigación es identificar el estado actual de 10 edificaciones que se encuentran ubicadas en la seccional de la Brigada No.13 de la ciudad de Bogotá y aplicar una metodología para realizar el planeamiento de los mantenimientos y restauraciones que estos requieran con el fin de aumentar la disponibilidad física de cada edificación eliminando gastos innecesarios causados por mantenimientos menores.

Por otra parte, entregar un informe al Instituto de Casas Fiscales con las recomendaciones frente a las edificaciones inspeccionadas y resultados del estudio realizado con el fin que promover a que el Instituto de Casas Fiscales desde su organización creen y desarrollen un sistema de gestión de activos generando una nueva política de renovación de activos y herramienta para la toma de decisiones frente al plan anual de adquisiciones.

1.2 Objetivos.

El presente apartado, contiene los objetivos propuestos para el desarrollo del ejercicio investigativo, por ello, se expone el objetivo general que abarca el propósito macro del estudio y los objetivos específicos que comprenden las acciones que permiten dar cumplimiento al objetivo general y de esta forma lograr realizar un aporte metodológico, práctico y teórico mediante las acciones implementadas.

General

Diseñar e implementar una metodología de gestión de activos, en 10 edificios del Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional (ICFE), seccional Brigada No. 13, para proponer estrategias de mantenimiento y renovación sostenible que favorezcan la toma de decisiones frente al mantenimiento de mediano y largo plazo.

Específicos.

Elaborar un estado del conocimiento en el estudio de la gestión de activos relacionada con el mantenimiento de las edificaciones de uso residencial.

Inspeccionar visualmente el estado de la infraestructura de 10, con ayuda de una plantilla de datos, con base en datos recopilados previamente de estudios y diseños, en caso de no existir se hará un diagnóstico visual de lo que se encuentre.

Crear una herramienta informática para consolidar los resultados de las inspecciones visuales realizadas a las edificaciones y verificar estado actual del activo y los planes de mantenimiento utilizado por el ICFE, con el fin de establecer las patologías de mayor concurrencia.

Desarrollar una metodología de gestión de activos con base en la ISO 55000, ISO 55001 y ISO 55002, que le permita al Instituto de Casas Fiscales del Ejército ICFE, tomar decisiones y planeamiento en mediano y largo plazo de los mantenimientos requeridos de las edificaciones.

Emitir un informe y socialización al ICFE, con las recomendaciones obtenidas en el estudio frente a las edificaciones analizadas, proponiendo soluciones de renovaciones sostenibles

Capítulo II

2.1 Marco Teórico

2.1.1. *Evolución de la Gestión de Activos Físicos*

El camino recorrido por las entidades y organizaciones para consolidar actualmente la gestión de activos como generador de valor, ha sido un proceso de más de 3 décadas, en ellas han intervenido diferentes aspectos históricos que aportaron a enfatizar la necesidad de mejores prácticas frente al uso de los activos. Según Robles (2015):

En sus inicios, la gestión de activos era denominada como Contención de Costos. La contención de costos fue realizada en las empresas identificando y analizando los centros de costos y poniendo énfasis en la conformación de presupuestos y en su cumplimiento efectivo. A finales de los años 80 e inicios de los 90, la gestión de activos era conocida como reducción de costos. (p.5)

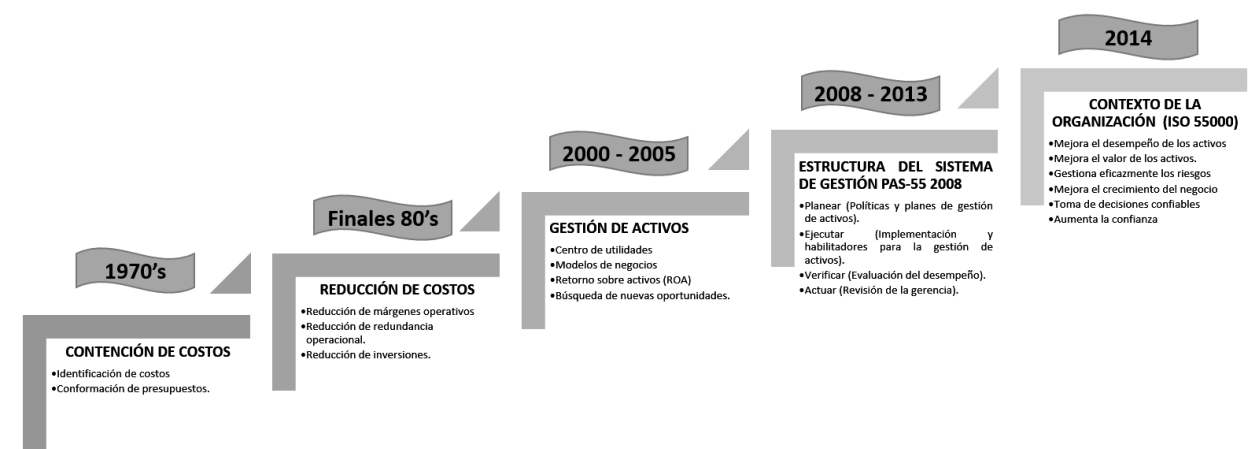
Seguidamente, en el año 1990 se crea la North American Maintenance Excellence Award, en Estados Unidos, proponiendo las 10 mejores prácticas de la gestión del mantenimiento y posteriormente, en 1993 nace el instituto de Asset Management, donde se agrupan empresas para compartir experiencias y mejores prácticas, en 1998 se especifica en la necesidad de crear bases sólidas para el Asset Management, en el 2004 se publican especificaciones PAS 55 (Publicly Available Specification) Asset Management (Amendola, 2016).

Es importante destacar, que la implementación de la normatividad ISO 55000, 55001 y 55002, representa un significativo aporte en la consolidación de la gestión de activos, Según Bedoya (2014):

La aplicación de un sistema de gestión de activos, bajo los requerimientos establecidos en la ISO 55000, asegura que los objetivos, en cuanto al desempeño de sus activos, serán alcanzados consistente y sosteniblemente en el tiempo, ofreciendo los métodos de control. (p.12)

A continuación, en la figura 2, se representa la evolución de la gestión de activos y se logra sintetizar como se pasa del mantenimiento a la gestión, en un proceso histórico que abarco la necesidad de identificar la falta de integración y continuidad que persistían anteriormente, frente a la alineación y estructuración de procesos y estrategias coordinadas que se atribuyen en la actualidad.

Figura 2 Evolución de la gestión de activos



Fuente. Propia

2.1.2 Gestión de activos

El presente apartado expone los aportes teóricos que delimitan el ejercicio investigativo, para ello, surge la necesidad de abordar aspectos de gran relevancia para el objeto de estudio, como lo es la gestión de activos, la cual según, Solas y Crespo (2016):

constituye hoy en día una respuesta a las necesidades de adaptación de los sistemas productivos a las demandas y exigencias tanto de los mercados como de los diferentes grupos de interés. Todo ello en un entorno de turbulencias económicas y de intensa presión competitiva que está empujando a las empresas a una búsqueda constante de la excelencia en sus procesos industriales mediante el estudio y análisis detallado del potencial que puede aportar cada uno de los procesos clave de su negocio, con el fin de convertirlos en ventajas competitivas que faciliten el logro de sus objetivos. (p.11)

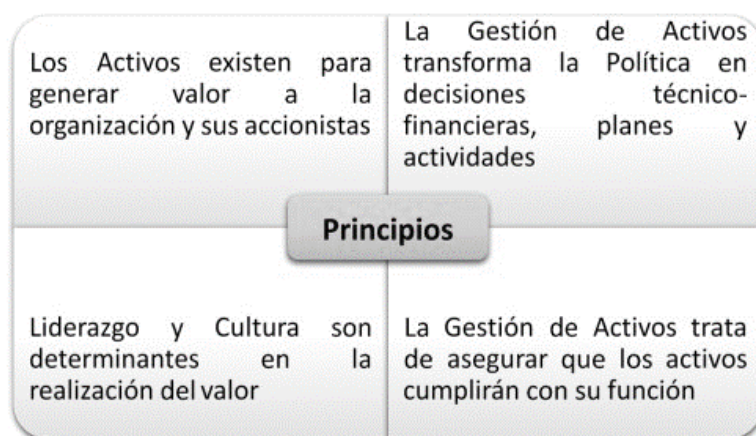
Adicionalmente, los autores mencionan que el tema de la gestión de activos no es algo que se presente poco tiempo atrás, por el contrario, desde que se da uso a los diferentes activos como edificios, transporte o sistemas de agua, entre otros, han sido necesarias labores de mantenimiento que garanticen su adecuado uso, pese a ello, no se establecían procesos, planes y estrategias específicas, mientras que en la actualidad se han forjado la gestión de activos como “actividad coordinada de una organización para obtener valor a partir de sus activos” (Solas y Crespo, 2016, p.11).

Por otra parte, Condoy y Sañay (2020) abordan las características principales de la gestión de activos, afirmando que:

“se destacan por gestionar los riesgos del activo en el ciclo de vida en todo momento, cerciorando así, que las funciones del mismo sean cumplidas. Tales principios que enmarcan la gestión de activos poseen un enfoque sistemático, el cual promueve acciones duraderas y conscientes” (p.3).

En la siguiente figura, los autores representan de la gestión de activos, mencionados anteriormente, en ella se puede identificar que se enfoca en buscar el mayor provecho de los recursos y alinear el mantenimiento en pro del cumplimiento de los objetivos, para evitar acciones aisladas que no aporten a generar valor para la organización.

Figura 3 Principios gestión de activos



Fuente. Condoy y Sañay (2020) p.3

En cuanto a la importancia de la gestión de activos, Ellmann - Sueiro y Asociados (2010), en Robles (2015), afirman que en los últimos años las organizaciones están tomando conciencia de la necesidad de establecer un plan de gestión de activos que sea integrado dentro de las estrategias empresariales, lo cual, de ser aplicado correctamente aportara en la mejora continua del negocio, sumado a ello, destacan la diferencia entre el alto alcance que representa la gestión

de activos, frente a la baja cobertura del mantenimiento o cuidado de los activos, que anteriormente se desarrollaba.

2.1.3 Normativa

El margen normativo que acompaña y dictamina las buenas prácticas en la gestión de activos, involucra la implementación de las normas ISO 55000, 55001 y 55002, es importante destacar cada una de ellas, puesto que, debido a su gran relevancia en la gestión de activos, son también los parámetros de desarrollo del presente ejercicio investigativo.

Según, Solex (2022) la implementación de las Normas ISO permite a las organizaciones lograr sus objetivos mediante la gestión eficaz y eficiente de sus activos, de igual forma, afirma que la aplicación de un sistema de gestión de activos brinda el aseguramiento de que los objetivos si se pueden alcanzar bajo un esfuerzo consiente y sostenible con el paso del tiempo.

A continuación, se destacan las principales normas consideradas en la gestión de activos:

ISO 55000 – 2014

Hace referencia a la gestión de activos empresariales, esta norma propone definiciones claras y métodos, los cuales especifican los requisitos para generar un sistema de gestión integrado y a la vez optimizarlo durante el ciclo de vida de todos los tipos de activos.

(Condoy y Sañay, 2020, p. 4)

ISO 55001 - 2014

Detalla los requerimientos que tiene que efectuar una organización, de tal manera que se cumplan con los objetivos del sistema de gestión de activos, esta norma define claramente que el orden de los requerimientos no manifiesta el orden de la implementación, ni la importancia. todas las organizaciones pueden implementar y

diseñar dicha norma además que definir a que activos aplicarla. (Condoy y Sañay, 2020, p. 4)

ISO 55002 - 2014

“Esta norma detalla los procedimientos con los cuales se puede implementar y diseñar un sistema de gestión de activos, mediante los requerimientos detallados en la norma” (Condoy y Sañay, 2020, p. 5)

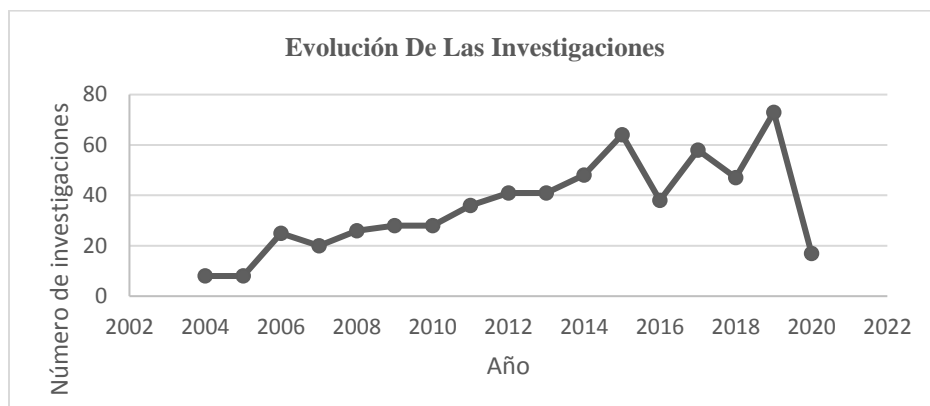
2.2 Estado del Conocimiento

Con el fin, de indagar investigaciones previas que aporten en el desarrollo del presente estudio, se realiza una búsqueda bibliográfica mediante la revista Scopus, de tal forma, que se logre identificar estudios similares, para realizar una depuración de documentos encontrados y brindar un contexto científico a la problemática abordada.

Para la búsqueda se tuvo en cuenta las siguientes palabras claves relacionadas con la problemática planteada, Building, Infrastructure, Asset, Maintenance, Renovation, Replacement, Management, Optimization, Prediction Plan, Planning, Multi-criteria, Decision y making. Es importante destacar que, la búsqueda se realizó el 1 de abril de 2020 y se identificaron las siguientes investigaciones en un intervalo de tiempo considerado, entre el año 2004 y 2020.

A continuación, la siguiente grafica representa la cantidad de investigaciones encontradas a partir de las palabras claves antes mencionadas, en relación con el año al que pertenecen.

Figura 4 Evolución de las investigaciones

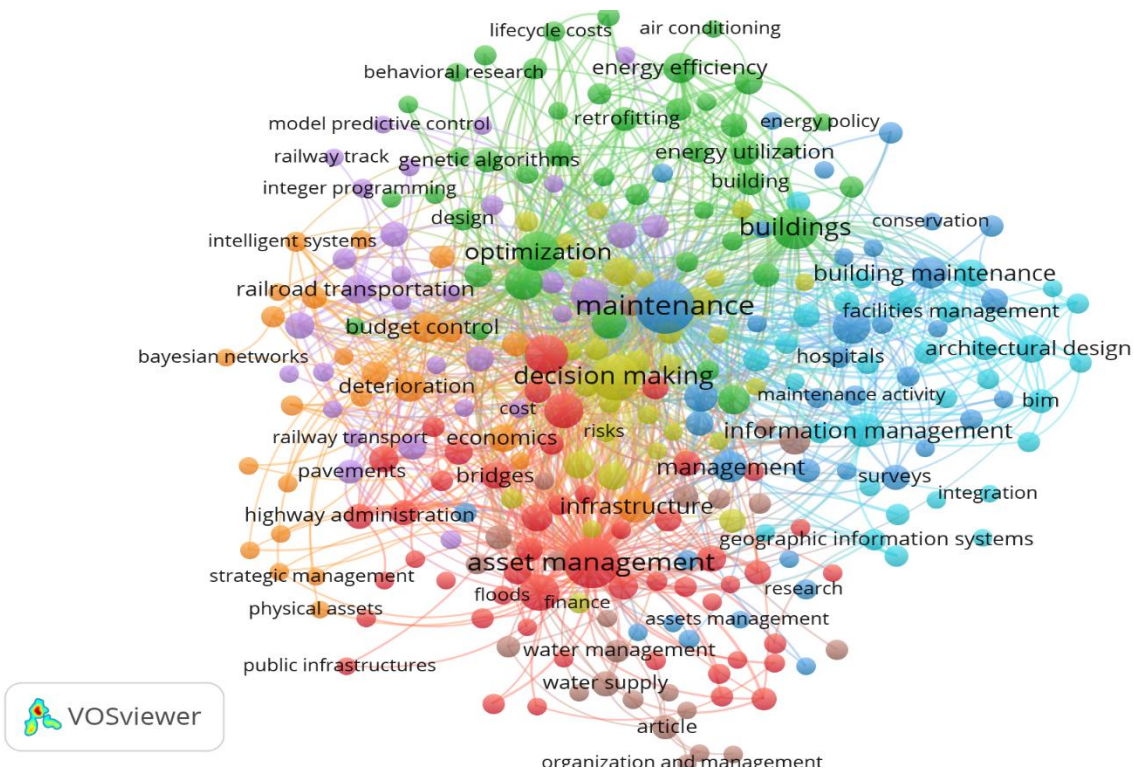


Fuente. Elaboración propia

Como se evidencia en la figura 4, que durante los años 2004 y 2006 mantienen una publicación de 8 artículos y durante los años 2007 y 2014 mantienen un aumento promedio de 32 artículos cada año, solo hasta en el año 2015 se evidencia un aumento de un promedio de 56 publicaciones producida en el campo estudiado.

En total se recupera 606 documentos el cual se analizan a través del software VOSviewer, el cual es una herramienta que se usa para crear mapas basados en datos de red, visualizar y explorar mediante visualización de mapas.

Figura 5 Red de visualización Mapa bibliométrico.

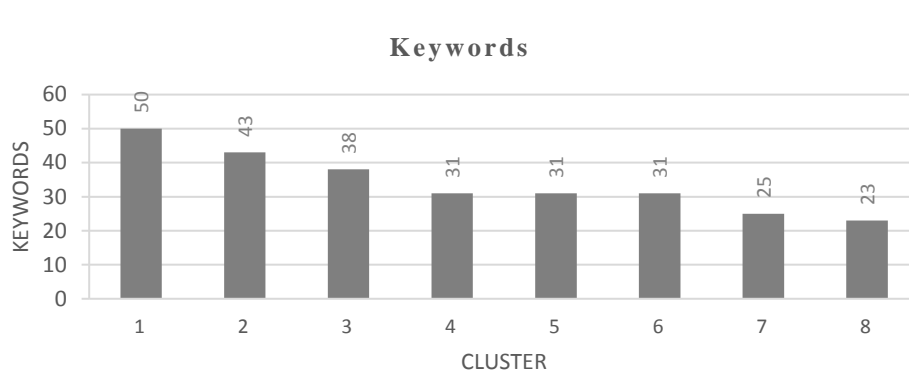


Fuente. VOSviewer (2020)

En la figura 5 nos muestra el mapa bibliométrico donde se analizaron las 272 palabras claves, las etiquetas y el tamaño de los círculos reflejan el peso o número de ocurrencias de las palabras claves, el color de los círculos muestra el grupo temático al que cada palabra clave pertenece.

Cada círculo tiene un color diferente, el cual fueron clasificadas las 272 palabras en 8 grupos, en la figura No. 6 se evidencia la clasificación:

Figura 6 Análisis de número de palabras claves por grupo.



Fuente. Elaboración propia

La tabla 1 muestra las cuatro palabras claves con mayor peso y/o concurrencia dentro de cada clúster *Concurrencia de las palabras claves de acuerdo con grupo temático.*

Tabla 1 Muestra la clasificación de la concurrencia de las palabras claves de acuerdo con el grupo temático.

CLÚSTER	PALABRA MAYOR OCURRENCIA	PESO - OCURRENCIA
1	Asset management	172
	Life cycle	71
	Infrastructure asset management	58
	Investments	55
2	Buildings	89
	Optimization	72
	Costs	49
	Repair	35
3	Maintenance	216

CLÚSTER	PALABRA MAYOR OCURRENCIA	PESO - OCURRENCIA
4	Maintenance management	45
	Management	39
	Building maintenance	36
	Decision making	120
	Civil engineering	27
	Preventive maintenance	27
	Risk assessment	26
5	Planning	50
	Railroad transportation	28
	Maintenance planning	22
	Railroads	22
6	Information management	49
	Architectural design	24
	Office buildings	23
	Construction industry	17
7	Infrastructure	43
	Deterioration	33
	Budget control	31
	Economics	23
8	Project management	25
	Water supply	18
	Article	15
	Infrastructural development	15

Fuente. Elaboración propia

Grupo 1: Dentro del grupo o clúster 1, se encuentra principalmente la palabra clave gestión de activos, que relaciona palabras como ciclo de vida, gestión de activos de infraestructura, inversiones, transportes, rentabilidad, administración carretera, cambio climático, gerentes, evaluaciones de condición, efectos económicos, proceso gestión de activos.

Grupo 2: Dentro del grupo 2, se encuentra principalmente la palabra clave Edificios, que relaciona palabras como mejoramientos, costos, reparaciones, eficiencia energética, renovación de edificios, diseño, edificio residencial, costos ciclo de vida. Entre otras.

Grupo 3: Dentro del grupo 3, se encuentra principalmente la palabra clave mantenimiento, que relaciona palabras como manejo de mantenimiento, administración,

mantenimiento del edificio, desarrollo sostenible, Malasia, infraestructura de transportes, rendimiento de mantenimiento, edificios públicos, innovación.

Grupo 4: Dentro del grupo 4, se encuentra principalmente la palabra clave Toma de decisiones, que relaciona palabras como mantenimiento preventivo, evaluación de riesgos, infraestructura civil, resolución de problemas, vigilancia, sistemas de gestión.

Grupo 5: Dentro del grupo 5, se encuentra principalmente la palabra clave planificación, planificación de mantenimiento, mantenimiento de infraestructura, pavimentos, planificación de transporte, costo de mantenimiento, reequipamiento de edificios, monitoreo y control, acción de mantenimiento, modelo control predictivo, modelado, vías de tren, control de tráfico.

Grupo 6: Dentro del grupo 6, se encuentra principalmente la palabra clave Gestión de la Información, que relaciona palabras como diseño arquitectónico, edificios de oficina, gestión de instalaciones, sistemas de bases de datos, BIM, mantenibilidad, gestión de las instalaciones, gestión recursos humanos, diseño estructural, toma de decisiones, operación y mantenimiento, trabajo de mantenimiento, robótica, almacenamiento digital.

Grupo 7: Dentro del grupo 7, se encuentra principalmente la palabra clave Infraestructura, que relaciona palabras como deterioro, control de presupuesto, inspección, análisis de incertidumbre, previsión, probabilidad, mantenimiento y operación sistemas estocásticos, gestión estratégica, modelado de deterioro, ventajas físicas, infraestructura social.

Grupo 8: Dentro del grupo 8, se encuentra principalmente la palabra clave Gestión de proyectos, que relaciona palabras como suministro de agua, enfoque integrado, sistemas de

Tabla 2 Artículos más citados, búsqueda Scopus.

ARTÍCULO	AUTOR	AÑO	CITAS
Maintenance and management of civil infrastructure based on condition, safety, optimization and life cycle cost	Frangopol, DM, Liu, M.	2007	289
A profit management construction information modeling framework for asset owners	Amor, PED, Matthews, J., Simpson, I., Hill, A., Olatunji, OA	2014	125
Building maintenance strategy: a new management approach	Horner, RMW, El-Haram, MA, Munns, AK	1997	115

Fuente. Elaboración propia

En cuanto a la importancia de estos artículos en el trabajo a desarrollar se encuentra las diferentes investigaciones y trabajos desarrollados en cuanto a las estrategias para una buena gestión de mantenimiento y la minimización de costos del ciclo de vida, el artículo publicado por Honer, Horner, RMW , El-Haram, MA , Munns, AK en el año 1997 discuten las diferentes estrategias con enfoques significativos determinando los tipos de mantenimiento y la aplicación de técnicas de monitoreo con el fin de tomar decisiones de la estrategia más rentable para cada sistema que compone el edificio.

De igual manera, en la búsqueda a través de Scopus se tomaron en cuenta artículos que, aunque no sobresalen por los más citados si se enfocan en investigaciones ya desarrolladas en cuanto a las estrategias mantenimientos más efectivos para edificios residenciales, en la tabla 3 se relacionan así:

Tabla 3 Relación de los artículos de gran importancia para el desarrollo del trabajo de investigación

ARTÍCULO	CITA	IMPORTANCIA
----------	------	-------------

Deterioration patterns of building cladding components for maintenance management	(Shohet, 2002)	En este artículo desarrollan una metodología para consolidar una base de datos de los componentes de las edificaciones que enumeren los patrones de deterioro de los componentes del edificio en función de su estado real, utilizando cuatro pasos: 1) Identificación de patrones de falla. 2) Determinación del rendimiento del componente 3) Determinación de la esperanza de vida 4) Evaluación del servicio previsto de vida.
Value Based Building Update - A Decision Tool - Making and Evaluation	(Jesen, 2015)	Mediante un caso de estudio en Dinamarca para renovación de edificios utilizan la herramienta RENO-EVALUE como apoyo para la toma de decisiones en proyectos de renovación sostenible y para evaluación durante y después de las renovaciones utilizando cuatro parámetros principales: partes interesadas, medio ambiente, organización y economía.
Optimization based on knowledge of building maintenance, repair and renovation activities to improve investments in the life cycle of facilities.	(Grussing, 2014)	El objetivo de este estudio es desarrollar una metodología para identificar y seleccionar rápidamente la construcción de varios años. Actividades de mantenimiento, reparación y renovación, el cual emplea un algoritmo genético de modo que se maximiza el rendimiento de la instalación y se minimizan los costos del ciclo de vida.
The importance of life cycle-based planning in the maintenance and energy renovation of multi-family buildings	(Farahani, 2019).	Este artículo plantea una alternativa de combinar las medidas de eficiencia energética con las medidas de renovación ya requeridas, las alternativas no solo pueden satisfacer los requisitos técnicos y financieros, sino que también ayudan a mantener un nivel de vida adecuado y a mejorar el rendimiento energético en edificios multifamiliares. En este artículo enfocan la investigación en el diseño planes de mantenimiento / renovación para tres componentes del edificio con costos fijos compartidos (ventanas, fachada y techo) en edificios multifamiliares nuevos y existentes.
The practice of building inspection in Malaysian total asset management	(Ani, 2016)	Este artículo muestra la importancia de la gestión de activos para el desarrollo sostenible. En una encuesta realizada a 205 profesionales de Malasia, concluye la importancia de inspeccionar, sin embargo, no saben cómo realizar esta inspección, por lo cual se basan en la guía como QCLASSIC, RICS Building Survey, entre otros, así como informes de desastres en edificios que ocurrieron en Malasia.
A review study of maintenance and management issues in Malaysian commercial building towards sustainable future practice	(Nawi, 2017)	Este estudio explora el tema de mantenimiento y la gestión de un edificio comercial en la industria de la construcción de propiedad de Malasia, concluyendo así que la cuestión de la seguridad y la salud en la construcción es un problema muy importante en la gestión de la construcción, especialmente en la industria de Malasia.

Maintenance and management of civil infrastructure based on condition, safety, optimization, and life-cycle cost	(Frangopol, 2007)	Este artículo estudia el desarrollo reciente del ciclo de vida, planificación de mantenimiento y gestión para el deterioro de la infraestructura civil, con énfasis en puentes, sin embargo, es relevante porque usa técnicas de optimización y diferentes criterios competitivos de condición, seguridad y costo de ciclo de vida, el cual conduce a dar alternativas de solución de gestión que ayudan a la toma de decisiones.
Different Approaches to Building Management and Maintenance Meaning Explanation	(Puķite, 2017)	El objetivo del documento es realizar una revisión de la literatura de diferentes enfoques para definir la gestión y la construcción de edificios y mantenimiento, realizando análisis de temas comunes sobre el estudio de gestión de edificios, procesos de mantenimiento, sistemas del ciclo de vida del edificio para proporcionar un desarrollo de propiedad residencial sostenible.
Cost-effective energy and carbon emission optimization in building renovation – A case-study in a low-income neighborhood	(Almeida, 2015)	Teniendo en cuenta que el sector de la construcción es uno de los principales responsables de consumo energético, en este artículo se basa en una metodología que le permite identificar escenarios de renovación rentable que mejoran el rendimiento energético, mediante un caso de estudio analizando un barrio residencial de Gaia en Portugal, analizando una serie de renovaciones alternativas sin mejorar el rendimiento energético.

Fuente. Elaboración propia

2.3 Metodología

La presente investigación se lleva a cabo mediante el tipo de investigación, estudio de caso, según Bernal (2016) ya que, tiene por objetivo analizar a profundidad las particularidades de una unidad determinada, en la que se presenta la problemática identificada. Por consiguiente, los 10 edificios del Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional (ICFE), seccional Brigada No. 13, corresponden al 83% del total de los edificios existentes.

Adicionalmente, el enfoque bajo el cual se orienta la investigación es mixto, puesto que las herramientas de recolección de información son de orden cuantitativo, en el caso de los cuadros estadísticos producto de la implementación de la metodología de gestión de activos y cualitativos, mediante la revisión de antecedentes, observación y definición de estrategias y recomendaciones. Es importante destacar, que este enfoque permite un amplio panorama de la

problemática analizada y por lo tanto aporta las herramientas para determinar conclusiones significativas.

Fases investigativas

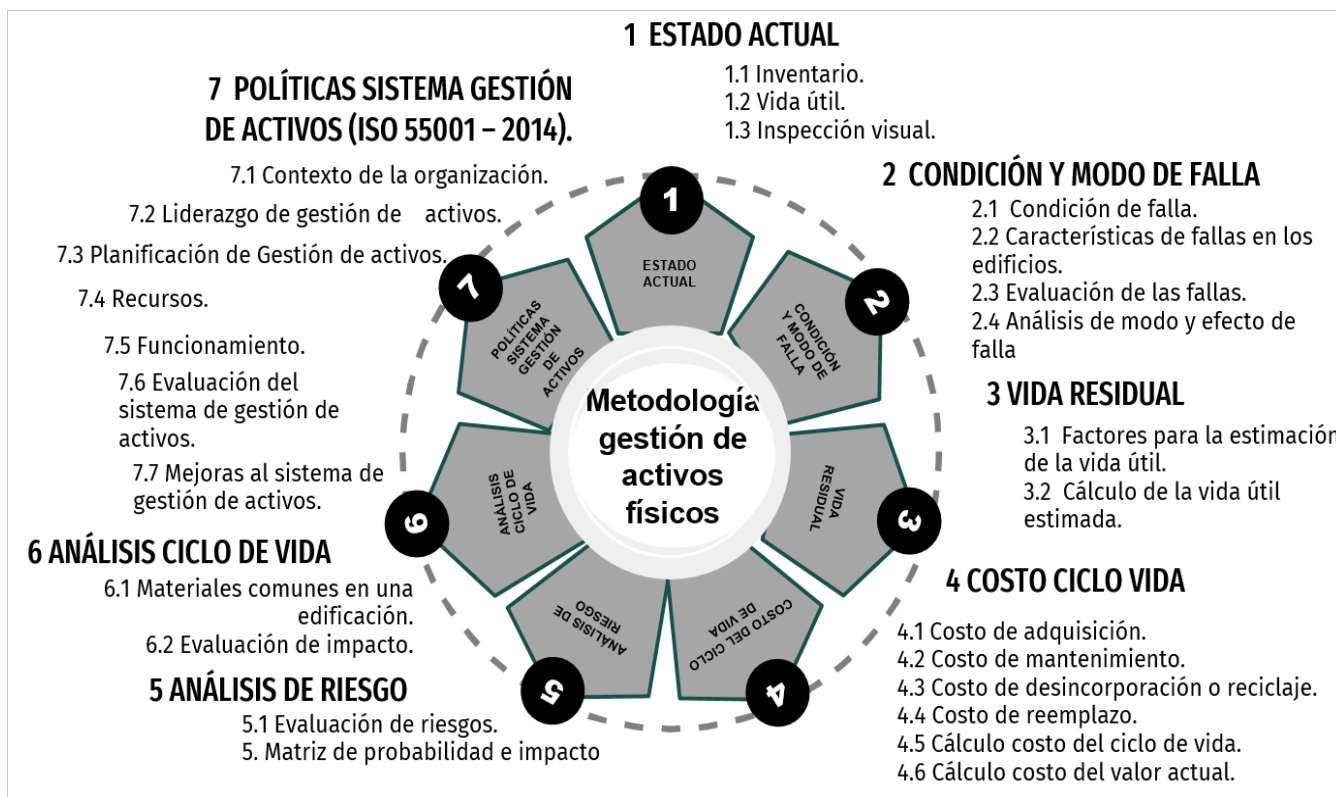
1. Planteamiento del problema, revisión de antecedente y formulación de objetivos.
2. Elaboración del diseño metodológico.
3. Diseño de la metodología de gestión de activos
4. Implementación de la metodología previamente diseñada
5. Estrategias de mantenimiento y conclusiones.

Capítulo III

3.1 Resultados

A continuación, se presenta en la tabla 4 la metodología diseñada para la gestión de activos físicos, en ella, se destacan 7 grupos de análisis, de los cuales cada uno cuenta con componentes que permiten su análisis y valoración de los edificios de casas fiscales.

Figura 8 Metodología de la gestión de activos



Fuente. Elaboración propia

1. Estado Actual

1.1. Inventario.

El primer paso de la metodología para la gestión de activos es establecer el inventario de los activos que poseen y/o administran, el inventario es la toma de datos y la documentación tangible que tengamos de cada edificación, con el fin de obtener una base de datos fiable durante su fase de uso, en caso de no tenerla es necesario realizar un levantamiento en campo, la información requerida para un buen inventario es; tipología, localización, edad, años de operación, garantías, estado actual, costo inicial y costo actual, planos y/o descripciones técnicas. (Gomez, 2014).

Un inventario de instalaciones de infraestructura generalmente se refiere a los datos relacionados con las características físicas, incluidos los componentes estructurales, las dimensiones físicas, las propiedades de los materiales y los detalles de construcción (incluida la fecha de construcción original). Para las instalaciones existentes, es esencial determinar y registrar en la base de datos un historial de todas las construcciones, rehabilitaciones, mejoras de capital y otros cambios físicos en la estructura, drenaje, etc. El historial de costos y trabajo de mantenimiento, reparación y renovación, así como el registro histórico de uso, también son atributos de datos importantes. La mayoría de las características no cambian de un año a otro, pero cualquier elemento que cambie debido a M, R&R (Mantenimiento, reparación y recuperación) debe actualizarse de inmediato, y tener en cuenta los siguientes elementos (Uddin, 2013):

- Identificación y ubicación de la sección
- Clase funcional

- Datos geométricos
- Datos estructurales
- Tipo de material y datos de propiedad
- Datos de pertenencia
- Historia de la construcción y M, R&R
- Datos de costos
- Datos ambientales
- Historial de uso

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de datos de inventario utilizado para edificios en un campus universitario (Uddin, 2013).

1.2 Vida útil.

El concepto de vida útil se basa en la vida útil física que se utiliza para la gestión de la infraestructura, la siguiente tabla se establecen las expectativas de la vida útil de la infraestructura (Uddin, 2013).

Tabla 4 Expectativas típicas de la vida útil de la infraestructura.

Instalaciones y componentes de infraestructura		Vida útil esperada
aeropuertos	Edificios/estructuras	Hasta 150 años
	pistas/calles de rodaje/plataformas	Hasta 50 años
Puentes	cubiertas	Hasta 50 años
	Subestructura/superestructura	Hasta 125 años
Túneles	(Para tráfico de automóviles, agua)	Hasta 200 años
Instalaciones portuarias, ferroviarias e intermodales	(Construcción de hormigón/acero/piedra)	Hasta 300 años
Edificios públicos y complejos deportivos	(Construcción de hormigón/acero/ladrillo)	Hasta 300 años
Transmisión de electricidad/Líneas telefónicas	(Construcción de hormigón/acero)	Hasta 400 años
Plantas de energía nuclear	(Construcción de hormigón/acero)	500 años o más
presas hidráulicas	(Construcción de hormigón/acero)	300 años o más

Fuente. (Uddin, 2013).

Nota. En la imagen se destaca el caso de Edificios públicos, correspondiente a la infraestructura aplicada en este estudio.

1.3 Inspección visual.

La inspección visual de un activo es la evaluación y recopilación de información, tanto verbal como escrita o gráfica, se refiere a los datos que el inspector puede recopilar, ya que difícilmente se va a encontrar con una descripción completa del edificio tal como fue construido. Dentro de la evaluación del activo se tendrán en cuenta información como la descripción del edificio, localización, composición del edificio, tipología de estructura, edad de la estructura, descripción de las cubiertas y fachadas, así como los materiales componentes de los distintos elementos constructivos. Es de aclarar que en caso de no existir información gráfica es necesario generarla al largo del proceso incluyendo planos, esquemas y planta esquemática del funcionamiento, reporte de medidas y tipos de fallas presentadas (Mula et all, 2005).

Para la inspección visual en la tabla No. 7, se realizará la compilación de la información general de la identificación de cada activo así:

Tabla 5 Ficha de registro

NUMERO REGISTRO	FECHA ELABORACIÓN
1	
IDENTIFICACION INMUEBLE	
Ciudad	

Seccional	
Nombre Del Inmueble	
Área	M2
Avaluó	
Numero De Apartamentos	
Número De Pisos	
Año De Construido	
Vetustez Aprox.	
Año Último Mantenimiento	
Costo Total De Mantenimiento	
Fuente. elaboración propia	

A continuación, se presenta el formulario de Registro de Instalaciones para el Diagnostico General, el cual incluye, estructura, redes de aguas lluvias, muros, cubiertas, aparatos sanitarios, carpintería, red eléctrica y red de gas; permitiendo identificar, el estado de los edificios de casas fiscales y registrarlos detalladamente.

Tabla 6 Formulario de diagnósticos de los componentes de las edificaciones.

FORMULARIO DE REGISTRO DE INSTALACIONES PARA EL DIAGNOSTICO GENERAL DE EDIFICACIONES ICFE

COMPONENTES GENERALES	ESTRUCTURA				COMPONENTES REDES	REDES AGUAS LLUVIAS				
	ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE		ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE	
	PLACAS					BAJANTES DE AGUA LLUVIA			40%	
	COLUMNAS					SIFONES O DESAGÜES				
	VIGAS					CARCAMOS Ó CUNETAS.				
	ESCALERA (Estructura)					CAJAS DE INSPECCIÓN			30%	
	% DETERIORO					SUBTOTAL				35.00%
	PISOS					RED SANITARIA				
	ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE		ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE	
INTERIORES				SIFONES O DESAGÜES			80%			
EXTERIORES				SALIDA APARATOS SANITARIOS						
ESCALERAS (Acabados)				CAJAS DE INSPECCIÓN						
GUARDAESCOBA				TUBERIA SANITARIA			80%			
MEDIACAÑA				SUBTOTAL				80.00%		
% DETERIORO										
MUROS				RED HIDRAULICA						
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE	ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE			
FACHADA				ACOMETIDA PRINCIPAL			30%			
MUROS INTERIORES				MEDIDORES AGUA						
SUBTOTAL				EQUIPO DE BOMBO			45%			
				TANQUE DE ALMACENAMIENTO						
				SUBTOTAL				37.50%		
CUBIERTAS				RED GAS						
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE	ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE			
CUBIERTA				ACOMETIDA PRINCIPAL						
ESTRUCTURA CUBIERTA				SALIDAS PUNTO DE GAS			20%			
CIELO RASOS				MEDIDORES GAS						
VIGA CANAL				SUBTOTAL				20.00%		
SUBTOTAL										
APARATOS SANITARIOS				RED ELECTRICA						
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE	ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE			
SANITARIOS				ACOMETIDA ELECTRICA						
LAVAMANOS				TABLERO ELÉCTRICO			15%			
DUCHAS				ILUMINACION						
GRIFERIAS				TOMACORRIENTE						
LLAVE DE PASO				INTERRUPTORES						
LAVADEROS				SUBTOTAL				15.00%		
LAVAPLATOS										
SUBTOTAL										
CARPINTERÍAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO						
VENTANAS										
PUERTAS										
BARANDAS										
CLOSET										
MUEBLES COCINA										
SUBTOTAL										

Fuente. elaboración propia

2. Condición y modo de falla.

2.1. Condición de falla

Durante la fase de evaluación de la gestión de infraestructura implica el seguimiento del uso y de la condición física de los activos de infraestructura que se gestionan. El monitoreo es la

recopilación de datos de inspección de campo y la evaluación es el análisis y la interpretación del uso de la información recopilada (Uddin, 2013).

El factor principal en la mayoría de los deterioros y fallas estructurales es la carga o deterioro acelerado por la carga iniciando por factores ambientales y la degradación del material.

2.2 Características de fallas en los edificios.

Durante la inspección visual se debe tener en cuenta la recopilación de datos en la evaluación de los usuarios de los edificios como quejas, incomodidades, así mismo el funcionamiento como interrupciones de servicios públicos, fallas estructurales, en pisos cubiertas, muros, escaleras, de las cuales encontramos las siguientes que se relacionan en la tabla No. 10, así:

Tabla 7 Patologías comunes de los componentes de una edificación.

COMPONENTE DEL ACTIVO	MODO DE FALLA
ESTRUCTURA	1. Grietas. 2. fisuras. 3. Flechas / Deformación. 4. Suciedad. 5. Manchas oxido. 6. Focos de humedad/hongos 7. Porosidad. 8. Juntas separadas. 9. Desnivel de placa. 10. Filtraciones. 11. Desgaste
PISOS	1. Grietas 2. fisuras. 3. Suciedad 4. Manchas. 5. Focos de humedad/hongos 6. Porosidad. 7. Desgaste. 8. Desprendimiento de acabados.

	9. Ausencia de acabados.
MUROS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agrietamiento transversal. 2. Agrietamiento horizontal. 3. fisuras. 4. Suciedad 5. Manchas. 6. Focos de humedad/hongos 7. Porosidad. 8. Desgaste. 9. Desprendimiento de piezas. 10. Ausencia de acabados.
CUBIERTA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Filtraciones 2. Grietas 3. fisuras. 4. Suciedad 5. Manchas. 6. Tejas rotas 7. Desprendimiento 8. Ausencia de soporte 9. Corrosión. 10. Desgaste. 11. Faltante de elementos.
REDES DE AGUA LLUVIA.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fisuras. 2. Filtraciones 3. Obstrucciones. 4. Empozamiento. 5. Oxidación 6. Desgaste 7. Desprendimiento 8. Deterioro de rejilla 9. Pandeo 10. Roturas
RED SANITARIA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fisuras 2. Filtraciones 3. Huella de humedad en piso o techo 4. Obstrucciones 5. Rebores 6. Roturas 7. Filtración de olores.
RED HIDRÁULICA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Filtraciones 2. Grietas 3. fisuras 4. Suciedad 5. Manchas 6. Ausencia conexión. 7. Ausencia de soporte 8. Desgaste. 9. Faltante de elementos. 10. Rebores.
RED GAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fisuras 2. Fugas 3. Suciedad.

	4. Huellas techo, pared. 5. Obstrucciones
RED ELÉCTRICA	1. Rotura 2. Cableado expuesto 3. Corrosión 4. Ruidos 5. Ausencia de soporte 6. Calentamiento. 7. Corto circuito 8. Ausencia de elementos
APARATOS SANITARIOS	1. Manchas 2. Obstrucciones 3. Oxidación 4. Roturas 5. Filtraciones 6. Ausencia de elementos
CARPINTERIAS	1. Presencia de hongos 2. Deterioro anclaje y fijación 3. Abolladuras 4. Perfil suelto 5. Ausencia de elementos 6. Ralladuras 7. Desplome 8. Embovamiento 9. Avería

Fuente. Elaboración propia

2.3 Evaluación de las fallas.

Basado en la metodología propuesta por el ATC-13 (Applied Technology Council, 1985) basada en estados de daño, que han sido obtenidos de relaciones demanda contra capacidad en términos de rigidez, resistencia y disipación de energía donde propone los siguientes porcentajes de daño (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2002):

Tabla 8 Porcentajes de daño ATC-13. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2002).

Caracterización de Daño	Rango de Daño %	Índice de Daño	Descripción
1. NINGUNO	0	0	Sin daño
2. LEVE	(0-10)	5	Daño menor localizado en algunos elementos que no requiere siempre reparación.
3. MODERADO	(10-30)	20	Daño menor localizado en muchos elementos que debe ser reparados.
4. FUERTE	(30-60)	45	Daño extensivo que requiere reparaciones mayores.
5. SEVERO	(60-100)	80	Daño grave generalizado que puede significar demolición de la estructura.
6. COLAPSO TOTAL	100	100	Dstrucción total o colapso.

Fuente. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2002).

Teniendo en cuenta el modo de la falla se da una valoración a cada componente inspeccionado, el cual se promedia teniendo en cuenta la vida útil de cada elemento, que de acuerdo con el criterio tomados de la experiencia como ingeniera civil y basados en los porcentajes de daño establecidos en la Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica – AIS.2002 para el caso de estudio se clasificarían como se relaciona en la tabla 12:

Tabla 9 Criterios de la caracterización del daño.

CARACTERIZACIÓN DE DAÑO	
Ninguno	0%
Estado Leve	1%-10%
Fallas Menores	11% -40%
Requiere Mantenimiento	41% -59%
Requiere Renovación	60%-99%
Inservible	100%

Fuente. Elaboración propia

Una vez evaluados la caracterización de cada elemento que compone el activo y clasificación el mismo se promedia por la cantidad de elementos inspeccionados, dando como resultado el % de índice de daño del activo, así como se clasifica en la tabla No. 13:

Tabla 10 Criterios de índice de daño

Índice De Daño	
Severo / colapso total	70% - 100%
Moderado	50% - 69%
Bueno	20% - 49%
Optimo	0% - 19%

Fuente. Elaboración propia

2.4 Análisis de modo y efecto de falla.

Para el análisis de modo y efecto de falla, se deben tener en cuenta factores que afectan la durabilidad de la edificación, en las cuales se encuentran la calidad de materiales y diseño, proceso constructivo, ambiente interior como humedades, temperaturas, agentes químicos, ambientes externos como el clima, la contaminación urbana, mantenimiento que se le haya realizado durante su uso (Hernández, 2014).

Para el análisis de modo y efecto de falla se utilizará el método AMEF o AMFE: “Análisis modal de fallos y efectos”, basado en la NTP 679, el cual consiste en 1) identificar las fallas en los componentes de la edificación 2) Enumerar los posibles fallos que pueden llegar a comprometer el normal funcionamiento de la edificación. 3) Establecer y clasificar los modos de fallo. 4) Determinar los efectos del fallo. 5) Clasificar la severidad o gravedad del fallo. 6) Determinar las causas. 7) Clasificación de la ocurrencia. 8) Identificar y clasificar los controles. 9) Evaluar el nivel prioritario de riesgo (NPR). 11) Establecer la Acción correctiva y 13) Responsable de la organización. (Robinson, 2019).

En la tabla No. 14, la NTP 679 del 2004 Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, da un cuadro de clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente/usuario, el cual relaciona una puntuación de (1 a 10), pasando por una gradación funcional de uso, hasta el caso más grave de no adaptación de uso. (NTP679, 2004)

Tabla 11 Cuadro de clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente/usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Fuente. (NTP679, 2004)

En la tabla No. 15, la NTP 679 del 2004, indica un cuadro de clasificación de la ocurrencia o frecuencia, que es la estimación de que ocurra el fallo, esta también es clasificada en una escala de 1 al 10, así:

Tabla 12 Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo.

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos , ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos . Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Fuente. (NTP679, 2004).

En la tabla No.13, la NPT 679 asigna un grado de detección a cada control, el cual también la clasifica en una escala que va de 1 al 10, siendo el 1 un control donde se detecta la falla y 10 la no certeza que se detectará la falla.

Tabla 13 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente . Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Fuente. (NTP679, 2004).

Una vez establecidos la clasificación del grado de gravedad, grado de frecuencia y grado de detección, se establece el número de riesgo, el cual prioriza el modo de fallo y sus causas.

NPR= Grado de severidad X Grado de ocurrencia X Grado de detección.

Cuando se establece el resultado del NPR inferior a 100 no requerirá intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuye a mejorar aspectos de calidad del servicio. (NTP679, 2004).

Tabla 14 Formato cálculo modo de fallo

EDIFICACIÓN	Modos de fallo	Índice de daño (%)	Efecto	S	Causa	O	Controles	D	NPR	Acción correctiva	Responsable	S	O	D	NPR
									0						0
									0						0

Fuente. (NTP679, 2004).

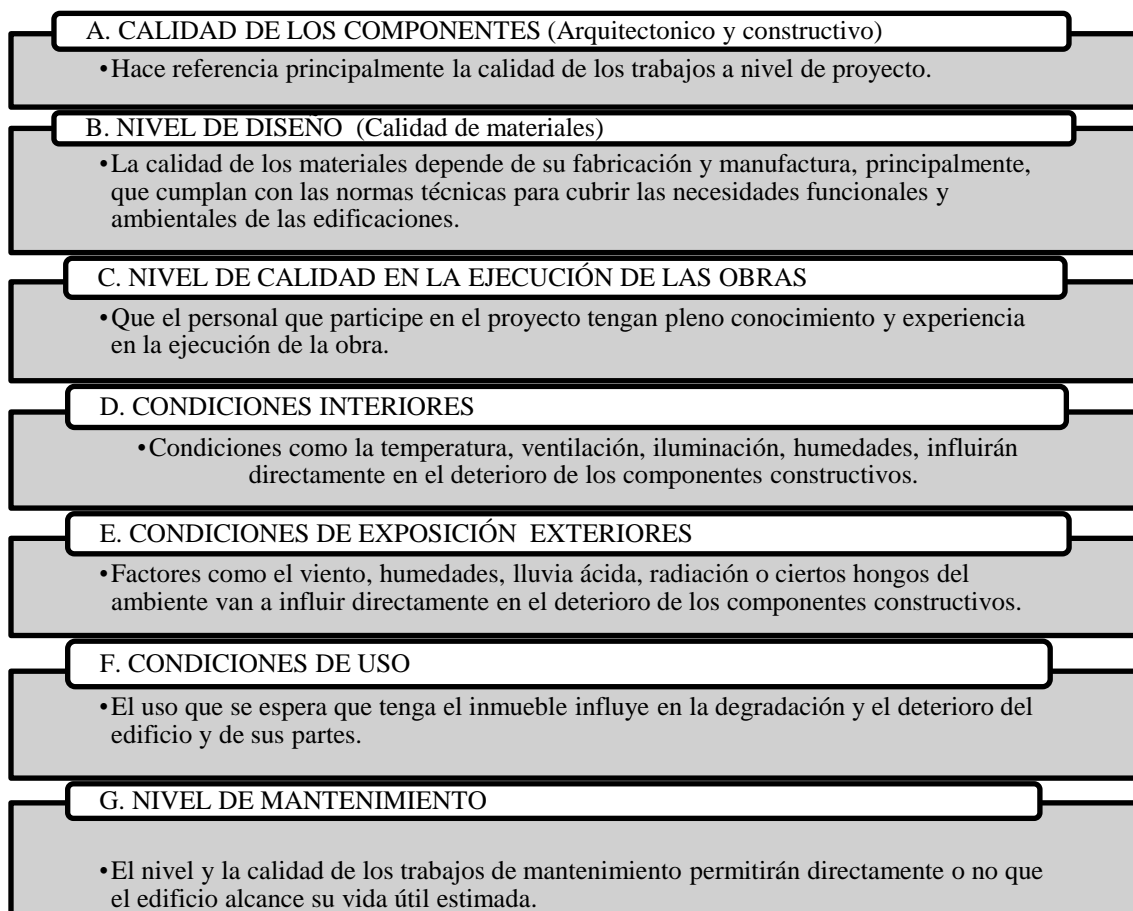
3. Vida Residual.

La vida residual de un activo es aquel que se espera tenga el activo al finalizar el tiempo de vida útil, para la estimación de esta se contemplará la aplicación del método ISO 15686 para la estimación de la vida útil. (ISO 15686-1, Buildings and constructed assets-Service Life Planning, part 1: General principles and framework, 2011).

Para estimar la vida útil en años que puede tener una edificación se debe considerar diferentes factores que influyen en su estabilidad y conservación y como estos se pueden ver afectados por las exposiciones, uso, desgaste y/o obsolescencia, por lo cual se propone una herramienta de análisis que facilite estimar el estado de conservación en el tiempo de un activo (Anaya Estevez , y otros, 2018). El desarrollo de la aplicación de la Norma ISO 15686 es

aplicada por siete factores, el cual dan indicaciones de cómo calcular la vida útil de un activo, estos factores se describen en la figura No. 5.

Figura. 1 Factores Norma ISO 15686.



Fuente. Anaya Estevez et al, (2018).

3.1 Factores para la estimación de la vida útil

La Norma ISO 15686 establece las siguientes calificaciones para medir el grado de afectación de cada variable como se representa en la siguiente tabla:

Tabla 15 Calificaciones grado de afectación de las variables

CALIFICACIÓN	VARIABLE
0.8	Muy bajo (No hay información o está incompleta, falta o no cumple con la normatividad.)
1.0	Medio (Hay información suficiente y cumple apenas con los aspectos normativos de forma adecuada).
1.5	Muy Alto (Hay información completa y cumple con los aspectos de forma eficaz, entrega mayor detalle del solicitado, cumple rigurosamente con la normatividad, aplica mejores prácticas y es innovador).

Fuente. Anaya Estevez, et al, (2018).

Para cada Factor se estima unas variables representativas que afectan con mayor intensidad la conservación de la edificación como se relaciona en la tabla No. 16 así:

Tabla 16 Factores para la estimación de la vida útil de una edificación.

FACTOR	MUY BAJO (0.8)	MEDIO (1.0)	MUY ALTO (1.2)
A	Construcción sin licencia de construcción.	Adecuaciones y ampliación con licencia de construcción son verificación documental.	Construcción elaborada con licencia de construcción. Con evidencias documentales.
B	Elementos del sistema del edificio que en la inspección no cumplen con las propiedades y características de (Resistencia, rigidez, ductilidad, dureza, tracción, compresión, torsión, flexión). Cumple máximo con el 30% de los requerimientos. Se evidencia baja calidad de materiales e inadecuado manejo, el material no es compatible con la arquitectura del inmueble	Elementos del sistema del edificio que en la inspección solo cumplen el 50% de las propiedades y características de (Resistencia, rigidez, ductilidad, dureza, tracción, compresión, torsión, flexión). Se evidencia buena calidad de materiales e inadecuado manejo, el material es compatible con la arquitectura del inmueble	Elementos del sistema del edificio que en la inspección cumplen al 100% las propiedades y características de (Resistencia, rigidez, ductilidad, dureza, tracción, compresión, torsión, flexión). El inmueble cuenta con estudios previos y aplicados, teniendo en cuenta factores innovadores que lo hacen sobresalir de los demás.

	Dificultad en el transporte y consecución de materiales.	Facilidad en el transporte y acceso a materiales.	Facilidad en el transporte y acceso a materiales y disponibilidad de materias primas.
C	Es deficiente el sistema de ventilación, no cuenta con ventanas ni puertas suficientes.	La geometría del proyecto, recintos dimensiones, formas, fachadas y componentes están provistas de manera que tenga una adecuada ventilación natural o artificial.	Cuenta con sistemas provistos para la ventilación con especificaciones técnicas, certificados e informes de equipos y dispositivos referentes a la ventilación
	Redes, instalaciones eléctricas, hidráulicas y demás como cubiertas y canales agua lluvias sin mantenimiento adicional accesorios difíciles de reemplazar.	Redes, instalaciones eléctricas, hidráulicas y demás como cubiertas y canales agua lluvias con mantenimientos periódicos	Existen protocolos y ejecución rigurosamente y programación de mantenimientos de redes, instalaciones eléctricas, hidráulicas y demás como cubiertas y canales agua lluvias.
D	Mala instalación de materiales en la construcción, deterioro por tiempo, desastres naturales, que afecten notablemente el estado del inmueble.	La estructura es adecuada para soportar efectos climáticos independientemente al lugar que se encuentre el inmueble.	Cuenta con diseños y estructura que mitigan los efectos negativos ocasionados por el aire o las precipitaciones.
	La topografía del terreno es inadecuada para soportar la estructura del inmueble.	La topografía del terreno es adecuada para soportar la estructura del inmueble.	La topografía tiene una estructura especializada con criterios específicos de diseño
	El inmueble se encuentra en una zona de alto riesgo no mitigable tales como inundaciones, remoción en masa.	El inmueble se encuentra en una zona segura, donde presenta mediano y bajo riesgo.	El inmueble se encuentra construido para soportar cualquier tipo de riesgo.
	Presenta humedades por alto nivel freático y elementos sin impermeabilizantes.	El inmueble no presenta niveles freáticos que le afecten	El inmueble ha sido diseñado y construido adecuadamente para prevenir las condiciones adversas a nivel freático.
E	Acabados deficientes en un 70% de cimientos, muros, acabados de muros, cubiertos, entrepisos, pisos, carpinterías, detalles arquitectónicos.	Acabados adecuados en 50% de cimientos, muros, acabados de muros, cubiertos, entrepisos, pisos, carpinterías, detalles arquitectónicos.	Acabados adecuados en 100% de cimientos, muros, acabados de muros, cubiertos, entrepisos, pisos, carpinterías, detalles arquitectónicos.
	Patologías graves, afecta considerablemente el estado de conservación del inmueble por lo tanto presenta grietas, humedad severa y prolongada, puede ser de tipo a)	Patologías irrelevantes, a pesar de que presente algún tipo de patología no afecta considerablemente el estado del inmueble, fisuras, humedad	No presenta ningún tipo de patologías.

	condensación, b) Por capilaridad, c) laterales, d) en techos (Puede ser un tipo o más).	superficial y prolongada, puede ser de tipo a) condensación, b) Por capilaridad, c) laterales, d) en techos (Puede ser un tipo o más).	
F	<p>Construcciones con uso propuesto inicial y con un uso actual diferente.</p> <p>Alto impacto: Uso propuesto industrial, uso actual residencial.</p> <p>Mediano impacto: Comercial uso actual industrial de almacenamiento.</p> <p>Bajo impacto: Residencial, uso actual comercio y servicios.</p>	<p>Construcciones con uso propuesto inicial y con un uso actual diferente, pero que no altera fuertemente la operatividad de este.</p> <p>Alto impacto: Uso propuesto industrial, uso actual oficinas</p> <p>Mediano y bajo impacto: residencial uso actual consultorios.</p>	<p>La construcción presenta un uso esperado, con las características constructivas indicadas en cuanto a los materiales diseño y durabilidad.</p>
G	<p>Presenta manual de mantenimiento, pero no lo cumplen.</p> <hr/> <p>No hay información sobre históricos de mantenimiento.</p>	<p>No cumple en la totalidad lo establecido en el manual de mantenimiento.</p> <hr/> <p>Los mantenimientos a los inmuebles son periódicos.</p>	<p>Mantenimiento efectuado rigurosamente y de acuerdo con las especificaciones del manual de mantenimiento.</p> <hr/> <p>Los inmuebles cuentan con el mantenimiento preventivo y predictivo.</p>

Fuente. (Anaya Estevez , y otros, 2018)

Calculados los factores de estimación de la vida útil de se realiza un promedio para definir el valor final de dicho factor. Para realizar la determinación de la vida útil estimada se debe partir de la vida útil del diseño, el cual para esta metodología se utilizará los parámetros establecidos en la figura No. 2.

Figura. 2 Vida útil de diseño (VUD) por categoría o tipos de edificios.

CATEGORÍA DE EDIFICIOS	VIDA ÚTIL DE DISEÑO POR CATEGORÍA (AÑOS)	EJEMPLOS
Temporales	Hasta 10	Construcciones no permanentes, oficinas de ventas, edificios de exhibición temporal, construcciones provisionales.
Vida media	25-49	La mayoría de los edificios industriales y la mayoría de las estructuras para estacionamientos.
Vida larga	50-99	La mayoría de los edificios residenciales, comerciales, de oficinas, de salud, de educación.
Permanentes	Más de 100	Edificios monumentales, de tipo patrimoniales (museos, galerías de arte, archivos generales, etcétera).

Fuente. Ayala Carpio, Apaza Pineda, Llerena Longoria, y Murillo Calsin, (2020).

3.2. Cálculo de la vida útil estimada.

Para realizar el cálculo de la vida útil estimada se deben contemplar los factores anteriormente definidos bajo la siguiente fórmula:

$$\mathbf{VUE = VUD \times (A) \times (B) \times (C) \times (D) \times (E) \times (F) \times (G)}$$

Donde,

VUE = Vida útil estimada

VUD = Vida útil de diseño (Fig. No. 6).

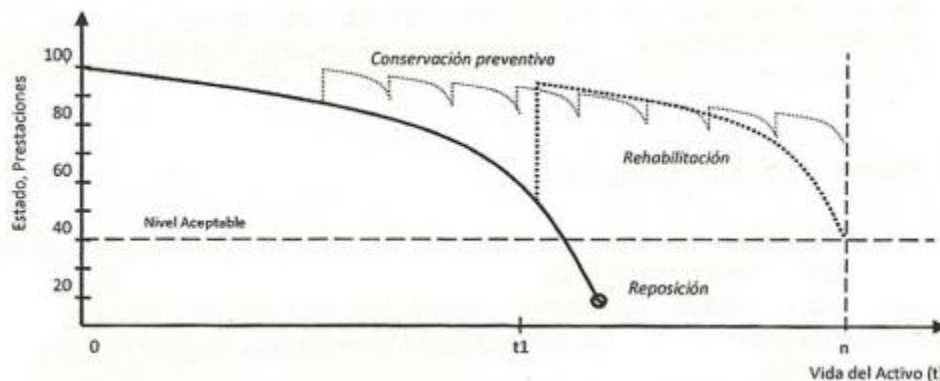
- A= Factor de calidad de diseño arquitectónico y constructivo.
- B= Factor de calidad de los materiales de construcción.
- C= Factor tipo de medio ambiente interior del edificio.
- D= Factor tipo de medio ambiente exterior del lugar.
- E= Factor calidad de la mano de obra.
- F= Factor uso de edificio.
- G= Factor grado o nivel de mantenimiento.

4. Costo ciclo de vida.

El costo de ciclo de vida es una técnica que se utiliza para predecir y evaluar el rendimiento de los costos de los activos construidos. En la figura No. 9 muestra los requisitos de desempeño en el ciclo de vida de un proyecto. (ISO 15686-1, 2011).

El objetivo principal del cálculo del costo de vida es proporcionar criterios para la toma de decisiones en cualquiera de las fases de este adoptando estrategias durante el ciclo de vida del activo como se ve en la figura No. 9. (Garcia Gomez, 2014)

Figura 9 Conservación preventiva



Fuente. Garcia,(2014) p.87

El proceso de análisis económico es establecer los costos asociados a las actividades que llevan a cabo durante las etapas del ciclo de vida de activo, según la IEC 60300-3-2013, los costos del ciclo de vida de un activo es la suma de los diferentes costos que se presentan en cada una de las etapas del ciclo de vida, es por eso que se tiene el costo de adquisición, el costo de operación y/o mantenimiento y por último el costo de desincorporación o reciclaje (Castañeda Gonzalez y Perez Otavo, 2017).

4.1 Costo de adquisición.

Para este análisis se deben contemplar los costos incluidos en la adquisición de un activo, por compra, construcción y/o arrendamiento. (ISO 15686-5, 2017).

4.2 Costo de mantenimiento.

El costo de mantenimiento se debe contemplar la mano de obra, materiales y otros costos relacionados o incurridos para mantener un edificio o sus partes para que el mismo quede funcional. (ISO 15686-5, 2017).

4.3 Costos de desincorporación o reciclaje

Son los costos que se involucran por desmontaje o desincorporar un activo de su ubicación actual. Es importante establecer que dependiendo el estudio o análisis este costo puede aplicar o no, en función al alcance del proyecto de remplazo o modernización. (Silvera, s.f.).

4.4 Costo de reemplazo.

El costo de reemplazo es igual al costo de la inversión, proyectado al año que requiere realizar el reemplazo.

4.5 Cálculo costo de ciclo de vida

El costo de ciclo de vida (CCV) está dado por:

$$CCV(t) = CA(t) + COM(t) + CD(t).$$

Donde;

CA= Costo de Adquisición.

COM= Costo de mantenimiento

CD = Costo de desincorporación / reciclaje.

4.6 Cálculo costo del valor actual

El valor actual está definido por:

$$VP = CCV / (1+r).$$

Donde,

VP = Valor presente

CCV = Costo de ciclo de vida.

r = Tasa de interés.

Para los cálculos de las tasas se tomarán de referencia la Tasa de rentabilidad (r), es obtenida de la página de Corficolombiana del año 2021 (<https://investigaciones.corficolombiana.com/documents/38211/0/20210520b%20-%20Informe%20Sensibilidad%20Ke%20Costo%20del%20Capital.pdf/81758766-8a8f-3b33-31c7-cf8daa4ff42d>) como se evidencia en la figura No.10.

Figura 10 Tasa de rentabilidad



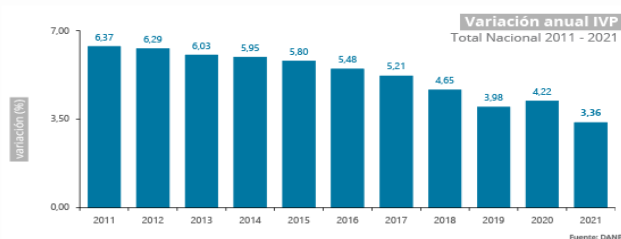
Fuente. Corficolombiana, 2022

El Índice de Valorización Predial, utilizado para el cálculo del reemplazo de la edificación es tomado de la información del DANE del año 2021, como se evidencia en la imagen No. 11 así:

Figura 11 Índice de valorización

Información 2021

De las veintidós ciudades incluidas en la cobertura geográfica del índice, trece de ellas: Neiva (4,98%), Manizales (4,94%), Pasto (4,86%), Medellín (4,85%), Bucaramanga (4,80%), Pereira (4,28%), Barranquilla (4,02%), Tunja (3,97%), Armenia (3,91%), Cali (3,60%), Riohacha (3,58%), Cúcuta (3,55%) y Florencia (3,37%) presentaron variaciones superiores a la media.



Fuente. DANE, 2021

Para establecer un cálculo promedio de demolición de edificaciones utilizamos la herramienta de Colombia generadora de precios (CYPE Ingenieros S.A.S), con el fin de obtener el m2 de demolición de una edificación de acuerdo con la imagen 10 así:

Figura 12 m2 de demolición

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
Sin descomposición			237.828.840,66
Costos directos:			237.828.840,66

Pliego de condiciones
ÍTEM DCE010: DEMOLICIÓN COMPLETA DE EDIFICIO.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
 Demolición completa, elemento a elemento, con medios manuales y mecánicos de edificio de 900 m² de superficie total, y carga mecánica sobre camión o contenedor, aislado, compuesto por 3 plantas sobre rasante con una altura edificada de 9.5 m. El edificio presenta una estructura de concreto y su estado de conservación es normal, a la vista de los estudios previos realizados.

Fuente. Colombia generador de precios (2022)

5. Análisis de Riesgo

El análisis de riesgo utilizado en esta metodología será el cualitativo, teniendo en cuenta que en el sector de los activos de infraestructura a menudo no se dispone de datos estadísticos suficientes, la norma ISO 31010:2009 Gestión del riesgo-Técnicas de apreciación del riesgo (27) indica que la apreciación cualitativa del riesgo se define indicando niveles tales como alto, medio y bajo (Fernández, Moyano y Chaza, s.f.). No obstante, y con el objetivo de priorizar los riesgos mediante la combinación de probabilidad de ocurrencia y el impacto se parametrizan cuantitativamente las calificaciones de cada riesgo de acuerdo al diagnóstico de la inspección visual de cada edificación y que se clasificaron en el análisis modal de fallos y efectos AMFE, el cual el impacto se toma los datos evaluados según la tabla “cuadro de clasificación de la gravedad del modo de fallo” y la probabilidad se tomarán los datos evaluados en la tabla “Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo. En la tabla No. 17 se muestra la evaluación de los riesgos basados la gravedad y la probabilidad en una tabla de 1 a 10, de acuerdo con los parámetros antes planteados, donde:

Valor de riesgo = Probabilidad * Gravedad.

Nivel de riesgo= El nivel de riesgo está clasificado según los parámetros establecidos en la tabla No. 17.





Tabla 17 Evaluación de análisis de riesgos, basados en el modo de fallo.

EVALUACION DE RIESGOS.

EDIFICIO	RIESGO (Modo de fallo)	Probabilidad (Ocurrencia)	Gravedad (Impacto)	Valor del Riesgo	Nivel de Riesgo
	La estructura de la edificación presenta más de dos fallas (Grietas, porosidad, fisuras).	10	10	100	Muy grave
	Los pisos de la edificación se evidencia con fisuras, humedades, desgaste.	8	8	64	Importante
	Los muros de la edificación presenta agrietamiento transversal, horizontal, fisuras, humedades.	6	5	30	Apreciable
	La cubierta presenta filtraciones, grietas, desprendimientos, corrosión o desgaste.	1	1	1	Marginal
	Redes de agua lluvia presenta fisuras, filtraciones, obstrucciones.			0	Marginal
	Redes sanitarias presenta fisuras, filtraciones, obstrucciones.			0	Marginal
	Redes hidráulicas presenta fisuras, filtraciones, obstrucciones.			0	Marginal
	Redes de gas presenta fisuras, fugas, obstrucciones.			0	Marginal
	Redes eléctricas presenta rotura, cableado expuesto, corrosión, ruidos, corto circuito.			0	Marginal
	Aparatos sanitarios presenta manchas, obstrucciones, oxidación, roturas.			0	Marginal
	Carpinterías presenta deterioro, abolladuras, desplome, avería.			0	Marginal

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 18 Clasificación del nivel de riesgo

	Riesgo muy grave (80 – 100). Verificar si existe alguna estrategia o tarea de mantenimiento para evitar la falla o reducir el riesgo a marginal. De lo contrario, debe mitigarse con proyectos o acciones en un plazo de hasta 6 meses.
	Riesgo importante (60 – 79). Verificar si existe alguna estrategia o tarea de mantenimiento para evitar la falla o reducir el riesgo a marginal. De lo contrario, debe mitigarse con proyectos o acciones en un plazo de hasta 12 meses.
	Riesgo apreciable. (20 – 59) Verificar una estrategia o tarea de mantenimiento para evitar la falla. De lo contrario, se deben crear procedimientos o controles
	Riesgo marginal. (0-20) Algunas de las medidas necesarias son señalización y avisos. Verificar si alguna estrategia o tarea de mantenimiento para evitar la falla es económicamente viable o no requiere ninguna intervención.

Fuente. (Zampolli, 2015)

5.2 Matriz de probabilidad e impacto de los riesgos

Una vez obtenida la calificación en la tabla No. 18 de acuerdo con el nivel de riesgo definido por los intervalos de prioridad, se ubica al riesgo en la matriz de probabilidad e impacto de acuerdo con la Tabla 19, obteniendo así su ubicación en una de las cuatro zonas de acuerdo

con su prioridad: grave (rojo), importante (naranja), apreciable (amarillo) y marginal (blanco).

(Andrade Gonzalez, Tipacti Gallo, & Espinoza Ramirez, 2019).

Tabla 19 Matriz de riesgos.

MATRIZ DE RIEGOS							
			GRAVEDAD (IMPACTO)				
			MUY BAJO 1	BAJO 2-3	MODERADA 4-6	ALTO 7-8	MUY ALTO 9-10
PROBABILIDAD	MUY ALTA	9. - 10	10	30	60	80	100
	ALTA	6. - 8	8	24	48	64	80
	MODERADA	4. - 5	5	15	30	40	50
	BAJA	2. - 3	3	9	18	24	30
	MUY BAJA	1	1	3	6	8	10

Fuente. elaboración propia

6. Análisis del Ciclo de Vida.

Los edificios representan alrededor del 40% del consumo mundial de energía y contribuyen con más del 30% de las emisiones de CO². Donde una gran parte de esta energía se utiliza para el confort térmico en edificios. (Yang, Haiyan, Xu, & Lam, 2013).

Adicionalmente, 75% del total de energía consumida por el sector edificación es residencial. Donde la energía eléctrica presenta el mayor crecimiento en la distribución del consumo residencial por tipo de fuente energética. (Hernández Lopez, 2017)

Para desarrollar un ACV se deben aplicar la norma ISO 14040, en edificios es un proceso complejo debido a las diferencias que hacen a cada proyecto único en cuanto a atributos, clima, usuarios, etc. En los cuales, en general, se prioriza la evaluación las emisiones de dióxido equivalentes (Greenhouse Gas – GHG, responsables del calentamiento global; Global Warming Potencial, GWP) y la energía demanda acumulada (Cumulative Energy Demand CED) (Arévalo, 2018).

De acuerdo con el manual explicativo del ACV aplicado al sector de la edificación indica que según las recomendaciones del CEN/TC 350, el sistema analizar o subsistemas del edificio deben incluir las fases de producción, contribución, uso y disposición final, tal como lo indica la siguiente figura (Hernández Lopez, 2017):

Figura 13 Etapas del ciclo de vida de un edificio



Fuente. (Hernández Lopez, 2017)

Para el desarrollo de esta metodología se va a realizar un análisis de la huella de carbono de los materiales más comunes en la tipología de una construcción de un edificio de apartamentos de casas fiscales, que coincidan con los sistemas y materiales constructivos y así identificar los materiales que produce mayor consumo de energía. El ciclo de vida de una edificación está compuesto por cuatro fases, producción, edificación, uso y demolición; para este caso el análisis será **limitado a la fase de edificación**.

6.1 Materiales comunes en una edificación, para la evaluación del análisis de la huella de carbono de los materiales más comunes se tendrán en cuenta los materiales constructivos de mayor representación en un modelo constructivo habitual (MCH), (Olivares Santiago & Ramirez de Arellano Agudo, 2010) así:

- Concreto
- Acero
- PVC
- Carpintería metálica.

- Pinturas y disolventes.
- Cobre
- Mampostería – arcilla.
- Cerámica.

6.2 Evaluación de impacto.

Para la cuantificación de la huella de carbono se utilizará los datos de la tabla No. 20 tomada de los resultados del modelo de cuantificación de las emisiones CO² producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. (Olivares Santiago & Ramirez de Arellano Agudo, 2010)

Tabla 20 Emisiones de CO² por kg de material y por m² construido del MCH

Datos ambientales de la imagen de referencia del MCH			
CBMs representativos del MCH definido	EC _{CBM}	R*	ECm ²
	kgCO ₂ /kg	kg/m ²	kgCO ₂ /m ²
Acero estructural y laminado	2,80000	30,76	86,13
Acero cromado, esmaltado, galvanizado	3,78887	5,21	19,74
Aditivo, disolvente, barniz y aceites	13,77640	7,29	100,43
Aluminio (anodizado y lacado)	31,45454	0,99	31,14
Áridos	0,03000	467,19	14,02
Betún asfáltico	6,49700	1,67	10,85
Cartón yeso	0,47415	22,44	10,64
Cemento	0,41122	29,40	12,09
Material cerámico	0,17516	132,56	23,22
Cobre y cobre recocido	14,82539	0,63	9,34
Hormigón celular y prefabricados	0,45617	31,26	14,26
Hormigón prefabricado y suministrado	0,21851	1026,79	224,37
Mortero prefabricado	0,22268	93,45	20,81
Neopreno	17,65333	1,50	26,48
Temple	14,72049	1,61	23,70
PVC	10,35576	1,04	10,77
Terrazo	0,21619	43,34	9,37
Otros (vidrio, metales, porcelana, cal, etc.)	0,31949	146,48	46,80
Totales imagen de referencia MCH		2043,61	694,16

Fuente. (Olivares Santiago & Ramirez de Arellano Agudo, 2010)).

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ por m² construido, se debe multiplicar los valores medios correspondientes al peso /m² construido de cada componente básico material - CBM, expresado en Kg/m², por el valor correspondiente a las emisiones CO₂ expresadas en KgCO₂/Kg, para cada uno de los materiales representativos de la edificación, expresados en KgCO₂/m². En la tabla No. 21 de cálculo en Excel se determinará los valores correspondientes al CO₂ de cada material. (Olivares Santiago & Ramirez de Arellano Agudo, 2010)).

Tabla 21 Tabla de cálculo para emisiones CO₂ materiales de construcción.

ITEM	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	FAC. CONVERSIÓN	TOTAL	FACTOR EMISION	UNIDAD	RESULTADOS EMISIONES CO ₂	
								KG CO ₂ EQ	% EMISIONES EDIFICACION
1	Pinturas					13.77	kg CO ₂ / kg		
2	Cerámica. Enchapes					23.22	kg CO ₂ / m ²		
3	Drywall					10.64	kg CO ₂ / m ²		
4	Acero cromado, esmaltado y galvanizado					3.78	kg CO ₂ / kg		
5	Aparatos en cerámica					0.32	kg CO ₂ / kg		
6	Vidrio, espejo					46.80	kg CO ₂ / m ²		
7	PVC (Tubería, cajas, Conduit)					10.36	kg CO ₂ / kg		
8	Tubería (8") tipo Novafort					10.36	kg CO ₂ / kg		
9	Base granular					0.03	kg CO ₂ / m ²		
10	Concreto reforzado					0.22	kg CO ₂ / kg		
11	Acero de refuerzo 60.000 psi					2.80	kg CO ₂ / kg		
12	Mampostería					14.02	kg CO ₂ / m ²		
13	Mortero para alistado y pañete					20.81	kg CO ₂ / m ²		

14	Aluminio	31.45	kg CO ₂ / kg	
TOTAL				- 0%

Fuente. Elaboración propia

7. Políticas del sistema de Gestión de activos

Para llevar a cabo un buen sistema de gestión de activos la Norma ISO 55001 de 2014, establece siete requisitos fundamentales que toda organización debe desarrollar para cumplir con los objetivos del sistema de gestión de activos, así:

Conocer el contexto de la organización.

Establecer quien lidera el sistema de gestión.

Realizar la planificación.

Recursos

Funcionamiento

Evaluación del desempeño

Mejorar el sistema de gestión de activos. (Castañeda Gonzalez & Perez Otavo, 2017).

7.1 Contexto de la organización.

En el desarrollo del contexto de la organización, en este caso el Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional, debe tener claro cuál es el valor de la empresa, el foco de su negocio y el resultado esperado, para ello se debe identificar todos los contextos internos y

externos que afectan tanto el logro de los objetivos de la organización como los sistemas de gestión de activos. (Zampolli, 2015).

Figura 14 Contexto de la organización

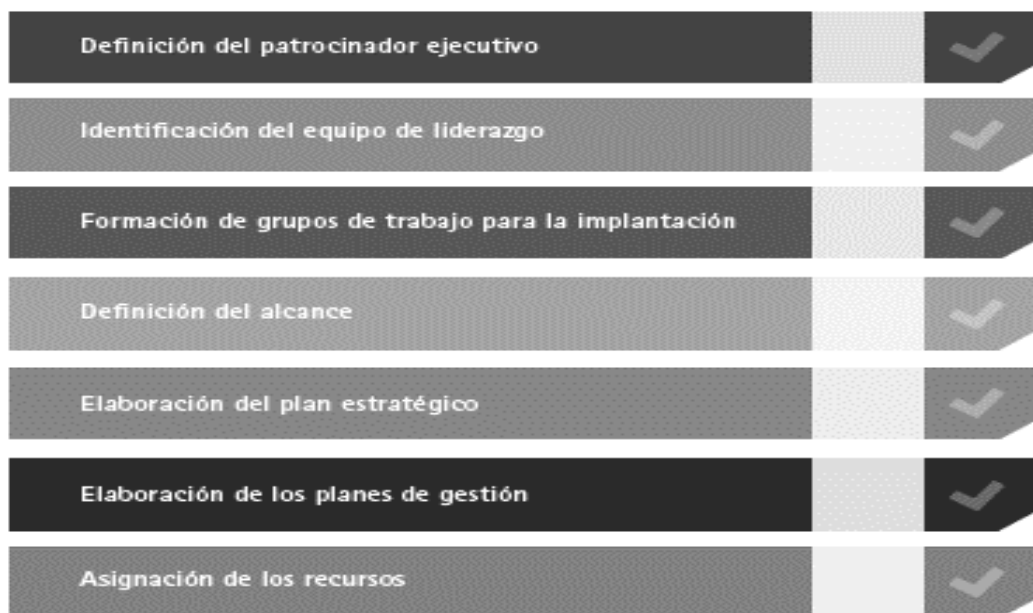


Fuente. Elaboración propia

7.2 Liderazgo en la gestión de activos

Los integrantes de la alta gerencia son los líderes naturales de la gestión de activos de una organización y son responsables por la calidad y la seguridad, así como también por la gestión de activos.

Figura 15 Liderazgo en gestión de activos



Fuente. (Zampolli, 2015).

7.3 Responsabilidades y funciones.

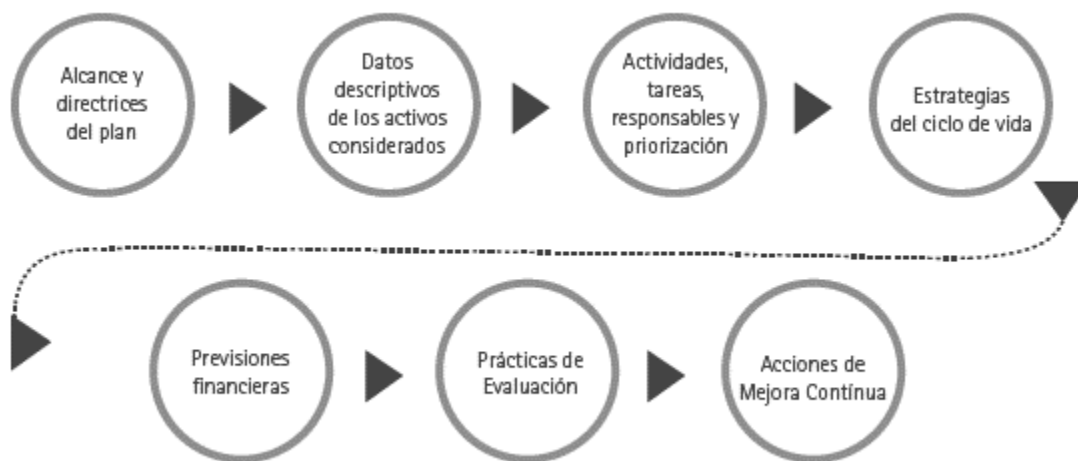
La responsabilidad y asignación de las funciones es un compromiso que se debe adquirir por parte del Instituto de Casas Fiscales, el cual se debe establecer en el organigrama de la empresa la distribución del personal con idoneidad y habilidad para que el sistema de gestión cumpla con todos sus requerimientos. Se deben establecer equipos de trabajo con conocimiento para realizar el diagnóstico y mantenimiento a los activos que cuenta el instituto; así mismo contar con las herramientas y recursos necesarios para facilitar y priorizar las inversiones.

7.4. Planificación de la Gestión de Activos.

Para definir el desarrollo de un plan de gestión de activos debe incluir el análisis de impacto de las acciones en cada etapa del ciclo de vida y las necesidades ante las próximas

etapas del ciclo de vida, en la figura No. 16 se establece la estructura de los planes de gestión de activos. (Zampolli, 2015).

Figura 16 Liderazgo en la gestión de activos.



Fuente. (Zampolli, 2015).

7.4 Recursos

El Instituto de Casas Fiscales del Ejército debe garantizar todos los recursos necesarios para el desarrollo de los objetivos del plan de gestión de activos, la Norma ISO 55001 plantea como requisito apoyar el tiempo de vida del activo y hacer que la organización reconozca las necesidades del compromiso de todas las áreas durante todo el ciclo de vida, con el fin de garantizar el desempeño que la organización desea respecto al activo (Gazulla et al, 2012).

El Instituto de Casas Fiscales debe identificar, priorizar y limitar recursos como lo son humanos, financieros, de seguridad, herramientas, equipos inversiones para la sustitución,

reforma o adquisición de activos, establecer los canales de comunicación y documentar la información.

7.5 Funcionamiento

Para poder ejecutar las actividades del sistema de gestión de activos es importante tener definido aspectos importantes como:

- Objetivos
- Políticas
- Alcances del sistema de gestión de activos.
- Funciones y responsabilidades.
- Procedimientos.
- Recursos para las actividades del sistema de gestión de activos.
- Canales de comunicación establecidos. (Castañeda Gonzalez & Perez Otavo, 2017).

7.6 Evaluación del sistema de gestión de activos.

Cuando se desarrolla un sistema de gestión se deben establecer procesos para realizar la medición, monitoreo, análisis y evaluación de los activos. En esta etapa se realizan actividades de seguimiento y medición que debe ser implementado por el Instituto de Casas Fiscales para evaluar el desempeño de lo implementado. (Castañeda Gonzalez & Perez Otavo, 2017)

7.7 Mejoras al sistema de Gestión de activos.

Las auditorías internas son herramientas eficaces para garantizar que el sistema de gestión cumpla con sus propios requisitos. Normalmente, dichas auditorías se realizan a intervalos planificados y son capaces de señalar desviaciones de forma anticipada e identificar oportunidades de mejoras. (Zampolli, 2015)

El instituto de casas fiscales a través de auditorías internas debe realizar un proceso de autoevaluación para estimular a los participantes a buscar oportunidades de mejoras. La participación, la comprensión y el apoyo de los miembros de la organización son importantes para que la alta gerencia pueda hacer un análisis crítico de todo el sistema de gestión de activos. (Zampolli, 2015).

Implementación de la Metodología Diseñada

1. Estado Actual

1.1 Inventario. El Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional (ICFE), creado por Decreto-Ley No. 2345 de 1971 y modificado por el Decreto-Ley No. 2179 de 1984, es un establecimiento público, dotado de personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente, adscrito al Ministerio de defensa Nacional, el cual brinda un techo fijo por ciclos aproximadamente de 3 años a los oficiales y suboficiales pertenecientes a la institución; logrando un beneficio económico de gran ayuda para las familias militares, pues su costo mensual se mantiene sobre el 13 % de sueldo básico, siendo relativamente cómodo, asequible y objetivo; tiene su domicilio principal en la ciudad de Bogotá y podrá establecer dependencias en otras secciones del país según lo estime la junta directiva.

De acuerdo con, el Artículo 1º del Decreto N° 2345 de 1971, “El ICFE tiene como objetivo fundamental, desarrollar la política y los planes generales que, en materia de vivienda, por el sistema de arrendamiento, adopte el Gobierno Nacional respecto del personal de Oficiales y Suboficiales en servicio activo y personal civil del Ejército”.

Dentro del territorio colombiano, el Instituto de Casas Fiscales del Ejército ha establecido zonas y condominios de vivienda de acuerdo con la ubicación principal de las divisiones de la fuerza, logrando construir 6.365 viviendas para tal fin; sin embargo, en algunas zonas, generalmente aquellas de alto orden público, las viviendas son pocas y solamente cubren el techo de los oficiales y suboficiales de los cargos principales de la plana mayor de las unidades militares.

Así mismo en la ciudad de Bogotá el Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional cuenta con 4 seccionales, con 52 edificaciones que oscilan entre 2 y 11 pisos, el cual se tomará 10 edificaciones de la seccional Brigada Trece, ubicada en el Cantón Norte.

En la Seccional de la Brigada Trece del Instituto de Casas Fiscales cuenta con 11 edificios de uso residencial, el cual oscilan de 4 a 10 pisos respectivamente, las cuales fueron construidas en los años 1971, 2000, 2001 y 2002, así;

Tabla 22 Edificios construidos

NOMENCLATURA ICFE	TOTAL, APTOS	AREA M2	AÑO CONSTRUIDO	VETUSTEZ
Edif. Tenerife Apto -	8	968.80	1971	50
Edif. Bombona Apto -	8	968.80	1971	50
Edificio Calibío Apto -	8	968.80	1971	50
Edificio Pichincha Apto -	8	968.80	1971	50
Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	56	5240.00	2000	21
Edificio Jhon Rivero Lan T3	28	2620.00	2001	20
Edificio Jhon Rivero Lan T4	28	2620.00	2001	20
Edificio Jhon Rivero Lan T5	26	2680.00	2002	19
Edificio Jhon Rivero Lan T6	26	2680.00	2002	19
Edificio Tequendama Lan T7	38	3820.00	2002	19
Edificio Tequendama Lan T8	38	3820.00	2002	19

Fuente. Elaboración propia

Los edificios fueron construidos con sistema convencional, cimentación superficial y profunda compuesta por zapatas y/o pilotes, estructuras en concreto armado columnas, pantallas,

vigas de cimentación y amarre, placas de entrepiso, cubierta en teja, mampostería en bloque de arcilla y mampostería a la vista, acabados en carpintería metálica, aluminio y madera, estuco y pintura, el cual tiene como vida útil 50 años.

Ubicación.

Las edificaciones que hacen parte del estudio se encuentran dentro de la Seccional de la Brigada 13 del Cantón Militar Norte, el cual se encuentra ubicado en el Barrio Santana de la Ciudad de Bogotá, el Cantón Militar Norte es una de las construcciones más importantes del Ejército Nacional debido a su ubicación estratégica el cual concentra una gran cantidad de unidades y entre ellas las casas fiscales, compuestas por viviendas unifamiliares y viviendas multifamiliares como las edificaciones que harán parte de este estudio. (Nacional., 2020).

Identificación de los activos

Para el estudio del caso se contemplarán las siguientes edificaciones:

Tabla 23 Identificación de activos

	
EDIF. TENERIFE	EDIF. BOMBONA



EDIFICIO CALIBIO



EDIFICIO PICHINCHA



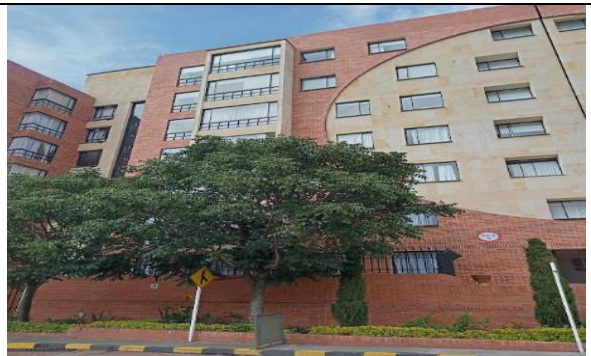
EDIFICIO JHON RIVERO LAN T1, T2



EDIFICIO JHON RIVERO LAN T3



EDIFICIO JHON RIVERO LAN T4



EDIFICIO JHON RIVERO LAN T5



Información general del activo

En la tabla 24 se relaciona la recopilación de la información el cual se realizó un registro de la identificación del activo, ubicación, avalúo de acuerdo con la información registrada en la base de datos del Instituto de Casas Fiscales del Ejército (ICFE), el último año que han realizado mantenimiento, costo total del mantenimiento, área, número de pisos, número de apartamentos.

Tabla 24 Información general del activo.

IDENTIFICACIÓN INMUEBLE												
IDENTIFICACIÓN ACTIVO	FECHA ELABORACION	CIUDAD	SECCIONAL	NOMBRE DEL INMUEBLE	AREA M²	AVALUO	NUMERO DE APARTAMENTOS	NUMERO DE PISOS	AÑO DE CONSTRUIDO	AÑO ÚLTIMO MANTENIMIENTO	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO	
1	12/04 /2022	Bogotá	Brigada13	Edif. Tenerife	968,8	\$ 917.453.600	8	4	1971	2017	\$ 650.230.000	
2	12/04 /2022	Bogotá	Brigada13	Edif. Bombona	968,8	\$ 917.453.600	8	4	1971	2012	\$ 196.860.000	
3	13/04 /2022	Bogotá	Brigada13	Edificio Calibio	968,8	\$ 917.453.600	8	4	1971	2014	\$ 215.350.000	
4	18/04 /2022	Bogotá	Brigada13	Edificio Pichincha	968,8	\$ 917.453.600	8	4	1971	2018	\$ 230.000.000	
5	18/04 /2022	Bogotá	Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	5240	\$ 12.513.120.000	56	7	2000	2018	\$ 585.000.000	
6	15/04 /2022	Bogotá	Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T3	2620	\$ 5.921.200.000	28	7	2001	2015	\$ 385.600.000	
7	16/04 /2022	Bogotá	Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T4	2620	\$ 5.921.200.000	28	7	2001	2019	\$ 1.360.000.000	
8	16/04 /2022	Bogotá	Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T5	2680	\$ 6.445.400.000	26	7	2002	2016	\$ 890.550.000	

9	17/04 /2022	Bogotá	Brigada13	Edificio Tequendama Lan T7	3820	\$ 9.187.100.000	38	10	2002	2018	\$ 160.000.000
10	17/04 /2022	Bogotá	Brigada13	Edificio Tequendama Lan T8	3820	\$ 9.187.100.000	38	10	2002	N/A	N/A

Fuente. Elaboración propia.

De la información recopilada frente a la inversión de mantenimiento de las edificaciones, el Instituto de Casas Fiscales, no cuenta con una base de datos donde se pueda determinar la inversión de mantenimientos preventivos que allí realizan, los valores reportados corresponden a las inversiones por mantenimiento mayor.

1.2. Vida útil.

Se toma como criterio que la vida útil estimada para las edificaciones es de 50 años, teniendo en cuenta el año de construcción y el tiempo transcurrido al año 2022, en la tabla No. 25 se establece que la edificación cuenta con la siguiente vida útil:

Tabla 25 Vida útil.

SECCIONAL	NOMBRE DEL INMUEBLE	AÑO DE CONSTRUIDO	VIDA ÚTIL
Brigada13	Edificio Tenerife	1971	-1
Brigada13	Edificio Bombona	1971	-1
Brigada13	Edificio Calibio	1971	-1
Brigada13	Edificio Pichincha	1971	-1
Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	2000	28
Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T3	2001	29
Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T4	2001	29
Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T5	2002	30
Brigada13	Edificio Tequendama Lan T7	2002	30
Brigada13	Edificio Tequendama Lan T8	2002	30

Fuente. Elaboración propia

Como se puede denotar a la fecha hay tres edificaciones que ya cumplieron la vida útil, sin embargo, los mantenimientos a lo largo del tiempo han sostenido estas edificaciones y según el diagnóstico visual las mismas se encuentran en óptimo estado en el sistema estructural.

1.3 Inspección visual.

Se procede a realizar la inspección visual de cada uno de los componentes que conforman la edificación, teniendo en cuenta lo siguiente:

Componentes generales: Son los sistemas que componen el activo, dentro de este componente se hará la evaluación de la estructura, pisos, muros, cubiertas, aparatos sanitarios y carpinterías. Para el diagnóstico de estos sistemas se tiene en cuenta el material construido, así como su patología y % de diagnóstico de acuerdo con los siguientes criterios:

Materiales comunes: En las edificaciones existen un sin número de materiales que son utilizados durante la construcción, mantenimiento y renovación de los activos, los más comunes son los siguientes: Concreto, cerámica, grano mármol, granito pulido, porcelanato, tablón de gres, pisos en arcilla, recubrimiento PVC, madera, alfombra, bloque, ladrillo a la vista, drywall, superboard, piedra muñeca, graniplast, pintura koraza, pintura esmalte, pintura en vinilo, estuco, placa sin revestimiento, placa impermeabilizada, teja de fibrocemento, teja termo-acústica, teja acrílica, teja plástica, PVC, colrolled, galvanizado, cobre, aluminio, plásticos, madera.

Modo de falla: Teniendo en cuenta que las condiciones ambientales, el uso afectan la vida útil y el desempeño de los elementos que componen el activo, muchas de estas generan amenazas para la vida humana, en el diagnóstico que se contemplan algunas patologías comunes

de estos sistemas así: Grietas, fisuras, flechas/deformaciones, suciedad, manchas de óxido, focos de humedad, hongos, porosidad, juntas separadas, desniveles, filtraciones, desgaste, desprendimiento, rotura, reboses, filtraciones, fugas, avería, empozamiento, oxidación, pandeo, ruidos, olores, obstrucciones, entre otras.

% Diagnóstico: El porcentaje que se relaciona en la base de datos hace referencia al estado actual que se encuentra cada uno de los sistemas que componen el activo como se evidencia en la tabla No. 10 Porcentajes de daño ATC – 13.

Componentes redes: Este componente se diagnostican todas las redes y sus acometidas que hacen parte funcional de activo, entre ellas se encuentran las redes aguas lluvias, sanitarias, hidráulicas, de gas y eléctricas, estas al igual que el componente general se evaluarán sus respectivas patologías y % diagnóstico actual basado en material que lo compone.

Resultados del diagnóstico, se realiza la inspección visual de cada uno de los activos encontrándose lo siguiente: *(Es de aclarar que la ID es la identificación del activo descrito en la tabla anterior.)*, en la tabla 26 muestra el % resumen del diagnóstico de cada uno de los elementos de las edificaciones evaluados:

Tabla 26 Resultado del diagnóstico

ID	1. ESTRUCTURA								
	PLACAS		COLUMNAS		VIGAS		ESCALERA (Estructura)		%
1	Concreto	Desgaste.	Concreto	Desgaste.	Concreto	Desgaste.	Concreto	Juntas separadas	70%
2	Concreto	Fisuras.	Concreto	Focos de humedad/hongos	Concreto	Fisuras.	Concreto	Juntas separadas	49%
3	Concreto	Fisuras.	Concreto	Porosidad.	Concreto	Focos de humedad/hongos	Concreto	Focos de humedad/hongos	76%

4	Concreto	Suciedad	Concreto	Desgaste.	Concreto	Porosidad.	Concreto	Focos de humedad/hongos	45%
5	Concreto	Fisuras.	Concreto	Suciedad	Concreto	Focos de humedad/hongos	Concreto	Suciedad	25%
6	Concreto	Fisuras.	Concreto	Suciedad	Concreto	Fisuras.	Concreto	Focos de humedad/hongos	35%
7	Concreto	Desgaste.	Concreto	Focos de humedad/hongos	Concreto	Focos de humedad/hongos	Concreto	Desgaste.	10%
8	Concreto	Fisuras.	Concreto	Porosidad.	Concreto	Juntas separadas	Concreto	Suciedad	27%
9	Concreto	Fisuras.	Concreto	Fisuras.	Concreto	Focos de humedad/hongos	Concreto	Suciedad	16%
10	Concreto	Suciedad	Concreto	Desgaste.	Concreto	Suciedad	Concreto	Desgaste.	15%

Fuente. Elaboración propia

ID	2. PISOS								
	INTERIORES		EXTERIORES		ESCALERAS (Acabados)		GUARDAESCOBA		%
1	Cerámica	Porosidad.	Tablón de gres	Manchas.	Grano mármol	Porosidad.	Cerámica	Desgaste.	40%
2	Cerámica	Desprendimiento de acabados.	Concreto	Fisuras.	Granito pulido	Manchas.	Cerámica	Desgaste.	61%
3	Cerámica	Desprendimiento de acabados.	Tablón de gres	Ausencia de acabados.	Grano mármol	Desgaste.	Cerámica	Desprendimiento de acabados.	81%
4	Cerámica	Desgaste.	Tablón de gres	Porosidad.	Cerámica	Fisuras.	Concreto	Desgaste.	45%
5	Cerámica	Manchas.	Tablón de gres	Porosidad.	Cerámica	Desprendimiento de acabados.	Cerámica	Ausencia de acabados.	34%
6	Cerámica	Manchas.	Tablón de gres	Fisuras.	Cerámica	Manchas.	Cerámica	Desgaste.	30%
7	Laminado	Desgaste.	Tablón de gres	Focos de humedad/hongos	Tablón de gres	Suciedad	Tablón de gres	Manchas.	18%
8	Laminado	Desprendimiento de acabados.	Tablón de gres	Ausencia de acabados.	Tablón de gres	Desgaste.	Cerámica	Suciedad	49%
9	Cerámica	Porosidad.	Tablón de gres	Ausencia de acabados.	Tablón de gres	Porosidad.	Cerámica	Suciedad	35%
10	Cerámica	Porosidad.	Tablón de gres	Desprendimiento de acabados.	Tablón de gres	Desgaste.	Cerámica	Desprendimiento de acabados.	50%

Fuente. Elaboración propia

ID	MUROS				
	FACHADA		MUROS INTERIORES		%
1	Ladrillo arcilla a la vista	Fisuras.	Pintura vinilo	Focos de humedad/hongos	63%
2	Ladrillo arcilla a la vista	Desgaste.	Pintura vinilo	Focos de humedad/hongos	68%
3	Ladrillo arcilla a la vista	Desgaste.	Pintura vinilo	Manchas.	0%
4	Ladrillo arcilla a la vista	Fisuras.	Pintura vinilo	Focos de humedad/hongos	48%
5	Ladrillo arcilla a la vista	Desgaste.	Pintura vinilo	Suciedad	28%
6	Ladrillo arcilla a la vista	Desgaste.	Pintura vinilo	Desgaste	16%
7	Ladrillo arcilla a la vista	Suciedad	Pintura vinilo	Manchas.	14%
8	Ladrillo arcilla a la vista	Desprendimiento de piezas.	Pintura vinilo	Fisuras.	33%
9	Ladrillo arcilla a la vista	Porosidad.	Pintura vinilo	Manchas.	44%

10	Ladrillo arcilla a la vista	Focos de humedad/hongos	Pintura vinilo	Focos de humedad/hongos	30%
----	-----------------------------	-------------------------	----------------	-------------------------	-----

Fuente. Elaboración propia

ID	CUBIERTA								
	CUBIERTA		ESTRUCTURA CUBIERTA		CIELO RASOS		VIGA CANAL		%
1	Teja en Fibrocemento	Fisuras.	Metálica	Desgaste.	Drywall	Manchas.	Coldrolled	Desgaste	58%
2	Teja en Fibrocemento	Tejas rotas	Metálica	Desgaste.	Drywall	Manchas.	Coldrolled	Empozamiento.	63%
3	Teja en Fibrocemento	Desprendimiento	Metálica	Corrosión.	Madera	Rotura	Coldrolled	Oxidación	68%
4	Teja en Fibrocemento	Tejas rotas	Metálica	Desgaste.	Drywall	Ausencia de acabados.	Coldrolled	Deterioro de anclajes	51%
5	Placa concreto-impermeabilizada	Manchas.	Metálica	Ausencia de elementos.	Drywall	Focos de humedad/hongos	Impermeabilizado	Desgaste	20%
6	Placa concreto-impermeabilizada	Manchas.	Metálica	Ausencia de elementos.	Drywall	Focos de humedad/hongos	Impermeabilizado	Desgaste	35%
7	Placa concreto impermeabilizada	Manchas.	No se evidencia.	Corrosión.	Drywall	Manchas.	Impermeabilizado	Desgaste	22%
8	Teja en Fibrocemento	Filtraciones	Metálica	Corrosión.	Drywall	Focos de humedad/hongos	Coldrolled	Deterioro de anclajes	50%
9	Placa concreto-impermeabilizada	Filtraciones	Metálica	Desgaste.	Pañete.	Fisuras.	Impermeabilizado	Desprendimiento	26%
10	Placa concreto-impermeabilizada	Desgaste.	No se evidencia.	Desgaste.	Pañete.	Porosidad.	Impermeabilizado	Desgaste	41%

ID	APARATOS SANITARIOS														
	SANITARIOS		LAVAMANOS	DUCHAS		GRIFERIAS		LLAVE DE PASO		LAVADEROS		LAVAPLATOS		%	
1	Cerámica	Obstrucciones	Cerámica	Manchas	Aluminio	Filtraciones	Cromados	Fugas	PVC	Deterioro	Granito	Manchas	Acero inoxidable	Filtraciones	42%
2	Cerámica	Obstrucciones	Cerámica	Roturas	Plásticas	Filtraciones	Cromados	Deterioro	PVC	Fugas	Granito	Manchas	Acero inoxidable	Filtraciones	51%
3	Cerámica	Obstrucciones	Cerámica	Manchas	Plásticas	Filtraciones	Cromados	Fugas	PVC	Deterioro	Granito	Manchas	Plásticos	Filtraciones	79%
4	Cerámica	Manchas	Cerámica	Manchas	Aluminio	Ausencia de elementos	Cromados	Deterioro	Acero Galvanizado	Deterioro	Fibra de vidrio	Manchas	Acero inoxidable	Averiado	36%
5	Cerámica	Filtraciones	Cerámica	Filtraciones	Acero inoxidable	Filtraciones	Cromados	Fugas	Acero Galvanizado	Deterioro	Granito	Manchas	Acero inoxidable	Manchas	20%
6	Cerámica	Filtraciones	Cerámica	Filtraciones	Acero inoxidable	Filtraciones	Cromados	Fugas	Acero Galvanizado	Deterioro	Granito	Manchas	Acero inoxidable	Manchas	33%
7	Cerámica	Manchas	Cerámica	Manchas	Acero inoxidable	Ausencia de elementos	Cromados	Avería	Cobre	Deterioro	Plásticos	Averiado	Acero inoxidable	Manchas	20%
8	Cerámica	Obstrucciones	Cerámica	Manchas	Plásticas	Ausencia de	Cromados	Deterioro	Cobre	Deterioro	Fibra de vidrio	Averiado	Acero inoxidable	Filtraciones	61%

9	Cerámica	Obstrucciones	Cerámica	Obstrucciones	Plásticas	Ausencia de elementos	Cromados	Deterioro	Cobre	Fugas	Granito	Averías	Acero inoxidable	Filtraciones	38%
10	Cerámica	Roturas	Cerámica	Ausencia de elemento	Acero inoxidable	Filtraciones	Cromados	Deterioro	Cobre	Deterioro	Granito	Manchas	Acero inoxidable	Manchas	51%

Fuente. Elaboración propia

I D	CARPINTERÍA										
	VENTANAS		PUERTAS		BARANDAS		CLOSET		MUEBLES COCINA		%
1	Metálicas	Deterioro anclaje y fijación	Madera	Abolladuras	Metálicas	Corrosión	Aglomerado	Embobamiento	Aglomerado	Presencia de hongos	56%
2	Metálicas	Corrosión	Madera	Deterioro anclaje y fijación	Metálicas	Corrosión	Madera	Rayaduras	Aglomerado	Ausencia de elementos	56%
3	Metálicas	Corrosión	Madera	Rayaduras	Metálicas	Deterioro anclaje y fijación	Madera	Ausencia de elementos	Madera	Avería	83%
4	Metálicas	Perfil suelto	Madera	Ausencia de elementos	Madera	Rayaduras	Aglomerado	Embobamiento	Aglomerado	Embobamiento	33%
5	Aluminio	Perfil suelto	Madera	Rayaduras	Metálicas	Rayaduras	Aglomerado	Embobamiento	MDF	Rayaduras	31%
6	Aluminio	Perfil suelto	Madera	Rayaduras	Metálicas	Rayaduras	Aglomerado	Embobamiento	MDF	Rayaduras	17%
7	Aluminio	Deterioro anclaje y fijación	Madera	Perfil suelto	Metálicas	Desplome	MDF	Abolladuras	MDF	Abolladuras	14%
8	Aluminio	Deterioro anclaje y fijación	Madera	Rayaduras	Metálicas	Corrosión	Madera	Avería	MDF	Embobamiento	59%
9	Aluminio	Desplome	Madera	Abolladuras	Metálicas	Ausencia de elementos	Aglomerado	Embobamiento	MDF	Ausencia de elementos	35%
10	Aluminio	Deterioro anclaje y fijación	Madera	Ausencia de elementos	Metálicas	Corrosión	Madera	Avería	MDF	Embobamiento	30%

Fuente. Elaboración propia

I D	REDES AGUAS LLUVIAS									
	BAJANTES DE AGUA LLUVIA		SIFONES O DESAGÜES		CARCAMOS Ó CUNETAS.			CAJAS DE INSPECCIÓN		%
1	PVC	Desprendimiento	PVC	Obstrucciones	Collrolled	Desgaste	Concreto	Desgaste	44%	
2	PVC	Deterioro de anclajes	Metálicos	Obstrucciones	Collrolled	Empozamiento.	Concreto	Obstrucciones	51%	
3	Coldrolle	Desprendimiento	Metálicos	Ausente.	Concreto sin revestimiento	Desgaste	Concreto	Obstrucciones	73%	
4	PVC	Filtraciones	Metálicos	Obstrucciones	Concreto sin revestimiento	Fisuras.	Concreto	Roturas	55%	
5	PVC	Desprendimiento	PVC	Deterioro	Collrolled	Desgaste	Concreto	Roturas	23%	
6	PVC	Desprendimiento	PVC	Deterioro	Collrolled	Desgaste	Concreto	Roturas	27%	
7	PVC	Filtraciones	Metálicos	Deterioro	Collrolled	Desgaste	Concreto	Fisuras.	16%	
8	PVC	Desprendimiento	PVC	Ausente.	Impermeabilizada	Obstrucciones	Concreto	Empozamiento.	34%	
9	PVC	Filtraciones	Metálicos	Deterioro	Collrolled	Oxidación	Concreto	Desgaste	35%	
10	PVC	Obstrucciones	PVC	Deterioro	Collrolled	Oxidación	Concreto	Desgaste	45%	

Fuente. Elaboración propia

ID	RED SANITARIA								
	SIFONES O DESAGÜES		SALIDA APARATOS SANITARIOS		CAJAS DE INSPECCIÓN		TUBERIA SANITARIA		%
1	PVC	Deterioro	PVC	Filtración de olores.	Concreto	Desgaste	PVC	Obstrucciones	60%
2	Metálicos	Rotura	PVC	Reboses	Concreto	Empozamiento.	PVC	Huella de humedad en piso o techo	61%
3	Metálicos	Rotura	PVC	Filtraciones	Concreto	Desgaste	PVC	Obstrucciones	68%
4	Metálicos	Obstrucciones	PVC	Filtración de olores.	Concreto	Obstrucciones.	PVC	Filtraciones	35%
5	PVC	Deterioro	PVC	Obstrucciones	Concreto	Desgaste	PVC	Filtraciones	28%
6	PVC	Deterioro	PVC	Obstrucciones	Concreto	Desgaste	PVC	Filtraciones	29%
7	PVC	Deterioro	PVC	Filtración de olores.	Concreto	Desgaste	PVC	Fisuras	12%
8	PVC	Rotura	PVC	Obstrucciones	Concreto	Desgaste	PVC	Filtración de olores.	38%
9	PVC	Rotura	PVC	Filtración de olores.	Concreto	Desgaste	PVC	Filtraciones	31%
10	Metálicos	Rotura	PVC	Obstrucciones	Concreto	Desgaste	PVC	Filtración de olores.	33%

Fuente. Elaboración propia

ID	RED HIDRAULICA								
	ACOMETIDA PRINCIPAL		MEDIDORES AGUA		EQUIPO DE BOMBEO		TANQUE DE ALMACENAMIENTO		%
1	PVC	Filtración.	Metálicos	Deterioro	Eléctrico	Fugas	PVC	Filtraciones	51%
2	PVC	Deterioro	Metálicos	Deterioro	Eléctrico	Daños tablero eléctrico	PVC	Filtraciones	58%
3	PVC	Filtración.	Metálicos	Deterioro	Eléctrico	Daños tablero eléctrico	PVC	Desgaste	61%
4	PVC	Filtración.	Metálicos	Deterioro	Eléctrico	Corrosión	PVC	Manchas	27%
5	PVC	Filtración.	Metálicos	Deterioro	Eléctrico	Funcional	PVC	Suciedad	22%
6	PVC	Filtración.	Metálicos	Deterioro	Eléctrico	Funcional	Concreto	Suciedad	38%
7	PVC	Filtración.	Metálicos	Deterioro	Eléctrico	Corrosión	Concreto	Desgaste	11%
8	PVC	Deterioro	Metálicos	Avería	Eléctrico	Corrosión	Concreto	Suciedad	39%
9	PVC	Rotura	Metálicos	Avería	Eléctrico	Fugas	Concreto	Suciedad	47%
10	PVC	Filtración.	Metálicos	Deterioro	Eléctrico	Daños tablero eléctrico	Concreto	Suciedad	33%

Fuente. Elaboración propia

No.	RED GAS							
	ACOMETIDA PRINCIPAL		SALIDAS PUNTO DE GAS		MEDIDORES GAS		%	
1	Tubería Cobre	Deterioro	Cobre	Suciedad.	Metálicos	Deterioro	20%	
2	Tubería Cobre	Ausencia Anclajes	Cobre	Huellas techo, pared.	Metálicos	Deterioro	63%	
3	Tubería Cobre	Deterioro	Cobre	Suciedad.	Metálicos	Deterioro	43%	

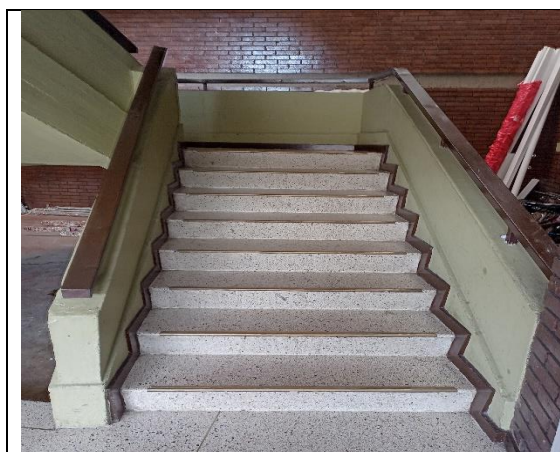
4	Tubería Cobre	Fugas	Cobre	Suciedad.	Metálicos	Funcional	42%
5	Tubería Cobre	Deterioro	Cobre	Huellas techo, pared.	Metálicos	Deterioro	30%
6	Tubería Cobre	Deterioro	Cobre	Huellas techo, pared.	Metálicos	Deterioro	45%
7	Tubería Cobre	Fugas	Cobre	Huellas techo, pared.	Metálicos	Funcional	12%
8	Tubería Cobre	Deterioro	Cobre	Suciedad.	Metálicos	Funcional	20%
9	Tubería Cobre	Deterioro	Cobre	Huellas techo, pared.	Metálicos	Deterioro	17%
10	Tubería Cobre	Deterioro	Cobre	Huellas techo, pared.	Metálicos	Deterioro	30%

Fuente. Elaboración propia

ID	RED ELECTRICA										
	ACOMETIDA ELECTRICA		TABLERO ELÉCTRICO		ILUMINACION		TOMACORRIENTE		INTERRUPTORES		%
1	PV C	Cableado expuesto	Metálicos	Faltante de Breacker	Fluorescentes	Intermitente	Plásticos	Cableado expuesto	Plásticos	Ausencia de tapa	30%
2	PV C	Cableado expuesto	Plásticos	Soporte inadecuado	Fluorescentes	Intermitente	Plásticos	Cableado expuesto	Plásticos	Ausencia de tapa	58%
3	PV C	Corto circuito	Metálicos	Oxidación	Fluorescentes	Intermitente	Plásticos	Cableado expuesto	Plásticos	Calentamiento	64%
4	PV C	Soporte inadecuado	Metálicos	Tapa faltante	Fluorescentes	Intermitente	Plásticos	Ausencia de tapa	Plásticos	Cableado expuesto	42%
5	PV C	Corto circuito	Metálicos	Faltante de Breacker	Halógenas	No funcionales	Plásticos	Cableado expuesto	Plásticos	Ausencia de tapa	22%
6	PV C	Corto circuito	Metálicos	Faltante de Breacker	Halógenas	No funcionales	Plásticos	Cableado expuesto	Plásticos	Ausencia de tapa	24%
7	EM T	Soporte inadecuado	Metálicos	Faltante de Breacker	Halógenas	Intermitente	Plásticos	Corto circuito	Plásticos	Corto circuito	19%
8	PV C	Calentamiento	Metálicos	Cableado expuesto	Fluorescentes	Intermitente	Plásticos	Cableado expuesto	Plásticos	Ausencia de tapa	48%
9	PV C	Calentamiento	Metálicos	Faltante de Breacker	Halógenas	Intermitente	Plásticos	Corto circuito	Plásticos	Ausencia de tapa	45%
10	PV C	Corto circuito	Plásticos	Tapa faltante	Halógenas	Intermitente	Plásticos	Cableado expuesto	Plásticos	Ausencia de tapa	57%

Fuente. Elaboración propia

Del ejercicio práctico de la inspección visual, se puede determinar que los sistemas de las edificaciones que presentan mayor desgaste son los que se encuentran expuestos al uso y/o factores externos, como lo son pisos, redes, cubiertas y carpinterías.

Tabla 27 Inspección visual

Acabado de escalera.



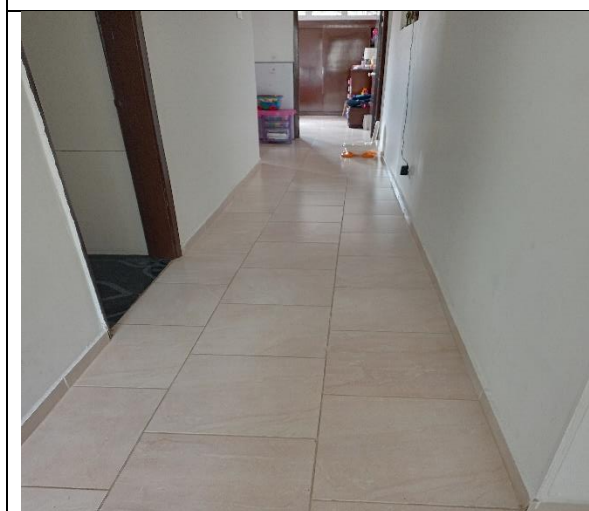
Estado de la cubierta.



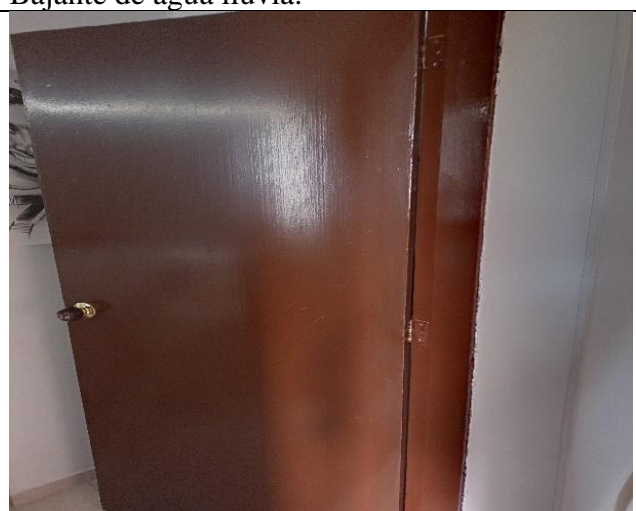
Pisos exteriores



Bajante de agua lluvia.



Pisos interiores



Puertas habitaciones



Fuente. Elaboración propia

2. Condición y modo de falla.

2.1 Condición de falla.

Características de la falla. De la inspección visual se establecen las siguientes características y condición de fallas más comunes de los activos inspeccionados, relacionados en la tabla No. 28:

Tabla 28 Resultado del diagnóstico

No.	NOMBRE	Modos de fallo comunes	Índice de daño (%)
1	Edificio Tenerife	Desgaste Porosidad Manchas - Humedad Deterioro anclajes Corrosión	57%
2	Edificio Bombona	Fisuras Focos de humedad/hongos Desprendimiento Obstrucciones Empozamientos	70%
3	Edificio Calibio	Focos de humedad/hongos Oxidación Desgaste Avería Filtraciones	84%
4	Edificio Pichincha	Fisuras Desgaste Filtraciones	50%

		Corto circuito	
		Obstrucciones	
		Focos de humedad/hongos	
5	Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	Porosidad	31%
		Rayaduras	
		Cableado expuesto	
		Filtraciones	
		Filtraciones	
6	Edificio Jhon Rivero Lan T3	Desgaste	36%
		Obstrucciones	
		Roturas	
		Porosidad	
		Manchas - Humedad	
7	Edificio Jhon Rivero Lan T4	Embobamiento	19%
		Avería	
		Corrosión	
		Desplome	
		Fisuras	
8	Edificio Jhon Rivero Lan T5	Porosidad	51%
		Deterioro anclajes	
		Obstrucciones	
		Filtraciones	
		Focos de humedad/hongos	
9	Edificio Tequendama Lan T7	Desgaste	41%
		Suciedad	
		Ausencia elementos	
		Corto circuito	
		Suciedad	
10	Edificio Tequendama Lan T8	Desgaste	48%
		Corrosión	
		Oxidación	
		Filtraciones	

Fuente. Elaboración propia

2.3 Evaluación de la falla.

La evaluación de la falla se realiza conforme a lo establecido en la *ATC-13*. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2002). En la tabla 29, de acuerdo con el % del diagnóstico se establecen los criterios del diagnóstico e índice de daño.

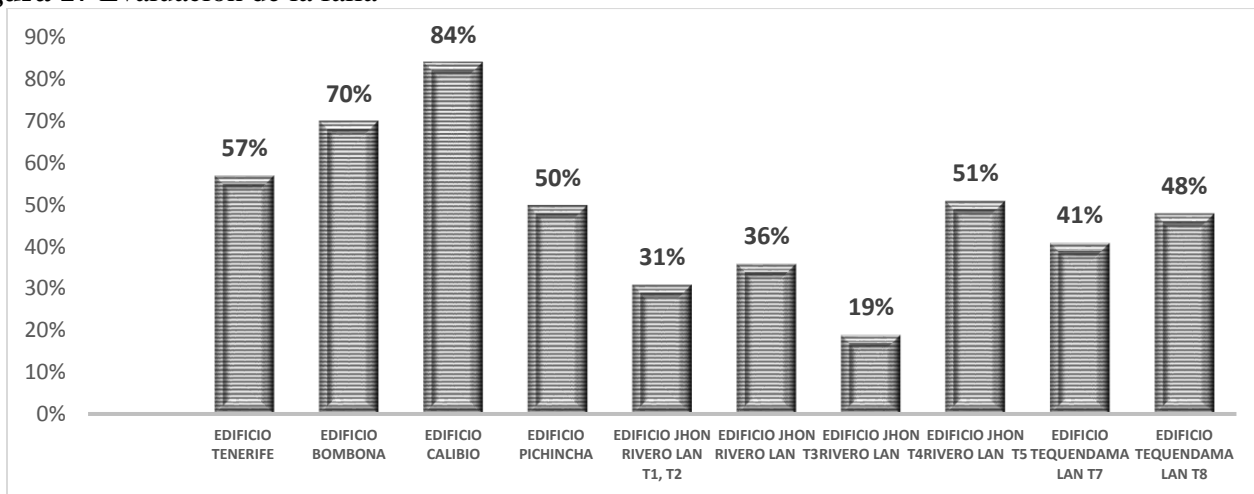
Tabla 29 Evaluación de la falla

No.	NOMBRE EDIFICACIÓN	TOTAL, DIAGNOSTICO	TOTAL, DIAGNOSTICO	ÍNDICE DE DAÑO
1	Edificio Tenerife	57%	Requiere mantenimiento	MODERADO
2	Edificio Bombona	70%	Requiere renovación	SEVERO
3	Edificio Calibío	84%	Requiere renovación	SEVERO
4	Edificio Pichincha	50%	Requiere mantenimiento	MODERADO
5	Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	31%	Fallas menores	BUENO
6	Edificio Jhon Rivero Lan T3	36%	Fallas menores	BUENO
7	Edificio Jhon Rivero Lan T4	19%	Fallas menores	OPTIMO
8	Edificio Jhon Rivero Lan T5	51%	Requiere mantenimiento	MODERADO
9	Edificio Tequendama Lan T7	41%	Requiere mantenimiento	BUENO
10	Edificio Tequendama Lan T8	48%	Requiere mantenimiento	BUENO

Fuente. Elaboración propia

De los edificios inspeccionados dos edificios requieren renovación, adicionalmente otros dos, de acuerdo con la estimación de vida útil ya la cumplieron, el restante requiere mantenimientos rutinarios.

En la figura No. 17 muestra el índice de daño de estas edificaciones

Figura 17 Evaluación de la falla

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con, la inspección visual los activos que se encuentran el severo grado de deterioro es el edificio Calibio seguido del edificio Bombona.

2.4 Análisis de modo y efecto de falla

Utilizando el método AMEF o AMFE, basados en la NTP 679 del 2004, en la tabla No. 30 se realiza el cálculo del Análisis modal de fallos y efectos se obtenido:

Tabla 30 Análisis de modo y efecto de falla

Análisis de modo y efecto de fallas															
No	ED	Modos de fallo comunes	Índice. de daño (%)	Efecto	S	Causa	O	Controles	D	NPR	Acciones	S	O	D	NPR
1	T1	Desgaste	57%	Habitabilidad de la edificación	4	Perdida de la vida útil del material, factores externos	4	Inspección visual, deformaciones, fisuras.	6	96	Reparación, cambio de elementos.	2	2	5	20
		Porosidad		Perdida de elementos		Factores externos y de uso		Inspección visual.			Cambio elementos, reparación.				
		Manchas - Humedad		Afectación en la salud, habitabilidad.		Filtraciones, goteras, nivel freático		Inspección visual, goteras, manchas, desprendimiento elementos			Mantenimiento, cambio de elementos.				
		Deterioro anclajes		Incidentes en los usuarios, habitabilidad del inmueble		Factores externos, pérdida vida útil.		Inspección visual, desprendimiento , vibraciones			Reemplazo de anclajes				
		Corrosión		Perdida de elementos		Humedad, Perdida de la vida útil, agentes químicos.		Inspección visual, perdida color.			Mantenimiento, cambio de elementos.				
2	T2	Fisuras	70%	Seguridad estructural, habitabilidad	7	Asentamiento, humedades	6	Inspección visual	2	84	Mantenimiento.	2	3	6	36
		Focos de humedad/hongos		Afectación en la salud, habitabilidad.		Filtraciones, goteras, nivel freático		Inspección visual, goteras, manchas, desprendimiento elementos			Mantenimiento, cambio de elementos.				
		Desprendimiento		Aspectos funcionales		Perdida de la vida útil del material, factores externos		Inspección visual, funcionamiento			Reparación, cambio de elementos.				
		Obstrucciones		Malos olores, enfermedades, habitabilidad		Suciedad, pérdida vida útil, taponamiento desagües		Olor, inspección visual.			Limpieza, cambio de tuberías				
		Empozamientos		Enfermedades en los usuarios		Suciedad, diámetro desagüe insuficiente.		Olor, insectos, inspección visual			Limpieza, aumento desagües				
3	T3	Focos de humedad/hongos	84%	Afectación en la salud, habitabilidad.	8	Filtraciones, goteras, nivel freático	7	Inspección visual, goteras, manchas,	2	112	Mantenimiento, cambio de elementos.	3	2	6	36

Análisis de modo y efecto de fallas															
No	ED	Modos de fallo comunes	Índice de daño (%)	Efecto	S	Causa	O	Controles	D	NPR	Acciones	S	O	D	NPR
								desprendimiento elementos							
		Oxidación		Perdida de elementos		Humedad, Pérdida de la vida útil, agentes químicos.		Inspección visual, manchas			Mantenimiento, cambio de elementos.				
		Desgaste		Habitabilidad de la edificación		Pérdida de la vida útil del material, factores externos		Inspección visual, funcionamiento			Reparación, cambio de elementos.				
		Avería		Aspectos funcionales		Mal uso, pérdida de vida útil		Inspección visual, funcionamiento			Mantenimiento, cambio de elementos.				
		Filtraciones		Habitabilidad, higiene, afectación a la salud		Goteras, desgastes materiales averías.		Inspección visual, funcionamiento, manchas			Reparación, cambio de elementos.				
4	T4	Fisuras	50%	Seguridad estructural, habitabilidad	4	Asentamiento, humedades	4	Inspección visual	5	80	Mantenimiento.	2	3	3	18
		Desgaste		Habitabilidad de la edificación		Pérdida de la vida útil del material, factores externos		Inspección visual, funcionamiento			Reparación, cambio de elementos.				
		Filtraciones		Habitabilidad, higiene, afectación a la salud		Goteras, desgastes materiales averías.		Inspección visual, funcionamiento, manchas			Reparación, cambio de elementos.				
		Corto circuito		Incidentes, habitabilidad, pérdida total activo		Calentamiento , sobrecarga, vida útil elementos y cableado		Inspección visual, ruido			Cambio de redes eléctricas, reparación				
		Obstrucciones		Malos olores, enfermedades, habitabilidad		Suciedad, pérdida vida útil, taponamiento desagües		Olor, inspección visual.			Limpieza, cambio de tuberías				
5	T5	Focos de humedad/hongos	31%	Afectación en la salud, habitabilidad.	3	Filtraciones, goteras, nivel freático	2	Inspección visual, goteras, manchas, desprendimiento elementos	7	42	Mantenimiento, cambio de elementos.	2	2	4	16
		Porosidad		Perdida de elementos		Factores externos y de uso		Inspección visual.			Cambio elementos, reparación.				
		Rayaduras		Aspecto visual, pérdida funcionabilidad		Mal uso		Inspección visual			Mantenimiento				
		Cableado expuesto		Corto circuito, incidentes, habitabilidad		Uso, vida útil		Inspección visual			Instalar elemento, cambio de cableado, restauración.				
		Filtraciones		Habitabilidad, higiene, afectación a la salud		Goteras, desgastes materiales averías.		Inspección visual, funcionamiento, manchas			Reparación, cambio de elementos.				
6	T6	Filtraciones	36%	Habitabilidad, higiene, afectación a la salud	3	Goteras, desgaste materiales averías.	3	Inspección visual, funcionamiento, manchas	6	54	Reparación, cambio de elementos.	3	2	3	18
		Desgaste		Habitabilidad de la edificación		Pérdida de la vida útil del material, factores externos		Inspección visual, funcionamiento			Reparación, cambio de elementos.				
		Obstrucciones		Malos olores, enfermedades, habitabilidad		Suciedad, pérdida vida útil, taponamiento desagües		Olor, inspección visual.			Limpieza, cambio de tuberías				

Análisis de modo y efecto de fallas															
No	ED	Modos de fallo comunes	Índice de daño (%)	Efecto	S	Causa	O	Controles	D	NPR	Acciones	S	O	D	NPR
		Roturas		Aspectos funcionales		Mal uso, pérdida de vida útil		Inspección visual, funcionamiento			Mantenimiento, cambio de elementos.				
		Porosidad		Perdida de elementos		Factores externos y de uso		Inspección visual.			Cambio elementos, reparación.				
7	T7	Manchas - Humedad	19%	Afectación en la salud, habitabilidad.	2	Filtraciones, goteras, nivel freático	2	Inspección visual, goteras, manchas, desprendimiento elementos	8	32	Mantenimiento, cambio de elementos.	3	2	2	12
	Embobamiento	Daño elemento, funcionalidad, incidentes		Filtraciones, humedad.		Inspección visual		Cambio de elementos							
	Avería	Aspectos funcionales		Mal uso, pérdida de vida útil		Inspección visual, funcionamiento		Mantenimiento, cambio de elementos.							
	Corrosión	Perdida de elementos		Humedad, Pérdida de la vida útil, agentes químicos.		Inspección visual, pérdida color.		Mantenimiento, cambio de elementos.							
	Desplome	Habitabilidad de la edificación Pérdida total elemento		Pérdida de la vida útil del material, factores externos		Inspección visual, funcionamiento		Reparación, cambio de elementos.							
8	T8	Fisuras	51%	Seguridad estructural, habitabilidad	5	Asentamiento, humedades	4	Inspección visual	4	80	Mantenimiento.	2	4	4	32
	Porosidad	Perdida de elementos		Factores externos y de uso		Inspección visual.		Cambio elementos, reparación.							
	Deterioro anclajes	Incidentes en los usuarios, habitabilidad del inmueble		Factores externos, pérdida vida útil.		Inspección visual, desprendimiento, vibraciones		Reemplazo de anclajes							
	Obstrucciones	Malos olores, enfermedades, habitabilidad		Suciedad, pérdida vida útil, taponamiento desagües		Olor, inspección visual.		Limpieza, cambio de tuberías							
	Filtraciones	Habitabilidad, higiene, afectación a la salud		Goteras, desgaste materiales averías.		Inspección visual, funcionamiento, manchas		Reparación, cambio de elementos.							
9	T9	Focos de humedad/hongos	41%	Afectación en la salud, habitabilidad.	3	Filtraciones, goteras, nivel freático	3	Inspección visual, goteras, manchas, desprendimiento elementos	7	63	Mantenimiento, cambio de elementos.	3	3	3	27
	Desgaste	Habitabilidad de la edificación		Pérdida de la vida útil del material, factores externos		Inspección visual, funcionamiento		Reparación, cambio de elementos.							
	Suciedad	Aspecto visual, aceleración de la vida útil.		Mal uso		Inspección visual		Mantenimiento							
	Ausencia elementos	Funcionamiento, habitabilidad		Uso, vida útil, humedad		Inspección visual, funcionamiento		Mantenimiento, cambio de elementos.							
	Corto circuito	Incidentes, habitabilidad, pérdida total activo		Calentamiento, sobrecarga, vida útil elementos y cableado		Inspección visual, ruido		Cambio de redes eléctricas, reparación							
10	T10	Suciedad	48%	Aspecto visual, aceleración de la vida útil.	3	Mal uso	3	Inspección visual	7	63	Mantenimiento	4	2	4	32
	Desgaste	Habitabilidad de la edificación		Pérdida de la vida útil del material,		Inspección visual, funcionamiento		Reparación, cambio de elementos.							

Análisis de modo y efecto de fallas															
No	ED	Modos de fallo comunes	Índice. de daño (%)	Efecto	S	Causa	O	Controles	D	NPR	Acciones	S	O	D	NPR
						factores externos									
		Corrosión		Perdida de elementos		Humedad, Pérdida de la vida útil, agentes químicos.		Inspección visual, pérdida color.			Mantenimiento, cambio de elementos.				
		Oxidación		Perdida de elementos		Humedad, Pérdida de la vida útil, agentes químicos.		Inspección visual, manchas			Mantenimiento, cambio de elementos.				
		Filtraciones		Habitabilidad, higiene, afectación a la salud		Goteras, desgaste materiales averías.		Inspección visual, funcionamiento, manchas			Reparación, cambio de elementos.				

Fuente. Elaboración propia

En el primer análisis del nivel prioritario de riesgo una de las edificaciones supero el 100 el cual es un indicador para tomas acciones de intervención prioritaria; así mismo en la acción correctiva una vez se propone la restauración o cambio total del sistema de edificación este presenta automáticamente una reducción del nivel prioritario del riesgo.

Vida Residual

Factores para la estimación de la vida útil, el cálculo de la vida residual se realiza con base en la aplicación de los 7 factores de la Norma *ISO 15686-1, Buildings and constructed assets Service Life Planning, part 1: General principles and framework, 2011*, en la tabla 31 se realiza la estimación de la vida residual teniendo en cuenta los factores:

Tabla 31 Vida residual

E	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9		T10		
D	E	V	E	V	E	VU	E	VU	E	VU	E	V	EV	V	EV	V	EV	V	E	V	
A	V	U	V	U	V	D	V	D	V	D	V	U	U	U	U	U	U	U	U	V	U
C	U	D	U	D	U		U		U		U	D		D		D		D	U	D	
A	0	5	0	50	0.	50	0.	50	1	50	1	50	1	50	1	50	1.2	50	1.	70	
	.	0	.		8		8													2	
	8		8																		
B	1		1		1		1		1.		1.		1.2		1.2		1.2		1.		2
									2		2										
C	1		1		0.		1		1		1		1		1		1		1		1
					8																
D	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1
E	0		0		0.		0.		1		1		1.2		1		1.2		1		1
	.		.		8		8														
	8		8																		
F	1		1		1.		1.		1.		1.		1.2		1.2		1.2		1.		2
	.		.		2		2		2		2										
	2		2																		
G	0		0		0.		0.		1		1		1		0.8		1		1		1
	.		.		8		8														
	8		8																		

Fuente. Elaboración propia

Nota. En la tabla se usan las siglas ED (edificio), EVU (estimación de vida útil) VUD (vida útil diseño),

Cálculo de la vida útil estimada, para el cálculo de la vida útil estimada se tendrán en cuenta los factores relacionados en la tabla anterior así:

$$\mathbf{VUE = VUD \times (A) \times (B) \times (C) \times (D) \times (E) \times (F) \times (G)}$$

En la figura No. 18 se presentan los resultados de la estimación de la vida útil de las edificaciones, calculados por el método de la Norma ISO 15686-1.

Figura 18 Estimación de la vida útil



Fuente. Elaboración propia

Si se realiza un comparativo de la vida útil basada en la estimación del diseño Vs la estimación de la vida útil calculada con los factores de la ISO 15686-1, en la tabla 35 se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 32 Estimación de la vida útil

Nombre Del Inmueble	Año De Construido	Vida Diseño	Vida Útil	Vida Útil ISO 15686-1
Edificio Tenerife	1971	20	-1	30.7
Edificio Bombona	1971	50	-1	30.7
Edificio Calibio	1971	50	-1	24.6
Edificio Pichincha	1971	50	-1	30.7
Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	2000	50	28	72
Edificio Jhon Rivero Lan T3	2001	50	29	72
Edificio Jhon Rivero Lan T4	2001	50	29	86.4
Edificio Jhon Rivero Lan T5	2002	50	30	57.6
Edificio Tequendama Lan T7	2002	50	30	103.7
Edificio Tequendama Lan T8	2002	50	30	86.4

Fuente. Elaboración propia

Según, la estimación de la vida útil de los siete factores y el estado actual de las edificaciones tomado en el año 2022, las edificaciones que de acuerdo con la vida útil de diseño ya han cumplido su ciclo se puede establecer, gracias a los factores estimados que reflejan 24.6 a 30.7 años de uso y es coherente toda vez que aún se encuentran en uso las edificaciones y no representa ningún riesgo. En consideración a los resultados obtenidos, se puede definir que la vida útil promedio de las edificaciones se estima en 92.3.

4.5 Costo del ciclo de vida.

De acuerdo con, la información suministrada por el Instituto de casas fiscales del Ejército se tiene: para calcular el costo del ciclo de vida se realiza a través de una hoja de cálculo en

Excel con los datos obtenidos podemos establecer el costo del ciclo de vida de las edificaciones como se representa en la tabla 33 así:

Tabla 33 Costo del ciclo de vida

ID	M2 CO NST	AÑO CO NST	COSTO INICIAL/AVALUO (CA)	COSTO MANTENIMIENTO (COM)	COSTO DE DESINCORPORACIÓN (CD) V. UNITARIO/M2 (\$ 264.252)	VIDA UTIL DISEÑO	VIDA ESTIMADA	DEPRECIACIÓN ANUAL	AÑO ESTIMADO DE REEMPLAZO	COSTO DE REEMPLAZO CA*(1+IVP) ^{^(n)} IVP= 3.36%	COSTO DEL CICLO DE VIDA CA + COM + CD	VALOR ACTUAL VP = CCV / (1+r) ^{r= 13.90%}
1	968.8	1971	\$917,453,600.00	\$650,230,000.00	\$256,007,337.60	50	30.7	\$29,884,482.08	2053	\$13,651,595,524.41	\$1,823,690,937.60	\$1,601,133,395.61
2	968.8	1971	\$917,453,600.00	\$196,860,000.00	\$256,007,337.60	50	30.7	\$29,884,482.08	2053	\$13,651,595,524.41	\$1,370,320,937.60	\$1,203,091,253.38
3	968.8	1971	\$917,453,600.00	\$215,350,000.00	\$256,007,337.60	50	24.6	\$37,294,861.79	2047	\$11,159,202,494.72	\$1,388,810,937.60	\$1,219,324,791.57
4	968.8	1971	\$917,453,600.00	\$230,000,000.00	\$256,007,337.60	50	30.7	\$29,884,482.08	2053	\$13,651,595,524.41	\$1,403,460,937.60	\$1,232,186,951.36
5	5240	2000	\$12,513,120,000.00	\$585,000,000.00	\$1,384,680,480.00	50	72	\$173,793,333.33	2094	\$279,576,504,478.73	\$14,482,800,480.00	\$12,715,364,776.12
6	2620	2001	\$5,921,200,000.00	\$385,600,000.00	\$692,340,240.00	50	72	\$82,238,888.89	2094	\$127,994,789,665.63	\$6,999,140,240.00	\$6,144,987,041.26
7	2620	2001	\$5,921,200,000.00	\$1,360,000,000.00	\$692,340,240.00	50	86.4	\$68,532,407.41	2108	\$206,000,512,287.52	\$7,973,540,240.00	\$7,000,474,310.80
8	2680	2002	\$6,445,400,000.00	\$890,550,000.00	\$708,195,360.00	50	57.6	\$111,899,305.56	2080	\$83,753,685,195.02	\$8,044,145,360.00	\$7,062,463,002.63
9	3820	2002	\$9,187,100,000.00	\$160,000,000.00	\$1,009,442,640.00	50	103.6	\$88,678,571.43	2126	\$545,943,279,302.15	\$10,356,542,640.00	\$9,092,662,546.09
10	3820	2002	\$9,187,100,000.00	\$ -	\$1,009,442,640.00	50	86.4	\$106,332,175.93	2108	\$309,232,059,511.34	\$10,196,542,640.00	\$8,952,188,446.01

Fuente. Elaboración propia

5. Análisis de riesgo

5.1 En la tabla 34, se realiza la evaluación del nivel del riesgo según, probabilidad de impacto y ocurrencia.

Tabla 34 Análisis de riesgos

EVALUACIÓN DE RIESGOS							
No.	NOMBRE	Modos de fallo comunes	Índice de daño (%)	Probabilidad (Ocurrencia)	Gravedad (Impacto)	Valor del Riesgo	Nivel de Riesgo
1	Edificio Tenerife	Desgaste	57%	4	4	16	Marginal
		Porosidad					
		Manchas - Humedad					
		Deterioro anclajes					
		Corrosión					
2	Edificio Bombona	Fisuras	70%	7	6	42	Apreciable
		Focos de humedad/hongos					
		Desprendimiento					
		Obstrucciones					
		Empozamientos					
3	Edificio Calibío	Focos de humedad/hongos	84%	8	7	56	Apreciable
		Oxidación					
		Desgaste					
		Avería					
		Filtraciones					
4	Edificio Pichincha	Fisuras	50%	4	4	16	Marginal
		Desgaste					
		Filtraciones					
		Corto circuito					
		Obstrucciones					
5	Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	Focos de humedad/hongos	31%	3	2	6	Marginal
		Porosidad					
		Rayaduras					
		Cableado expuesto					
		Filtraciones					
6	Edificio Jhon Rivero Lan T3	Filtraciones	36%	3	3	9	Marginal
		Desgaste					
		Obstrucciones					
		Roturas					
		Porosidad					
7	Edificio Jhon Rivero Lan T4	Manchas - Humedad	19%	2	2	4	Marginal
		Embobamiento					

EVALUACIÓN DE RIESGOS							
No.	NOMBRE	Modos de fallo comunes	Índice de daño (%)	Probabilidad (Ocurrencia)	Gravedad (Impacto)	Valor del Riesgo	Nivel de Riesgo
		Avería Corrosión Desplome					
8	Edificio Jhon Rivero Lan T5	Fisuras	51%	5	4	20	Apreciable
		Porosidad					
		Deterioro anclajes					
		Obstrucciones					
		Filtraciones					
9	Edificio Tequendama LAN T7	Focos de humedad/hongos	41%	3	3	9	Marginal
		Desgaste					
		Suciedad					
		Ausencia elementos					
		Corto circuito					
10	Edificio Tequendama LAN T8	Suciedad	48%	3	3	9	Marginal
		Desgaste					
		Corrosión					
		Oxidación					
		Filtraciones					

Fuente. Elaboración propia

En la matriz de riesgos se estable que ninguna edificación presenta riesgos importantes o graves que sea de intervención inmediata.

6. Análisis del ciclo de vida.

Para el ejercicio práctico del análisis del ciclo de vida se tomará como estudio el Edificio Tenerife y se limitará a la etapa de edificación y/o construcción.

Fase De Construcción.

Para la recopilación de datos del proyecto se tomaron las medidas es campo, así como la verificación de los planos, para sacar las cantidades de los materiales más predominantes y de mayor consumo; así como se contemplan las emisiones de CO² por kg de material y por m² como se relaciona en la tabla 35 el cálculo de las emisiones de CO²:

Tabla 35 Calculo de emisiones

ITEM	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	FAC. CONVERSIÓN	TOTAL	FACTOR EMISIÓN	UNIDAD	RESULTADOS EMISIONES CO2	
								KG CO2 EQ	% EMISIONES EDIFICACION
1	Pinturas	KG	14224.67		14224.67	13.77	kg CO ₂ / kg	195,873.73	10.9%
2	Cerámica. Enchapes	M2	3890.00		3890.00	23.22	kg CO ₂ / m ²	90,325.80	5.0%
3	Drywall	M2	1774.98		1774.98	10.64	kg CO ₂ / m ²	18,885.79	1.1%
4	Acero cromado, esmaltado y galvanizado	KG	9740.96		9740.96	3.78	kg CO ₂ / kg	36,820.83	2.1%
5	Aparatos en cerámica	KG	1862.80		1862.80	0.32	kg CO ₂ / kg	594.23	0.0%
6	Vidrio, espejo	M2	646.72		646.72	46.80	kg CO ₂ / m ²	30,266.50	1.7%
7	PVC (Tubería, cajas, Conduit)	ML	7152.00	0.47Kg/ml	3361.44	10.36	kg CO ₂ / kg	34,807.71	1.9%
8	Tubería (8") tipo Novafort	ML	66.00	2.13 Kg/ml	140.58	10.36	kg CO ₂ / kg	1,455.71	0.08%

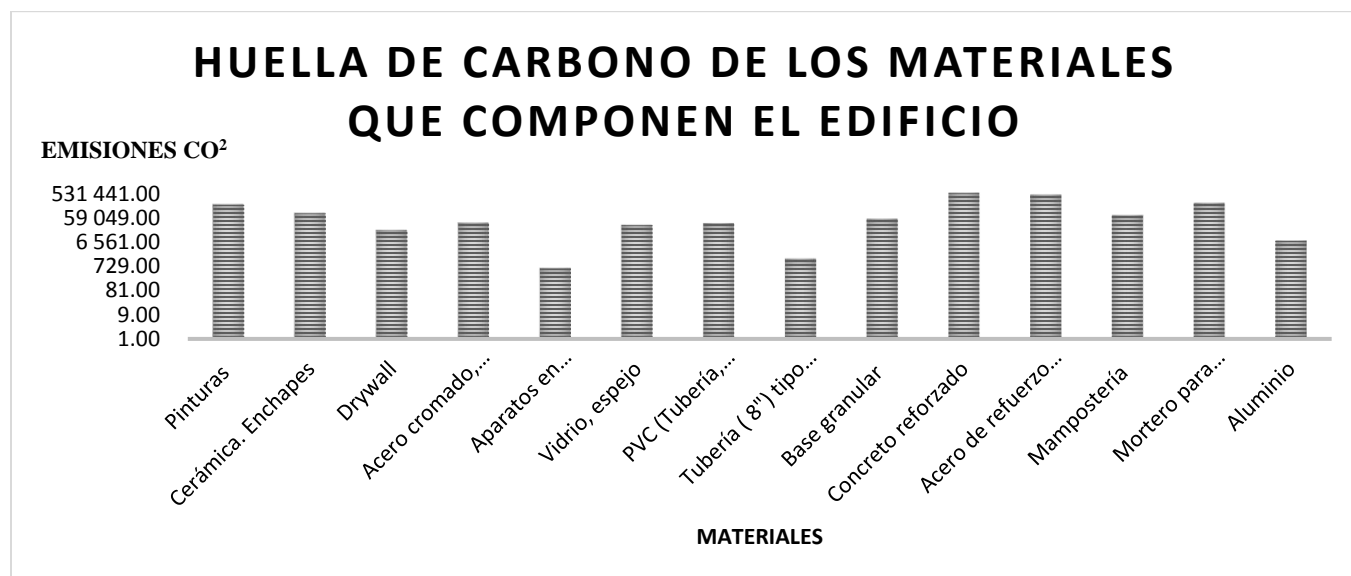
9	Base granular	M3	1073.18	1.65 t/m3	1770747.00	0.03	kg CO ₂ / m ²	53,122.41	3.0%
10	Concreto reforzado	M3	1077.51	2400 kg/m3	2586032.47	0.22	kg CO ₂ / kg	565,048.10	31.5%
11	Acero de refuerzo 60.000 psi	TN	166.40	1000 kg/m3	166395.75	2.80	kg CO ₂ / kg	465,908.10	26.0%
12	Mampostería	M2	5143.58		5143.58	14.02	kg CO ₂ / m ²	72,112.93	4.0%
13	Mortero para alistado y pañete	M2	10581.57		10581.57	20.81	kg CO ₂ / m ²	220,202.47	12.3%
14	Aluminio	KG	235.47		235.47	31.45	kg CO ₂ / kg	7,405.51	0.4%
TOTAL								1,792,830	100%

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con, cálculo de las emisiones de CO², los materiales que tienen mayor consumo energético es el concreto y acero de refuerzo y son los materiales más utilizados en el sistema constructivo de estas edificaciones, así mismo los materiales que, aunque por su unidad tienen un importante factor de emisión y al no ser una cantidad representativa el cálculo de las emisiones tiende a ser muy bajo, como es el aluminio y aparatos sanitarios.

6.2 En la imagen 19 se realiza el grafico de la evaluación de impacto de los materiales utilizados durante un proceso constructivo frente a las emisiones de CO², así:

Figura 19 Huella de carbono de los materiales



Fuente. Elaboración propia

3.2 Estrategias y Recomendaciones

Con el fin, de abordar cada uno de los puntos de la metodología implementada, se presentan las estrategias y recomendaciones a partir de los resultados de mayor relevancia en los componentes de cada punto metodológico:

Inicialmente, en el punto de estado actual, se sugiere en el componente 1.1 inventario, crear un sistema donde los funcionarios puedan llevar el inventario de las actividades de mantenimiento y costo que realizan a los activos físicos, con el fin de crear una hoja de vida por cada inmueble y así establecer un control de uso y ciclo de vida de los sistemas de la edificación; puesto que, el Instituto de Casas Fiscales no tiene implementado ningún sistema para la recopilación de datos en cuanto a la inversión y/o actividades de mantenimiento.

Por su parte, el componente 1.3 inspección visual, se recomienda al Instituto de Casas Fiscales del Ejército aplicar el diagnóstico visual a un mayor número de edificaciones para tener una valoración profunda y objetiva del estado actual de estas, por consiguiente, se considera apropiada la metodología implementada para el presente ejercicio investigativo y se establece como una estrategia frente a la necesidad de gestión identificada.

En el segundo punto de la metodología, denominado condición y modo de falla, se aborda el componente 2.1 condiciones de falla, en el que se aportan la siguiente recomendación; realizar intervenciones de mantenimientos preventivos como limpieza de las canales, bajantes, sello de marcos de ventanería para evitar que la humedad se filtre al interior de la edificación aumentando los daños. En el componente, 2.3 se sugiere a la entidad seguir la metodología y el paso a paso de la evaluación de fallas, con el fin de priorizar el mantenimiento esto debido a que no solamente se debe tener en cuenta el criterio del daño si no a su vez establecer el nivel prioritario del fallo para realizar las planificaciones correspondientes.

En cuanto al tercer punto de la metodología, corresponde a la vida residual, en él se aportan como estrategias de implementación, las siguientes acciones en el componente 3.1 factores de la estimación de la vida útil. Teniendo en cuenta, que el Instituto de Casas Fiscales carece de información requerida en los factores para estimar la vida útil, queda aproximado y subjetivo en ciertas partes lo que no es 100% exacta la estimación. En la estimación de la vida útil de la edificación se tomaron como referencia los factores establecidos en la Norma ISO 15686, así como la estimación de vida de diseño frente a lo que actualmente se encuentra el edificio, haciendo un cuadro comparativo se tiene lo siguiente.

Tabla 36 Vida útil comparativo

EDIFICIO	VIDA UTIL ESTIMADA ISO 15686	VIDA UTIL DISEÑO	DIFERENCIA
Edificio Tenerife	30.7	-1	29.7
Edificio Bombona	30.72	-1	29.7
Edificio Calibio	24.58	-1	23.58
Edificio Pichincha	30.72	-1	29.72
Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	72.00	28	44
Edificio Jhon Rivero Lan T3	72.00	29	43
Edificio Jhon Rivero Lan T4	86.40	29	57.4
Edificio Jhon Rivero Lan T5	57.60	30	27.6
Edificio Tequendama Lan T7	103.68	30	73.68
Edificio Tequendama Lan T8	86.40	30	56.4
Edificio Tenerife	30.7	-1	29.7

Fuente. Elaboración propia

Adicionalmente, se recomienda al Instituto de Casas Fiscales, que mediante la metodología de gestión de activos estime un plan de mantenimiento no solo a estas edificaciones sino a todos los activos fijos que tenga con el fin de prolongar la vida útil de las edificaciones. Por otra parte, en el punto cuatro de la metodología, es decir, costo del ciclo de vida, se proponen las siguientes estrategias:

Se recomienda al Instituto de casas fiscales crear una herramienta donde le permita llevar el historial de mantenimiento de las edificaciones con el fin de obtener un diagnóstico más acertado para toma de decisiones.

Del diagnóstico realizado a las 10 edificaciones de la Décimo Tercera Brigada, teniendo en cuenta el estado actual de estas y las fallas que presentan se recomienda

no realizar ninguna desincorporación o reciclaje ya que las mimas siguen siendo funcionales para el uso que se estableció en el diseño inicial.

Para el caso de estudio se tomó para calcular el costo de reemplazo la vida útil estimada de acuerdo con los factores de la ISO 15686, la estimación de estos valores facilita los procesos de planeación estratégica de la gestión de activos.

En el componente, 4.6 cálculo costo del valor actual, realizando un cuadro comparativo entre el avalúo de las edificaciones y el costo actual del ciclo de vida, se tiene:

Tabla 37 Ciclo de vida

EDIFICACION	COSTO INICIAL/ AVALUO (CA)	VALOR ACTUAL	DIFERENCIA
		$VP = CCV / (1+r)$ $r = 13.90\%$	
Edificio Tenerife	\$917,453,600.00	\$ 1,601,133,395.61	\$683,679,795.61
Edificio Bombona	\$917,453,600.00	\$ 1,203,091,253.38	\$285,637,653.38
Edificio Calibio	\$917,453,600.00	\$ 1,219,324,791.57	\$301,871,191.57
Edificio Pichincha	\$917,453,600.00	\$ 1,232,186,951.36	\$314,733,351.36
Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	\$12,513,120,000.00	\$ 12,715,364,776.12	\$202,244,776.12
Edificio Jhon Rivero Lan T3	\$5,921,200,000.00	\$ 6,144,987,041.26	\$223,787,041.26
Edificio Jhon Rivero Lan T4	\$5,921,200,000.00	\$ 7,000,474,310.80	\$1,079,274,310.80
Edificio Jhon Rivero Lan T5	\$6,445,400,000.00	\$ 7,062,463,002.63	\$617,063,002.63
Edificio Tequendama Lan T7	\$9,187,100,000.00	\$ 9,092,662,546.09	\$-94,437,453.91
Edificio Tequendama Lan T8	\$9,187,100,000.00	\$ 8,952,188,446.01	\$-234,911,553.99

Fuente. Elaboración propia

Para futuras investigaciones, se recomienda realizar el estudio de ACV en la fase de uso, toda vez que el consumo de servicios públicos, generación de residuos son elementos que potencialmente pueden causar un impacto durante el Análisis de ciclo de vida.

Finalmente, se recomienda tener en cuenta todos los factores internos y externos para valorizar el riesgo y que el mismo sea parametrizado en el sistema de gestión de activos para priorizar en corto, mediano y largo plazo los mantenimientos y/o restauraciones que requiera la edificación y se sugiere que estos materiales sean reemplazados por materiales eco- sostenibles y/o se debe reducir el consumo mediante el empleo de técnicas de fabricación que reduzca, en lo posible el contenido energético de los elementos constructivos.

3.3 Conclusiones

Desde el cumplimiento de los objetivos específicos se logra concluir que, al elaborar el estado del conocimiento, se destaca lo expuesto por Condoy y Sañay (2020), quienes afirman que la gestión de activos consiste en acciones sistémicas que generan estrategias constantes y duraderas, lo cual, según los resultados analizados no se ve reflejado en el estado actual de los edificios estudiados, puesto que, si bien es cierto, se realizan acciones de mantenimiento, estas no están iladas a un plan estratégico que garantice la continuidad e integración de las áreas. Por otra parte. De igual forma, desde el marco teórico consultado, se destaca la utilización de las Normas ISO 55000, ISO 55001 y ISO 55002, las cuales, permiten un sistema ágil para adaptarse a los cambios estratégicos de la organización con el fin mejorar las políticas de mantenimiento de los activos.

En cuanto al segundo objetivo específico relacionado con la inspección visual, se identifico que no cuenta con un sistema de gestión de activos, por lo que tampoco conoce el estado de la infraestructura física de las instalaciones, se puede establecer el estado que se encuentra cada una de ellas y así priorizar las intervenciones en corto, mediano y largo plazo. En cumplimiento al tercer objetivo específico, la herramienta informática elaborada en Excel permite un consolidado en base de datos donde se establecen patologías frecuentes de los sistemas de la edificación, lo que le permitiría a la Entidad tomar decisiones de intervenciones parciales con el fin de prolongar la vida útil del activo.

El último objetivo específico enmarcado en la implementación de la metodología se destaca que, la aplicación de la metodología de gestión de activos, no solo permite dar la priorización de las intervenciones de los activos, si no a su vez el análisis de cada uno de los elementos en cuanto a su estimación de vida útil, estimación de riesgos, costos de ciclo de vida, análisis del ciclo de vida, permite a la Entidad tomar decisiones con el fin de optimizar recursos, cuantificar desde el punto de vista técnico, económico y ambiental establecer el procedimiento óptimo para la reducción de costos de mantenimiento.

Finalmente, se considera que al estar la metodología implementada basada en la normatividad y bajo los conceptos expuestos por los teóricos en gestión de activos, se logra posicionar como una alternativa favorable para suplir las necesidades de gestión que se identificaron en los resultados, tales como el deterioro de algunas unidades y el cumplimiento de la vida útil de otros. De esta forma, la institución como sus integrantes se verían ampliamente beneficiados al poder hacer uso de unidades de vivienda aptas y funcionales.

3.4 Referencias bibliográficas

- Almeida, M. . (2015). Cost-effective energy and carbon emission optimization in building renovation – A case-study in a low income neighbourhood. *Scopus*.
- Amendola, L. (2016). Factores clave para la implementación de la gestión de activos físicos alineado ISO 55000 a través del análisis de GAP Assessment PAM. Obtenido de <https://es.slideshare.net/AndreaCAG/luis-amendola-cidet>
- Anaya Estevez , P. A., Castellanos Rojas, H. A., Ceballos Molina , J. A., Cifuentes Ramirez, C. P., Niño Beltrán , S. M., Rojas Garcia, C. Y., & Rubio Almanza , B. E. (2018). *Propuesta matriz de factores para la estimación de la vida útil de las construcciones en Colombia con base en la Norma ISO 156861*. Bogota.
- Andrade Gonzalez, M. T., Tipacti Gallo, J. P., & Espinoza Ramirez, M. E. (2019). *Modelo para análisis cualitativo de riesgos basado en la construcción del edificio emblemático de UDEP* .
- Ani, A. . (2016). The practice of building inspection in Malaysian total asset management. *Scopus*.
- Arévalo Sánchez, J. I. (2018). *Ciclo de vida de la Construcción de la Vivienda Ciudad Alegría, Loja*. Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS. (2002). *GUIA TECNICA PARA LA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES DESPUES DE UN SISMO MANUAL DE CAMPO*. BOGOTA: ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ.
- Ayala Carpio, R. A., Apaza Pineda, R. P., Llerena Longoria, P. C., & Murillo Calsin, J. (2020). *Predicción de la vida útil de una edificación - ISO 15686 -1*. Arequipa.

- Bedoya. (2014). ISO 55000 gestion de activos. *Congreso tecnico FICEM*. Obtenido de https://www.ficem.org/boletines/boletines2014/BOLETIN_DE_RESULTADOS_CT_2014_/PRESENTACIONES_CT_2014/3_MANTENIMIENTO/1_CARLOS%20MARIO%20BEDOYA_ARGOS/GESTION_ACTIVOS_APORTE_MTTO_2014_V4.pdf
- Bernal, C. (2016). *Metodologia de la Investigacion* . Bogota: PEARSON .
- Castañeda Gonzalez , D. E., & Perez Otavo, D. M. (2017). *Metodología para desarrollar un sistema de gestión de activos enfocado al mantenimiento según normatividad ISO 55000:2014. Caso de estudio: Subestación Eléctrica de la Facultad Tecnológica, Universidad Distrital*. Bogota D.C.
- Condoy, J., & Sañay, F. (2020). Propuesta de gestion de activos fisicos del area de mecanica automotriz. *Universidad Politecnica Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19940/1/UPS-CT008984.pdf>
- CORFICOLOMBIANA. (ABRIL de 2019). Obtenido de CORFICOLOMBIANA: Nuestra estimación del valor de la rentabilidad del capital propio (Ke) para
- DANE. (2019). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/indice-de-valoracion-predial/preguntas-frecuentes-ivp>. Recuperado el 28 de 11 de 2019, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-valoracion-predial-ivp>
- Durán, M. J. (2014). Gestión de Mantenimiento bajo estándares Internacionales como PAS 55 Asset Management. *The Woodhouse Partnership LTd*, 2.

- Ejercito Nacional . (2018). *Entregan casas fiscales en beneficio del personal de suboficiales y sus familias*. Obtenido de <https://www.cgfm.mil.co/es/entregan-casas-fiscales-en-beneficio-del-personal-de-suboficiales-y-sus-familias>
- F, B. M., F, C. d., A, O., Juan, P., Begoña, S., & Sandra, G. (2005). *Guía para la inspección y evaluación preliminar de estructuras de hormigón en edificios existentes*. Valencia: Instituto Valenciano de la Edificación.
- Farahani, H. W.-O. (2019). The importance of life cycle-based planning in the maintenance and energy renovation of multi-family buildings. *sciencedirect*.
- fernandez valderrama, P., Moyano, J., & Chaza, M. (s.f.). Gestión de riesgos de costes de posconstrucción en edificios residenciales en alquiler. *Revistas.csic.es*.
- Frangopol, D. . (2007). Maintenance and management of civil infrastructure based on condition, safety, optimization, and life-cycle cost. *Scopus*.
- Garcia Gomez, J. (2014). *LA GESTION DE ACTIVOS EN LA EDIFICACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS*. España.
- Gazulla , C., Isasa, M., Lara, M., Sanchez, b., Bermejo, F., & Diez , G. (NOVIEMBRE de 2012).
MANUAL EXPLICATIVO DEL ANALISIS DE CICLO DE VIDA APLICADO AL SECTOR DE LA EDIFICACION.
- Grussing, M. . (2014). Optimization based on knowledge of building maintenance, repair and renovation activities to improve investments in the life cycle of facilities. *Scopus*.
- Hernández Lopez, H. (2017). *Eficiencia energética, desafíos al acondicionamiento térmico en viviendas chilenas*. Universidad Politecnica Madrid.

- Hernandez, M. S. (6 de 12 de 2014). Aplicación de la norma ISO 15686 para estudiar la vida útil de un domo construido con tecnología de abobe en la ciudad de Toluca - Mexico. *Acta Universitaria*, 6.
- ICFE. (2018). MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL INSTITUTO DE CASAS FISCALES DEL EJÉRCITO ACUERDO No. 002 DE 2018. *IMPRESA NACIONAL*, 44.
- ICFE. (2020). *MANUAL DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE CALIDAD Y AMBIENTAL*.
- INSTITUTO DE CASAS FISCALES DEL EJÉRCITO (ICFE). (05 de 07 de 2019). *www.icfe.gov.co*. Recuperado el 18 de MARZO de 2020, de *www.icfe.gov.co*
- Instituto De Casas Fiscales Del Ejército. (2022). INFORME DE GESTIÓN. Obtenido de <https://www.icfe.gov.co/portal/encrypt/Informe-de-Gestion-ICFE-vigencia-2021.pdf>
- ISO 15686-1. (2011). *ISO 15686-1, Buildings and constructed assets-Service Life Planning, part 1: General principles and framework*.
- ISO 15686-5. (2017). *Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 5: Life-cycle costing*.
- Jesen, M. E. (2015). Value Based Building Update - A Decision Tool - Making and Evaluation. *Scopus*.
- la, D. d. (2015). *Formulación y empleo de perfiles de proyecto*. Roma, Italia.
- Luis, A., Guillermo, F., & Ivan, T. (2015). *GESTION INTEGRAL DE ACTIVOS FISICOS PAS 55*. Naguanagua.
- Manuel Santos Calderón J. (23 de MARZO de 2018). CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL CONPES. BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.

Ministerio de Defensa. (2018). Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional renovó Aptos. del Ed.

Boyacá. *YouTube*. Obtenido de Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional renovó Aptos. del Ed. Boyacá

Nacional., C. H. (2020). *www.centrohistoricoejc.mil.co*.

Nawi, M. ., (2017). A review study of maintenance and management issues in Malaysian commercial building towards sustainable future practice. *Scopus*.

NTC-ISO14040. (12 de 10 de 2007). GESTIÓN AMBIENTAL. ANALISIS CICLO DE VIDA. . Bogotá D.C: ICONTEC.

NTP679, 2. (2004). *NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos*. AMFE. España.: MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA.

Olivares Santiago, M., & Ramirez de Arellano Agudo, A. (2010). *Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones de CO2 producidas en las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de Kioto*. Universidad de Sevilla.

Portafolio. (Septiembre de 2019). Las tendencias recientes de la construcción de vivienda en el país. Obtenido de <https://www.portafolio.co/mis-finanzas/vivienda/las-tendencias-recientes-de-la-construccion-de-vivienda-en-el-pais-533437>

Puğite, I. ., (2017). Different Approaches to Building Management and Maintenance Meaning Explanation. *Scopus*.

Robinson, M. (2019). *DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO ENFOCADO A LA CONDICION FISICA DE EDIFICACIONES, CASO EDIFICIO GIORDANO BRUNO*. TUNJA.

- Robles, A. (2015). ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTION DE
ACTIVOS FISICOS. *Pontificia Universidad Catolica del Peru*. Obtenido de
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6011>
- RUBAU. (2016). *FINALIZADAS LAS TRES TORRES DE APARTAMENTOS EN BOGOTÁ PARA EL
EJÉRCITO*. Obtenido de Noticias : [https://www.rubau.com/rubau-informa-finalizadas-las-tres-
torres-de-apartamentos-en-bogota-para-el-ejercito/](https://www.rubau.com/rubau-informa-finalizadas-las-tres-torres-de-apartamentos-en-bogota-para-el-ejercito/)
- SALAZAR, P. C. (2009). Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE. *ICOTEC*,
8.
- Shohet, I. P. (2002). Deterioration patterns of building cladding components for maintenance
management. *Scopus*.
- Silvera, P. (s.f.). *Predictiva21.com*. Obtenido de <https://predictiva21.com/ciclo-vida-remanente-activo/>
- Solas, A., & Crespo, A. (2016). *Principios y marcos de referencia de la gestión de activos*. EANOR
ediciones. Obtenido de <https://www.marcialpons.es/media/pdf/9788481439243.pdf>
- Solex. (2022). La Gestión de Activos alineada a la ISO 55.000, una realidad de la mano de Solex e IBM
Maximo. Obtenido de <https://www.solex.biz/gestion-activos-iso55000/>
- Uddin, W. W. (2013). “Marco para la gestión de activos de infraestructura”. 2ª ed. : . En W. W. Uddin.
Nueva York: McGraw-Hill Education.
- Yang, L., Haiyan, Y., Xu, Y., & Lam, J. (2013). Residential thermal environment in cold climates at high
altitudes and building energy use implications. *sciencedirect*.

Zampolli, M. (2015). *Gestión de activos, Guía para la aplicación de la Norma ISO 55001*. Las Condes, Santiago Chile.: International Copper Association (ICA).

Anexos.

Anexo 1 Hoja de cálculo gestión del activo.

Desarrollo de herramienta para gestión de activos en viviendas fiscales

Development of a tool for asset management in public housing

*Luz Dary Peñuela Suán

RESUMEN

En la actualidad la gestión de activos se configura como un tema fundamental para las organizaciones e instituciones, puesto que, en ella se ve la capacidad de sacar el mayor provecho de los activos físicos en función de beneficiar los objetivos corporativos y articular su direccionamiento. Adicionalmente, la forma en que esta gestión de activos se ha desempeñado a lo largo de los años, ha tenido modificaciones significativas pasando del concepto básico de la reparación, a la administración general de los activos, lo cual, se ve amparado en las Normas ISO 55000, 55001 y 55002. Por consiguiente, la necesidad de una metodología funcional en la gestión de activos se hace necesaria, no solo en el sector privado, sino también en el sector público, donde El Instituto de Casas fiscales del Ejército, es la entidad encargada del suministro de vivienda fiscal a Oficiales y Suboficiales en servicio activo y personal civil del Ejército. Bajo la administración de la institución se encuentran 10 edificios de vivienda fiscal localizados en la seccional Brigada 13 Bogotá, los cuales son la población objetivo del presente estudio, en la medida que se diseñó e implementó una metodología para la gestión de activos físicos en dichas unidades, arrojando como conclusiones el alarmante estado de los edificios Tenerife, Pichincha y Jhon Rivero; de igual forma, se identificó que no existían antecedentes en la gestión de activos y las acciones de mantenimiento se desarrollaban de manera aislada.

ABSTRACT

Currently, asset management is configured as a fundamental issue for organizations and institutions, since it shows the ability to make the most of physical assets in order to benefit corporate objectives and articulate their direction. Additionally, the way in which this asset management has been carried out over the years has undergone significant modifications,

* Universidad Antonio Nariño, programa de Maestría en Gestión de la Infraestructura.

luzdary609@gmail.com

going from the basic concept of repair to the general administration of assets, which is covered by the ISO Standards. 55000, 55001 and 55002. Therefore, the need for a functional methodology in asset management is necessary, not only in the private sector, but also in the public sector, where the Institute of Fiscal Houses of the Army is the entity in charge of supplying fiscal housing to Officers and NCOs in active service and civilian personnel of the Army. Under the administration of the institution there are 10 public housing buildings located in the Brigada 13 Bogotá section, which are the target population of this study, to the extent that a methodology was designed and implemented for the management of physical assets in said units. , throwing as conclusions the alarming state of the Tenerife, Pichincha and Jhon Rivero buildings; Similarly, it was identified that there was no history in asset management and maintenance actions were carried out in an isolated manner.

INTRODUCCIÓN

La gestión de activos como estrategia generadora de valor organizacional, ha contado con una historia evolutiva que paso del mantenimiento de los activos físicos, que implicaba reparaciones y acciones aisladas que se ocupaban del uso de los activos, a la integración de procesos y técnicas que permiten de manera coordinada sacar el mayor provecho de los activos, aportar significativamente en el cumplimiento de objetivos de las diferentes instituciones y organizaciones (Amendola, 2016).

En Colombia, actualmente se presenta un desarrollo significativo en el área de la construcción con especial énfasis en la construcción y comercialización de apartamentos a diferencia de unas décadas atrás, cuando el principal interés de los usuarios de la finca raíz eran las casas, así lo afirma el periódico Portafolio (2019) mencionando también, que los

aparta estudio y apartamentos de menos de 3 habitaciones, son los más comercializados, gracias a que se pueden ubicar en zonas de alto desarrollo a costos no tan elevados como en el caso de Bogotá la calle 93, el Virrey y la calle 72.

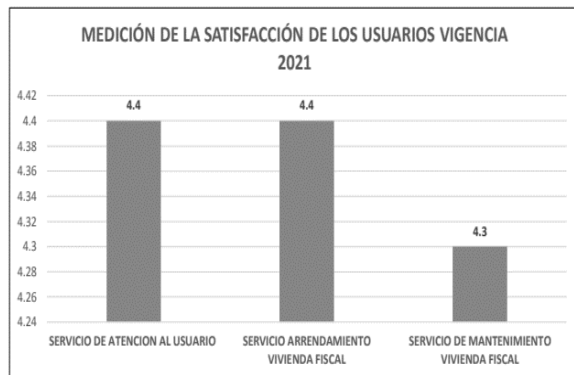
Dicho panorama, se presenta no solo a nivel de la construcción privada, en el sector público también se ha procurado la construcción y remodelación de edificios que permiten una mayor cobertura de usuarios en menos espacio, ejemplo de ello es lo expuesto por la constructora RUBAU S.A. (2016) quienes fueron los encargados de la edificación de tres torres de apartamentos en Bogotá, de once pisos con sótano, para un total de 170 apartamentos destinados al uso de casas fiscales para el Ejército Nacional.

Adicionalmente, en ciudades como Neiva se invirtió en la restructuración de la torre de

edificios denominada la Gaitana, la cual cuenta con 16 apartamentos (Ejército Nacional, 2018) y en Boyacá se entregaron 36 apartamentos en 3 torres mejorados, como parte del compromiso de la institución en el bienestar de sus miembros (Ministerio de Defensa, 2018).

Por su parte, los edificios de Casas Fiscales del Ejército Nacional seccional Brigada 13, como objetivo poblacional, necesitan profundizar en la metodología de su mantenimiento a corto, mediano y largo plazo, esto se logra evidenciar en los indicadores ofrecidos por el Instituto De Casas Fiscales Del Ejército (2022) en su informe de gestión con vigencia 2021, en él se expone la siguiente figura.

Figura 1 Medicion de la Satisfaccion de los Usuarios



Fuente. Instituto de Casas Fiscales del Ejército (2022) p.51

La figura 1, representa como el nivel de satisfacción más bajo es el servicio de mantenimiento en la vivienda fiscal para la

seccional Bogotá, esto se manifiesta en el deterioro de las unidades y la inexistencia de una metodología coordinada y estructurada que, de continuidad a la gestión de activos de los edificios, se identifica como la problemática que orienta el presente ejercicio investigativo, en la medida que motiva a la investigadora a diseñar e implementar una metodología de gestión de activos, basada en las Normas ISO 55000, 55001 y 55002 que permita proponer estrategias de mantenimiento.

Por consiguiente, el propósito de la presente investigación es identificar el estado actual de 10 edificaciones que se encuentran ubicadas en la seccional de la Brigada No.13 de la ciudad de Bogotá y aplicar una metodología para realizar el planeamiento de los mantenimientos y restauraciones que estos requieran con el fin de aumentar la disponibilidad física de cada edificación eliminando gastos innecesarios causados por mantenimientos menores.

Por otra parte, entregar un informe al Instituto de Casas Fiscales con las recomendaciones frente a las edificaciones inspeccionadas y resultados del estudio realizado con el fin que promover a que el Instituto de Casas Fiscales desde su organización creen y desarrollen un sistema de gestión de activos generando una nueva política de renovación de activos y herramienta para la toma de decisiones frente al plan anual de adquisiciones.

Para dichos fines, se desarrolló un estado del conocimiento que consistió en la búsqueda

bibliográfica mediante la revista Scopus, de tal forma, que se logre identificar estudios similares, para realizar una depuración de documentos encontrados y brindar un contexto científico a la problemática abordada.

Dentro de los estudios consultados se encuentra el realizado por Shohet (2002), en el cual, desarrollan una metodología para consolidar una base de datos de los componentes de las edificaciones que enumeren los patrones de deterioro del edificio en función de su estado real, utilizando cuatro pasos: 1) Identificación de patrones de falla. 2) Determinación del rendimiento del componente 3) Determinación de la esperanza de vida 4) Evaluación del servicio previsto de vida.

Es importante destacar, que bajo los hallazgos de este estudio se logró aportar en la metodología diseñada, la identificación de patrones de falla. Como segundo estudio consultado, se encuentra el desarrollado por Jesen (2015), en este, desarrollan una metodología para consolidar una base de datos de los componentes de las edificaciones que enumeren los patrones de deterioro de los componentes del edificio en función de su estado real, utilizando cuatro pasos: 1) Identificación de patrones de falla. 2)

Determinación del rendimiento del componente 3) Determinación de la esperanza de vida 4) Evaluación del servicio previsto de vida.

Por otra parte, el estudio realizado por, Grussing (2014) aborda una metodología para identificar y seleccionar rápidamente la construcción de varios años. Actividades de mantenimiento, reparación y renovación, el cual emplea un algoritmo genético de modo que se maximiza el rendimiento de la instalación y se minimizan los costos del ciclo de vida.

En cuarta instancia, se destaca la investigación elaborada por Nawi (2017), la cual, explora el tema de mantenimiento y la gestión de un edificio comercial en la industria de la construcción de propiedad de Malasia, concluyendo así que la cuestión de la seguridad y la salud en la construcción es un problema muy importante en la gestión de la construcción, especialmente en la industria de Malasia.

Finalmente, se expone el estudio realizado por Almeida (2014), el cual, se basa en una metodología que le permite identificar escenarios de renovación rentable que mejoran el rendimiento energético, mediante un caso de estudio analizando un barrio residencial de Gaia en Portugal, analizando

una serie de renovaciones alternativas sin mejorar el rendimiento energético.

A partir del análisis de los estudios consultados, se logra sustentar la necesidad de establecer una metodología de gestión de activos que permita utilizar adecuadamente las estructuras sin poner en riesgo la vida de los usuarios ni los intereses organizacionales de los propietarios de las construcciones.

METODOLOGÍA

La presente investigación se lleva a cabo mediante el tipo de investigación, estudio de caso, según Bernal (2016) ya que, tiene por objetivo analizar a profundidad las particularidades de una unidad determinada, en la que se presenta la problemática identificada. Por consiguiente, los 10 edificios del Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional (ICFE), seccional Brigada No. 13, corresponden al 83% del total de los edificios existentes.

Adicionalmente, el enfoque bajo el cual se orienta la investigación es mixto, puesto que las herramientas de recolección de información son de orden cuantitativo, en el caso de los cuadros estadísticos producto de la implementación de la metodología de gestión de activos y cualitativos, mediante la revisión de antecedentes, observación y

definición de estrategias y recomendaciones. Es importante destacar, que este enfoque permite un amplio panorama de la problemática analizada y por lo tanto aporta las herramientas para determinar conclusiones significativas.

Fases investigativas

- 1.Planteamiento del problema, revisión de antecedente y formulación de objetivos.
- 2.Elaboración del diseño metodológico.
- 3.Diseño de la metodología de gestión de activos
- 4.Implementación de la metodología previamente diseñada
- 5.Estrategias de mantenimiento y conclusiones.

RESULTADOS

Figura 2 Metodología de gestión de activos



Fuente. Elaboración propia

En la metodología se destacan 7 grupos de análisis, de los cuales cada uno cuenta con componentes que permiten su análisis y valoración de los edificios de casas fiscales así:

1. Estado Actual

1.1. Inventario: Para las instalaciones existentes, es esencial determinar y registrar en la base de datos un historial de todas las construcciones, rehabilitaciones, mejoras de capital y otros cambios físicos en la estructura, drenaje, etc. El historial de costos y trabajo de mantenimiento, reparación y renovación, así como el registro histórico de uso, también son atributos de datos importantes. La mayoría de las características no cambian de un año a otro, pero cualquier elemento que cambie debido a M, R&R (Mantenimiento, reparación y recuperación). (Uddin, 2013)

1.2. Vida útil: El concepto de vida útil se basa en la vida útil física que se utiliza para la gestión de la infraestructura, la siguiente tabla se establecen las expectativas de la vida útil de la infraestructura (Uddin, 2013), para el caso de estudio se destaca la instalación de edificios públicos.

Figura 3 Expectativas típicas de la vida útil de la infraestructura

Instalaciones y componentes de infraestructura		Vida útil esperada
aeropuertos	Edificios/estructuras	Hasta 150 años
	pistas/calles de rodaje/plataformas	Hasta 50 años
Puentes	cubiertas	Hasta 50 años
	Subestructura/superestructura	Hasta 125 años
Túneles	(Para tráfico de automóviles, agua)	Hasta 200 años
Instalaciones portuarias, ferroviarias e intermodales	(Construcción de hormigón/acero/piedra)	Hasta 300 años
Edificios públicos y complejos deportivos	(Construcción de hormigón/acero/ ladrillo)	Hasta 300 años
Transmisión de electricidad/Líneas telefónicas	(Construcción de hormigón/acero)	Hasta 400 años
Plantas de energía nuclear	(Construcción de hormigón/acero)	500 años o más
presas hidráulicas	(Construcción de hormigón/acero)	300 años o más

Fuente. (Uddin, 2013).

1.3. Inspección visual: Dentro de la evaluación del activo se tendrán en cuenta información como la descripción del edificio, localización, composición del edificio, tipología de estructura, edad de la estructura, descripción de las cubiertas y fachadas, así como los materiales componentes de los distintos elementos constructivos. Es de aclarar que en caso de no existir información gráfica es necesario generarla al largo del proceso incluyendo planos, esquemas y planta esquemática del funcionamiento, reporte de medidas y tipos de fallas presentadas (Mula et all, 2005).

A continuación, se presenta el formulario de Registro de Instalaciones para el Diagnostico General, el cual incluye, estructura, redes de aguas lluvias, muros, cubiertas, aparatos sanitarios, carpintería, red eléctrica y red de gas; permitiendo identificar, el estado de los edificios de casas fiscales y registrarlos detalladamente.

Figura 4 Formulario de diagnósticos de los componentes de las edificaciones.

FORMULARIO DE REGISTRO DE INSTALACIONES PARA EL DIAGNOSTICO GENERAL DE EDIFICACIONES ICDFE			
COMPONENTES GENERALES			
DEFENCIONES			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
PLACAS			
COLUMNAS			
VEGAS			
ESCALERAS (Extintas)			
% DETERMINO			
FIBRO			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
INTERIORES			
EXTERIORES			
ESCALERAS (en uso)			
GUARDASOBSA			
MECANICAS			
% DETERMINO			
SUELO			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
FACHADA			
MUROS INTERIORES			
SUBTOTAL			
CUBIERTAS			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
CUBIERTA			
ESTRUCTURA CUBIERTA			
DE LO RANCHO			
MAR CANAL			
SUBTOTAL			
APARATOS SANITARIOS			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
SANITARIOS			
BAÑOS			
W.C.			
DIFFERAS			
LLAVE DE PAGO			
LABORADOS			
LABORADOS			
SUBTOTAL			
CARPINTERIA			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
VENTANAS			
PUERTAS			
BARRANDAS			
CLOSET			
MUEBLES COCINA			
SUBTOTAL			
COMPONENTES ESPECIALES			
RED DE AGUA LLUVIAS			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
BAJANTES DE AGUA LLUVIA			40%
REJES O REJONES			
CANALONES O CUNETAS			30%
CANAL DE INSPECCION			
SUBTOTAL			
RED SANITARIA			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
REJES O REJONES			80%
BAJANTES SANITARIOS			
CANAL DE INSPECCION			
TUBERIA SANITARIA			20%
SUBTOTAL			
RED MURALLAS			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
ACOMETIDA PRINCIPAL			30%
REJONES AGUA			
EQUIPO DE BOMBEO			45%
TANQUE DE ALMACENAMIENTO			
SUBTOTAL			
RED GAS			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
ACOMETIDA PRINCIPAL			30%
BALBUZAS PUNTO DE GAS			
REJONES GAS			30.00%
SUBTOTAL			
RED ELECTRICA			
ELEMENTOS	MATERIAL	PATOLOGIA	PORCENTAJE
ACOMETIDA ELECTRICA			
TABLERO ELECTRICO			15%
ILUMINACION			
TORNACORRIENTE			
INTERCOMUNICACIONES			
SUBTOTAL			
REGISTRO FOTOGRAFICO			

Fuente. Elaboración propia

2. Condición y modo de falla

2.1. Condición de falla: Durante la fase de evaluación de la gestión de infraestructura implica el seguimiento del uso y de la condición física de los activos de infraestructura que se gestionan. El monitoreo es la recopilación de datos de inspección de campo y la evaluación es el análisis y la interpretación del uso de la información recopilada (Uddin, 2013).

El factor principal en la mayoría de los deterioros y fallas estructurales es la carga o deterioro acelerado por la carga iniciando por factores ambientales y la degradación del material.

2.2. Características de fallas en los edificios: Durante la inspección visual se

debe tener en cuenta la recopilación de datos en la evaluación de los usuarios de los edificios como quejas, incomodidades, así mismo el funcionamiento como interrupciones de servicios públicos, fallas estructurales, en pisos cubiertas, muros, escaleras, de las cuales encontramos las siguientes patologías Grietas, fisuras, flechas / deformación, suciedad, manchas oxido, focos de humedad/hongos, porosidad, juntas separadas, desnivel de placa, filtraciones, desgaste, ruido, avería, desplome (etc.)

2.3 Evaluación de las fallas.

Basado en la metodología propuesta por el ATC-13 (Applied Technology Council, 1985) basada en estados de daño, que han sido obtenidos de relaciones demanda contra capacidad en términos de rigidez, resistencia y disipación de energía donde propone los siguientes porcentajes de daño (Asociación Colombiana de Ingenieria Sismica - AIS, 2002).

Tabla 1 Criterios de la caracterización del daño

CARACTERIZACIÓN DE DAÑO	
Ninguno	0%
Estado Leve	1%-10%
Fallas Menores	11% -40%
Requiere Mantenimiento	41%-59%

Requiere Renovación	60%-99%
Inservible	100%

Fuente. Elaboración propia

Una vez evaluados la caracterización de cada elemento que compone el activo y clasificación el mismo se promedia por la cantidad de elementos inspeccionados, dando como resultado el % de índice de daño del activo.

Tabla 2 Criterios de índice de daño

Índice De Daño	
Severo / colapso total	70% - 100%
Moderado	50% - 69%
Bueno	20% - 49%
Optimo	0% - 19%

Fuente. Elaboración propia

2.2. Análisis de modo y efecto de falla.

Para el análisis de modo y efecto de falla, se deben tener en cuenta factores que afectan la durabilidad de la edificación, en las cuales se encuentran la calidad de materiales y diseño, proceso constructivo, ambiente interior como humedades, temperaturas, agentes químicos, ambientes externos como el clima, la contaminación urbana, mantenimiento que se le haya realizado durante su uso (Hernández, 2014).

Para el análisis de modo y efecto de falla se utilizará el método AMEF o AMFE:

“Análisis modal de fallos y efectos”, basado en la NTP 679, el cual consiste en 1) identificar las fallas en los componentes de la edificación 2) Enumerar los posibles fallos que pueden llegar a comprometer el normal funcionamiento de la edificación. 3) Establecer y clasificar los modos de fallo. 4) Determinar los efectos del fallo. 5) Clasificar la severidad o gravedad del fallo. 6) Determinar las causas. 7) Clasificación de la ocurrencia. 8) Identificar y clasificar los controles. 9) Evaluar el nivel prioritario de riesgo (NPR). 11) Establecer la Acción correctiva y 13) Responsable de la organización. (Robinson, 2019).

Una vez establecidos la clasificación del grado de gravedad, grado de frecuencia y grado de detección, se establece el número de riesgo, el cual prioriza el modo de fallo y sus causas.

NPR= Grado de severidad X Grado de ocurrencia X Grado de detección.

Cuando se establece el resultado del NRP inferior a 100 no requerirá intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuye a mejorar aspectos de calidad del servicio. (NTP679, 2004).

Tabla 3 Formato cálculo modo de fallo

EDIFICACIÓN	Modos de fallo	Índice de daño (%)	Efecto	I	Causa	O	Controles	D	NPR	Acción correctiva	Responsable	I	O	D	NPR
									0						0
									0						0

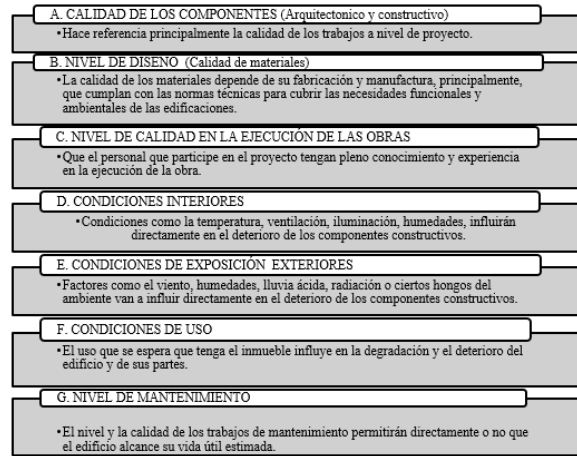
Fuente. Elaboración propia

3. Vida residual

3.1. Estimación de vida útil:

Para estimar la vida útil en años que puede tener una edificación se debe considerar diferentes factores que influyen en su estabilidad y conservación y como estos se pueden ver afectados por las exposiciones, uso, desgaste y/o obsolescencia, por lo cual se propone una herramienta de análisis que facilite estimar el estado de conservación en el tiempo de un activo (Anaya Estevez , y otros, 2018). El desarrollo de la aplicación de la Norma ISO 15686 es aplicada por siete factores, el cual dan indicaciones de cómo calcular la vida útil de un activo, estos factores se describen a continuación:

Figura 5 Factores Norma ISO 15686



Fuente. Anaya Estevez et all, (2018).

Para cada Factor se estima unas variables representativas que afectan con mayor intensidad la conservación de la edificación siendo tres puntajes así:

0.8 Muy Bajo (Cuando no cumple o se tiene dificultad en la obtención de información y/o estructuras inadecuadas.

1.0 Medio (Cuando se cuenta con licencia, pero no con el documento, los elementos cumplen con las propiedades, se evidencia mantenimientos periódicos, estructura adecuada, acabados adecuados al 50%, presentan patologías que no afectan considerablemente el inmueble).

1.2. Muy alto (Se evidencia aplicación y documento de licencia, elementos cumplen al 100% con las propiedades, existen protocolos y rutinas de mantenimiento, no presenta ningún tipo de patologías.

Calculados los factores de estimación de la vida útil de se realiza un promedio para definir el valor final de dicho factor. Para realizar la determinación de la vida útil estimada se debe partir de la vida útil del diseño, el cual para esta metodología se utilizará los parámetros establecidos así:

Figura 6 Vida útil de diseño (VUD) por categoría o tipos de edificios.

CATEGORÍA DE EDIFICIOS	VIDA UTIL DE DISEÑO POR CATEGORÍA (AÑOS)	EJEMPLOS
Temporales	Hasta 10	Construcciones no permanentes, oficinas de ventas, edificios de exhibición temporal, construcciones provisionales.
Vida media	25-49	La mayoría de los edificios industriales y la mayoría de las estructuras para estacionamientos.
Vida larga	50-99	La mayoría de los edificios residenciales, comerciales, de oficinas, de salud, de educación.
Permanentes	Más de 100	Edificios monumentales, de tipo patrimoniales (museos, galerías de arte, archivos generales, etcétera).

Fuente. Ayala Carpio, Apaza Pineda, Llerena Longoria, y Murillo Calsin, (2020).

3.2. Cálculo de la vida útil estimada.

Para realizar el cálculo de la vida útil estimada se deben contemplar los factores anteriormente definidos bajo la siguiente formula:

$$\text{VUE} = \text{VUD} \times (\text{A}) \times (\text{B}) \times (\text{C}) \times (\text{D}) \times (\text{E}) \times (\text{F}) \times (\text{G})$$

Donde,

$$\text{VUE} = \text{Vida útil estimada}$$

VUD = Vida útil de diseño

4. Costo ciclo de vida

El objetivo principal del cálculo del costo de vida es proporcionar criterios para la toma de decisiones en cualquiera de las fases de este adoptando estrategias durante el ciclo de vida del activo como se ve en la figura No. 9. (Garcia Gomez, 2014).

4.1. Costo de adquisición: Para este análisis se deben contemplar los costos incluidos en la adquisición de un activo, por compra, construcción y/o arrendamiento. (ISO 15686-5, 2017).

4.2. Costo de mantenimiento: El costo de mantenimiento se debe contemplar la mano de obra, materiales y otros costos relacionados o incurridos para mantener un edificio o sus partes para que el mismo quede funcional. (ISO 15686-5, 2017).

4.3. Costos de desincorporación o reciclaje: Son los costos que se involucran por desmontaje o desincorporar un activo de su ubicación actual. Es importante establecer que dependiendo el estudio o análisis este costo puede aplicar o no, en función al alcance del proyecto de remplazo o modernización. (Silvera, s.f.).

4.4. Costo de remplazo: El costo de remplazo es igual al costo de la inversión,

proyectado al año que requiere realizar el reemplazo.

4.5. Cálculo costo de ciclo de vida: El costo de ciclo de vida (CCV) está dado por:

$$CCV(t) = CA(t) + COM(t) + CD(t).$$

CA= Costo de Adquisición.

COM= Costo de mantenimiento

CD = Costo de desincorporación / reciclaje.

4.6. Cálculo costo del valor actual: El valor actual está definido por:

$$VP = CCV / (1+r).$$

Donde, VP = Valor presente.

CCV = Costo de ciclo de vida.

r = Tasa de interés.

5. Análisis de Riesgo

El análisis de riesgo utilizado en esta metodología será el cualitativo, no obstante, y con el objetivo de priorizar los riesgos mediante la combinación de probabilidad de ocurrencia y el impacto se parametrizan cuantitativamente las calificaciones de cada riesgo de acuerdo al diagnóstico de la inspección visual de cada edificación y que se clasificaron en el análisis modal de fallos y efectos AMFE, el cual el impacto se toma los datos evaluados en el numeral 2 de la metodología en condición y modo de falla,

“Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo”.

Valor de riesgo = Probabilidad * Gravedad.

Nivel de riesgo= El nivel de riesgo está clasificado según los parámetros establecidos así:

Figura 7 Clasificación del nivel de riesgo

	Riesgo muy grave (80 – 100). Verificar si existe alguna estrategia o tarea de mantenimiento para evitar la falla o reducir el riesgo a marginal. De lo contrario, debe mitigarse con proyectos o acciones en
	Riesgo importante (60 – 79). Verificar si existe alguna estrategia o tarea de mantenimiento para evitar la falla o reducir el riesgo a marginal. De lo contrario, debe mitigarse con proyectos o acciones en
	Riesgo apreciable. (20 – 59) Verificar una estrategia o tarea de mantenimiento para evitar la falla. De lo contrario, se Deben crear procedimientos o controles
	Riesgo marginal. (0-20) Algunas de las medidas necesarias son señalización y avisos. Verificar si alguna estrategia o tarea de mantenimiento para evitar la falla es económicamente viable o no

Fuente. (Zampolli, 2015)

5.2. Matriz de riesgos

Una vez obtenida la calificación de acuerdo con el nivel de riesgo definido por los intervalos de prioridad, se ubica al riesgo en la matriz de probabilidad e impacto en una de las cuatro zonas de acuerdo con su prioridad: grave (rojo), importante (naranja), apreciable (amarillo) y marginal (blanco).

Tabla 4 Matriz de riesgos.

		MATRIZ DE RIEGOS					
		GRAVEDAD (IMPACTO)					
		MUY BAJO 1	BAJO 2-3	MODERADA 4-6	ALTO 7-8	MUY ALTO 9-10	
PROBABILIDAD	MUY ALTA	9. - 10	10	30	60	80	100
	ALTA	6. - 8	8	24	48	64	80
	MODERADA	4. - 5	5	15	30	40	50
	BAJA	2. - 3	3	9	18	24	30
	MUY BAJA	1	1	3	6	8	10

Fuente. Elaboración propia.

6. Análisis del Ciclo de vida.

Para desarrollar un ACV se deben aplicar la norma ISO 14040, en edificios es un proceso complejo debido a las diferencias que hacen a cada proyecto único en cuanto a atributos, clima, usuarios, etc. En los cuales, en general, se prioriza la evaluación las emisiones de dióxido equivalentes (Greenhouse Gas – GHG, responsables del calentamiento global; Global Warming Potencial, GWP) y la energía demanda acumulada (Cumulative Energy Demand CED) (Arévalo, 2018).

Para el desarrollo de esta metodología se va a realizar un análisis de la huella de carbono de los materiales más comunes en la tipología de una construcción de un edificio de apartamentos de casas fiscales, que coincidan con los sistemas y materiales constructivos y así identificar los materiales que produce mayor consumo de energía. El ciclo de vida de una edificación está compuesto por cuatro fases, producción, edificación, uso y demolición; para este caso el análisis será **limitado a la fase de edificación.**

Materiales comunes en una edificación: para la evaluación del análisis de la huella de carbono de los materiales más comunes se tendrán en cuenta los materiales constructivos de mayor representación en un

modelo constructivo habitual (MCH), (Olivares Santiago & Ramirez de Arellano Agudo, 2010) así: concreto, acero, PVC, carpintería metálica, pintura, disolventes, cobre, mampostería, cerámica.

6.2. Evaluación de impacto: Para la cuantificación de la huella de carbono se utilizará los datos tomados de los resultados del modelo de cuantificación de las emisiones CO² producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. (Olivares y Ramirez, 2010).

Tabla 5 Emisiones de CO₂ por kg de material y por m² construido del MCH

Datos ambientales de la imagen de referencia del MCH			
CBMs representativos del MCH definido	EC _{emb}		EC _{m²}
	kgCO ₂ /kg	kg/m ²	kgCO ₂ /m ²
Acero estructural y laminado	2,80000	30,76	86,13
Acero cromado, esmaltado, galvanizado	3,78887	5,21	19,74
Aditivo, disolvente, barniz y aceites	13,77640	7,29	100,43
Aluminio (anodizado y lacado)	31,45454	0,99	31,14
Áridos	0,03000	467,19	14,02
Betón asfáltico	6,49700	1,67	10,85
Cartón yeso	0,47415	22,44	10,64
Cemento	0,41122	29,40	12,09
Material cerámico	0,17516	132,56	23,22
Cobre y cobre recocido	14,82539	0,63	9,34
Hormigón celular y prefabricados	0,45617	31,26	14,26
Hormigón prefabricado y suministrado	0,21851	1026,79	224,37
Mortero prefabricado	0,22268	93,45	20,81
Neopreno	17,65333	1,50	26,48
Temple	14,72049	1,61	23,70
PVC	10,35576	1,04	10,77
Terrazo	0,21619	43,34	9,37
Otros (vidrio, metales, porcelana, cal, etc.)	0,31949	146,48	46,80
Totales imagen de referencia MCH		2043,61	694,16

Fuente. (Olivares y Ramirez, 2010).

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ por m² construido, se debe multiplicar los valores medios correspondientes al peso /m² construido de cada componente básico material - CBM, expresado en Kg/m², por el valor correspondiente a las emisiones CO₂

expresadas en KgCO₂/Kg, para cada uno de los materiales representativos de la edificación, expresados en KgCO₂/m². En la tabla No. 24 de cálculo en Excel se determinará los valores correspondientes al CO₂ de cada material. (Olivares Santiago & Ramirez de Arellano Agudo, 2010)).

7. Políticas del sistema de gestión de activos.

Para llevar a cabo un buen sistema de gestión de activos la Norma ISO 55001 de 2014, establece siete requisitos fundamentales que toda organización debe desarrollar para cumplir con los objetivos del sistema de gestión de activos, así: 1. Conocer el contexto de la organización, 2. Establecer quien lidera el sistema de gestión, 3. Realizar la planificación, 4. Recursos, 5. Funcionamiento, 6. Evaluación del desempeño y 7. Mejorar el sistema de gestión de activos. (Castañeda Gonzalez & Perez Otavo, 2017).

7.1. Contexto de la organización:

En el desarrollo del contexto de la organización se debe tener claro cuál es el valor de la empresa, el foco de su negocio y el resultado esperado, para ello se debe identificar todos los contextos internos y externos que afectan tanto el logro de los

objetivos de la organización como los sistemas de gestión de activos. (Zampolli, 2015).

7.2. Liderazgo en la gestión de activos: Los integrantes de la alta gerencia son los líderes naturales de la gestión de activos de una organización y son responsables por la calidad y la seguridad, así como también por la gestión de activos.

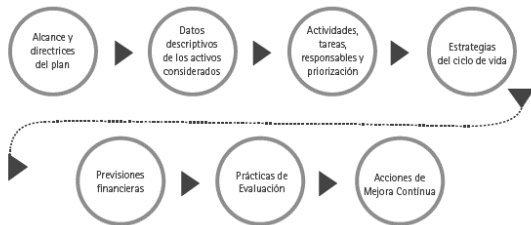
7.3. Responsabilidades y funciones: La responsabilidad y asignación de las funciones es un compromiso que se debe adquirir por parte del Instituto de Casas Fiscales, el cual se debe establecer en el organigrama de la empresa la distribución del personal con idoneidad y habilidad para que el sistema de gestión cumpla con todos sus requerimientos. Se deben establecer equipos de trabajo con conocimiento para realizar el diagnóstico y mantenimiento a los activos que cuenta el instituto; así mismo contar con las herramientas y recursos necesarios para facilitar y priorizar las inversiones.

7.4. Planificación de la Gestión de Activos.

Para definir el desarrollo de un plan de gestión de activos debe incluir el análisis de impacto de las acciones en cada etapa del ciclo de vida y las necesidades ante las próximas etapas del ciclo de vida, en la

siguiente figura se establece la estructura de los planes de gestión de activos (Zampolli, 2015).

Figura 8 Liderazgo en la gestión de activos



Fuente. (Zampolli, 2015).

7.5. Recursos: la Norma ISO 55001 plantea como requisito apoyar el tiempo de vida del activo y hacer que la organización reconozca las necesidades del compromiso de todas las áreas durante todo el ciclo de vida, con el fin de garantizar el desempeño que la organización desea respecto al activo (Gazulla et al, 2012). Se debe identificar, priorizar y limitar recursos como lo son humanos, financieros, de seguridad, herramientas, equipos inversiones para la sustitución, reforma o adquisición de activos, establecer los canales de comunicación y documentar la información.

7.6. Funcionamiento: Para poder ejecutar las actividades del sistema de gestión de activos es importante tener definido aspectos importantes como: objetivos, políticas, alcances del sistema de gestión de activos, funciones y responsabilidades, procedimientos, recursos para las actividades del sistema de gestión de

activos, canales de comunicación establecidos. (Castañeda Gonzalez & Perez Otavo, 2017).

Mejoras al sistema de Gestión de activos:

Las auditorías internas son herramientas eficaces para garantizar que el sistema de gestión cumpla con sus propios requisitos. Normalmente, dichas auditorías se realizan a intervalos planificados y son capaces de señalar desviaciones de forma anticipada e identificar oportunidades de mejoras. La participación, la comprensión y el apoyo de los miembros de la organización son importantes para que la alta gerencia pueda hacer un análisis crítico de todo el sistema de gestión de activos. (Zampolli, 2015).

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DISEÑADA.

en la ciudad de Bogotá el Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional cuenta con 4 seccionales, con 52 edificaciones que oscilan entre 2 y 11 pisos, el cual se tomará 10 edificaciones de la seccional Brigada Trece, ubicada en el Cantón Norte, para la implementación de la metodología de gestión de activos así:

1.1. Inventario.

Se realiza una recopilación de la información suministrada por el Instituto de Casas Fiscales de Ejército para las edificaciones:

Tabla 6 Edificios construidos

IDENTIFICACIÓN ACTIVO	NOMBRE DEL INMUEBLE	AREA M ²	AVALUO	NUMERO DE APARTAMENTOS	NUMERO DE PISOS	AÑO DE CONSTRUICDO	AÑO ÚLTIMO MANTENIMIENTO	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO
1	Edif. Tenerife	968,8	\$ 917.453.600	8	4	1971	2017	\$ 650.230.000
2	Edif. Bombona	968,8	\$ 917.453.600	8	4	1971	2012	\$ 196.860.000
3	Edificio Calibío	968,8	\$ 917.453.600	8	4	1971	2014	\$ 215.350.000
4	Edificio Pichincha	968,8	\$ 917.453.600	8	4	1971	2018	\$ 230.000.000
5	Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	5240	\$ 12.513.120.000	56	7	2000	2018	\$ 585.000.000
6	Edificio Jhon Rivero Lan T3	2620	\$ 5.921.200.000	28	7	2001	2015	\$ 385.600.000
7	Edificio Jhon Rivero Lan T4	2620	\$ 5.921.200.000	28	7	2001	2019	\$ 1.360.000.000
8	Edificio Jhon Rivero Lan T5	2680	\$ 6.445.400.000	26	7	2002	2016	\$ 890.550.000
9	Edificio Tequendama Lan T7	3820	\$ 9.187.100.000	38	10	2002	2018	\$ 160.000.000
10	Edificio Tequendama Lan T8	3820	\$ 9.187.100.000	38	10	2002	N/A	N/A

Fuente. Elaboración propia

De la información recopilada frente a la inversión de mantenimiento de las edificaciones, el Instituto de Casas Fiscales, no cuenta con una base de datos donde se pueda determinar la inversión de mantenimientos preventivos que allí realizan, los valores reportados corresponden a las inversiones por mantenimiento mayor.

1.2. Vida útil

Se toma como criterio que la vida útil estimada para las edificaciones es de 50 años, teniendo en cuenta el año de construcción y el tiempo transcurrido al año 2022, se establece que la edificación cuenta con la siguiente vida útil:

Tabla 7 Vida útil

SECCIONAL	NOMBRE DEL INMUEBLE	AÑO DE CONSTRUICDO	VIDA ÚTIL
Brigada13	Edificio Tenerife	1971	-1
Brigada13	Edificio Bombona	1971	-1
Brigada13	Edificio Calibío	1971	-1
Brigada13	Edificio Pichincha	1971	-1
Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	2000	28
Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T3	2001	29
Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T4	2001	29
Brigada13	Edificio Jhon Rivero Lan T5	2002	30
Brigada13	Edificio Tequendama Lan T7	2002	30
Brigada13	Edificio Tequendama Lan T8	2002	30

Fuente. Elaboración propia

Como se puede denotar a la fecha hay tres edificaciones que ya cumplieron la vida útil, sin embargo, los mantenimientos a lo largo del tiempo han sostenido estas edificaciones y según el diagnóstico visual las mismas se encuentran en óptimo estado en el sistema estructural.

1.3. Inspección visual

Con ayuda de la herramienta informática se procede a realizar la alimentación de la inspección visual teniendo en cuenta lo siguiente:

- **Componentes generales:** Son los sistemas que componen el activo, dentro de este componente se hará la evaluación de la estructura, pisos, muros, cubiertas, aparatos sanitarios y carpinterías. Para el diagnóstico de estos sistemas se tiene en cuenta el material construido, así como su patología y

% de diagnóstico de acuerdo con los siguientes criterios:

- Materiales comunes:** En las edificaciones existen un sin número de materiales que son utilizados durante la construcción, mantenimiento y renovación de los activos, los más comunes son los siguientes: Concreto, cerámica, grano mármol, granito pulido, porcelanato, tablón de gres, pisos en arcilla, recubrimiento PVC, madera, alfombra, bloque, ladrillo a la vista, drywall, superboard, piedra muñeca, graniplast, pintura koraza, pintura esmalte, pintura en vinilo, estuco, placa sin revestimiento, placa impermeabilizada, teja de fibrocemento, teja termo-acústica, teja acrílica, teja plástica, PVC, colrolled, galvanizado, cobre, aluminio, plásticos, madera.

- Componentes redes:** Este componente se diagnostican todas las redes y sus acometidas que hacen parte funcional de activo, entre ellas se encuentran las redes aguas lluvias, sanitarias, hidráulicas, de gas y eléctricas, estas al igual que el componente general se evaluarán sus respectivas patologías y % diagnóstico actual basado en material que lo compone.

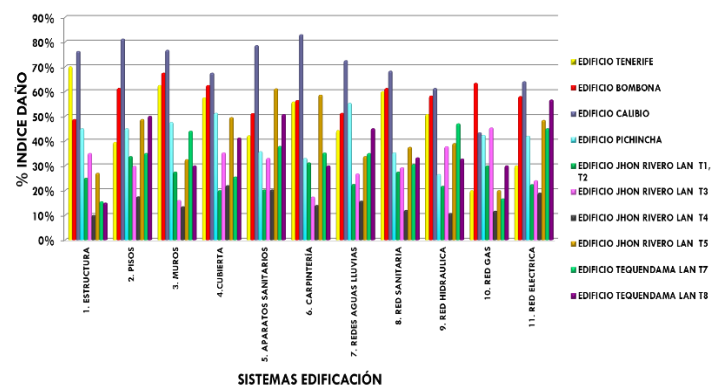
- Modo de falla:** Teniendo en cuenta que las condiciones ambientales, el uso afectan la vida útil y el desempeño de los elementos que componen el activo, muchas de estas generan amenazas para la vida humana, en el

diagnóstico que se contemplan algunas patologías comunes de estos sistemas así: Grietas, fisuras, flechas/deformaciones, suciedad, manchas de óxido, focos de humedad, hongos, porosidad, juntas separadas, desniveles, filtraciones, desgaste, desprendimiento, rotura, reboses, filtraciones, fugas, avería, empozamiento, oxidación, pandeo, ruidos, olores, obstrucciones, entre otras.

% Diagnóstico: El porcentaje que se relaciona en la base de datos hace referencia al estado actual que se encuentra cada uno de los sistemas que componen el activo como se evidencia en la tabla No. 10 Porcentajes de daño ATC – 13.

Se obtienen los siguientes resultados.

Figura 9 Resultados obtenidos



Fuente. Elaboración propia

Del ejercicio práctico de la inspección visual, se puede determinar que los sistemas de las

edificaciones que presentan mayor desgaste son los que se encuentran expuestos al uso y/o factores externos, como lo son pisos, redes, cubiertas y carpinterías.

2. Condición y modo de falla

2.1. Condición de falla

De la inspección visual se establecen las siguientes características y condición de fallas más comunes de los activos inspeccionados así:

Edificio Tenerife: Desgastes, porosidad, manchas, humedad, deterioro anclajes, corrosión. Se estima un índice del daño del 57%.

Edificio Bombona: fisuras, focos de humedad/hongos, desprendimiento, obstrucciones, empozamientos. Se estima un índice del daño del 70%

Edificio Calibio: focos de humedad/hongos, oxidación, desgaste, avería, filtraciones. Se estima un índice del daño del 84%.

Edificio Picincha: Fisuras, desgaste, filtraciones, corto circuito, obstrucciones Se estima un índice del daño del 50%.

Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2: Focos de humedad/hongos, porosidad. rayaduras, cableado expuesto, filtraciones. Se estima un índice del daño del 31%.

Edificio Jhon Rivero Lan T3: Filtraciones, desgaste, obstrucciones, roturas, porosidad. Se estima un índice del daño del 36%.

Edificio Jhon Rivero Lan T4: Manchas, humedad, embobamiento, avería, corrosión, desplome. Se estima un índice del daño del 19%.

Edificio Jhon Rivero Lan T5: Fisuras, porosidad, deterioro anclajes, obstrucciones, filtraciones, Se estima un índice del daño del 51%.

Edificio Tequendama Lan T7: Focos de humedad/hongos, desgaste, suciedad, ausencia elementos, corto circuito, Se estima un índice del daño del 41%.

Edificio Tequendama Lan T8: Suciedad, desgaste, corrosión, oxidación, filtraciones, Se estima un índice del daño del 48%.

2.2. Evaluación de la falla.

Tabla 8 Evaluación de la falla

No.	NOMBRE EDIFICACIÓN	TOTAL, DIAGNOSTICO	TOTAL, DIAGNOSTICO	INDICE DE DAÑO
1	Edificio Tenerife	57%	Requiere mantenimiento	MODERADO
2	Edificio Bombona	70%	Requiere renovación	SEVERO
3	Edificio Calibio	84%	Requiere renovación	SEVERO
4	Edificio Picincha	50%	Requiere mantenimiento	MODERADO
5	Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2	31%	Fallas menores	BUENO
6	Edificio Jhon Rivero Lan T3	36%	Fallas menores	BUENO
7	Edificio Jhon Rivero Lan T4	19%	Fallas menores	OPTIMO
8	Edificio Jhon Rivero Lan T5	51%	Requiere mantenimiento	MODERADO
9	Edificio Tequendama Lan T7	41%	Requiere mantenimiento	BUENO
10	Edificio Tequendama Lan T8	48%	Requiere mantenimiento	BUENO

Fuente. Elaboración propia

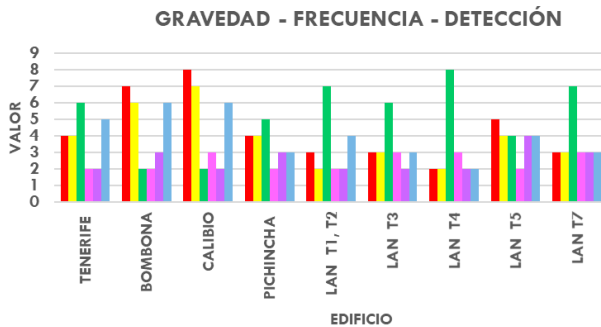
De acuerdo con, la inspección visual y la evaluación de falla los activos que se encuentran el severo grado de deterioro es el edificio Calibio seguido del edificio Bombona.

2.3. Análisis de modo y efecto de falla

Con la herramienta de Excel se realiza el cálculo de cada edificación y se evalúa el Nivel prioritario de riesgos, obteniendo los siguientes resultados:

- Cuantificación de los factores de gravedad, frecuencia y detección:

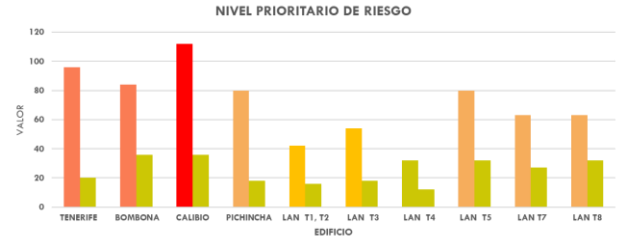
Figura 10 Análisis de gravedad- frecuencia - detección



Fuente. Elaboración propia

- Cálculo del Nivel prioritario de riesgos, así mismo comparativo de las acciones que se recomiendan realizar.

Figura 11 Nivel prioritario de riesgo



Fuente. Elaboración propia

En el primer análisis del nivel prioritario de riesgo una de las edificaciones supero el 100 el cual es un indicador para tomas acciones de intervención prioritaria; así mismo en la acción correctiva una vez se propone la restauración o cambio total del sistema de edificación este presenta automáticamente una reducción del nivel prioritario del riesgo.

3. Vida residual.

El cálculo de la vida residual se realiza con base en la aplicación de los 7 factores de la Norma ISO 15686-1, *Buildings and constructed assets-Service Life Planning, part 1: General principles and framework, 2011, así:*

Tabla 9 Vida residual

ED	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	1	1.2	1.2
E	1	1	1	1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
V	1	1	0.8	1	1	1	1	1	1	1
U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D	1	50	1	50	1	50	1	50	1	50
E	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1.2	1	1.2	1
F	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
G	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	0.8	1	1

Las siglas ED (edificio), EVU (estimación de vida útil) VUD (vida útil diseño).

Fuente. Elaboración propia

3.2. cálculo de la vida útil estimada: para el cálculo de la vida útil estimada se tendrán en cuenta los factores relacionados así:

$$VUE = VUD \times (A) \times (B) \times (C) \times (D) \times (E) \times (F) \times (G)$$

Figura 12 Estimación de la vida útil



Fuente. Elaboración propia

Según, la estimación de la vida útil de los siete factores y el estado actual de las edificaciones tomado en el año 2022, las edificaciones que de acuerdo con la vida útil de diseño ya han cumplido su ciclo se puede establecer, gracias a los factores estimados que reflejan 24.6 a 30.7 años de uso y es coherente toda vez que aún se encuentran en uso las edificaciones y no representa ningún riesgo. En consideración a los resultados obtenidos, se puede definir que la vida útil promedio de las edificaciones se estima en 92.3.

4. Costo de ciclo de vida

De acuerdo con, la información suministrada por el Instituto de casas

fiscales del Ejército se tiene: para calcular el costo del ciclo de vida se realiza a través de una hoja de cálculo en Excel con los datos obtenidos podemos establecer el costo del ciclo de vida de las edificaciones, así:

Tabla 10 Costo del ciclo de vida

ED	M2 CONSTRUIDO	AÑO CONSTRUIDO	COSTO INICIAL/AVALUO (CA)	COSTO MANTENIMIENTO (COM)	COSTO DE DESINCORPORACIÓN (CD)	VIDA UTIL DISEÑO	VIDA UTIL ESTIMADA
					V. UNITARIO/ M2 (\$ 264.252)		
1	968.8	1971	\$ 917,453,600.00	\$ 650,230,000.00	\$ 256,007,337.60	50	30.7
2	968.8	1971	\$ 917,453,600.00	\$ 196,860,000.00	\$ 256,007,337.60	50	30.7
3	968.8	1971	\$ 917,453,600.00	\$ 215,350,000.00	\$ 256,007,337.60	50	24.6
4	968.8	1971	\$ 917,453,600.00	\$ 230,000,000.00	\$ 256,007,337.60	50	30.7
5	5240	2000	\$ 12,513,120,000.00	\$ 585,000,000.00	\$ 1,384,680,480.00	50	72
6	2620	2001	\$ 5,921,200,000.00	\$ 385,600,000.00	\$ 692,340,240.00	50	72
7	2620	2001	\$ 5,921,200,000.00	\$ 1,360,000,000.00	\$ 692,340,240.00	50	86.4
8	2680	2002	\$ 6,445,400,000.00	\$ 890,550,000.00	\$ 708,195,360.00	50	57.6
9	3820	2002	\$ 9,187,100,000.00	\$ 160,000,000.00	\$ 1,009,442,640.00	50	103.6
10	3820	2002	\$ 9,187,100,000.00	\$ -	\$ 1,009,442,640.00	50	86.4

ED	DEPRECIACIÓN ANUAL	AÑO ESTIMADO DE REEMPLAZO	COSTO DE REEMPLAZO CA' (1+IVP) ⁽ⁿ⁾	COSTO DEL CICLO DE VIDA	VALOR ACTUAL
			IVP= 3.36%		
1	\$ 29,884,482.08	2053	\$ 13,651,595,524.41	\$ 1,823,690,937.60	\$ 1,601,133,395.61
2	\$ 29,884,482.08	2053	\$ 13,651,595,524.41	\$ 1,370,320,937.60	\$ 1,203,091,253.38
3	\$ 37,294,861.79	2047	\$ 11,159,202,494.72	\$ 1,388,810,937.60	\$ 1,219,324,791.57
4	\$ 29,884,482.08	2053	\$ 13,651,595,524.41	\$ 1,403,460,937.60	\$ 1,232,186,951.36
5	\$ 173,793,333.33	2094	\$ 279,576,504,478.73	\$ 14,482,800,480.00	\$ 12,715,364,776.12
6	\$ 82,238,888.89	2094	\$ 127,994,789,665.63	\$ 6,999,140,240.00	\$ 6,144,987,041.26
7	\$ 68,532,407.41	2108	\$ 206,000,512,287.52	\$ 7,973,540,240.00	\$ 7,000,474,310.80
8	\$ 111,899,305.56	2080	\$ 83,753,685,195.02	\$ 8,044,145,360.00	\$ 7,062,463,002.63
9	\$ 88,678,571.43	2126	\$ 545,943,279,302.15	\$ 10,356,542,640.00	\$ 9,092,662,546.09
10	\$ 106,332,175.93	2108	\$ 309,232,059,511.34	\$ 10,196,542,640.00	\$ 8,952,188,446.01

Fuente. Elaboración propia

5. Análisis de riesgo

Con los resultados de la evaluación del modo de falla los factores establecidos en la probabilidad y gravedad, el factor de estos, se obtiene el valor del riesgo que son catalogados dentro de la matriz de riesgos así:

Edificio Tenerife: Valor del riesgo 16, nivel del riesgo marginal.

Edificio Bombona: Valor del riesgo 42, nivel del riesgo apreciable.

Edificio Calibio: Valor del riesgo 56, nivel del riesgo apreciable.

Edificio Picincha: Valor del riesgo 16, nivel del riesgo marginal.

Edificio Jhon Rivero Lan T1, T2: Valor del riesgo 6, nivel del riesgo marginal.

Edificio Jhon Rivero Lan T3: Valor del riesgo 9, nivel del riesgo marginal.

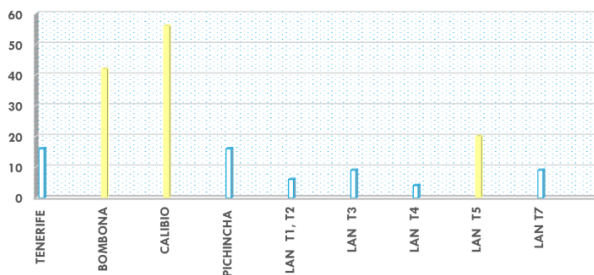
Edificio Jhon Rivero Lan T4: Valor del riesgo 4, nivel del riesgo marginal.

Edificio Jhon Rivero Lan T5: Valor del riesgo 20, nivel del riesgo apreciable

Edificio Tequendama Lan T7: Valor del riesgo 3, nivel del riesgo marginal.

Edificio Tequendama Lan T8: Valor del riesgo 9, nivel del riesgo marginal.

Figura 13 Analisis de riesgo



Fuente. Elaboración propia

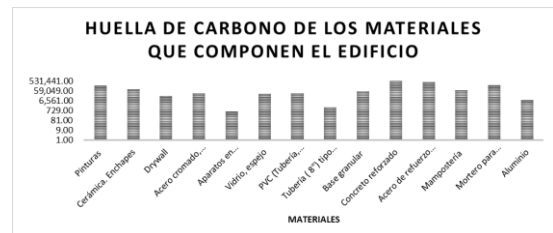
En la matriz de riesgos se estable que ninguna edificación presenta riesgos importantes o graves que sea de intervención inmediata.

6. Análisis del ciclo de vida.

Para el ejercicio práctico del análisis del ciclo de vida se tomará como estudio el Edificio Tenerife y se limitará a la etapa de edificación y/o construcción.

Fase De Construcción: Para la recopilación de datos del proyecto se tomaron las medidas es campo, así como la verificación de los planos, para sacar las cantidades de los materiales más predominantes y de mayor consumo; así como se contemplan las emisiones de CO² por kg de material y por m² como se relaciona en los resultados:

Figura 14 Huella de carbono en los materiales



Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo con, cálculo de las emisiones de CO², los materiales que tienen mayor consumo energético es el concreto y acero de refuerzo y son los materiales más utilizados en el sistema constructivo de estas edificaciones, así mismo los materiales que, aunque por su unidad tienen un importante factor de emisión y al no ser una cantidad representativa el cálculo de las emisiones tiende a ser muy bajo, como es el aluminio y aparatos sanitarios.

DISCUSIÓN

Se destaca lo expuesto por Condoy y Sañay (2020), quienes afirman que la gestión de activos consiste en acciones sistémicas que generan estrategias constantes y duraderas, lo cual, según los resultados analizados no se ve reflejado en el estado actual de los edificios estudiados, puesto que, si bien es cierto, se realizan acciones de mantenimiento, estas no están iladas a un plan estratégico que garantice la continuidad e integración de las áreas. Por otra parte. De igual forma, desde el marco teórico consultado, se destaca la utilización de las Normas ISO 55000, ISO 55001 y ISO 55002, las cuales, permiten un sistema ágil para adaptarse a los cambios estratégicos de la organización con el fin de mejorar las políticas de mantenimiento de los activos

En el componente 1.1 inventario, crear un sistema donde los funcionarios puedan llevar el inventario de las actividades de mantenimiento y costo que realizan a los activos físicos, con el fin de crear una hoja de vida por cada inmueble y así establecer un control de uso y ciclo de vida de los sistemas de la edificación; puesto que, el Instituto de Casas Fiscales no tiene implementado ningún sistema para la recopilación de datos en cuanto a la inversión y/o actividades de mantenimiento.

La aplicación de la metodología de gestión de activos, no solo permite dar la priorización de las intervenciones de los activos, si no a su vez el análisis de cada uno de los elementos en cuanto a su estimación de vida útil, estimación de riesgos, costos de ciclo de vida, análisis del ciclo de vida, permite a la Entidad tomar decisiones con el fin de optimizar recursos, cuantificar desde el punto de vista técnico, económico y ambiental establecer el procedimiento óptimo para la reducción de costos de mantenimiento.

Finalmente, se considera que al estar la metodología implementada basada en la normatividad y bajo los conceptos expuestos por los teóricos en gestión de activos, se logra posicionar como una alternativa favorable para suplir las necesidades de gestión que se

identificaron en los resultados, tales como el deterioro de algunas unidades y el cumplimiento de la vida útil de otros. De esta forma, la institución como sus integrantes se verían ampliamente beneficiados al poder hacer uso de unidades de vivienda aptas y funcionales.

REFERENCIAS

- Almeida, M. . (2015). Cost-effective energy and carbon emission optimization in building renovation – A case-study in a low income neighbourhood. *Scopus*.
- Amendola, L. (2016). Factores clave para la implementación de la gestión de activos físicos alineado ISO 55000 a través del análisis de GAP Assessment PAM. Obtenido de <https://es.slideshare.net/AndreaCAG/luis-amendola-cidet>
- Anaya Estevez , P. A., Castellanos Rojas, H. A., Ceballos Molina , J. A., Cifuentes Ramirez, C. P., Niño Beltrán , S. M., Rojas Garcia, C. Y., & Rubio Almanza , B. E. (2018). *Propuesta matriz de factores para la estimación de la vida útil de las construcciones en Colombia con base en la Norma ISO 156861*. Bogota.
- Andrade Gonzalez, M. T., Tipacti Gallo, J. P., & Espinoza Ramirez, M. E. (2019). *Modelo para análisis cualitativo de riesgos basado en la construcción del edificio emblemático de UDEP* .
- Ani, A. . (2016). The practice of building inspection in Malaysian total asset management. *Scopus*.
- Arévalo Sánchez, J. I. (2018). *Ciclo de vida de la Construcción de la Vivienda Ciudad Alegría, Loja*. Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS. (2002). *GUÍA TÉCNICA PARA LA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES DESPUÉS DE UN SISMO MANUAL DE CAMPO*. BOGOTÁ: ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ.
- Ayala Carpio, R. A., Apaza Pineda, R. P., Llerena Longoria, P. C., & Murillo Calsin, J. (2020). *Predicción de la vida útil de una edificación - ISO 15686 -1*. Arequipa.
- Bedoya. (2014). ISO 55000 gestión de activos. *Congreso técnico FICEM*. Obtenido de https://www.ficem.org/boletines/boletines2014/BOLETIN_DE_RESULTADOS_CT_2014_/PRESENTACIONES_CT_2014/3_MANTENIMIENTO/1_CARLOS%20MARIO%20BEDOYA_ARGOS/GESTION_ACTIVOS_APORTE_MTTTO_2014_V4.pdf
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la Investigación* . Bogota: PEARSON .
- Castañeda Gonzalez , D. E., & Perez Otavo, D. M. (2017). *Metodología para desarrollar un sistema de gestión de activos enfocado al mantenimiento según normatividad ISO 55000:2014. Caso de estudio: Subestación Eléctrica de la Facultad Tecnológica, Universidad Distrital*. Bogota D.C.
- Condoy, J., & Sañay, F. (2020). Propuesta de gestión de activos físicos del área de mecánica automotriz. *Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19940/1/UPS-CT008984.pdf>
- CORFICOLOMBIANA. (ABRIL de 2019). Obtenido de CORFICOLOMBIANA: Nuestra estimación del valor de la rentabilidad del capital propio (Ke) para
- DANE. (2019). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/indice-de-valoracion-predial/preguntas-frecuentes-ivp>. Recuperado el 28 de 11 de 2019, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-valoracion-predial-ivp>
- Durán, M. J. (2014). Gestión de Mantenimiento bajo estándares Internacionales como PAS 55 Asset Management. *The Woodhouse Partnership LTD, 2*.
- Ejercicio Nacional . (2018). *Entregan casas fiscales en beneficio del personal de suboficiales y sus familias*. Obtenido de

- <https://www.cgfm.mil.co/es/entregan-casas-fiscales-en-beneficio-del-personal-de-suboficiales-y-sus-familias>
- F, B. M., F, C. d., A, O., Juan, P., Begoña, S., & Sandra, G. (2005). *Guía para la inspección y evaluación preliminar de estructuras de hormigón en edificios existentes*. Valencia: Instituto Valenciano de la Edificación.
- Farahani, H. W.-O. (2019). The importance of life cycle-based planning in the maintenance and energy renovation of multi-family buildings. *sciencedirect*.
- fernandez valderrama, P., Moyano, J., & Chaza, M. (s.f.). Gestión de riesgos de costes de posconstrucción en edificios residenciales en alquiler. *Revistas.csic.es*.
- Frangopol, D. . (2007). Maintenance and management of civil infrastructure based on condition, safety, optimization, and life-cycle cost. *Scopus*.
- Garcia Gomez, J. (2014). *LA GESTIÓN DE ACTIVOS EN LA EDIFICACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS*. España.
- Gazulla , C., Isasa, M., Lara, M., Sanchez, b., Bermejo, F., & Diez , G. (NOVIEMBRE de 2012). MANUAL EXPLICATIVO DEL ANALISIS DE CICLO DE VIDA APLICADO AL SECTOR DE LA EDIFICACION.
- Grussing, M. . (2014). Optimization based on knowledge of building maintenance, repair and renovation activities to improve investments in the life cycle of facilities. *Scopus*.
- Hernández Lopez, H. (2017). *Eficiencia energética, desafíos al acondicionamiento térmico en viviendas chilenas*. Universidad Politecnica Madrid.
- Hernandez, M. S. (6 de 12 de 2014). Aplicación de la norma ISO 15686 para estudiar la vida útil de un domo construido con tecnología de abobe en la ciudad de Toluca - Mexico. *Acta Universitaria*, 6.
- ICFE. (2018). MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL INSTITUTO DE CASAS FISCALES DEL EJÉRCITO ACUERDO No. 002 DE 2018. *IMPRESA NACIONAL*, 44.
- ICFE. (2020). *MANUAL DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE CALIDAD Y AMBIENTAL*.
- INSTITUTO DE CASAS FISCALES DEL EJÉRCITO (ICFE). (05 de 07 de 2019). www.icfe.gov.co. Recuperado el 18 de MARZO de 2020, de www.icfe.gov.co
- Instituto De Casas Fiscales Del Ejército. (2022). INFORME DE GESTIÓN. Obtenido de <https://www.icfe.gov.co/portal/encrypt/Informe-de-Gestion-ICFE-vigilancia-2021.pdf>
- ISO 15686-1. (2011). *ISO 15686-1, Buildings and constructed assets-Service Life Planning, part 1: General principles and framework*.
- ISO 15686-5. (2017). *Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 5: Life-cycle costing*.
- Jesen, M. E. (2015). Value Based Building Update - A Decision Tool - Making and Evaluation. *Scopus*.
- la, D. d. (2015). *Formulación y empleo de perfiles de proyecto*. Roma, Italia.
- Luis, A., Guillermo, F., & Ivan, T. (2015). *GESTION INTEGRAL DE ACTIVOS FISICOS PAS 55*. Naguanagua.
- Manuel Santos Calderón J. (23 de MARZO de 2018). CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL CONPES. BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.
- Ministerio de Defensa. (2018). Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional renovó Aptos. del Ed. Boyacá. *YouTube*. Obtenido de Instituto de Casas Fiscales del Ejército Nacional renovó Aptos. del Ed. Boyacá
- Nacional., C. H. (2020). www.centrohistoricoejc.mil.co.
- Nawi, M. . (2017). A review study of maintenance and management issues in Malaysian commercial building towards sustainable future practice. *Scopus*.
- NTC-ISO14040. (12 de 10 de 2007). GESTIÓN AMBIENTAL. ANALISIS CICLO DE VIDA. . Bogotá D.C: ICONTEC.
- NTP679, 2. (2004). *NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos*. AMFE. España.: MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA.

- Olivares Santiago, M., & Ramirez de Arellano Agudo, A. (2010). *Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones de CO2 producidas en las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de Kioto*. Universidad de Sevilla.
- Portafolio. (Septiembre de 2019). Las tendencias recientes de la construcción de vivienda en el país. Obtenido de <https://www.portafolio.co/mis-finanzas/vivienda/las-tendencias-recientes-de-la-construccion-de-vivienda-en-el-pais-533437>
- Puķite, I. ., (2017). Different Approaches to Building Management and Maintenance Meaning Explanation. *Scopus*.
- Robinson, M. (2019). *DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO ENFOCADO A LA CONDICION FISICA DE EDIFICACIONES, CASO EDIFICIO GIORDANO BRUNO*. TUNJA.
- Robles, A. (2015). ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTION DE ACTIVOS FISICOS. *Pontificia Universidad Catolica del Peru*. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6011>
- RUBAU. (2016). *FINALIZADAS LAS TRES TORRES DE APARTAMENTOS EN BOGOTÁ PARA EL EJÉRCITO*. Obtenido de Noticias : <https://www.rubau.com/rubau-informas-finalizadas-las-tres-torres-de-apartamentos-en-bogota-para-el-ejercito/>
- SALAZAR, P. C. (2009). Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE. *ICOTEC*, 8.
- Shohet, I. P. (2002). Deterioration patterns of building cladding components for maintenance management. *Scopus*.
- Silvera, P. (s.f.). *Predictiva21.com*. Obtenido de <https://predictiva21.com/ciclo-vida-remanente-activo/>
- Solas, A., & Crespo, A. (2016). *Principios y marcos de referencia de la gestión de activos*. EANOR ediciones. Obtenido de <https://www.marcialpons.es/media/pdf/9788481439243.pdf>
- Solex. (2022). La Gestión de Activos alineada a la ISO 55.000, una realidad de la mano de Solex e IBM Maximo. Obtenido de <https://www.solex.biz/gestion-activos-iso55000/>
- Uddin, W. W. (2013). “Marco para la gestión de activos de infraestructura”. 2ª ed. : . En W. W. Uddin. Nueva York: McGraw-Hill Education.
- Yang, L., Haiyan, Y., Xu, Y., & Lam, J. (2013). Residential thermal environment in cold climates at high altitudes and building energy use implications. *sciencedirect*.
- Zampolli, M. (2015). *Gestión de activos, Guía para la aplicación de la Norma ISO 55001*. Las Condes, Santiago Chile.: International Copper Association (ICA).