

Plan de Mantenimiento Preventivo de la Infraestructura Locativa en la Empresa “Electrificadora
de Santander S.A E.S.P.”

Santiago Vaca Sáenz

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

Alex Eduardo Álvarez Lugo

Ph.D. en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2023

Agradecimientos

Mediante estas palabras quiero expresar mi mayor gratitud a Dios, primeramente, por darme salud y vida para poder culminar esta etapa tan especial, a mi familia, en especial a mis padres, abuela y a mi novia por brindarme ese apoyo incondicional y cariño a lo largo de mi carrera y ser mis pilares en este lindo y provechoso proceso.

A los miembros del equipo del Área de Suministro y Soporte Administrativo de la Electrificadora de Santander, en especial al Ingeniero Juan David Barrera y a la Ingeniera Karen Juliana Pinto por su apoyo y conocimiento brindado. De igual manera a mi profesor y director de proyecto, el Ingeniero Allex Eduardo Álvarez Lugo por su guía y aporte en mi formación profesional y a todo el cuerpo docente de la Escuela de Ingeniería Civil y de la sede Barbosa de la Universidad Industrial de Santander.

Contenido

	Pág.
Introducción	9
1. Definiciones de Mantenimiento	10
1.1 Mantenimiento Preventivo	10
1.2 Mantenimiento Correctivo	11
1.3 Vida Útil.....	11
2. Situación Actual en la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.....	12
2.1 Descripción de la Empresa.....	12
2.2 Sistema de Funcionamiento en ASSA	13
2.3 Importancia de la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo	14
3. Ley de la Evolución de los Costos de Sitter-Ley de los Cinco de Sitter	15
3.1 Fase de Proyecto	16
3.2 Fase de Ejecución	16
3.3 Fase de Mantenimiento Preventivo.....	16
3.4 Fase de Mantenimiento Correctivo.....	17
3.5 Técnica “Justo a Tiempo”	17
4. Funcionamiento y Metodología del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	20
4.1 Recolección de Datos.....	22
4.1.1 Implementación del Software de Modelado 3D Autodesk Revit	25
4.2 Hojas de Vida.....	29
4.3 Actividades de Mantenimiento	31
4.3.1 Fallas y Daños más Comunes	32

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	4
4.4 Frecuencias en los Ciclos de Mantenimiento.....	33
4.5 Inspecciones.....	36
4.6 Consolidación del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	38
4.6.1 Índice de Costos de la Contratación Pesada (ICCP).....	42
5. Porcentaje de Avance.....	43
6. Conclusiones.....	44
7. Recomendaciones.....	46
Referencias Bibliográficas.....	47

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Diagrama Organizacional de la Empresa</i>	14
Figura 2. <i>Ley de la Evolución de los Costos de Sitter</i>	16
Figura 3. <i>Punto de Equilibrio del Mantenimiento Preventivo</i>	19
Figura 4. <i>Estructura del Plan de Mantenimiento Preventivo</i>	21
Figura 5. <i>Modelo Revit 3D del cuarto de control de la SE Isla VI de la Electrificadora</i>	27
Figura 6. <i>Gestión de la Información de los Elementos Pertenecientes a la Edificación</i>	28
Figura 7. <i>Planificación de Cantidad de Material que Conforman los Muros</i>	28
Figura 8. <i>Primera sección de la Hoja de vida de la Oficina de Atención al Cliente de Floridablanca</i>	30
Figura 9. <i>Segunda Sección de la Hoja de Vida de la Oficina de Atención al Cliente de Floridablanca</i>	31
Figura 10. <i>Daños en la Pintura Exterior del Cuarto de Control de la Subestación Sabana de Torres</i>	32
Figura 11. <i>Propuesta del Cronograma de Inspecciones Año 2023</i>	38
Figura 12. <i>Interfaz del Plan de Mantenimiento Preventivo.</i>	39
Figura 13. <i>Presupuesto de Mantenimiento Preventivo de Cada Edificación</i>	41
Figura 14. <i>Proyección Exponencial ICCP.</i>	43

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Zonificación de las Sedes de la ESSA</i>	23
Tabla 2. <i>Frecuencias de la zzzs Actividades de Mantenimiento</i>	33
Tabla 3. <i>Duración de Inspección según Zonificación</i>	37
Tabla 4. <i>Porcentaje de Avance en la Recolección de Datos por Zonas</i>	43

Resumen

Título: Plan de Mantenimiento Preventivo de la Infraestructura Locativa en la Empresa “Electrificadora de Santander S.A E.S.P.”*

Autor: Santiago Vaca Sáenz**

Palabras Clave: Metodología, Edificaciones, Estructuras, Desgastes, Cíclica, Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo, Costos.

Descripción

La Electrificadora de Santander S.A E.S.P. (ESSA) desde el área de suministro y soporte administrativo (ASSA), junto a su equipo de trabajo, tienen a cargo las diferentes sedes ubicadas en el Departamento de Santander, las cuales conforman edificaciones encargadas de albergar a personal administrativo y técnico, clientes y máquinas de control para el suministro y producción de la energía eléctrica. A raíz de esto, todas estas estructuras se ven sometidas a desgaste provocado por el continuo uso. Actualmente, ESSA gestiona esta problemática atendiendo las afectaciones, mediante ordenes de trabajo, interviniendo de manera correctiva, provocando un incremento en los costos de operación y ejecución. Debido a esto, se implementó un plan de mantenimiento preventivo apoyado en herramientas colaborativas que ayuden a subsanar y disminuir las intervenciones correctivas para poder llegar a un equilibrio entre las actividades preventivas y correctivas para generar costos de ejecución y operación acordes con la manutención de cada infraestructura. Debido a la carencia de un plan de mantenimiento preventivo, se implementó una metodología que permite recolectar datos de las diferentes infraestructuras mediante diagnósticos, registros fotográficos y levantamientos arquitectónicos, que posteriormente permiten realizar actividades de manera cíclica y así cuantificar los elementos que componen la edificación y totalizar costos. Esta metodología permitió avanzar con la recolección de datos en un 40% de las diferentes edificaciones y a su vez, consolidar toda la información recolectada y así poner en marcha el funcionamiento del Plan de Mantenimiento Preventivo, aportando el mejoramiento de la calidad, la imagen, y entorno para sus clientes y trabajadores, así como la prolongación de su vida útil.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Alex Eduardo Álvarez Lugo, Ph.D. en Ingeniería Civil

Abstract

Title: Preventive Maintenance Plan for the Rental Infrastructure in the Company "Electrificadora de Santander S.A E.S.P."*

Author: Santiago Vaca Sáenz**

Keywords: Methodology, Buildings, Structures, Wear, Cyclic, Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Costs.

Description

La Electrificadora de Santander S.A E.S.P. (ESSA) from the supply and administrative support area (ASSA), together with their work team, are in charge of the different offices located in the Department of Santander, which are made up of buildings in charge of housing administrative and technical personnel, customers and control machines for the supply and production of electrical energy. As a result of this, all these structures are exposed to wear caused by continuous use. Currently, ESSA manages this problem by attending to the affectations, through work orders, intervening in a corrective manner, causing an increase in operation and execution costs. Due to this, a preventive maintenance plan was implemented supported by collaborative tools that help correct and reduce corrective interruptions in order to reach a balance between preventive and corrective activities to generate execution and operation costs in accordance with the maintenance of each infrastructure. . Due to the lack of a preventive maintenance plan, a methodology was implemented that allows collecting data from the different infrastructures through diagnoses, photographic records and architectural surveys, which later allow activities to be carried out cyclically and thus quantify the elements that make up the building and total costs. This methodology advanced with the collection of data in 40% of the different buildings and, in turn, consolidated all the information collected and thus launched the operation of the Preventive Maintenance Plan, contributing to the improvement of quality, image, and environment. for its clients and workers, as well as the prolongation of its useful life.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Alex Eduardo Álvarez Lugo, Ph.D. in Civil Engineering

Introducción

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo es una solución a los desgastes y daños que sufren las edificaciones a lo largo de su vida útil. En muchas ocasiones, dependiendo del uso que tengan, los elementos de una estructura no alcanzan a completar esta vida útil provocando su deterioro y daño anticipado, generando costos elevados de reparación. La Ley de los Costos de Sitter (Camacho, 2009), plantea que el desarrollo y construcción de un proyecto lo deben componer 4 etapas dentro de las cuales se encuentra el mantenimiento preventivo. El área de suministro y soporte administrativo (ASSA) de la Electrificadora de Santander S.A E.S.P. (ESSA), está encargada de cuidar y mantener el estado de todas sus sedes y edificaciones, que albergan el personal administrativo de la empresa, operarios, clientes, máquinas y mecanismos de control para el suministro de la energía eléctrica en el departamento de Santander. Actualmente, La ESSA no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo que ayude a preservar el estado y aspecto de los inmuebles que están a cargo de ASSA, por lo tanto, la forma con la cual intervienen las afectaciones que sufren las edificaciones se basa en actividades de mantenimiento correctivo debido a que el daño es mediado una vez se presenta (Arencibia, 2007). Implementar solo el mantenimiento correctivo provoca un aumento de costos considerable y en ocasiones no soluciona definitivamente el origen del daño(Camacho, 2009). De acuerdo con lo anterior, el papel que tiene el practicante en ASSA resulta útil y necesario para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo apoyado de herramientas colaborativas que se basen en la metodología BIM (Sánchez Manayay, 2021) para organizar y estructurar los procesos de actividades relacionadas al mantenimiento preventivo y correctivo.

1. Definiciones de Mantenimiento

El mantenimiento de una edificación es una actividad necesaria y útil para la conservación de la vida útil del mismo. Juan Arencibia (2007), define el concepto más general de mantenimiento como “el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc. puedan seguir funcionando adecuadamente”. De otra forma más específica, puede considerarse como el conjunto de labores, actividades y tareas realizadas de manera cíclica a los diferentes componentes y elementos de una edificación que se encuentran más expuestos al daño y al deterioro, para su conservación física y funcional a lo largo de su vida útil. Las características del mantenimiento están relacionadas con el uso de la edificación, los materiales empleados y la época de construcción. Aunque en la literatura abunden diferentes métodos para la clasificación y los tipos de mantenimiento (Sexto, 2018); en este artículo se hará énfasis en la clasificación del mantenimiento como mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo, ya que estos dos tipos suplen mejor las necesidades que va exigiendo una edificación a lo largo de su ciclo de vida.

1.1 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que se caracteriza por intervenir la estructura o edificación sin que la falla o problema sea evidente o salga a relucir; es decir, es el conjunto de todas las actividades y tareas rutinarias realizadas sin que sea necesario la presencia de alguna avería o problema relacionado con el componente o infraestructura intervenida, y así “previene cualquier inconveniente que pueda ocurrir en la vida útil de las edificaciones” (Arencibia, 2007). El mantenimiento preventivo puede ser programado en el tiempo, es decir que puede basarse de un cronograma para ejecutar las diferentes actividades y así poder ser evaluado económicamente.

1.2 Mantenimiento Correctivo

A diferencia del mantenimiento preventivo, el correctivo se caracteriza por intervenir la edificación una vez se presenta la falla o daño, atacando directamente el problema y limitándose solo a este; es decir, “corrige aquellos errores que ya presenta la edificación para así lograr extender su vida útil hasta el máximo y conservar su patrimonio arquitectónico”(Juan & Arencibia Fernández, 2007). Las sustituciones y reparaciones físicas son típicas de este tipo de mantenimiento.

1.3 Vida Útil

Se define entonces el concepto de vida útil como “la previsión del periodo de tiempo durante el cual es susceptible de ser utilizado el mismo en las condiciones de calidad requeridas, siempre que se hayan observado las instrucciones de uso y mantenimiento”(Juan & Arencibia Fernández, 2007). El concepto de vida útil va directamente relacionado con los conceptos de mantenimiento, ya que estos se enfocan en preservar la vida útil mediante la realización de actividades específicas en la infraestructura. A lo largo de la vida útil, vienen definidos tres factores, durabilidad o expectativas de los elementos, mantenibilidad y costos de explotación (Juan & Arencibia Fernández, 2007); factores que se deberán tener en cuenta al momento de ejecutar un plan de inversiones para el desarrollo de un cronograma de actividades de mantenimiento. A su vez la vida útil de una estructura está compuesta por todos los elementos que componen la edificación, ya que cada uno de estos, cuentan con una vida útil, y gracias a ellos, se puede establecer el punto de partida para determinar las frecuencias y los ciclos de mantenimiento. Por otra parte, la duración de la vida útil puede no llegar a ser la esperada debido a descuidos en los elementos estructurales y no estructurales de una edificación, produciendo fallas prematuras y agravando e incrementando el costo global del inmueble. Por lo anterior, es importante recalcar el

concepto de vida útil y ligarlo estrechamente a los planes y programas de mantenimiento, ya que, gracias a estos, la vida útil alcanza su duración esperada.

2. Situación Actual en la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.

2.1 Descripción de la Empresa

ESSA es una empresa perteneciente al Grupo EPM, es un grupo empresarial de servicios públicos domiciliarios. ESSA (2022) se describe como: “una empresa de servicios públicos dedicada a la transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, que crece con responsabilidad social empresarial, comprometida con la satisfacción de las necesidades de sus clientes y demás grupos de interés, mediante la mejora continua de los procesos del Sistema Integrado de Gestión y el cumplimiento de la normativa vigente”.

Dentro de las áreas que componen la Electrificadora se encuentra ASSA, la cual está conformada por 3 equipos de trabajo, Almacén, Soporte Administrativo y Cadena de Suministro.

Estos equipos desempeñan funciones de coordinación, control y evaluación de actividades asociadas al abastecimiento de bienes y servicios y de la gestión de soporte administrativo, con el fin de brindar un adecuado servicio y el cumplimiento de los estándares de los niveles de servicio. Para ejercer dichas actividades, el mantenimiento comprende un punto importante y es crucial lograr y hacer un buen uso y funcionamiento de este para preservar y conservar en buen estado toda su infraestructura.

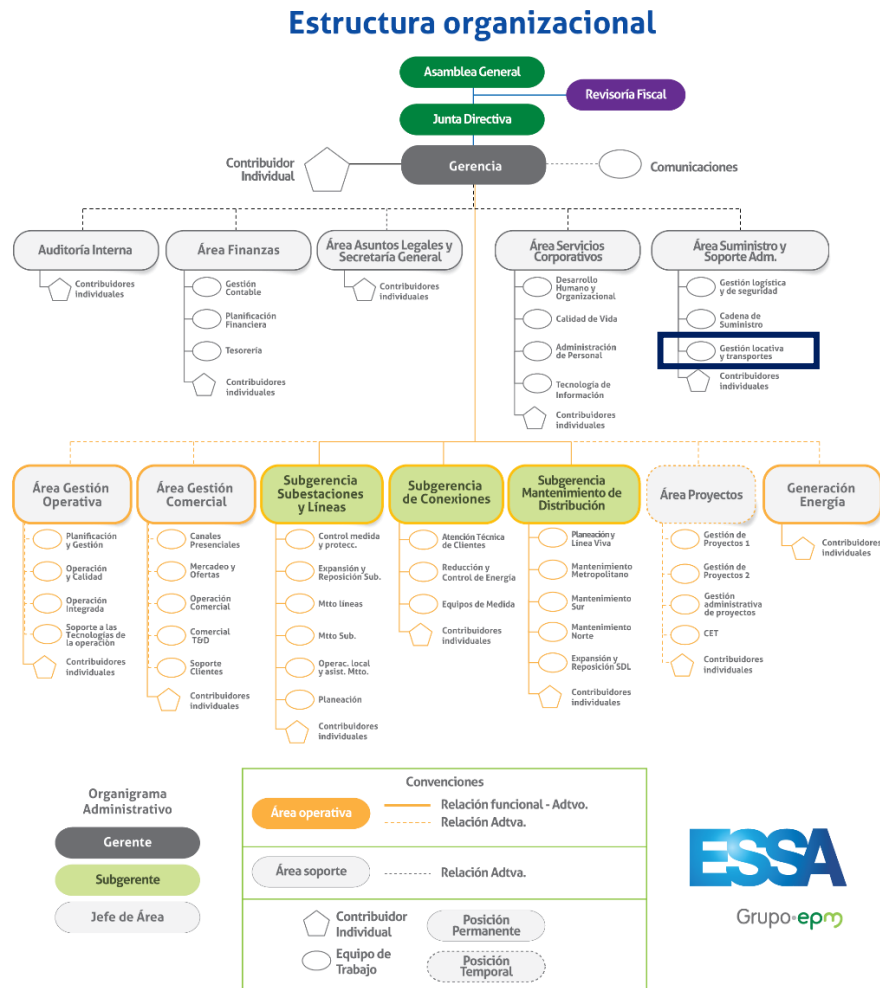
2.2 Sistema de Funcionamiento en ASSA

Actualmente, los métodos que emplean en ASSA, especialmente en el equipo de soporte administrativo para el mantenimiento de sus distintas sedes, es emplear un mantenimiento netamente correctivo. Su manera de operar se basa en la generación de órdenes de trabajo que van destinadas al profesional encargado de administrar el contrato de mantenimiento. Dichas órdenes contienen información sobre la falla o afectación que se está presentando en alguno de los diferentes componentes que conforman la infraestructura como paredes, pisos, cubiertas, fachadas, entre otros. Una vez recibida la orden, el profesional encargado del mantenimiento ordena al contratista designado, intervenir dicha afectación. Esto obedece a un funcionamiento correctivo, ya que se está interviniendo en la avería una vez esta se presenta. Esta manera de operar presenta varias desventajas para el equipo de trabajo y para el área misma; primero porque al no contar con un plan de mantenimiento preventivo, las intervenciones correctivas pueden no ser una solución radical para el problema. A su vez, la inexistencia del mantenimiento preventivo puede generar un mal aspecto en las distintas edificaciones que conforman las sedes de la empresa, dañando así su imagen y afectando el bienestar de sus trabajadores y clientes.

De acuerdo a lo anterior, el desarrollo y operación del plan de mantenimiento preventivo como aporte y mejora a la manera de intervenir las afectaciones y mantenimientos de las infraestructuras, se encuentra ubicado en ASSA, específicamente en el equipo de soporte administrativo, también llamado gestión locativa y transporte tal y como se ilustra en la Figura 1.

Figura 1.

Diagrama Organizacional de la Empresa



Nota. Tomado de ESSA (2022)

2.3 Importancia de la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo ayuda a preservar las edificaciones existentes para que estas puedan alcanzar su vida útil. Además, al ser un modelo que puede ser programado a través del tiempo, podría ser evaluado económicamente e incurrir en gastos innecesarios para posteriormente ser eliminados. Trabajar con mecanismos de mantenimiento netamente correctivos podría estar generando un gasto considerable para la

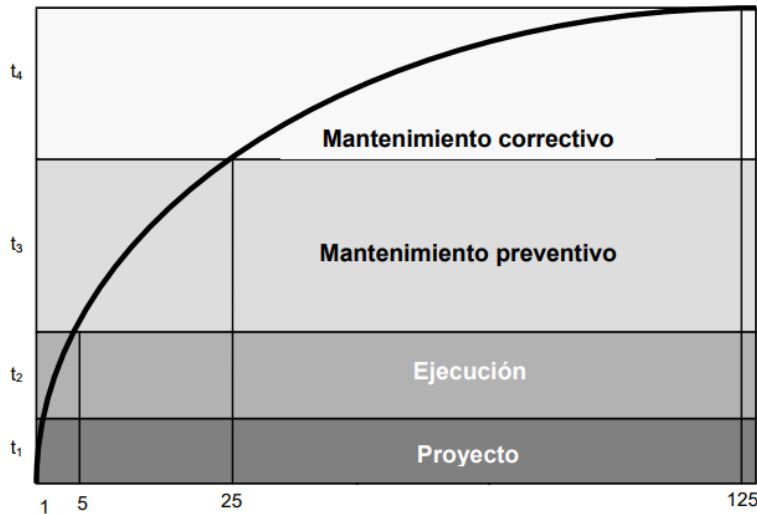
empresa, la cual podría sopesarlo implementando el preventivo, ya que prevenir fallas en la mayoría de los casos es más económico que repararlas.

Trabajar netamente de manera correctiva en ASSA, ha provocado que muchas de las afectaciones que se generan en las edificaciones no puedan ser corregidas debido a los costos elevados en comparación con los recursos que emplea La ESSA para este fin, sin embargo, el gasto incurrido de trabajar preventivamente puede llegar a ser mayor que operar correctivamente (Camacho, 2009). El administrador que está a cargo debe sopesar la cantidad de mantenimiento correctivo y preventivo y hacerlos trabajar conjuntamente, además debe contar con una planificación y ejecutarse de manera continua para poder disminuir los costos de mantenimiento.

3. Ley de la Evolución de los Costos de Sitter-Ley de los Cinco de Sitter

Para la implementación de un plan de mantenimiento, es fundamental tener en cuenta los gastos que este generaría en su desarrollo e implementación; es por ellos que es importante conocer los conceptos mencionados por La Ley de los Cinco de Sitter o mejor conocida como La Ley de la Evolución de los costos de Sitter. Esta ley habla del costo provocado por la realización de correcciones a lo largo de las diferentes etapas que componen la vida útil de una edificación.

La Figura 2 plantea como Sitter explica la evolución de los costos en las diferentes etapas de la vida útil de una edificación y le asigna a cada una de ellas una progresión geométrica de razón 5. Cada una de estas etapas se explica a continuación.

Figura 2.*Ley de la Evolución de los Costos de Sitter**Nota:* Tomado de Arencibia (2007)

3.1 Fase de Proyecto

Esta etapa del proyecto corresponde a la inicial, en donde se asocian todos los procesos relacionados con el diseño, programación y planificación; se puede visualizar en la Figura 2 que su costo es equivalente a la unidad; esto quiere decir que cualquier medida tomada en esta fase, tiene el costo más bajo que cualquier medida implementada en otra etapa o fase del proyecto.

3.2 Fase de Ejecución

Esta etapa del proyecto corresponde al proceso de construcción de la obra; por lo cual, toda medida de protección tomada en esta fase repercute en un costo 5 veces mayor que cualquier medida tomada en la fase de proyecto.

3.3 Fase de Mantenimiento Preventivo

Esta fase del proyecto está relacionada con el proceso de uso y funcionamiento de la edificación o estructura. Su costo es 5 veces menor que cualquier medida adoptada en la fase correctiva, pero es 25 veces mayor que cualquier decisión obtenida en la fase de proyecto.

3.4 Fase de Mantenimiento Correctivo

Es la última etapa que se plantea para el ciclo de vida de un proyecto y obedece a la atención o reparación de los elementos de una estructura, los cuales ya perdieron su vida útil. Su costo es 125 veces mayor que las medidas de protección adoptadas en la etapa inicial del proyecto (Camacho, 2009).

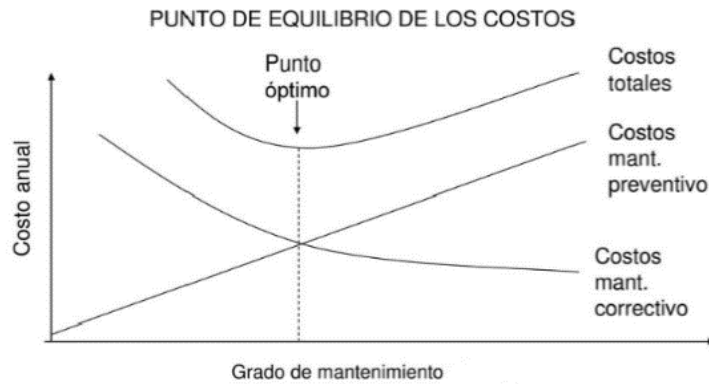
Estas etapas del proyecto están en función del costo de la edificación, específicamente del costo global, comprendiendo el costo inicial, los costos de mantenimiento y los costos indirectos (Juan & Arencibia Fernández, 2007). Estos costos pueden disminuir dependiendo de la rapidez con la que se aplique el plan de mantenimiento, y siguiendo la ideología de la Ley de la Evolución de los Costos de Sitter, deben también ser aplicadas en la etapa correcta en la que se encuentre la edificación; ya que una medida tomada desfasada en el tiempo puede traer como consecuencia un incremento del costo global del edificio en una progresión geométrica de razón 5 dependiendo de la fase en el que este se encuentre. Es decir, que las correcciones retardadas pueden afectar la vida útil del inmueble.

3.5 Técnica “Justo a Tiempo”

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, el costo global de una edificación es el factor más importante para implementar y desarrollar un plan de mantenimiento preventivo; es por eso, que un adecuado uso de los recursos es crucial para el manejo de los gastos económicos que se puedan generar en la realización de las actividades de carácter preventivas y correctivas. La técnica “Justo a Tiempo”, aparece como una alternativa al reto que supone el adecuado manejo de recursos y del costo de las edificaciones sujetas a un plan de mantenimiento preventivo. Esta técnica tiene sus orígenes en la década de los 70 del siglo pasado y fue implementada por la empresa Toyota. El objetivo de esta técnica es “producir el mínimo número de unidades en las menores cantidades

posibles y en el último momento posible”(Camacho, 2009) queriendo enfocarse únicamente en los recursos necesarios para procesos de producción, evitando así los excesos y los desperdicios. Implementar esta técnica al plan de mantenimiento traería beneficios, ya que se atacaría directamente el problema producto de los excesos de materiales adquiridos para ejecutar las diversas actividades. Estos excesos generan una inversión que en muchas ocasiones se pierde ya sea porque el material sobrante se almacena y se deteriora por el prolongado tiempo de almacenamiento. Para evitar esta problemática, se necesita tener un inventario detallado de cada una de las sedes que pertenecen a la ESSA en el cual se encuentren las cantidades de los diferentes elementos que conforman una edificación como área de pintura, área de fachadas, materiales de puertas y ventanas, áreas y tipos de estructura de cubiertas, entre otros. Implementando esta metodología se subsanaría el desperdicio y los excesos de materiales nuevos que se adquirieran para el reemplazo o mantenimiento de los diferentes elementos, ya que se cuenta con una cuantificación de los materiales necesarios.

“Justo a Tiempo” también puede ser de utilidad en el momento de establecer la relación entre las actividades correctivas y preventivas. La Figura 3 presenta un esquema donde se relacionan la curva de costo total, el costo de inversión del mantenimiento preventivo y el costo de la falla crítica.

Figura 3.*Punto de Equilibrio del Mantenimiento Preventivo**Nota:* Tomado de Camacho (2009)

Si bien es cierto que reparar un elemento sale más económico que reemplazarlo, hay ocasiones en las que el reemplazo resulta más viable que reparaciones que ya no tienen efecto alguno y solo ocasionan un gasto innecesario. La Figura 3 señala principalmente que entre mayor sea el costo de inversión de mantenimiento preventivo, menor será el costo de falla crítica. Sin embargo, al tener el costo de la falla crítica al mínimo y el costo de mantenimiento al máximo, la empresa podría entrar en un gasto mucho más elevado ya que la curva del costo total estaría en su pico más alto. En estos escenarios resulta más viable mirar opciones en las cuales intervengan acciones correctivas; claro está que todo este análisis debe hacerse en función de la vida útil del elemento en estudio, ya que si esta se encuentra en su punto máximo sería conveniente realizar una intervención de mantenimiento correctivo. En cambio, sí se encuentra a mitad del ciclo, un mantenimiento preventivo sería lo más adecuado. Esta dinámica obedece a un punto de balance o de equilibrio en donde se pueda tener todos los costos en sus niveles mínimos para así mantener el costo total en sus niveles más bajos; este punto de equilibrio se presenta en la Figura 3 como la intercepción entre las curvas del costo de mantenimiento preventivo y el costo de la falla crítica.

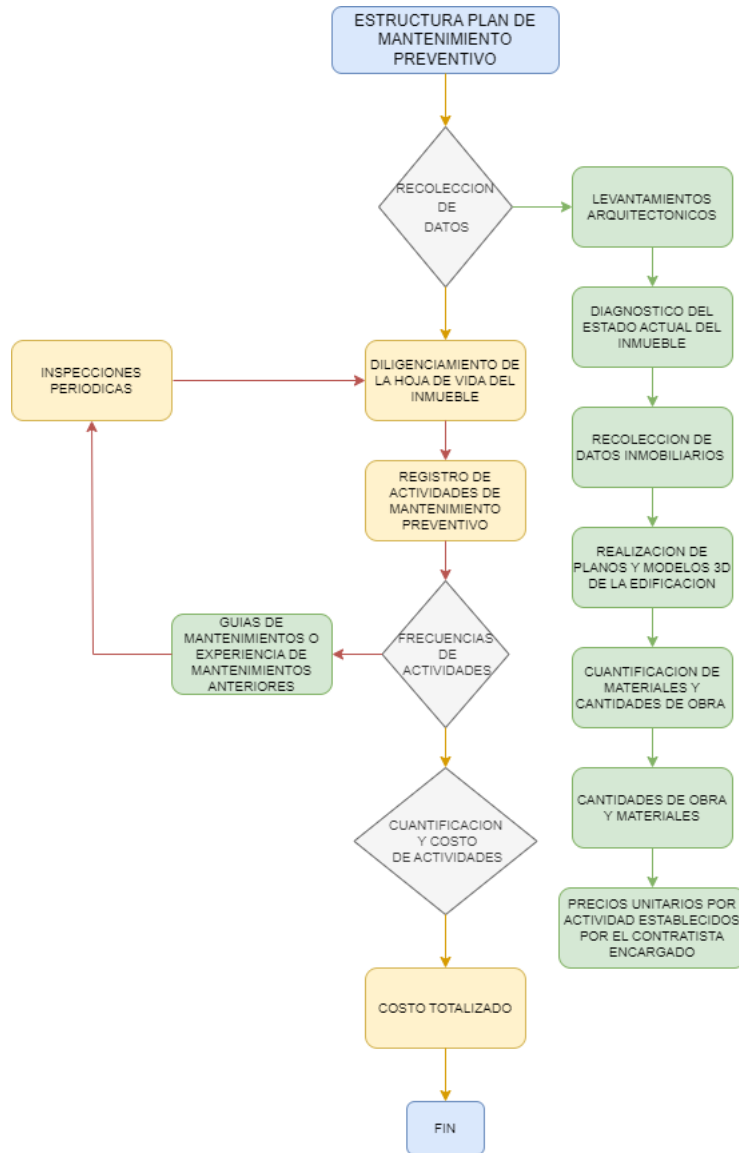
4. Funcionamiento y Metodología del Plan de Mantenimiento Preventivo

Para un buen desarrollo y una adecuada implementación de un plan de mantenimiento preventivo es importante que este se realice de manera continua y que además posea una estructura definida.

Es importante comprender el diagrama de flujo que se plantea en la Figura 4 para entender el funcionamiento y la estructura que se va a tomar el plan de mantenimiento preventivo. En primer lugar, la Figura 4 presenta una recolección de datos, este paso es fundamental para el desarrollo del resto del plan, ya que de la obtención de estos datos se puede cuantificar cantidades y registrar información detallada de cada una de las infraestructuras que conforman las diferentes sedes de la ESSA. En el proceso de recolección de datos, se deben realizar diversas actividades para la obtención de estos, dentro de las cuales se encuentran los levantamientos arquitectónicos, los diagnósticos del estado de conservación de los elementos de la infraestructura, el registro de los datos inmobiliarios en los cuales se encuentra el número de matrícula, dirección, ubicación, departamento y municipio. Una vez que se obtengan dichos datos, se modela el plano obtenido en el levantamiento arquitectónico en un software de modelado 3D, que en este caso será Autodesk Revit, para luego obtener información detallada de cada uno de los elementos modelados en el software y así tener una estimación más exacta de la cantidad de material requerido para la realización de las diferentes actividades de mantenimiento. Este proceso de recolección de datos del inmueble, se debe realizar en la primera visita que se haga a la edificación con el propósito de comenzar los procesos de mantenimiento, ya que en futuras ocasiones solo se deberán realizar inspecciones sobre el estado de los elementos, aunque en dado caso que se presenten modificaciones a la estructura o se creen espacios nuevos como ampliaciones o remodelaciones, se tendrá que volver a realizar el proceso de levantamiento arquitectónico y modelado de este.

Figura 4.

Estructura del Plan de Mantenimiento Preventivo



El proceso anteriormente mencionado es útil para el registro y diligenciamiento de la hoja de vida de la edificación (discutida en detalle más adelante). En síntesis, este documento permite recolectar toda la información relevante del inmueble, incluyendo el estado en el que este se encuentre y también las cantidades de materiales que este requiere para su respectivo mantenimiento preventivo; hay que tener en cuenta que dicho documento, debe ser actualizado a

medida que se realicen las inspecciones rutinarias, con el objetivo de crear un registro histórico que muestre la cronología de intervenciones y el estado de evolución y deterioro de cada elemento. Es por este motivo que la Figura 4 presenta una zona enmarcada como un ciclo en flechas de color rojo, ya que, en esta parte del plan, dichas tareas se tendrán que hacer periódicamente y de manera continua, para garantizar de una mejor manera los efectos provocados por el plan de mantenimiento preventivo. Dichos procesos permiten cuantificar y estimar los costos necesarios para la realización del plan de mantenimiento; cabe recalcar que esta metodología se debe realizar por cada una de las edificaciones de las sedes de la ESSA y plasmarlo en un documento totalizado en donde se encuentre todas las sedes y edificaciones que pertenecen a la Electrificadora.

4.1 Recolección de Datos

Como se había mencionado anteriormente, la recolección de datos es uno de los pasos preliminares para la implementación y la puesta en marcha del plan de mantenimiento preventivo. Esta actividad permite la creación de una base de datos en donde se encontrará toda la información necesaria para la realización de actividades destinadas al mantenimiento preventivo de la infraestructura. Para la obtención de estos datos, se realizan diversas tareas, dentro de las cuales están los levantamientos arquitectónicos; estos son de gran utilidad ya que permiten el dimensionamiento de espacios que ocupa el inmueble, así como también sus principales características como el tipo de estructura, el tipo de fachada, el tipo de cubierta, y a su vez permite plasmar para cada uno de estos elementos ciertos detalles que serán usados para la implementación de actividades con el fin de preservarlos; todo esto consignado en una cartera. Los levantamientos arquitectónicos también permiten que toda la información recolectada en su realización se plasme posteriormente en un software de modelado alimentando por todas las especificaciones y características plasmadas en el levantamiento.

Teniendo en cuenta que la ESSA, cuenta con varias sedes, las cuales están ubicadas a lo largo del Departamento de Santander, fue necesario crear una estructura organizacional que facilite la distribución de viajes para realizar esta recolección de datos. Dicha estructura estará clasificada por zonas que vinculen rutas en las cuales se alberguen todas las sedes y edificaciones que se encuentren aledañas y pertenecientes a dichas zonas.

Tabla 1.

Zonificación de las Sedes de la ESSA

Zonificación	Ruta	Sedes	Edificaciones
Área Metropolitana	Bucaramanga	10	26
	Florida	7	15
	Girón	3	12
	Lebrija	2	6
	Mesa De Los Santos	1	1
	Piedecuesta	3	5
	Rionegro	2	3
Subtotal	7	28	68
Barbosa	Barbosa	2	6
	Bolívar	1	1
	Cimitarra	2	4
	Contratación	1	1
	La Belleza	1	1
	Landázuri	1	1
	Oiba	2	3
	Puente Nacional	1	1
	Suaita	2	3
	Vélez	1	1

Zonificación	Ruta	Sedes	Edificaciones
Subtotal	10	14	22
Barranca	Barranca	6	20
	El Carmen	1	1
	Puerto Araujo	1	1
	Puerto Parra	1	1
	San Vicente	1	1
Subtotal	5	10	24
Magdalena Medio	Cantagallo	1	1
	Puerto Wilches	3	4
	San Pablo	1	1
Subtotal	3	5	6
Málaga	Málaga	2	8
	San Andrés	1	1
Subtotal	2	3	9
Norte	Sabana De Torres	2	3
	San Alberto	2	3
	San Martin	1	1
Subtotal	3	5	7
San Gil	Charalá	2	2
	Guadalupe	1	1
	Mogotes	1	1
	San Gil	2	15
	Socorro	2	5

Zonificación	Ruta	Sedes	Edificaciones
Subtotal	5	8	24
Zapatoca	Zapatoca	1	1
Subtotal	1	1	1
Total	36	74	161

La clasificación mostrada por la Tabla 1 comprende 8 zonas; a saber, Área Metropolitana, Barbosa, Barranca, Magdalena Medio, Málaga, Norte, San Gil y Zapatoca. En estas zonas hay un total de 36 rutas en donde se encuentran 74 sedes y estas a su vez albergan 161 edificaciones. Dentro de las edificaciones se encuentran oficinas satelitales, almacenes, bodegas, cuartos de control, garitas de vigilancia, oficinas administrativas y cuartos de máquinas; es importante tener en cuenta este tipo de edificaciones ya que son estructuras que desempeñan un uso distinto, lo cual esto genera cambios en la frecuencia con la que se debe realizar mantenimiento e inspección (Camacho, 2009).

4.1.1 Implementación del Software de Modelado 3D Autodesk Revit

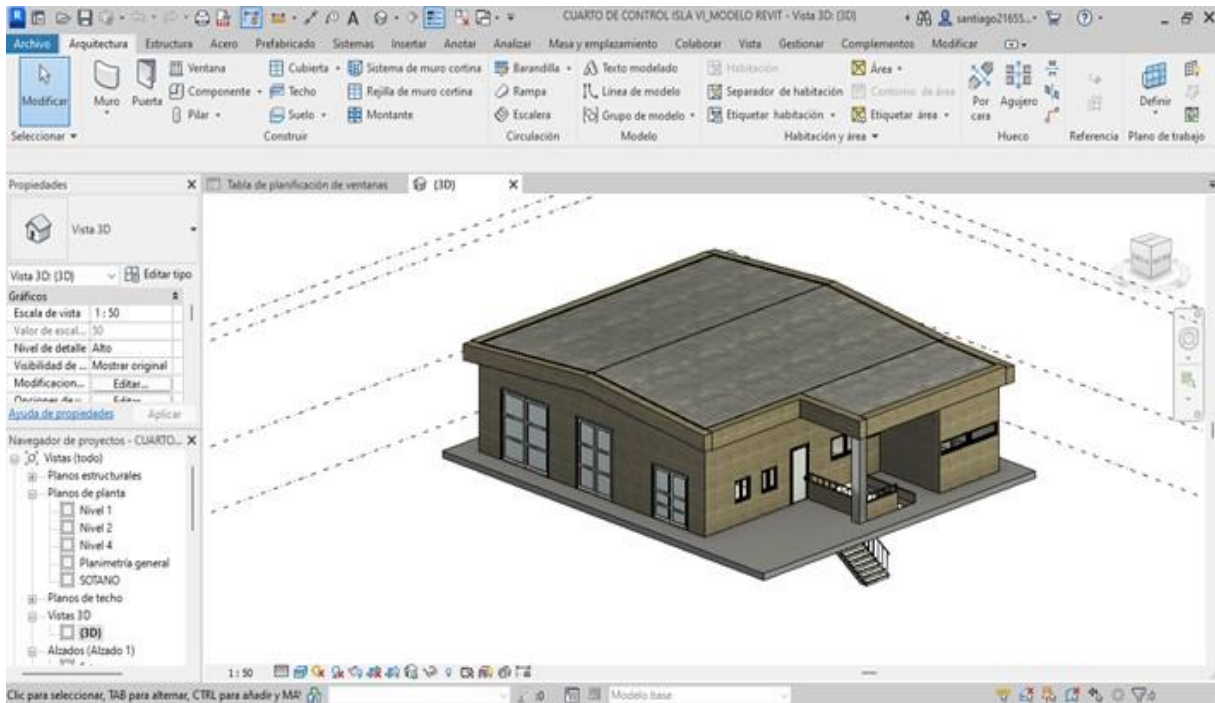
La implementación de un software como Revit (AUTODESK, 2022) en el plan de mantenimiento preventivo, tiene como uno de sus fines disminuir los errores en los procesos de cuantificación de materiales y dimensionamientos de espacios, como también el ahorro de tiempo que demandaría el cálculo de las cantidades hechas manualmente. Las ventajas que proporciona Revit en el proceso de la recolección de datos permiten que se registre una gran cantidad de información de los elementos de una edificación en muy poco tiempo, aparte que, en el caso de realizarse alguna modificación al inmueble, los cambios se verán reflejados de manera inmediata. Los modelos generados por Revit permiten hacer una integración de la información relevante de la infraestructura, reduciendo errores, costos y tiempo, disminuyendo los desperdicios, excesos y

carencias de insumos que la infraestructura requiera, siguiendo la línea ideológica que nos plantea La Ley de la Evolución de los Costos de Sitter y la técnica “Justo a Tiempo”.

Esto se da gracias a que Revit es un software cuyo funcionamiento está basado en la metodología BIM, building information modeling por sus siglas en inglés y que en español significa el modelado de la información de construcción. En pocas palabras, “la metodología BIM, es una estructura de trabajo colaborativa, en donde se crean modelos digitales de proyectos, favoreciendo su gestión en todas las etapas del proyecto, incluyendo el mantenimiento del edificio”(Motawa & Almarshad, 2013). La forma en cómo se optó implementar este software al plan de mantenimiento fue básicamente generar el modelo 3D de la estructura basado en el levantamiento arquitectónico y características de la edificación previamente hechos, tal y como se ilustra en la Figura 5. Esta muestra el modelo Revit tridimensional del cuarto de control de la subestación Isla VI a manera de ejemplo; esta pertenece a la zonificación del Magdalena Medio y se encuentra ubicada en el municipio de Puerto Wilches. Este modelo aparte de albergar el modelo tridimensional de la estructura conserva las características físicas de esta edificación, como lo son los tipos de paredes con las que esta cuenta, el tipo de cubierta construida, el tipo y la cantidad de ventanas y puertas pertenecientes a este inmueble, con dimensiones a escala, lo que permite su posterior cubicación.

Figura 5.

Modelo Revit 3D del cuarto de control de la SE Isla VI de la Electrificadora



La cuantificación de los materiales se hace gracias a que cada elemento de la infraestructura que es modelado en este software cuenta con información intrínseca. Esta información se da gracias a que, a cada elemento modelado, se le pueden asignar propiedades como materiales para configurar su composición. En el caso del modelado de muros, Revit permite crear una clasificación que ayude a diferenciar los tipos de muros existentes en el inmueble, como pueden ser muros interiores, muros que pertenezcan a la fachada o muros colindantes con otras estructuras, teniendo a su vez dimensiones establecidas que fueron asignadas anteriormente. Una vez definida esta clasificación, se crean los materiales que conforman los elementos del inmueble y así poderlos asociar con los respectivos muros, permitiendo que se pueda cuantificar la cantidad de material, tal y como se especifica en la Figura 6.

Figura 6.

Gestión de la Información de los Elementos Pertenecientes a la Edificación



Este proceso de gestión de la información cumple para los demás elementos de la edificación, incluyendo los pisos, techos, estructura de la cubierta, cristalería, puertas, y ventanas.

Las cantidades de obra y materiales se generan automáticamente, una vez se modelen todos los elementos propios del inmueble, con sus respectivas características y propiedades. La cuantificación de material de un elemento específico se ilustra en forma de tablas de planificación, tal y como se muestra en la Figura 7, enseñando los diferentes materiales que conforman todos los tipos de muros pertenecientes a la estructura modelada en Revit. La cuantificación, en este caso de los elementos tipo muro se hace con la cantidad de área que estos materiales ocupan.

Figura 7.

Planificación de Cantidad de Material que Conforman los Muros

<Cómputo de materiales de muro>	
A	B
Material: Nombre	Material: Área
ENCHAPE BAÑO	12.38 m ²
ENCHAPE BAÑO: 4	12.38 m ²
LADRILLO 1	465.07 m ²
LADRILLO 1: 14	465.07 m ²
Muro por defecto	223.64 m ²
Muro por defecto: 10	223.64 m ²
PINTURA INTERIOR PARA MUROS DE FACHADA	275.61 m ²
PINTURA INTERIOR PARA MUROS DE FACHADA: 6	275.61 m ²
PINTURA PARA MUROS_BLANCO	434.58 m ²
PINTURA PARA MUROS_BLANCO: 14	434.58 m ²

Estas unidades se establecen dependiendo de los precios unitarios que establece el contratista encargado de realizar las diversas actividades y de que unidad se basa para cobrar en función de la cantidad que se requiera; este paso es fundamental ya que de ahí se generan los costos y los recursos que consumirá la ejecución de las diferentes labores, actividades y tareas que conformen el plan de mantenimiento preventivo

4.2 Hojas de Vida

Las hojas de vida son documentos que pertenecen a cada uno de los inmuebles que conforman una sede de La ESSA; es decir que, si en una subestación existe un cuarto de control y una garita de vigilancia, en dicha sede se deberá contar con dos hojas de vida pertenecientes a estas dos estructuras. Este tipo de documentos tienen como finalidad llevar un registro de todos los datos de la edificación, incluyendo las intervenciones realizadas, el tipo de estructura que esta presenta, el estado de sus elementos, entre otros aspectos relevantes para su evaluación y diagnóstico.

La Figura 8 presenta un ejemplo de la primera parte del documento que alberga la hoja de vida de un inmueble, que para este caso a manera de ejemplo es la oficina de atención al cliente, también llamada oficina satelital de Floridablanca.

En esta primera sección, el documento de la hoja de vida presenta información relacionada con datos relacionados con gestión inmobiliaria, como lo es la dirección del inmueble, el nombre, el número de matrícula inmobiliaria y su estado de propiedad (propio, comodato, o arriendo). A su vez, se presenta también información sobre las características y servicios con los que el inmueble cuenta.

Figura 8.

Primera sección de la Hoja de vida de la Oficina de Atención al Cliente de Floridablanca

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	I. DATOS DE IDENTIFICACION DEL PREDIO								
2	NOMBRE DE LA UNIDAD	OFICINA SATELITAL FLORIDABLANCA							
3	DEPARTAMENTO	SANTANDER							
4	CUIDAD / MUNICIPIO	FLORIDABLANCA							
5	BARRIO	PARACUITAS							
6	DIRECCIÓN	CALLE 3 # 33-41							
7	No. Matricula inmobiliaria								
8	ESTADO PROPIEDAD	Propio		Comodato		Arriendo	X	MuniciDep	
9	Numero de Activo								
10	Usos	MIXTALOCAL							
11	Permiso de captación de agua		Aplica	NO	No.			Fecha	
12	Permiso de vertimientos		Aplica	NO	No.			Fecha	
13	Permiso de ocupación		Aplica	NO	No.			Fecha	
14	Cuenta con certificación RETIE para el uso y carga actual		Aplica	SIN INFORMACION	No.			Fecha	
15	Otros permisos / Autorizaciones / Licencias		Aplica	NO	No.			Fecha	
16	Disponibilidad de servicios públicos	Agua	X	Luz	X	Teléfono / datos	X	Gas	-
17		No. de usuarios		15		No. de personas administrativo, apogo, servicios, etc			0
18	Capacidad instalada	No. de puestos de trabajo		2		No. de baños		2	
19		M2 de bodega		8,22		No. de bodegas		1	
20	Obras ejecutadas en los últimos 5 años	N/A	COMPLETAR POR JEFE DE MANTENIMIENTO	Aplica		Actividad			

La segunda parte que conforma la hoja de vida del inmueble obedece más a información relacionada con la estructura, sus elementos y el estado de estos; a su vez, a los procesos de mantenimiento y las fechas en las cuales se realizaron dichas labores y observaciones. Cabe aclarar que este proceso debe irse actualizando a medida que se ejecuten nuevas actividades; por lo tanto, este documento se tendrá que modificar a medida que se hagan nuevas labores de mantenimiento, permitiendo así, la creación de registros históricos que estarán consignados en la hoja de vida y así poder llevar un control de la cronología de las actividades y efectividad que estas han tenido sobre la edificación. Esta hoja de vida también cuenta con la cantidad de materiales e insumos que requiere la estructura para cuantificar los costos necesarios en el mantenimiento de los elementos que la conforman, tal y como lo muestra la Figura 9.

Figura 9

Segunda Sección de la Hoja de Vida de la Oficina de Atención al Cliente de Floridablanca

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
53	3. Condiciones actuales físicas								
54	ESTRUCTURA:								
55	ESTRUCTURA APORTICADA								
56	MUROS:								
57	FRISADO Y ESTUCADO COLINDANTES CON VECINOS: 81,63 M2 FACHADA EN VIDRIO: 17,94 M2 MUROS INTERIORES: 57,47 M2 PINTURA DE VINILO PARA INTERIORES: 199,52 M2 ENCHAPE PARA BAÑO: 19,48								
58	CUBIERTA:								
59	CUBIERTA EN PLACA DE CONCRETO FRISADA Y PINTADA: 68,16								
60	PISOS:								
61	PISO EN ENCHAPE: 69,61 M2 PISO DE ENCHAPE PARA BAÑO: 4,65 M2 ACERA EXTERIOR: 13,17 M2								
62	FACHADA:								
63	VIDRIO Y ALUMINIO: 17,94m2								
64	GRIETAS Y FISURAS: NO SE EVIDENCIAN								

4.3 Actividades de Mantenimiento

Para establecer las actividades que se van a ejecutar en el mantenimiento, se debe conocer el uso que se le está dando a la edificación. Las edificaciones que están a cargo de ASSA en el equipo de trabajo de soporte administrativo tienen un uso bastante similar; todas ellas forman parte de la estructura no energizada de la ESSA; es decir es la infraestructura de la empresa que se encarga de albergar a todo su personal administrativo, atención a clientes y estructuras encargadas de almacenar equipos especializados y de control para el monitoreo de la energía eléctrica. Debido a esto, las actividades que se realizarán en la infraestructura se basarán en intervenciones de los siguientes elementos: pisos y enchapes, cubiertas y techos, pintura para muros interiores, instalaciones sanitarias, puertas, ventanas, y fachadas. Siguiendo la línea de la estructura de descomposición del trabajo, se plantea una organización por capítulos los cuales tendrán implícitos varias actividades relacionadas con estos.

4.3.1 Fallas y Daños más Comunes

Para hacer una descomposición del trabajo y una organización por capítulos y actividades, se debe conocer cuáles son las fallas más comunes que están afectando a las diferentes edificaciones de La ESSA. Una evidencia fotográfica es una alternativa útil para registrar dichas afectaciones para realizar un estudio de que daños y averías se presentan con más frecuencia para así establecer actividades que puedan contrarrestar con dichos fallos.

Los daños más comunes y frecuentes se presentan en los elementos tipo cubierta; estos suelen presentar de manera frecuente filtraciones que se manifiestan con goteras en el techo y oxidación de la estructura; por lo cual es importante realizar una actividad de mantenimiento preventivo en donde se haga un proceso de impermeabilización de estos elementos. Los muros presentan daños en su pintura a causa de la vegetación y la humedad tal y como se presenta en la Figura 10.

Figura 10.

Daños en la Pintura Exterior del Cuarto de Control de la Subestación Sabana de Torres



Estos daños presentes en los muros afectan de manera drástica la pintura y producen un mal aspecto del inmueble y a su vez de la empresa; y en este caso si se sigue dejando llegar a tal punto de deterioro, su reparación o intervención correctiva genera un mayor costo que intervenirlos con ciclos de mantenimiento preventivo.

4.4 Frecuencias en los Ciclos de Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento preventivo se caracterizan por poseer una frecuencia y un comportamiento cíclico en su ejecución. Si bien no hay una formula dada ni un proceso establecido para determinar las frecuencias con las que se deben realizar dichas actividades, una forma útil de empezar el ciclo de actividades es tomar de base un manual de mantenimiento de estructuras afines o de un uso similar al que se da en la ESSA. Esto sirve de base para establecer una frecuencia inicial que se encuentre dentro de los rangos establecidos por distintos manuales que tengan actividades de mantenimiento preventivo para los elementos de la edificación. Siguiendo la guía de manuales de mantenimiento más acordes con los usos de estas edificaciones(Conde Oliva & Ramírez de Arellano Agudo, 2010), se establecieron las frecuencias enmarcadas en la Tabla 2.

Tabla 2.

Frecuencias de las Actividades de Mantenimiento

Ítem	Descripción	Frecuencia [Años]
1.00	Pisos y enchapes	
1.01	Suministro e instalación piso en porcelanato ref, mall black 60 x 60, como actividad secundaria a la obra.	15
1.02	Mortero de nivelación 1:3 E= 5 cm, como actividad secundaria a la obra.	15

Ítem	Descripción	Frecuencia [Años]
2.00	Cubiertas y Techos	
2.01	Suministro y aplicación Pintura vinilo techos, como actividad secundaria a la obra.	5
2.02	Mantenimiento y fijación de elementos de cubierta	5
2.03	Servicio de Limpieza, lavado y mantenimiento cubiertas	1
2.04	Desinstalación de cubierta, como actividad secundaria a la obra.	25
2.05	Suministro e instalación de cubierta en teja de barro, como actividad secundaria a la obra.	25
2.06	Suministro e instalación de cubierta en teja ondulada asbesto - cemento, como actividad secundaria a la obra.	25
2.07	Suministro e instalación de cielorraso plaqueta - cemento, como actividad secundaria a la obra.	25
2.08	Servicio de Retemplada de estructura para cielo raso	5
2.09	Suministro e instalación de cubierta en teja tipo canaleta de Acesco, como actividad secundaria a la obra.	25
2.10	Suministro e instalación de cubierta fibrocemento tipo española, como actividad secundaria a la obra.	25
2.11	Suministro e instalación teja de zinc, como actividad secundaria a la obra.	25
2.12	Impermeabilización de placa de cubierta	2
3.00	Pintura Muros Interiores	
3.01	Suministro y aplicación de Estuco y pintura, como actividad secundaria a la obra.	5
3.02	Suministro e instalación friso 1:5 liso muros, como actividad secundaria a la obra.	5
3.03	Picada escarificada y lavada de muros, como actividad secundaria a la obra.	5

Ítem	Descripción	Frecuencia [Años]
3.04	Suministro y aplicación de enchape de baño	5
4.00	Instalaciones Sanitarias	
4.01	Suministro e instalación de grifería de lavamanos	5
4.02	Suministro e instalación de sistema de llenado y descarga de estanque de inodoro	5
4.03	Suministro e instalación de válvula del flotador del estanque de acumulación	5
4.04	Suministro e instalación de tapas de inodoros	5
5.00	Puertas y Ventanas	
5.01	Servicio de ajuste y mantenimiento puerta aluminio vidrio	2
5.02	Servicio de mantenimiento puerta vidrio templado	2
5.03	Ajuste y mantenimiento de ventanas	2
6.00	Fachadas	
6.01	Suministro y aplicación pintura hidro-repelente tipo exteriores, como actividad secundaria a la obra.	5
6.02	Picada escarificada y lavada de muros repelente como actividad secundaria a la obra.	5
6.03	Suministro y aplicación de estuco y pintura, como actividad secundaria a la obra.	5

La Tabla 2 muestra las frecuencias iniciales con las que el plan va a operar, y como se había mencionado anteriormente, cada actividad pertenece a un capítulo específico perteneciente a elementos o conjuntos de elementos del inmueble, siguiendo la línea de la estructura de descomposición del trabajo y haciendo analogía a la organización que se plantea en manuales de mantenimiento en donde se hace énfasis en una organización por sistemas y subsistemas (Conde

Oliva & Ramírez de Arellano Agudo, 2010). Ya que la Tabla 2 muestra las frecuencias de mantenimiento iniciales, cabe aclarar que dichas frecuencias no serán las definitivas ni tampoco las generales para todas las edificaciones de la Electrificadora. Estas frecuencias suelen variar dependiendo de la experiencia de aplicar el plan de mantenimiento sobre la estructura y de la evolución que esta tenga con las frecuencias iniciales. Según lo anterior, dependiendo del estado en el que se encuentren los elementos del inmueble, el encargado de administrar el contrato puede aumentar o disminuir las frecuencias de aplicación dependiendo del mejor comportamiento posible que la edificación tenga. También es importante enmarcar qué si se aumentan o disminuyen las frecuencias en una edificación, no necesariamente se debe hacer el mismo cambio a todas las edificaciones, ya que cada una tiene un comportamiento independiente y puede ser que alguna requiera las actividades de mantenimiento de manera más seguida que otras. A su vez, a medida que el plan avanza, puede presentarse el caso de que algunas estructuras demanden nuevas actividades o por el contrario suprimir algunas ya establecidas y al igual que con las frecuencias, todos estos factores los dará el comportamiento que da el inmueble de manera independiente durante la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.

4.5 Inspecciones

En los planes de mantenimiento preventivo, uno de los procesos fundamentales son las inspecciones realizadas a las edificaciones. Estas permiten determinar y tener una noción del estado en el que se encuentran los diferentes componentes del inmueble para así poder asignar actividades correctivas en el caso de que se requiera. Por otra parte, las inspecciones son una herramienta útil para determinar si las frecuencias establecidas a las actividades preventivas están funcionando adecuadamente o si por el contrario es necesario disminuirlas o aumentarlas según sea el caso. Por consiguiente, de nada sirve estructurar un plan de mantenimiento preventivo si

este no cuenta con un cronograma de inspecciones, pudiendo ocasionar errores en las asignaciones de frecuencias y también, se podrían presentar omisiones en actividades de tipo correctivas que la edificación pueda necesitar. El proceso de inspección en este caso se comporta más como un órgano rector, ya que funciona de manera independiente y se encarga de dar un diagnóstico del estado de los elementos y de la eficiencia de las actividades ejecutadas sobre la estructura, así como también las frecuencias con las que estas son aplicadas. Junto al diligenciamiento de las hojas de vida, las inspecciones son uno de los procesos que se deben realizar de manera cíclica y continua; esto se puede observar de forma más clara en la Figura 4, permitiendo que su realización actualice de manera periódica las hojas de vida de cada inmueble, ejecutando este proceso una vez por año. Al ser un componente tan importante en el plan de mantenimiento preventivo, se debe realizar todo un cronograma y una organización para su ejecución. Una manera práctica y útil es enlazarlo a la forma en cómo está organizado la zonificación de las sedes de la Electrificadora, tal y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

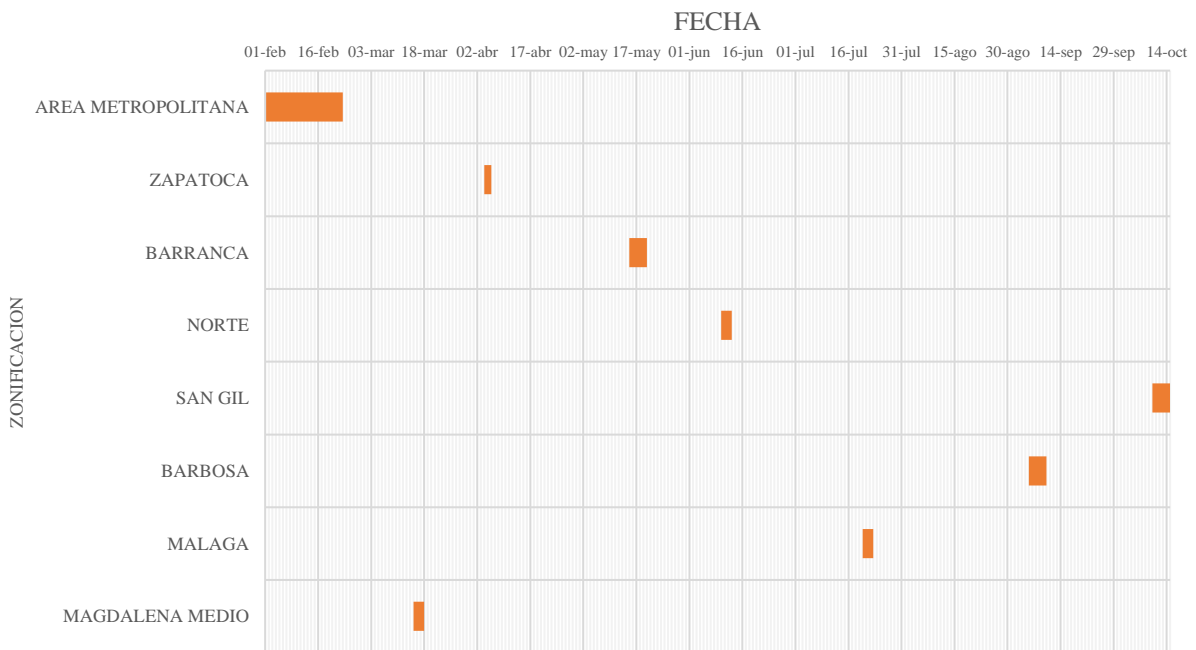
Duración de Inspección según Zonificación

Zonas	Duración [Días]
Área Metropolitana	22
Zapatoca	2
Barranca	5
Norte	3
San Gil	5
Barbosa	5
Málaga	3
Magdalena Medio	3

Los datos obtenidos en la Tabla 3, están basados en el tiempo que tarda el personal del equipo de soporte administrativo en inspeccionar cada una de las sedes pertenecientes a la zona específica, teniendo en cuenta diversos factores como locación, transporte, y tamaño. Con dichos datos, se estableció en la Figura 11, un diagrama de Gantt con un cronograma de la programación de inspecciones en el transcurso del año 2023.

Figura 11.

Propuesta del Cronograma de Inspecciones Año 2023



4.6 Consolidación del Plan de Mantenimiento Preventivo

Para un buen funcionamiento, una buena organización y para llevar un control, es necesario hacer una implementación de todas las actividades con sus respectivas frecuencias de mantenimiento preventivo que se realizarán a cada una de las estructuras de las sedes de la electrificadora, así como también una base de datos en donde se encuentren todas las sedes con cada una de sus edificaciones especificando el costo individual que tomaría realizar el

mantenimiento por año y un costo total anual, producto de la sumatoria de los costos individuales que generarían cada uno de los inmuebles. A su vez, también se deberá contar con un cronograma de inspecciones en donde se defina la duración que tomará realizar todas las inspecciones requeridas en las sedes de la ESSA.

Para hacer esta integración de datos e información, se decide crear un documento que permita un funcionamiento óptimo, minimizando los tiempo de operación, y que a su vez, sea práctico y versátil para la interpretación de información y a los posibles cambios y modificaciones que se puedan implementar en las frecuencias de las actividades, creación o eliminación de algunas edificaciones o sedes, eliminación o implementación de nuevas actividades de mantenimiento y modificaciones en el cronograma de inspecciones. La Figura 12 muestra la interfaz del documento que permite esta integración.

Figura 12.

Interfaz del Plan de Mantenimiento Preventivo.

ZONIFICACION	RUTA	TIPO DE EDIFICACION	NOMBRE	CODIGO PMP	2,021	2,024	2,025	2,026	2,027
TOTAL CONTRATO TOTAL					\$ 942,837,368.70	\$ 1,837,198,365.51	\$ 1,091,824,966.69	\$ 1,149,626,577.39	\$ 1,213,536,955.90
TOTAL					\$ 703,644,417.62	\$ 905,612,686.61	\$ 975,857,109.00	\$ 1,839,149,485.34	\$ 1,787,089,070.72
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	OFICINA ADMINISTRATIVA	EDIFICIO PRINCIPAL BLOQUE 1	1					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	OFICINA ADMINISTRATIVA	EDIFICIO PRINCIPAL BLOQUE 2	2					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	OFICINA ADMINISTRATIVA	EDIFICIO PRINCIPAL BLOQUE 3	3					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	CUARTO DE CONTROL	SE CONJUCOS	4					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	SARITA	SE CONJUCOS	5					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	CUARTO DE CONTROL	SE NOCTE	6	356,247.82	3,450,084.78	404,681.40	3,854,080.38	102,773,829.58
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	SARITA	SE PALOS	7					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	CUARTO DE CONTROL	SE PALOS	8					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	CUARTO DE CONTROL NUEVO	SE PRINCIPAL	9					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	CUARTO DE CONTROL VIEJO	SE PRINCIPAL	10					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	OFICINA ADMINISTRATIVA	SE PRINCIPAL	11					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	HANGAR 1	SE PRINCIPAL	12					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	HANGAR 2	SE PRINCIPAL	13					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	SARITA	SE PRINCIPAL	14					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	ARCHIVO 1	SE PRINCIPAL	15					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	ARCHIVO 2	SE PRINCIPAL	16					
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	CUARTO DE CONTROL	SE REAL DE MINAS	17	22,248,572.07	19,434,688.99	15,812,234.93	17,129,516.32	69,171,887.74
AREA METROPOLITANA	BUCARAMANGA	PARKINGUERO	SE REAL DE MINAS	18	11,435,064.90	11,003,172.47	12,624,090.90	13,304,469.02	15,739,943.88

Esta interfaz se compone de cuatro partes, las cuales están enmarcadas por los rectángulos visualizados en la Figura 12; estas secciones permiten un mejor entendimiento de cómo funciona el manejo y la gestión de la información que arroja el plan de mantenimiento preventivo. La zona enmarcada por el rectángulo de color rojo muestra toda la base de datos de las sedes y edificaciones que están a cargo de ASSA; esta sección cuenta con filtros de búsqueda, definidos según las necesidades de análisis y estudio de una edificación, sede o ruta específica, clasificando por zonas, ruta, tipo de edificación, nombre, y código PMP, donde a su vez cada edificación pertenece a una sede específica. La zona enmarcada por el rectángulo de color azul muestra específicamente los años, el dinero destinado para el contrato y el costo totalizado que se genera anualmente a causa de las actividades de mantenimiento preventivo. La zona establecida por el rectángulo de color verde muestra el costo generado por edificación. Por último, la zona enmarcada por el rectángulo amarillo está conformada por las hojas de cálculo de cada edificación en donde se encuentra un presupuesto generado por cada año a causa de las actividades de mantenimiento realizadas; las hojas de cálculo de cada estructura están clasificadas y nombradas con el “CODIGO PMP” establecido en la zona enmarcada por el rectángulo rojo. Cada uno de estos presupuestos tiene una estructura definida que permite integrar toda la información a la interfaz principal del mantenimiento preventivo. Esta estructura se presenta en la Figura 13, especificando los capítulos, la descripción de las actividades que se ejecutarán en el mantenimiento, la unidad de medida, el precio unitario establecido por el contratista asignado, el total (producto de las cantidades de material arrojados por el software de modelado Revit y la frecuencia o periodicidad con la cual se deben realizar dichas actividades).

Figura 13.

Presupuesto de Mantenimiento Preventivo de Cada Edificación

Item	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL	FRECUENCIA (AÑOS)	LÍNEA BASE	2022	2023	2024	2025	2026
1.00	PISOS Y ENCHAPES											
1.01	Suministro e instalación piso en porcelanato ref. mail black 60 x 60, como actividad secundaria a la obra	m2	\$ 140,610.00	367	\$ 51,603,870.00	15	2022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.02	Mortero de instalación 1.3 E= 5 cm, como actividad secundaria a la obra.	m2	\$ 35,825.00	367	\$ 13,147,775.00	15	2022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.00	CUBIERTAS Y TECHOS											
2.01	Suministro y aplicación Fibra virlo techos, como actividad secundaria a la obra.	m2	\$ 13,673.00	17	\$ 232,441.00	5	2022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.02	Mantenimiento y fijación de elementos de cubierta	m2	\$ 29,200.00	19	\$ 292,000.00	5	2022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.03	Servicio de Limpieza, lavado y mantenimiento cubiertas	m2	\$ 34,942.00	10	\$ 349,420.00	1	2022	\$ 366,347.91	\$ 384,717.07	\$ 404,682.40	\$ 426,418.88	\$ -
2.04	Desinstalación de cubierta, como actividad secundaria a la obra.	m2	\$ 14,656.00	10	\$ 146,560.00	25	2022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.05	Suministro e instalación de cubierta en teja de barro, como actividad secundaria a la obra.	m2	\$ 122,827.00	0	\$ -	25	2022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.06	Suministro e instalación de cubierta en teja ondulada asbesto - cemento, como actividad secundaria a la obra.	m2	\$ 90,983.00	0	\$ -	25	2022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.07	Suministro e instalación de celosazo plaqueta - cemento, como actividad secundaria a la obra.	m2	\$ 93,051.00	356	\$ 33,126,156.00	25	2022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.08	Servicio de Reemplazo de estructura para cielo raso	m2	\$ 13,587.00	356	\$ 4,836,972.00	5	2022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.09	Suministro e instalación de cubierta en teja tipo canalleta de acceso, como actividad secundaria a la obra.	m2	\$ 60,135.00	0	\$ -	25	2022	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

Hay un punto importante presente en la Figura 13, el cual se trata de la línea base, encerrada en el recuadro de color morado; esta se refiere al tiempo en años en el cual se le realizó la última intervención relacionada con la descripción de la actividad, para luego a partir de esta fecha empezar a ejecutar el ciclo de actividades de mantenimientos siguiendo las frecuencias en años con la cual se deben implementar.

La zona enmarcada por el recuadro amarillo en la Figura 12, no solo está conformada por los presupuestos específicos de cada infraestructura, sino que también está constituida por: el cronograma establecido para las inspecciones, detallado en la Figura 11; un porcentaje de avance, para tener un control sobre las sedes y estructuras que están a cargo de ASSA con el fin de tener un cuantificación de cuantas sedes están 100% completadas con el proceso del mantenimiento preventivo, y cuantas faltan por completarlo; y por último con el ICCP (índice de costos de la contratación pesada).

4.6.1 Índice de Costos de la Contratación Pesada (ICCP)

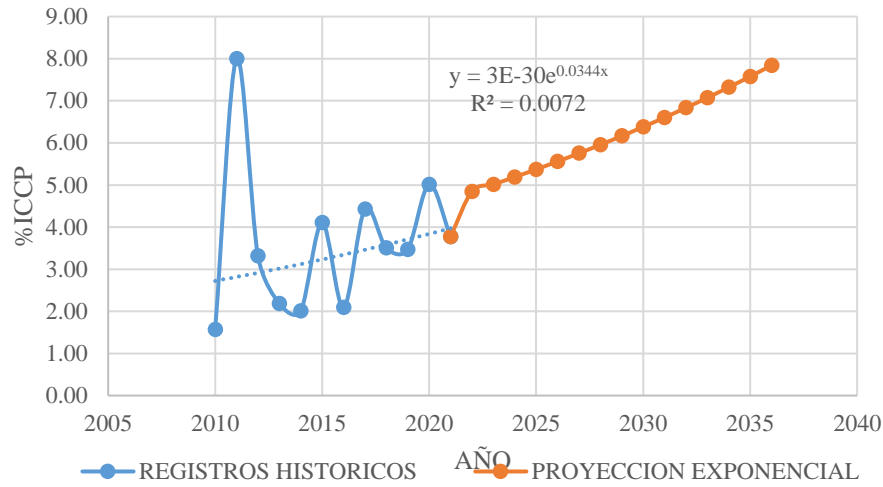
Este índice según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE “es un instrumento estadístico que permite conocer el cambio porcentual promedio de los precios de los principales insumos requeridos para la construcción, en un periodo de estudio”(DANE, 2022); es importante tener en cuenta este índice, ya que el plan de mantenimiento preventivo maneja recursos económicos que varían con el tiempo, es decir que el cálculo de algunos costos será aplicados en el futuro, por lo cual el costo económico de hoy no es equivalente al costo económico futuro.

Debido a que El DANE no cuenta con una proyección del ICCP, se debe observar el comportamiento de registros históricos de este índice desde el año 2010 para así optar por una proyección relacionada con el comportamiento histórico de los datos arrojados por el ICCP, desde el año 2010.

En la Figura 14, se observa una proyección exponencial, ya que como se puede observar el comportamiento de la gráfica histórica tiene ciclos de máximos y mínimos, y desde el 2020 su tendencia se rige más por una decadencia, con lo cual muy probablemente en el transcurso de los años posteriores puede ocurrir un alza en este índice provocando un alza en los precios de materiales de construcción; factor que el plan de mantenimiento preventivo debe tener en cuenta para arrojar costos de actividades que se deben realizar en un futuro.

Figura 14.

Proyección Exponencial ICCP.



5. Porcentaje de Avance

La ejecución de este plan de mantenimiento preventivo en las sedes de La ESSA, tuvo un porcentaje de avance del 40%, recolectando los datos de 64 edificaciones, priorizando las de mayor afectación, quedando por intervenir 97 estructuras; este porcentaje se enmarcado de una mejor manera en la Tabla 4, especificando el estado de avance de cada ruta y el total.

Tabla 4.

Porcentaje de Avance en la Recolección de Datos por Zonas

Zona	Porcentaje De Avance
Área Metropolitana	49%
Barranca	54%
Zapatoca	100%
Norte	71%
San Gil	0%
Barbosa	9%

Zona	Porcentaje De Avance
Málaga	44%
Magdalena Medio	100%
Total	40%

La ESSA destinará para el año 2023 una inversión de \$943'000.000 y con un avance del 40% se obtuvo un costo de ejecución presupuestal de \$704'000.000 para actividades de mantenimiento en el año 2023 equivalente a un 75% de los recursos destinados por la ESSA para ese año. Interpretando que los recursos que destina la ESSA para el mantenimiento de sus sedes y edificios pueden quedar cortos, pudiendo ser una de las razones por la cual algunas de estas se ven deterioradas.

6. Conclusiones

La implementación del plan de mantenimiento preventivo ayuda a tener evidencia general y cercana a la realidad del estado de conservación de los inmuebles que están a cargo de ASSA, permitiendo que esta área de la ESSA pueda atender de manera más organizada y programada todas las afectaciones que pueden presentar las diferentes instalaciones.

El hecho de que se implemente un plan de mantenimiento preventivo no significa que el mantenimiento de tipo correctivo se tenga que eliminar; ya que se debe tener cuidado y prestar suma atención a la cantidad de actividades de este tipo de mantenimiento que se realizan. Una ejecución solo de carácter preventivo haría que el costo destinado para los mantenimientos se eleve demasiado, haciendo que su implementación no sea viable.

La implementación de un software apoyado en la metodología BIM, como es el caso de Revit, permite que el trabajo de gestión de la información y recolección de datos se haga de manera más automatizada y colaborativa, reduciendo el tiempo invertido en el cálculo de cantidades de

materiales y a su vez los errores que se puedan presentar en el cálculo de estas. Además, permite la realización de cambios y modificaciones en las estructuras sin necesidad de invertir mucho tiempo en ello, sin afectar los datos importantes para el plan de mantenimiento, debido a que las cantidades se modifican automáticamente con los cambios e intervenciones que se puedan presentar en las sedes e inmuebles de la Electrificadora.

El porcentaje de avance de la recolección de datos en las diferentes sedes y locaciones de la ESSA llegó a un 40%, teniendo zonas completadas al 100% como es el caso de Zapatoca y del Magdalena Medio, como otras sin intervención como San Gil. Ante el 40% de ejecución, el plan de mantenimiento requerirá una inversión del \$704'000.000 para el año 2023; costo que está muy cercano a los \$943'000.000 que destinará la ESSA para ese año. Por lo que es necesario ampliar el presupuesto, ya que con un avance del 40%, se están ocupando el 75% de la inversión de mantenimiento dado por la ESSA. A su vez, se debe continuar con la recolección de datos en las zonas no intervenidas, como es el caso de San Gil, esto con el fin de tener toda la información recolectada de las infraestructuras pertenecientes a la ESSA y así obtener unos mejores resultados con el Plan de Mantenimiento Preventivo.

Para que un plan de mantenimiento preventivo sea fructífero, se debe hacer de manera continua y someterse a diversos ajustes a lo largo de su trayectoria, por lo cual las inspecciones juegan un papel fundamental en la ejecución de plan, siendo estas las que determinen los posibles cambios para que dicho plan mejore de manera constante y solucione los errores que se puedan presentar en su etapa inicial. Todos estos ajustes, se deben ver consignados en el archivo consolidado del plan de mantenimiento preventivo y en las hojas de vida del inmueble.

7. Recomendaciones

Se podría contar con personal ubicado en cada una de las diferentes sedes, encargado de observar y revisar el estado de los elementos para que en dado caso se presente una avería no haya la necesidad de esperar la inspección para intervenirla de manera correctiva.

Al realizar una proyección en los datos ICCP, con el pasar del tiempo, sus variaciones pueden tener cambios en comparación con los proyectados, teniendo que modificar el factor proyectado por el real.

Al momento de tener la necesidad de priorizar algunas edificaciones sobre otras debido al mal estado en la que esta se encuentra, se sugiere modificar la línea base de cada actividad con el fin de intervenir la edificación primero que las otras.

Es importante completar el proceso de recolección de datos para completar al 100% el porcentaje de avance y poner en marcha el plan de mantenimiento preventivo; para ello se sugiere, seguir con la ruta establecida en las inspecciones para realizar las visitas faltantes.

Referencias Bibliográficas

- Autodesk. (2022). *Revit: software de BIM para diseñadores, constructores y emprendedores*.
<https://latinoamerica.autodesk.com/>
- Camacho, P. (2009). *Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE*.
- Conde Oliva, J., & Ramírez de Arellano Agudo, A. (2010). *Manual general para el uso, mantenimiento y conservación de edificios destinados a viviendas Sevilla*.
- DANE. (2022). *Índices de Costos de la Construcción*.
<https://www.dane.gov.co/68#:~:text=Es%20un%20instrumento%20estad%C3%ADstico%20que,en%20un%20per%C3%ADodo%20de%20estudio.>
- ESSA. (2022). *Quienes somos*. <https://www.essa.com.co/site/informacion-corporativa/quienes-somos>
- Juan, I., & Arencibia Fernández, M. (2007). *Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios*. 1–8.
- Motawa, I., & Almarshad, A. (2013). A knowledge-based BIM system for building maintenance. *Automation in Construction*, 29, 173–182. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.09.008>
- Sánchez Manayay, M. (2021). *Metodología BIM en la mejora del mantenimiento preventivo y correctivo de edificios en la empresa Aspersud, Lima 2021*.
- Sexto, L. (2018). Tipos de Mantenimiento. *Electromagazine*, 40–46