

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Análisis técnico para la actualización tecnológica y sostenibilidad de un edificio de oficinas en la ciudad de Medellín

Víctor Manuel Agudelo Jiménez

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Gestión de Sistemas Energéticos Industriales

Asesor

Carlos Alberto Acevedo Álvarez

Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM
Facultad de Ingenierías
Departamento de Mecatrónica y Electromecánica
Medellín, Colombia
2022

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RESUMEN

Ante el continuo crecimiento del interés en la sostenibilidad, nace el concepto de edificios de energía neta cero, este concepto está asociado dentro de los ítems que involucran a una edificación sostenible o de sello verde, la relevancia asociada al consumo de energía debido al impacto ambiental generado por la generación de electricidad hace que este sea un tema de gran interés para las antiguas y nuevas edificaciones, además de considerar el crecimiento continuo de los costos de la energía.

En esta propuesta de trabajo se plantean entonces los pasos para que una edificación de oficinas y locales comerciales objeto de estudio, logre tener un plan de renovación tecnológica en su sistema eléctrico, buscando en el horizonte ser una edificación con tendencia a ser de energía neta cero y por lo tanto más sostenible, en el ítem correspondiente al consumo energético.

Para este objetivo se realiza una búsqueda de las tendencias tecnológicas en implementación de edificios sostenibles, se selecciona los sistemas eléctricos debido a la disponibilidad de información del sistema y a la facilidad de la implementación. En un segundo paso se realiza una caracterización de la edificación, donde se realiza un levantamiento de equipos tecnológicos disponibles, renovaciones realizadas, modos de operación del sistema e históricos de facturas de energía. Finalmente se presenta un plan de renovación por etapas con tecnologías que mejoren el desempeño energético de la edificación y logren reducir los consumos y costos asociados al pago de electricidad.

Palabras clave: Edificios de Energía Neta Cero, Edificios Verdes, Ahorro Energético.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RECONOCIMIENTOS

Esta propuesta fue realizada con el interés de adquirir destrezas en el ámbito comercial y técnico en relación a mejorar la eficiencia en edificaciones, para tal objetivo pude contar con el apoyo de mi padre José Agudelo, quien me motivo a realizar la propuesta en el edificio del café, edificio del cual es conocido y amigo, a la copropiedad del edificio en representación del Dr. Hugo León Hincapié quien me dio la oportunidad de conocer y aportar para mejorar la competitividad del edificio y quien reconoce la importancia de la energía en las finanzas de las organizaciones. A mis asesores el profesor Carlos Alberto Álvarez y María Vilma García por su paciencia y conocimiento, me ayudaron a redireccionar la propuesta y a mejorar como profesional.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ACRÓNIMOS

<i>CONPES</i>	El Consejo Nacional de Política Económica y Social.
<i>ESCO</i>	Energy Service Company / Compañía de Servicio de Energía.
<i>NZBE</i>	Net Zero Building Energy / Edificio de Energía Neta Cero.
<i>PPA</i>	Power Purchase Agreement / Acuerdo de Compra Venta de Energía.
	Energy Performance Contractors / Contrato de Rendimiento Energético.
<i>PROURE</i>	Plan de Acción Indicativo, Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía.
<i>RETIQ</i>	Reglamento Técnico de Etiquetado.
<i>UPME</i>	Unidad de Planeación Minero Energética.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Contenido

RESUMEN.....	2
RECONOCIMIENTOS	3
ACRÓNIMOS	4
1 INTRODUCCIÓN	6
1.1 Objetivo General	8
1.2 Objetivos Específicos.....	8
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 EDIFICIOS VERDES	10
2.2 MATRIZ ENERGÉTICA COLOMBIANA	11
2.3 NORMATIVIDAD Y ENTES DE CONTROL	12
2.4 TENDENCIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE AHORRO ENERGETICO EN EDIFICIOS VERDES	14
2.5 PROURE	19
2.6 EVALUACIÓN DE PROYECTOS ENERGETICOS	20
3. METODOLOGÍA.....	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1 TENDENCIAS DE METODOLOGIAS PARA EDIFICIOS VERDES.....	25
4.2 CARACTERIZACIÓN DE EDIFICACIONES OBJETO DE ESTUDIO.....	25
4.3 PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y DE LA SOSTENIBILIDAD DE UN EDIFICIO DE OFICINAS.....	35
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	38
6. REFERENCIAS.....	40

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la demanda de energía eléctrica va en aumento, abasteciendo ciudades e industrias cada vez más dependientes de ella para su crecimiento y funcionamiento. Colombia no es la excepción, donde la demanda proyecta un crecimiento entre un 2,68 y 3,05% anual, de 2016 a 2032(UPME, 2021, p. 36) y también los precios de la energía, donde se observa un crecimiento continuo. (UPME-SUI, 2021).

Al aumentar el consumo de energía en un proceso, el costo de la energía se verá reflejado en un mayor porcentaje en las finanzas de la organización, por lo tanto, se hace más relevante implementar políticas de eficiencia energética en organizaciones con alta dependencia de la energía. Todos los sectores de la economía tienen un consumo de energía que variara de sector a sector en la cantidad y tipo de energía utilizada como energía final. En Colombia el 58% del producto Interno Bruto es consecuencia del sector terciario de la economía, si bien este sector representa cerca del 6% de la matriz de consumos sectorial representados con 71 PJ de energía, con lo cual se podría catalogar como de bajo consumo energético. De acuerdo con la UPME, los consumos energéticos en el sector terciario tienen los usos distribuidos en: Fuerza motriz 4%, Iluminación 24%, Refrigeración 32%, Electrónicos 11%, Calor indirecto 18% y calor directo 11%(UPME, 2019, pp.12 y 14).

Debido a que el mayor energético usado en este sector es la energía eléctrica, es entonces el energético de mayor relevancia para su análisis en el sector terciario, dependiendo claramente del negocio del sector terciario que se quiera analizar. En el caso de esta propuesta de trabajo se plantea el sector comercial y de oficinas, por lo tanto, en este caso el uso energético es 100% la electricidad. Debido a la importancia de la energía en los diferentes sectores y negocios, la UPME plantea con su plan PROURE cambios tecnológicos y oportunidades de ahorro económico al realizar inversiones en renovaciones tecnológicas, buscando aumentar la eficiencia energética y rentabilizando los negocios. Estos cambios tecnológicos pueden ser los de mayores especificaciones en Colombia o en el mundo, teniendo resultados diferentes. Si se utilizara la mejor tecnología disponible localmente se alcanzarían ahorros globales de 18288 TJ equivalentes a 742 M USD, si por el contrario se utilizara tecnología de punta se lograrían ahorros de 30490 TJ equivalentes a 1253,5 M USD. Independiente de la tecnología los mayores ahorros se verían en la refrigeración, iluminación y electrónicos. (UPME, 2019)

Dado que esta propuesta está enfocada en el sector comercial y de oficinas cabe resaltar que la ubicación de este sector se da en edificaciones y por lo tanto se focaliza el análisis a estos espacios. Dentro de las propuestas de mejoramiento energético desde una visión local se busca la reducción de consumos energéticos como se puede observar en el plan PROURE para mejorar la competitividad, mientras por lo tanto analizar los espacios asociados a este sector es importante para Desde finales de los años 90s posterior a la firma del protocolo

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

de Kyoto, en el mundo comenzaron a registrarse certificaciones para los inmuebles que fueran construidos de forma sostenible, con un manejo eficiente de los recursos y que tuviesen una baja huella de carbono. LEED, HQE, BREEAM, EDGE, son los principales certificados existentes. El certificado que mayor relevancia a alcanzado en todo el mundo ha sido LEED, expedido por el *Green Building Council*. El cual tiene diferentes niveles de certificación de acuerdo a unos puntajes que califican a la edificación en: Sitio sostenible, Eficiencia del Agua, Energía y Atmosfera, Materiales y Recursos, Calidad del aire interior e Innovación y Diseño. En Colombia, el 19% de las edificaciones nuevas diferentes a la vivienda están en proceso o cuenta con alguna certificación sostenible, particularmente en comercio y oficinas. Además, se ve un avance paulatino desde cuando se comenzaron las certificaciones en el 2010 hasta el 2020, año en el que el 42% del área licenciada fue certificada con alguno de los estándares. Con lo cual el aumento en la eficiencia energética en edificaciones certificadas es una muestra de que la mejoría en la eficiencia energética esta al alza en las construcciones en Colombia. (CCCS, 2021)

Adicionalmente para las instalaciones nuevas en Colombia con la resolución 549 de 2015 expedida por el ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio, expide las exigencias de ahorro de agua y energía discriminando por el tipo de edificación y el clima en el cual se encuentre la edificación donde los ahorros van desde 10% hasta 45%, adicionalmente la NTC 6112 “Etiquetas Ambientales Tipo I. Sello Ambiental Colombiano Criterios Ambientales para Diseño y Construcción de Edificaciones Sostenibles con uso diferente a Vivienda” con fecha de marzo 2016. Todas son herramientas que aportan a la eficiencia energética para las nuevas construcciones. En el sector de las antiguas edificaciones no se encuentra información relacionada con exigencias, pero si estímulos tributarios como lo son la Resolución 000196 de 2020, la cual excluye tributaciones y excepciones de IVA para proyectos de eficiencia energética que se desarrollen en Colombia (UPME, 2016).

Este proyecto busca por medio de la implementación de tendencias tecnológicas y de planes de mejoramiento energético, generar un plan de mejoramiento energético dividido por etapas temporales aumentar la eficiencia energética de un edificio de oficinas existente y convertirlo en un edificio más sostenible desde una perspectiva de menor dependencia de recursos energéticos y por lo tanto reducción de los gastos asociados a este rubro.

El edificio de interés al cual se pretende realizar el análisis técnico de actualización tecnológica es el Edificio del Café, ubicado en el centro de la ciudad de Medellín, este cuenta con 36 niveles y 160 m de elevación, es un edificio insignia de la ciudad de Medellín construido en el año 1975 por la Federación Nacional de Cafeteros. En el momento de su construcción se utilizaron las ultimas tendencias constructivas y los materiales de mejores especificaciones de la época, además de contar con equipos de altas especificaciones para el año de la instalación de los equipos electromecánicos para elevación, bombeo y refrigeración. Actualmente es un edificio de oficinas de diversos sectores con diversos propietarios. Debido a los incrementos en los precios de la energía y al porcentaje del rubro

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

de recaudo que abarca el ítem del suministro de agua y energía, de acuerdo a la administración es cercano al 40%, la copropiedad ha venido desarrollando alrededor de 10 años atrás, renovaciones en pro del mejoramiento del desempeño energético.

El estudio de tendencias y tecnologías aplicables para mejorar la eficiencia energética para el edificio objeto de estudio para un posterior análisis de implementación, realizando un plan de renovación por etapas y buscando alternativas de financiación o de alianzas por medio de contratos PPA es el desarrollo de esta propuesta de trabajo. Para tal objetivo se cuenta con información de las renovaciones tecnológicas realizadas en el pasado además de un histórico de consumos energéticos y precios de la energía mensuales desde el año 2014 por medio de 3 medidores que censan los consumos de toda la edificación contando las áreas públicas y privadas. Además de los planos eléctricos originales de construcción.

Para cumplir con lo planteado se presentan los objetivos que se desarrollarán en el transcurso de esta monografía.

1.1 Objetivo General

Establecer un análisis técnico de la actualización tecnológica y sostenibilidad de acuerdo a parámetros de certificación de sellos verdes para edificaciones comerciales de oficinas existentes en Medellín.

1.2 Objetivos Específicos

1. Seleccionar la tendencia de ahorro energético de edificios verdes que permita aplicar un estudio de caso en el edificio del café.
2. Caracterizar y recopilar información de la instalación de la edificación objeto de estudio.
3. Propuesta de actualización tecnológica y de la sostenibilidad de una edificación de oficinas.

Para el cumplimiento de los objetivos se desarrollan diferentes secciones para dar claridad de los resultados esperados:

Marco Teórico: Se dan las herramientas que servirán de eje para el desarrollo de los objetivos, definición de edificio verde, es una de las motivaciones del desarrollo de la propuesta posteriormente la descripción de la matriz de energía eléctrica de Colombia como el ahorro energético puede beneficiar en la reducción de emisiones y así en acercarse

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

a ser más sostenible. La Normatividad y entes de control relacionada a planes de gestión energética o de acercamiento a edificaciones sostenibles, como eje central las tendencias de implementación de ahorro energético en edificios verdes donde se describen las tendencias tecnológicas de implementación en edificios, esto acompañado de las propuestas presentadas por el plan PROURE y finalmente la evaluación de proyectos energéticos como una herramienta para vender o comercial este tipo de iniciativas que buscan ahorros económicos y beneficios ambientales.

Metodología: La metodología desarrollada toma las tendencias implementadas en sistemas eléctricos, posteriormente se realiza una caracterización de la información disponible de la instalación y finalmente se realiza un plan por etapas para ejecutar la renovación del sistema eléctrico.

Resultados y discusión: Se desarrollan los objetivos de manera independiente, tendencias de implementación en sistemas eléctricos, caracterización de la edificación y del sistema eléctrico, propuesta de renovación tecnológica.

Conclusiones y trabajos futuros. Se brindan las conclusiones del trabajo realizado, herramientas o información necesaria que pudo servir para profundizar en la elaboración de la propuesta y el trabajo futuro que podría realizarse ampliando la visión de todos los sistemas de la edificación para mejorar la eficiencia energética.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

2. MARCO TEÓRICO

2.1 EDIFICIOS VERDES

Los edificios verdes se identifican como aquellos que en su fase de diseño, construcción y operación tienen herramientas que les permiten reducir los impactos negativos debidos a su construcción y operación, preservando las fuentes naturales, además de crear entornos positivos agradables para los habitantes. Para caracterizar a una edificación como verde se cumplen con estas características: (COUNCIL W. G., s.f.)

- Uso eficiente de la energía y el agua.
- Uso de fuentes renovables de energía.
- Medidas de reducción de residuos, reuso y reciclaje.
- Buena calidad de aire al interior.
- Uso de materiales no tóxicos y sustentables.
- Consideraciones del ambiente en el diseño, construcción y operación.
- Consideraciones de la calidad de vida de los ocupantes.
- Un diseño que permita la adaptación de un ambiente cambiante.

Los edificios verdes son aplicables a todos los tipos de edificaciones, no obstante, no son una réplica uno del otro pues existen variables que dependen de las condiciones climáticas, económicas, sociales, arquitectónicas y la antigüedad de la edificación. (COUNCIL W. G., s.f.)

La relevancia de la concepción de edificaciones en verdes subyace en el impacto ambiental y de generación de emisiones de CO_2 , que conllevan estos proyectos tanto en su etapa constructiva hasta su etapa operativa, la cual puede tener una duración de muchas décadas con lo cual cualquier reducción en los impactos negativos tiene implicaciones en un largo periodo de tiempo (González et al., 2021).

Diferentes agremiaciones como: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), Consejo de edificios verdes de Estados Unidos (USGBC), Establecimiento de Investigación de Edificios (BRE), Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), entre otras, han creado estándares para calificar las edificaciones y otorgar sellos de sostenibilidad. Certificaciones como LEED, BREAM, *Energy Star* son categorizadas de acuerdo al nivel de sostenibilidad que busquen los propietarios y constructores, donde se evalúan diferentes ítems y se les pondera para certificar como una edificación sostenible. Este proceso depende en gran medida del capital disponible de los propietarios pues eleva los costos de diseño, construcción por los materiales utilizados con menor huella de carbono y operación por los equipos utilizados de mayor eficiencia.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Sin embargo, hoy existen edificaciones como: Banco de la República de Bogotá, Bancolombia sede principal, edificio centro Coltejer en Medellín, Supermercados Éxito de San Antonio, entre otros que buscan en su etapa operativa ser sostenibles y reducir sus consumos energéticos, pueden o no optar por una certificación que puede dar más visibilidad, pero aplicando alguno de los estándares de gestión energética ya sea los planteados para obtener un certificado de edificio verde, aplicación de la ISO 50001 o auditorias energéticas se busca reducir los consumos energéticos y ser un edificio más sostenible.

En Colombia se han realizado proyectos que buscan una mayor sostenibilidad en los edificios, pero han sido intereses particulares, las políticas de eficiencia energética en edificaciones han comenzado recientemente con la expedición del artículo CONPES 3919 del 2018 (Social, 2018): Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, que ha generado las pautas para generar definiciones y creación de la política energética para aumentar la implementación de construcciones sostenibles no solo para unos pocos particulares. Las resoluciones de la UPME tales como 196 y 203 que ofrecen beneficios tributarios para proyectos de eficiencia energética (UPME, RESOLUCIÓN N°000196 DE 2020, 2020) e implementación de fuentes renovables de energía (UPME, RESOLUCIÓN N°000203 DE 2020, 2020) entregan un panorama de gran potencial de implementación de estos proyectos en las edificaciones existentes y motivar a los constructores de las nuevas de las edificaciones a implementar tecnologías y metodologías para concebir edificios más sostenibles.

2.2 MATRIZ ENERGÉTICA COLOMBIANA

Una matriz energética es la composición de tecnologías por medio de las cuales se genera energía eléctrica, la composición de las tecnologías utilizadas definirá las implicaciones ambientales, es decir que de acuerdo a la fuente que se utilice para la generación de electricidad variarán las emisiones, y por lo tanto proyectos de eficiencia energética tendrán una equivalencia distinta para realizar un análisis de ahorro en emisiones de CO_2 . Adicionalmente es también el costo económico del kWh que de acuerdo a la fuente utilizada tendrá un mayor o menor valor.

Para el caso colombiano se cuenta con una matriz energética con un alto porcentaje hidroeléctrico basado fundamentalmente en centrales de generación de energía hidráulica. A continuación, se describe la matriz energética eléctrica de acuerdo con el operador XM, para abril del 2022.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 1 Capacidad Instalada de acuerdo al tipo o fuente de energía en la matriz de generación eléctrica de Colombia.

TIPO/FUENTE DE ENERGÍA	CAPACIDAD EFECTIVA NETA (MW)
COGENERADOR	192,5
EÓLICA	18,42
HIDRÁULICA	11946,74
SOLAR	147,08
TÉRMICA	5468,74
CAPACIDAD TOTAL EFECTIVA NETA	17773,48

Nota: tomado de <http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad> PARATEC, abril 2022.

De acuerdo a la información presentada se tiene un alto porcentaje de potencia hidráulica, la cual en su etapa operativa es libre de generación de emisiones de gases de efecto invernadero, primordialmente Colombia opera con este tipo de centrales, sin embargo, debido a factores como el fenómeno del niño donde existen reducciones en los niveles de los embalses, la operatividad del sistema cambia y existe una alta generación térmica en esos periodos.

La generación de energía eléctrica es más limpia cuando la conversión a electricidad se realiza por medio de procesos que implican una menor generación de emisiones de CO_2 , de acuerdo a la matriz energética de donde proceda esa electricidad tendrá un mayor impacto negativo en el calentamiento global. Es por tanto que los países clasifican su matriz energética con un factor de emisiones por kWh generado. Para el caso colombiano se tiene que para el año 2020 para proyectos de mecanismo de desarrollo limpio el factor de emisiones fue de $0,385 \text{ ton}CO_2/MWh$, es decir que a la hora de realizar un análisis de emisiones de CO_2 debido a resultados obtenidos por planes de eficiencia energética o de implementación de generación distribuida con fuentes limpias, se utiliza este factor de acuerdo a la energía ahorrada, evitada o generada por medio de fuentes renovables, para calcular las de emisiones evitadas al medio ambiente debidas a la generación de electricidad. (XM & UPME, 2020)

2.3 NORMATIVIDAD Y ENTES DE CONTROL

A continuación, se presentan una serie de normatividades, reglamentaciones, resoluciones y certificaciones existentes en Colombia que busca la implementación de políticas

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

energéticas y planes de gestión de la energía para un acercamiento a una edificación verde, o son parte integral de un plan de certificación para una edificación con sello verde.

CONPES 3919 de 2018: Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, se reconoce la importancia de incorporar y promover criterios de sostenibilidad en edificaciones de todo tipo de uso, nuevas y usadas durante todo su ciclo de vida, inclusión de criterios de sostenibilidad en las edificaciones y la creación de mecanismos de incentivos económicos.

UPME 203 de 2020: Resolución UPME, que establece los requisitos y procedimientos para acceder a los beneficios tributarios en inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de FNCE: fuentes no Convencionales de Energía.

UPME 196 de 2020: Resolución UPME, que establece los requisitos y procedimientos para acceder a los beneficios tributarios de descuento de impuestos de renta, deducción de renta y exclusión de IVA para proyectos de gestión eficiente de la energía.

Para la aprobación de alguno de estos beneficios de acuerdo a la resolución UPME 203 o 196 es necesario la presentación del proyecto por parte del interesado a la ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, para su posterior aprobación por parte de la UPME.

RETIQ de 2015: Reglamento Técnico de Etiquetado, establece por medio de etiquetas que informen sobre el desempeño de los equipos que usan energía eléctrica y gas combustible en términos de consumo energético e indicadores de eficiencia para fomentar el Uso Racional y Eficiente de la Energía URE.

PROURE: El Plan de Acción Indicativo del programa de Uso Racional de Energía para el periodo 2022-2030. La UPME por medio de este documento establece las metas indicativas de eficiencia energética para el país.

LEED: Liderazgo en diseño ambiental y energía (Leadership in Energy and Environmental Design)

Es un estándar para certificación de edificaciones verdes, es de cumplimiento voluntario desarrollada por el Concejo de Edificios Verdes de Estados Unidos (USGBC: US Green Building Council), evalúa el rendimiento ambiental de todo el edificio teniendo en cuenta todo el ciclo de vida (diseño, construcción, mantenimiento y desmonte). La certificación puede tener varios niveles con una base de 100 puntos: Certificado (40 a 49 puntos), Silver (50 a 59 puntos), Gold (60 a 79 puntos), Platinum (80 puntos o más).

BREEAM: Método de evaluación y certificación de la sostenibilidad en la edificación (Building Reserch Establishment's Environmental Assessment Method). Es una metodología de evaluación y certificación de edificios sostenibles. Su implementación se refleja en reducciones de 50 a 70% en el consumo energético y 40% en el consumo de agua. La

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

implementación de estas certificaciones aumenta el valor de los inmuebles en un 7,5 % y la ocupación en un 3% y 3,5%.

ISO 50001: La norma desarrolla un estándar para un Sistema de gestión y manejo eficiente de la energía, buscando la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y disminución de los costes de operación por el uso de la energía. Es aplicable a todo tipo de organización y busca estar enlazada con otras normas de la ISO como lo es la ISO 9001: Sistema de Gestión de Calidad.

2.4 TENDENCIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE AHORRO ENERGETICO EN EDIFICIOS VERDES

Los edificios sostenibles implican una variedad de ítems los cuales han sido definidos por organizaciones como la *GREEN BUILDING COUNCIL*, la cual tiene estandarizados lineamientos para la certificación de edificaciones con sello verde o sostenibles (COUNCIL W. G., s.f.), no obstante, el ítem que se desarrolla a lo largo de este proyecto está enfocado en el uso eficiente de la energía y en la implementación de fuentes no convencionales de energía para una edificación existente lo cual abarca 2 de los ítems dentro de lo considerado en un edificio verde o sostenible.

El uso eficiente de la energía en edificaciones trae el termino: edificio de energía neta cero: NZBE en inglés: Net Zero Building Energy, es decir un edificio que busca reducir su dependencia energética externa por medio de la eficiencia energética y con ayuda de fuentes propias de generación de energía. Esto nace con el aumento en el consumo de energía de las edificaciones y las emisiones de CO_2 asociadas a ese consumo debido a la implicación que tienen los combustibles fósiles en la generación de energía y tiene su inicio a comienzos de 1970 con la creación de la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos, luego de la crisis del petróleo (Omrany et al., 2022).

Muestra de la relevancia del término se evidencia en que los edificios son responsables de cerca de un tercio del consumo global de energía y de un cuarto de las emisiones generadas de CO_2 , donde esta cifra incluso es proporcionalmente más grande en países con mayores consumos energéticos como Rusia, UE, US y Japón. (González-Torres, et al., 2021)

Las tendencias en investigación e implementación de edificios para ser de red cero de energía ha venido evolucionando desde el inicio del término en la década de los 90s hasta la actualidad. Donde se ha ampliado la perspectiva y se han diversificado las líneas de estudio para afrontar esta temática. (Omrany et al., 2022)

El proceso de investigación y aplicación en referencia a los edificios de energía neta cero se ha dividido en 3 etapas temporales donde han ampliado las perspectivas en el análisis

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

investigativo: Un primer periodo (1995-2005), Segundo periodo (2006 – 2015) y tercer periodo (2016 – 2022).

Las Características de cada periodo son (Omran et al., 2022):

- **Primer periodo 1995 – 2005**

El primer periodo se caracterizó por ser el pionero, el proceso investigativo se centró en 2 ítems:

Impactos Ambientales y Edificios Verdes.

En estos temas se buscaba obtener edificaciones de alto rendimiento energético y que además tuviesen fuentes de generación de energía, aunque aún no eran muy maduras estas tecnologías de generación de energía no convencional, esto con el fin de reducir los consumos de energía y reducir los gases de efecto invernadero debido a la generación de energía.

Por lo tanto, temas como células solares, materiales para la construcción e impactos ambientales fueron las temáticas que llevaron esta primera década.

- **Segundo periodo 2006 – 2015**

El segundo periodo estuvo macado en primer lugar por el comienzo a nivel global del interés de la transición de edificios de energía neta cero, en gran medida por el alto interés de los efectos adversos en el ambiental debido a las acciones humanas. En este periodo muchos países trazaron sus lineamientos normativos para realizar su transición energética en estos edificios, donde se reglamentaban aspectos constructivos y de eficiencia energética para las edificaciones, cabe resaltar que estos cambios se realizaron en países pertenecientes a la OECD.

- **Tercer Periodo 2016 – 2022**

El tercer periodo estuvo enmarcado con el Acuerdo de Paris celebrado en 2015, en el cual los países se comprometieron a limitar el aumento global de la temperatura en 2°C por medio de la reducción de emisiones contaminantes.

Las edificaciones existentes tienen dentro de sus retos la identificación de potenciales que generen reducción de la demanda energética, siendo viables económica y técnicamente sin obstaculizar el normal desarrollo de las actividades cotidianas. Estos potenciales son identificados por medio de una auditoría energética, posteriormente se verifican los riesgos e impactos, un posterior análisis económico de las reformas y finalmente un seguimiento de las intervenciones realizadas.

Se sigue entonces con este plan de trabajo (Rojas, 2016):

- Definir alcance del proyecto
- Diagnóstico y auditoría energética
- Identificación de potenciales de mejora
- Implementación de mejoras

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Seguimiento

Dentro del plan de trabajo está la auditoría energética la cual hace parte de un Sistema de Gestión de la Energía. Este sistema implica de actividades como lo son: Obtener indicadores de desempeño, variables críticas, sistemas de control y monitoreo, diagnóstico energético, planes de mejoramiento, sensibilización y toma de conciencia, documentación y auditoría interna. Por medio de la auditoría energética se puede desarrollar el sistema de gestión de la energía, sin antes mencionar que la auditoría energética implica una planeación, creación de comité dentro de la organización, selección de equipo auditor, agenda de trabajo, recolección y análisis de información, diagnóstico energético, recomendaciones y plan de mejoramiento (Rojas, 2016).

Los pasos referentes a la recolección y análisis de la información, son los pasos prácticos no reemplazables, con los cuales se pueden generar propuestas de mejoramiento, con estos insumos se pueden aplicar metodologías para plantear esas soluciones.

Se utilizan entonces metodologías para el análisis de la información recopilada, no todas las metodologías son iguales, pueden depender de la ubicación geográfica, temperatura promedio del entorno, vejez del edificio, altura, usos y número de ocupantes. Algunas metodologías pueden ser:

- Por medio del estado base del sistema y conociendo consumos energéticos iniciales se consigue por medio de la ayuda de softwares como: TOBUS, RETScreen o de eficiencia energética realizar el análisis de los resultados de implementar las propuestas de mejoramiento energético (Rojas, 2016).
- Otra metodología es por medio de la comparación de los resultados obtenidos con una edificación similar, en este caso pueden variar los resultados de consumo, operación y potencial de ahorro.
- Auditoría para edificios existentes integrados con los protocolos LEED. Dentro de los criterios establecidos están: tamaño de la edificación, características de los sistemas, consumos eléctricos, mediciones de consumos, sistemas de monitoreo, listas de chequeo, hojas de cálculo, resultados previstos, tiempo de ejecución estimado y costos. (COUNCIL U. G., s.f.)
- Guía para elaborar un diagnóstico energético en inmuebles: Adquisición de la información general del inmueble, funcionalidad y características, inventario de equipos de uso final de energía. Se propone formatos de toma de información (Rojas, 2016).
- Otra metodología es la implementación de un sistema cíclico de revisión periódica, donde continuamente se están analizando las propuestas de mejoramiento

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

energético aplicadas. En un primer paso recopilar de información de equipos y horarios de operación, en segundo lugar, la adquisición de datos de consumo energético en diferentes puntos y con diferentes rangos de tiempo, en tercer lugar, cálculo de indicadores para identificar potenciales o mala gestión energética para finalmente generar continuamente propuestas para aumentar la eficiencia. Este procedimiento realizarlo periódicamente. (ALIS RESTREPO, 2014)

- La norma internacional ISO 50001 es otra metodología de gestión de sistema de la energía, es aplicable a cualquier organización sin importar su tamaño, ubicación geográfica, condición social y cultural. A partir de esta la organización puede desarrollar un sistema de gestión de la energía donde se involucren todos los niveles de la organización, pero especialmente la alta dirección. Se apoya en la metodología de trabajo del círculo Deming o PDCA, Plan - Do – Check - Act (Planificar – Hacer – Verificar - Actuar). (ALIS RESTREPO, 2014)
- ENERGY STAR, es un programa de la agencia de protección ambiental de Estados Unidos con el objetivo de promover productos eléctricos de uso eficiente, a partir de la actualización de la política Energética de Estados Unidos en 1992. La guía de gestión de la energía propone los siguientes pasos: Compromiso con la mejora continua, Conformación del equipo, Declarar política Energética, Evaluación del desempeño energético, Establecer objetivos, Crear un plan de acción, Implementar plan de acción, Evaluar el progreso, Reconocer los logros alcanzados. (ALIS RESTREPO, 2014)
- BREEM, es un método de evaluación y certificación de sostenibilidad de una edificación. Tiene diferentes parámetros de evaluación para emitir el certificado de sostenibilidad, dentro de los parámetros de evaluación está el de Energía: Donde se mide la eficiencia energética a través de simuladores o históricos de consumo, también incluye la medición de la huella de carbono. Generando veintiún puntos posibles del total de la evaluación de la edificación. (BRE, s.f.) (ALIS RESTREPO, 2014)

En el caso de las certificaciones se evidencia que la implementación de estas aumenta la ocupación de la edificación, los costos de la propiedad y aumento del valor en el sector donde están ubicadas estas edificaciones, por lo tanto, es una motivación adicional en la implementación de estas prácticas. (ALIS RESTREPO, 2014)

Posterior a la selección de la metodología de gestión energética que se aplique, el auditor o quien realice el diagnostico, debe a partir de la información con la que disponga sugerir propuestas para el mejoramiento energético, que sean comprobadas y con las cuales el cliente este de acuerdo tanto por la connotación ambiental, económica o arquitectónica, a continuación se presentan algunas propuestas de mejoramiento del desempeño energético, diferentes estrategias que contribuyen a su aumento, se señalan entonces los

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

siguientes ítems que se pueden desarrollar para edificaciones existentes o para nuevas edificaciones:

- Envolvente del Edificio
- Sistema Mecánico
- Sistema Eléctrico
- Fuentes Renovables de Energía
- Mejoramiento en la administración de la edificación.

Algunas de las medidas tienen una relación costo beneficio favorable mientras que otras no, por lo tanto, aunque todas las medidas se dirigen a mejorar la sustentabilidad del edificio depende del cliente que las propuestas pueden ser más atractivas.

Envolvente del Edificio: Tienen el propósito de aislar térmicamente el ambiente al interior de la edificación con el exterior, con esto se pretende que el ambiente confortable generado al interior del edificio representado por el aire frío o caliente generado por los equipos de climatización no sea perdido o entregado al exterior por los muros, techos o ventanas. Las metodologías más usadas es la utilización de materiales aislantes en la envolvente, *External Thermal Insulation Composite System (ETICS)*, al aumentar el espesor de estos materiales aislantes se pueden lograr reducciones de hasta un 40% en el consumo de energía (Gonzalo & Bovea, 2017), el costo lo define fundamentalmente la complejidad de la fachada. Adicionalmente el reemplazo de antiguas ventanas por nuevas ventanas con coeficientes de transferencia de calor menores, esta metodología, aunque con un alto impacto en los ahorros energéticos tiene retornos de inversión superior a los 20 años. (Dall'O', 2013)

Sistema Mecánico: En el sistema mecánico se incluye los equipos de refrigeración y bombeo, allí se incluyen medidas como el reemplazo de los antiguos Chillers por equipos más eficientes y ambientalmente más sostenibles que utilizan refrigerantes de menor impacto ambiental, aquí la inversión puede ser recuperada en un tiempo superior a los 10 años. Revisar el correcto aislamiento térmico de las tuberías del sistema de distribución de agua fría y de ventilación, esto se puede verificar por medio de una auditoría infrarroja para determinar posibles pérdidas en las redes, esta aplicación puede tener ahorros potenciales entre un 20 y 40%, pero recuperación de la inversión superior a los 20 años.

Los sistemas de bombeo de alta eficiencia en reemplazo por sistemas de bombeo antiguos ineficientes, esto se puede traducir en ahorros del consumo de energía eléctrica consumida del 80%, para esto se realizan reemplazos de las bombas por motores de mayor eficiencia y el uso de variadores de velocidad que ajustan las condiciones del motor para que este se adapte a las condiciones de operación y no trabaje continuamente bajo condiciones nominales. (Dall'O', 2013)

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Sistema Eléctrico: La corrección del factor de potencia es una medida que contribuye a la reducción por pérdidas de corriente por efecto joule y evitar el pago de sanciones del operador de red por limitar la transferencia de potencia por las redes eléctricas, es una medida necesaria y en mayor medida teniendo presente la resolución CREG 015 de 2018 donde se vuelve de obligatoria instalación la compensación capacitiva adecuada. Los motores de alta eficiencia, los sistemas de variación de velocidad y el correcto dimensionamiento de máquinas eléctricas como motores y transformadores son elementos clave en la eficiencia energética del sistema eléctrico, un motor de una eficiencia del 95% cuando opera a plena carga puede bajar su eficiencia si su carga baja al 10%, por lo tanto, los ahorros en un motor sobredimensionado pueden ser entre el 10 y 50% si este es reemplazado por uno que cumpla con la carga nominal requerida. (Dall'O', 2013) Si se tiene un motor sobredimensionado de alta potencia este en un corto periodo de tiempo por pago de energía podría superar el costo inicial del equipo (Rojas, 2016).

El reemplazo del sistema de iluminación por uno de características de alta eficiencia y rendimiento energético, la tecnología más madura es la LED: Light Emitting Diode, donde se tienen luminarias de altas especificaciones tanto para el confort que brinda por la luz como por la reducción en la generación de calor si se compara con luminarias halógenas. El ahorro generado por el reemplazo de luminarias puede ser hasta del 80% del consumo eléctrico debido a la iluminación. (Dall'O', 2013)

Fuentes Renovables de Energía: La instalación de un sistema solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica, ubicado en zonas amplias con alta radiación y sin sombras, esta tecnología debido a sus mejoras tecnológicas y reducción abrupta de costos se ha convertido en una alternativa de alto potencial de incorporación en instalaciones de alta consumo energético con recuperación de la inversión inferior a los 6 años y con opción de que la instalación del sistema sea realizada por medio de modelos de venta de energía como un PPA. (Dall'O', 2013)

Mejoramiento en la administración de la edificación: Instalación de Timers, esto consiste en sistemas automáticos de apagado de dispositivos que evitan el consumo de energía de dispositivos críticos que no son requeridos, aunque el apagado se realiza de forma manual, por olvidos se puede incurrir en consumos innecesarios. (Dall'O', 2013)

2.5 PROURE

Colombia con el fin de mejorar la competitividad en la producción y con el fin de garantizar la asequibilidad de energía para todos los habitantes teniendo en cuenta factores de crecimiento en la demanda expide el Plan de Acción Indicativo: Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PROURE). Allí plantea las acciones que deberían ser tomadas en los diferentes sectores de consumo de energía final del país, evaluando los potenciales de ahorro energético y económico. Esto teniendo en cuenta que la eficiencia energética del

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

país es del 31% lo que indica un alto potencial de incremento en la eficiencia si se toman las acciones acertadas. (UPME, PROURE, 2022)

En el sector de las edificaciones sostenibles y sector terciario se identifican potenciales de incremento en la eficiencia, en el sector terciario se tiene una energía útil del 33%, esto teniendo en cuenta que el 73% del energético es la energía eléctrica. Para el caso de las construcciones existen 2 estrategias: La pasiva hace referencia a la envolvente del edificio y al diseño bioclimático de la edificación. La activa por su parte con el uso de equipos, sistemas y tecnologías que demanden la menor cantidad de energía posible. De acuerdo con el plan PROURE, se tendrían mejoras de 27a 46% si se hiciera un reemplazo tecnológico por BAT: (*Best Available Technologies*) si fueran nacionales o internacionales respectivamente. (UPME, PROURE, 2022)

Dentro de la estrategia activa se divide en 2 ramales: Buenas prácticas donde se indican, la implementación de un sistema de gestión de la energía como lo es la ISO 50001, poner a punto los equipos de refrigeración revisando fugas y aislamiento térmico y la instalación de medidores de energía para conocer los consumos de los equipos de forma independiente. El segundo ramal se refiere al cambio tecnológico, renovación de equipos de fuerza motriz y variadores de velocidad de alta eficiencia, renovación de equipos de uso final de refrigeración, sistemas de iluminación eficientes.

A su vez en la construcción sostenible se destaca la implementación de un Sistema de Etiquetado Energético de Edificaciones: SEEE, en donde los usuarios de la edificación puedan conocer el desempeño energético de la edificación y donde las autoridades puedan monitorear el bajo desempeño energético y puedan tomar acciones para promover adecuaciones en estas instalaciones. Para esto es necesario la construcción de un reglamento técnico que estipule los procedimientos para otorgar certificaciones. (UPME, PROURE, 2022)

2.6 EVALUACIÓN DE PROYECTOS ENERGETICOS

Los proyectos energéticos en edificaciones verdes buscan aumentar la eficiencia energética y la implementación de fuentes renovables de energía, de acuerdo a las auditorías realizadas y metodologías se pueden plantear variedad de alternativas, donde la gerencia de la edificación será quien tome la decisión más conveniente de acuerdo a las metodologías económicas de evaluación de proyecto como lo son: El valor presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Tiempo de retorno de la inversión. Esto basado en las disposiciones que disponga la gerencia que pueden ser: Obtener los mayores ahorros con un presupuesto dado, Reducir los costos de energía a partir de la menor inversión posible o maximizar la inversión para reducir los costos de por vida (maximizar el ahorro). (Dall'O', 2013)

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Una de las metodologías más aceptadas para evaluación de beneficios económicos de proyectos de eficiencia energética durante su vida útil es: el Costo del Ciclo de Vida, por medio de consideraciones de los costos de inversión, mantenimiento, consumibles y otros gastos afectados por factores como la inflación, intereses, se pueden comparar varios proyectos y evaluar cual tendrá mayor beneficio económico, aun cuando uno pueda tener una mayor inversión inicial.

Independientemente de la metodología utilizada, no se puede considerar un mejoramiento de los ingresos, dado que los proyectos de actualización tecnológica o de fuentes renovables se representan en un ahorro y reducción de consumos energéticos, pero siguen siendo un gasto. (Rojas Clavijo , 2016)

Existen alternativas para la financiación de proyectos de eficiencia energética y generación de energía con fuentes no convencionales. Diferente a la relacionada con recursos propios o financiación por medio de entidades bancarias, esta alternativa son los contratos PPA (Power Purchase Agreement) en español: Acuerdo de Compraventa de Energía o Contrato de Rendimiento Energético: Energy Performance Contractors con la financiación de un tercero. Por medio de estos contratos es posible la ejecución de estos proyectos sin la necesidad de una inversión por parte del usuario final y con el incentivo de recibir los beneficios económicos y de ahorros desde el primer momento sin incurrir en inversión. Los inversionistas de estos proyectos son Compañías de Servicio de Energía (ESCO) las cuales ofrecen un amplio portafolio de servicios que incluyen: auditoria energética, diseño e implementación de proyectos de ahorro energético, almacenamiento de energía, subcontratación de infraestructura eléctrica, generación de energía, suministro de energía y administración de los riesgos.

Para el caso del contrato de rendimiento energético la empresa que ofrece el servicio tranza un valor del ahorro esperado por la edificación, esos ahorros en el tiempo representaran el costo de la inversión del proyecto y una utilidad para el inversionista. (Dall'O', 2013) En el caso de las PPA, se tranza un valor de energía por debajo del comercializado por la empresa de servicio tradicional de energía con lo cual la energía generada por el sistema energético (Solar Fotovoltaico) tendrá un costo inferior que la tranzada directamente desde la red. Este tipo de proyectos tienen retornos de inversión de 5 a 20 años, por lo cual los contratos pueden tener variaciones de acuerdo a la inversión inicial y al tiempo de duración del contrato. (UNERGY, 2021)

La actualización de edificaciones para ser más sostenibles no solo es importante desde el punto de vista de reducción de emisiones de efecto invernadero, por las implicaciones en la generación de energía eléctrica, es relevante también debido a los incrementos constantes en el precio de la energía con lo cual no solo hay mayores costos asociados a la factura eléctrica por el incremento del precio del kWh en bolsa, sino por representar una

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

oportunidad en generar valor agregado en la propiedad generando mayor interés en la misma para ser ocupada además de representar un aumento en el precio de los inmuebles.

Los proyectos de eficiencia energética y energías alternativas, aunque representan un gasto pues no se generan ingresos, debido a las políticas colombianas que buscan impulsar tecnologías más eficientes y limpias, promueven por medio incentivos financieros impulsar a las edificaciones a que planteen este tipo de proyectos.

Los proyectos de iniciativa privada que por medio de PPA son otra alternativa, que facilita aún más la implementación de un proyecto sin incurrir en gastos considerables por parte de los propietarios. Es por tanto que independiente de la metodología, financiación y tiempos de ejecución, un sistema de gestión de energía para renovación de tecnologías e implementación de energías alternativas se hace un tema de primer nivel para la competitividad de las edificaciones de hoy en día.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3.METODOLOGÍA

En primer lugar, se selecciona la metodología de implementación para sistema de gestión de la energía, de acuerdo con la información disponible en el momento de ejecución de este trabajo, no obstante, se planteará dentro del plan final, actividades necesarias previas para poseer mayor información y así poder brindar soluciones con mayor nivel de detalle. El sistema de gestión seleccionado incluye un encuentro con la administración de la edificación donde se planteen las necesidades hasta ahora percibidas en materia de gestión eficiente de la energía, objetivos trazados y limitaciones económicas o jurídicas. Además de información de inversiones realizadas en materia de renovación tecnológica, así como facturas de energía con las que disponga la edificación. Una segunda visita técnica donde se puedan conocer los operadores del sistema, las instalaciones de la edificación y se tenga acceso a planos de la instalación. A partir de estos datos iniciales se plantea entonces realizar un comparativo con soluciones energéticas realizadas en otras edificaciones de similares características y describir el potencial de mejoramiento en la edificación mediante un plan de ejecución de proyectos por etapas.

Posterior a este levantamiento de información se plantean las soluciones tecnológicas de mayor viabilidad en la edificación para buscar que el edificio sea más sostenible , estas soluciones involucran en primer nivel las que implican un mayor retorno de la inversión y mejor relación costo beneficio, estas son las relacionadas al sistema eléctrico de la edificación, allí se incluyen: el sistema de alimentación principal, los transformadores eléctricos, las acometidas eléctricas y las diferentes cargas eléctricas de uso final. Debido a que la instalación es una copropiedad solo se asumirán reformas o cambios tecnológicos relacionados a las zonas comunes de la edificación, los consumos privados serán excluidos del análisis y solo se asumirán recomendaciones que puedan afectar a toda la instalación en conjunto.

Posterior al acercamiento con la edificación donde se proporciona información relacionada a la organización y a proyecciones de inversión que se tienen establecidas, se realiza un levantamiento de las diferentes instalaciones de la edificación, así como documentación relacionada con planos de redes eléctricas con que se dispongan, además de las ultimas facturas del servicio de energía eléctrica consumida por la copropiedad.

Con esta información se caracteriza la edificación en términos de los equipos eléctricos utilizados, ubicación de las subestaciones, espacios disponibles, evolución del consumo eléctrico en el tiempo y evolución del precio facturado de energía.

Finalmente, y conociendo las características principales del edificio de estudio, entorno a los sistemas eléctricos inmersos en el sistema, a la evolución del consumo eléctrico y a los cambios realizados se plantea la propuesta de actualización tecnológica del edificio.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Esta se basa en las tendencias implementadas en edificios verdes para el sistema eléctrico, buscando la mayor reducción de los consumos eléctricos del edificio obteniendo el mayor tiempo de inversión posible. Debido a los desarrollos realizados por la edificación y evidenciando las reducciones en el consumo eléctrico facturado, se traza un plan de renovación por etapas, el cual concluye con el activo más importante del sistema eléctrico de uso final: El transformador.

Es decir, se plantean cambios previos en el sistema para garantizar reducciones en los consumos y en la implementación de energías renovables, con estas reformas se busca reducir aún más la capacidad instalada de los equipos de consumo eléctrico por medio de la renovación de los mismos por equipos con iguales especificaciones, pero mejores desempeños energéticos. Así al finalizar estas reformas poder determinar posibles renovaciones de los transformadores con capacidades que se ajusten a la demandada en un escenario de recambios previos de los equipos de uso final.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 TENDENCIAS DE METODOLOGIAS PARA EDIFICIOS VERDES

Las tendencias actuales de las metodologías propuestas para edificios verdes en términos eléctricos se basan en implementar inicialmente un sistema de gestión de la energía que permite dar soluciones energéticas para el mejoramiento de la edificación y posterior a esto se une a una metodología basada en la implementación de mejoras tecnológicas que se pueden aplicar al edificio. A continuación, se relacionan cada una de estas metodologías.

Para la implementación del sistema de gestión de la energía, existente diferentes alternativas, estas están basadas en sistemas como la ISO 50001, certificados de edificaciones como LEED, BREEAM, además existen sistemas que, por medio de softwares estiman los potenciales ahorros, otros se basan en la recopilación de información y en mejoramiento continuos del desempeño energético de la edificación, en todos es trascendental la adquisición de la información la cual será el principal insumo de trabajo para desarrollar un sistema de gestión eficaz. El interés por parte de la organización definido en los recursos y disposición que presenten será relevante para cumplir con los objetivos del sistema de gestión.

Con respecto a la implementación de mejoras tecnológicas en edificios verdes estas pueden enfocarse en: Los Sistemas Eléctricos, sistemas Mecánicos y la envolvente de la edificación. En este caso debido a la información disponible y a que es uno de los sistemas de mayor relación costo beneficio las tendencias aquí mencionadas se enfocan en los sistemas eléctricos. Con respecto a los sistemas eléctricos estas están en dirección de abordar los nuevos sistemas de iluminación LED y el control de estos sistemas evitando su uso cuando no es necesario, la utilización de variadores de velocidad en los motores donde no es necesaria la potencia máxima de los motores en todo momento, la reposición por Motores de alta eficiencia y correcto dimensionamiento de motores y maquinas eléctricas, evitando las pérdidas de vacío o perdidas magnéticas de equipos sobredimensionados, la corrección del factor de potencia, teniendo en cuenta las sanciones económicas por la CREG 015 de 2018 que afectan las finanzas de forma radical y debido que aumentan las perdidas por efecto joule en los conductores del sistema, además de la implementación de Sistema de generación fotovoltaica que aunque no es una medida de eficiencia energética es una medida de ahorro que brinda beneficios económicos al pagar una factura menor de electricidad.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE EDIFICACIONES OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de este proyecto es el aumento de la eficiencia energética del edificio del café, este edificio desde hace aproximadamente 10 años ha venido en un proceso de

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

renovación de equipos en pro de la eficiencia y la reducción de los costos asociados al consumo de agua y energía, los cuales constituyen un 40% del total de los gastos mensuales de la copropiedad. Debido a este alto porcentaje dentro del presupuesto sus directivas se han esforzado por aumentar el desempeño energético. El edificio del café se ubica en el centro de Medellín fue construido en el año 1975 por la Federación Nacional de Cafeteros cuenta con 36 niveles y aproximadamente 160 m de altura. En su interior se alojan 103 oficinas además de 18 pisos adicionales exclusivos para albergar grandes compañías. Dentro de sus ocupantes se encuentran empresas como Bancos, Cajas de compensación, Curadurías, Call centers, abogados, contadores e ingenieros.

El único suministro de energía es por medio de la red eléctrica de EPM a excepción de una planta diesel de respaldo en caso de fallas en el suministro de la red. La edificación cuenta con 4 subestaciones eléctricas alimentadas por medio de 3 circuitos a 13,2 kV desde el sistema de distribución parrilla en el centro de Medellín, adicionalmente 1 circuito de reserva que esta interconectado para servir de suministro en caso de falla de los circuitos principales.

A continuación, se describe el sistema eléctrico de la edificación:

Se describirán las subestaciones eléctricas existentes en el edificio, de acuerdo a visitas técnicas y planos eléctricos aportados (ver Tabla 2).

Tabla 2 Subestaciones Eléctricas y cargas que alimentan, Edificio del Café.

Subestación	Capacidad	Carga Asociada
Verde, Ubicadas en el piso 21	Transformador 1: 500 kVA Transformador 2: 500 kVA 13,2 kV / 220 / 127 V	Subestación Verde 1: Ascensores 2, 3, 4, 5 Ventilación aire acondicionado pisos del 13 al 27. 2 Bombas impulsoras de agua potable para elevar agua del piso 21 al 35. Red Contra Incendio Pisos del 1 al 20 Subestación Verde 2: Pisos del nivel 13 al 34
Amarilla, Ubicada en Sótano.	Transformador 1: 400 kVA 13,2 kV / 220 / 127 V	Pisos del nivel 1 al 5 Pisos del nivel 6 al 12 Banco

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

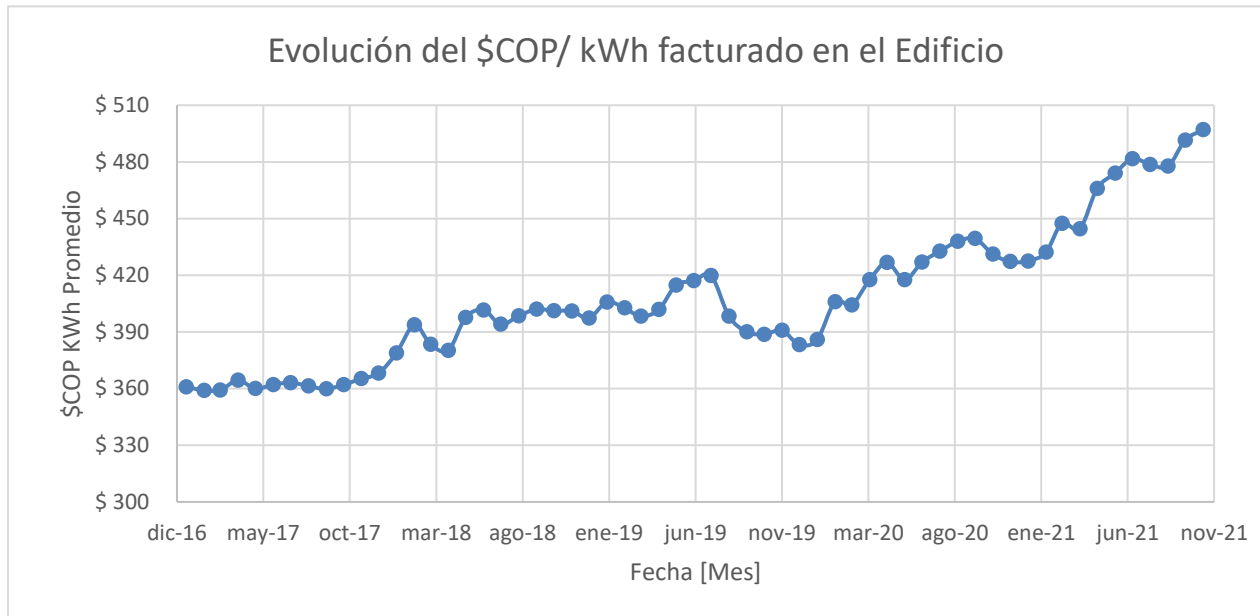
Azul, ubicada en piso 35	Transformador 1: 300 kVA 13,2 kV / 220 / 127 V	Ascensores 6, 7, 8, 9, 10 Ventiladores, extractor y bomba. Red Contra Incendio Pisos del 21 al 35
Naranja, Ubicada en Sótano 2	Transformador 1: 750 kVA Transformador 2: 750 kVA 13,2 kV / 220 / 127 V Transformador 3: 150 KVA 440 V/ 220 V/127 V Transformador 4: 50 KVA 440V /220 /127 V	Naranja Doble: Bombas de Agua Helada, Sistemas de Condensación, Unidad enfriadora N°1, Ventilador Extractor. Naranja: circuitos sótanos, ascensor 1, escaleras eléctricas, alumbrado externo, Bombas de agua y Unidad enfriadora N°2, Transformador 4 alimenta sótanos, Transformador 3 alumbrado exterior escaleras y ascensor 1.

Nota: Elaboración propia, Tomado a partir de planos Eléctricos de la edificación.

Se tienen entonces 2 transformadores de 500 kVA, 1 de 400 kVA, 1 de 300 kVA, 2 transformadores de 750 kVA, 1 de 150kVA y 1 de 50kVA. Es decir, una capacidad de transformación de 3,4 MVA, sumando toda la capacidad instalada de los transformadores originales.

La medición de la energía suministrada por el operador de red a las subestaciones se realiza por medio de 3 contadores de energía conectados para cada uno del circuito que alimentan la edificación. A su vez estos consumos se reparten en consumos de uso en zonas comunes y en zonas privadas. A continuación, se presenta la información de los consumos globales de la edificación representados en estos medidores, esto por medio de la adquisición de información de facturas de energía donde se observan evoluciones en el comportamiento de los consumos energéticos y de los precios del kWh facturado.

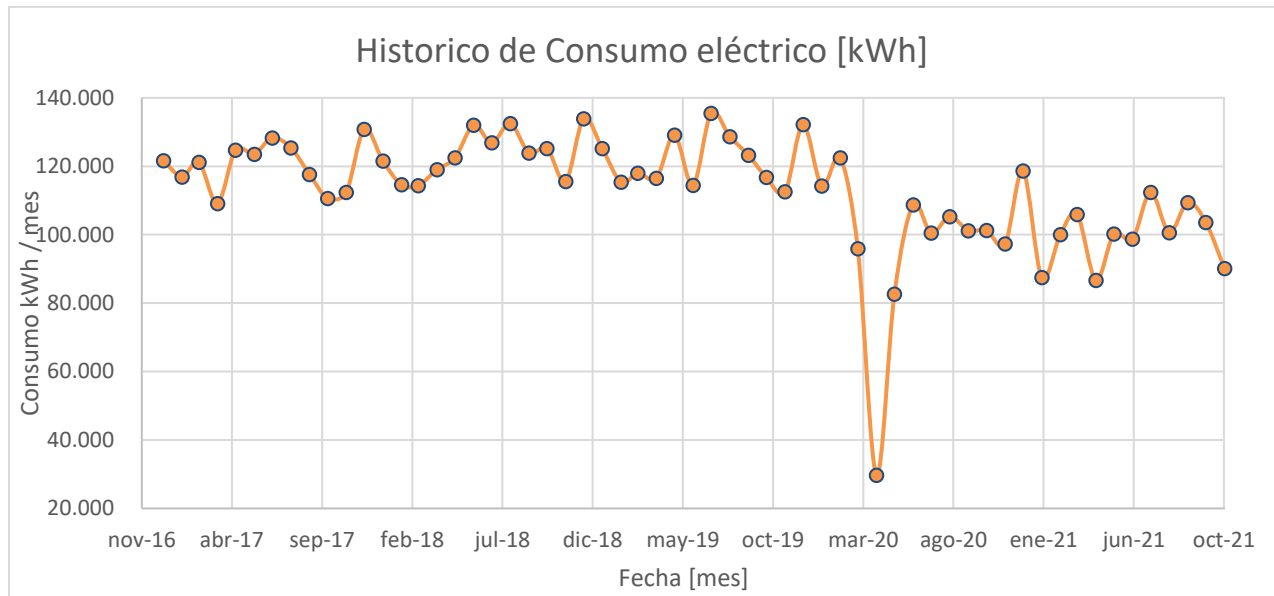
A lo largo de los últimos años se han venido realizando modificaciones en la instalación para el mejoramiento del desempeño energético y con el fin de garantizar la permanencia y garantía de suministro de piezas de equipos. Se realizó el reemplazo de luminarias en zonas comunes por luminarias LED, y el reemplazo de los 12 ascensores originales con los que contaba el edificio desde el año 1975, por ascensores modernos de alta eficiencia. La principal razón por la cual la copropiedad se a interesado en la renovación de equipos y busca el aumento de la eficiencia energética es debido al incremento de los costos de la energía facturada.



*Figura 1 Evolución del precio promedio facturado en el edificio. Desde enero de 2017 hasta noviembre de 2021. Tomado de fuente propia de facturas de energía de la edificación.
Fuente: Elaboración Propia.*

Como se presenta en la figura 1, se evidencia un aumento en el precio promedio del kWh facturado, desde enero de 2017 con un promedio de 361\$COP/kWh hasta un valor de 497\$COP/kWh para noviembre de 2021, es decir que la tendencia al alza en los precios de la energía hace que el rubro por este ítem sea cada vez más relevante y una acción de reducción en los consumos energéticos afecten directamente a lo largo del tiempo las finanzas de la copropiedad. Para el mes de abril de 2022 de acuerdo a facturas el valor máximo alcanzado por el kWh para la franja horaria más costosa fue de 551,86 \$COP/kWh, es decir un aumento del 52,8% comparado con enero de 2017. Con lo cual los recursos destinados para el ítem de energía deben aumentar año a año en mayor proporción recibiendo el mismo beneficio.

Como evidencia de las reducciones en los consumos energéticos está el histórico de consumos facturados por el edificio, con esta información se puede observar la tendencia de reducción del consumo y se pueden evaluar los mejoramientos logrados por medio del costo de la energía que ya no es consumida después de realizadas las reformas. A demás se puede observar que tan dependiente es la instalación de la energía y que tanto se está acercando a ser una instalación más sostenible a lo largo del tiempo.



*Figura 2 Evolución del consumo energético en el edificio. Desde enero de 2017 hasta noviembre de 2021. Tomado de fuente propia de facturas de energía de la edificación.
Fuente: Elaboración Propia.*

En la figura 2 se observa la evolución de los consumos energéticos del edificio desde enero de 2017 hasta noviembre de 2021, allí se puede observar una estabilización en los consumos desde enero de 2017 hasta febrero de 2020, para marzo de 2020 y debido a factores de desocupación de la edificación ocasionados por la pandemia COVID 19, se percibe una notoria reducción para los meses de marzo, abril y mayo de 2020, donde tuvo su menor valor para el mes de abril de 2020 con un consumo de 29.737 kWh. Posterior a los meses de alto confinamiento se observa una estabilización en los consumos, pero con valores inferiores a los percibidos previos a la pandemia, esto se puede explicar por diversos factores: La ocupación de la edificación aún no ha logrado los valores previos a la pandemia, renovación del sistema de ascensores, por equipos de altas especificaciones y con mayor eficiencia, la renovación comenzó a finales del año 2019 y para el mes de abril de 2022 se trabaja en el último de los elevadores. Adicionalmente la instalación de un serpentín en uno de los sistemas de distribución de aire y un variador de velocidad para uno de los bombes para el enfriamiento ha contribuido en la reducción del consumo energético.

Adicionalmente al contar con un histórico con mayor amplitud en el tiempo, se pueden observar comportamientos de consumos que pueden dar muestra de comportamiento más cercanos a una fase de diseño de la edificación, e incluso a partir de esto cuantificar el dinero que no se gastó en energía desde ese periodo de tiempo hasta la actualidad, como consecuencia de iniciativas en eficiencia energética en el pasado. Con lo cual motiva en

seguir aumento esta tendencia y poder generar ahorros que se podrán ver con claridad en el futuro.

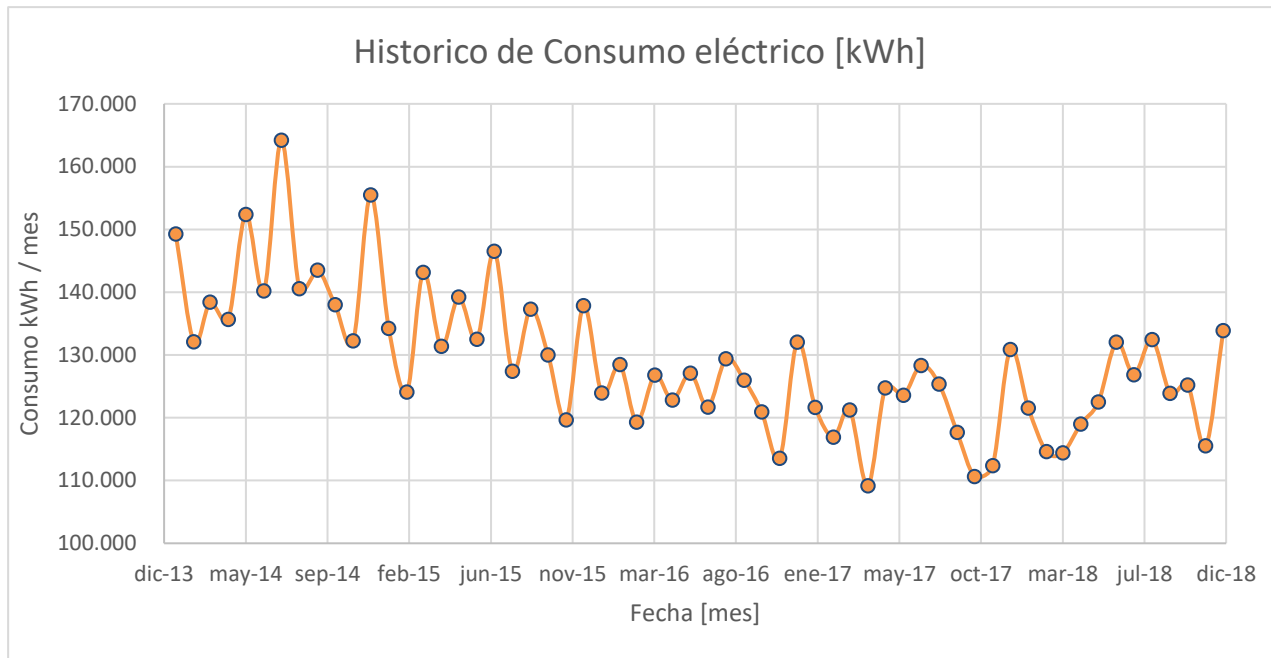


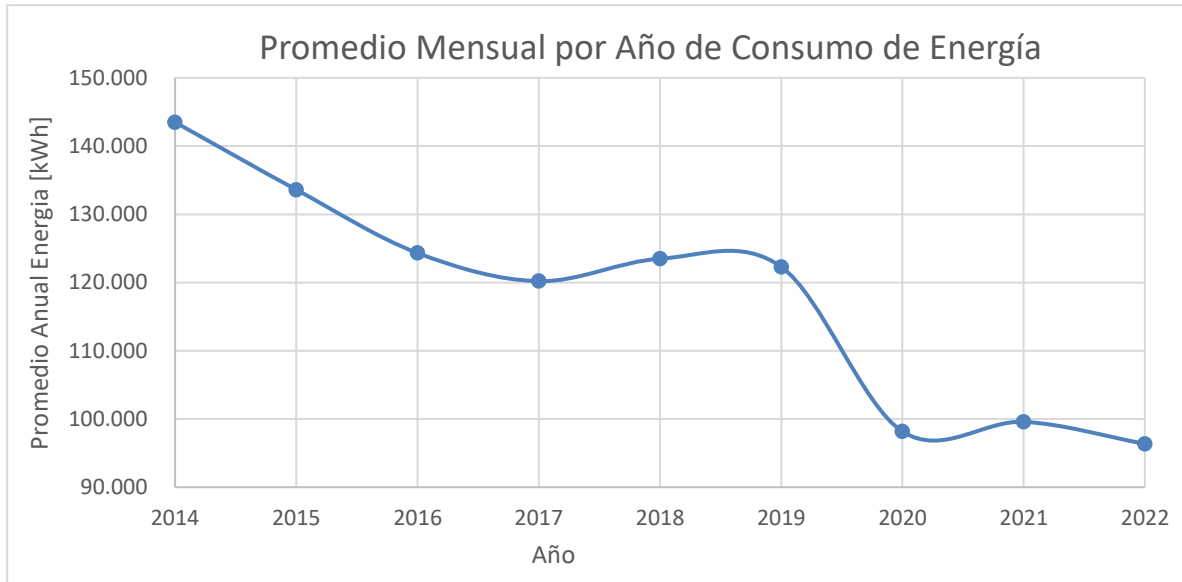
Figura 3 Evolución del consumo de energía facturado en el edificio. Desde enero de 2014 hasta diciembre de 2018. Tomado de fuente propia de facturas de energía de la edificación.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 3 se tiene un registro posterior de consumos anterior al presentado en la figura 2 donde se puede evidenciar una tendencia a la baja en los consumos energéticos facturados en la edificación. Como valor máximo se tiene el mes de julio de 2014 donde se tuvo un consumo de 164.202 kWh hasta consumos de 126.838 kWh para el mes de julio de 2018 mes de similares condiciones como lo evidencia la figura 2, con valores más recientes de consumos. Estos cambios se asocian a recambios en iluminación Led, en zonas comunes, por parte de las oficinas de forma independiente, además de cambios en el horario de utilización del sistema de aire acondicionado pasando de un horario de 6:00 am hasta las 7:00 pm a una jornada de 8:00 am hasta las 6:00 pm, es decir pasar de 13 horas continuas a 10 horas de uso. Estas reformas se realizaron luego de evidenciar el alto impacto de consumo que generaba el sistema de refrigeración y al notar un comportamiento adecuado con este horario de funcionamiento.

De igual forma, pero desde una visualización diferente se puede observar la reducción de los consumos mensuales si se anualiza, y así ver una tendencia de mejoramiento anualizada, con el animo de que las directivas puedan tener índices de fácil lectura e interpretación, y

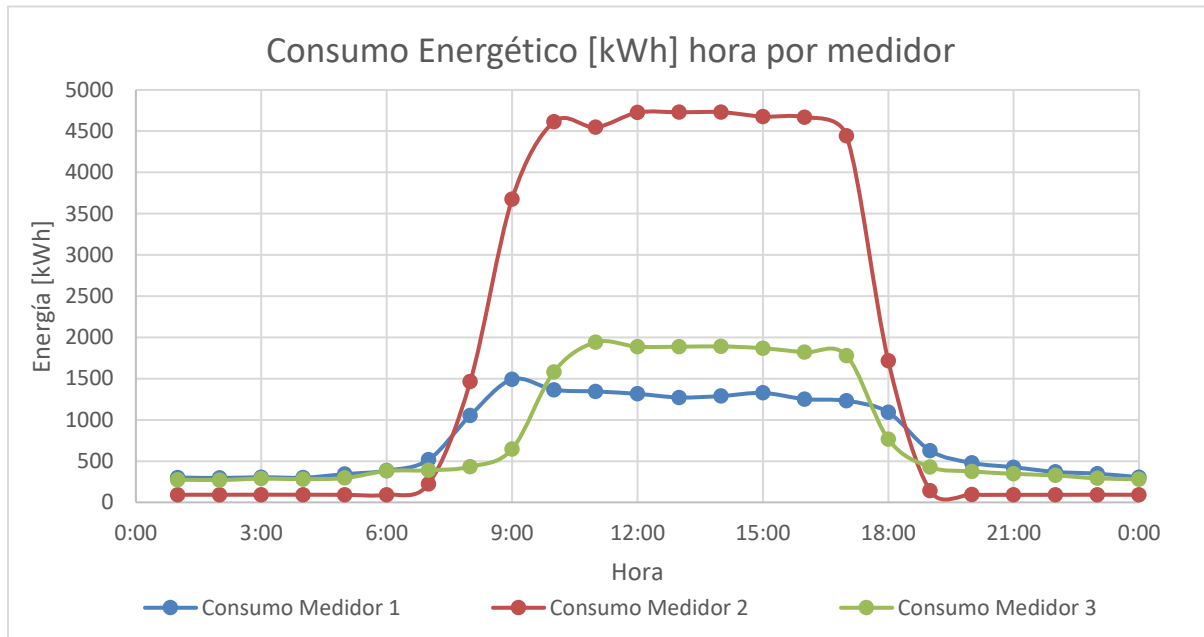
donde se puedan trazar objetivos de mejoramiento del consumo de energía de un año a otro.



*Figura 4 Evolución del promedio del consumo mensual por año de energía activa. Desde 2014 hasta 2021. Tomado de fuente propia de facturas de energía de la edificación.
Fuente: Elaboración propia.*

Para la figura 4 solo se toman los primeros 4 meses para el año 2022, igualmente se ve una tendencia a la baja de los consumos mes a mes desde el año 2014, es decir se evolucionando de un consumo de 143.497 kWh /mes en 2014 a 96.368kWh / mes para el año 2022, aunque se debe tener en cuenta el factor de ocupación de la instalación previa a los valores previos a la pandemia, si se perciben reducciones en los consumos previos a la pandemia, donde solo se tiene información de recambio de luminarias.

A demás de la información de consumo de energía activa en el edificio procedente de 3 medidores, se cuenta con la desagregación de los consumos por cada medidor durante cada hora del día por un mes de facturación. Con esta información y conociendo a que medidor corresponde cada una de las instalaciones de uso final, se puede obtener una desagregación de consumo para el sistema. Con lo cual se puede visualizar los equipos de mayor impacto en el consumo global del edificio y así focalizar los esfuerzos en esos sistemas y poder estimar las reducciones con renovaciones o actualizaciones tecnológicas.



*Figura 5 Evolución del consumo total de energía en el edificio por hora para el mes de marzo de 2022. Tomado de fuente propia, factura de energía mes de marzo
Fuente: Elaboración propia.*

En la figura 5, se puede observar el comportamiento de cada circuito de alimentación durante el día, en este caso de acuerdo a la rutina del edificio se realiza una alternancia mes a mes de los sistemas de refrigeración, donde para el mes en particular el circuito de mayor consumo supone la alimentación al sistema de refrigeración central del edificio. Se percibe un inicio de actividades alrededor de las 7:30 am hasta las 6:30 pm, y una franja de tiempo de inactividad desde las 7:00 pm hasta las 7:00 am. De acuerdo a la operatividad de la edificación estos consumos en esta franja horaria nocturna y de madrugada en gran medida deben ser aportados por los sistemas de transformación de la edificación, debido a que solo están activadas alarmas y sistemas de red contra incendios.

Medidor 1: Sistemas de ascensores, Sistemas de ventilación de pisos 21 y 35.

Medidor 2: Chiller 1, Sistemas de bombeo de agua helada y de condensación, sistema de ventilación de pisos 3 y 4, Oficinas (pisos del 13 al 33).

Medidor 3: Chiller 2, Sistemas de bombeo de agua, oficinas del piso 6 al 13, banco y locales comerciales, Circuitos sótanos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Debido a que hay dos sistemas de refrigeración estos son utilizados de forma alternada con cambios mensuales, por lo tanto, los cambios pueden fluctuar para los medidores 2 y 3, de acuerdo al Chiller que este operando en ese momento.

A continuación, se describen los motores disponibles para el sistema de refrigeración, bombeo y ventilación. Esta información fue suministrada por la administración de la copropiedad, de igual forma con visita en sitio se inspeccionaron algunos de los equipos mencionados.

Tabla 3. Especificaciones de motores de sistemas de bombeo y ventilación de la edificación. Tomado de fuentes de la administración y equipos de mantenimiento.

MOTOR N°	IDENTIFICACIÓN	APLICACIÓN	POTENCIA NOMINAL (HP)	POTENCIA NOMINAL (kW)	VOLTAJE (V)
1	BOMBA IMPULSORA DE AGUA POTABLE 1	BOMBEO	56	41,8	440
2	BOMBA IMPULSORA DE AGUA POTABLE 2	BOMBEO	56	41,8	440
3	BOMBA IMPULSORA DE AGUA POTABLE RESPALDO	BOMBEO	50	37,3	440
4	BOMBA 1 DE AGUA HELADA CHILLER	BOMBEO	60	44,7	440
5	BOMBA 2 DE AGUA HELADA CHILLER RESPALDO	BOMBEO	60	44,7	440
6	BOMBA 1 DE CONDENSACIÓN A TORRE DE ENFRIAMIENTO	BOMBEO	60	44,7	440
7	BOMBA 2 DE CONDENSACIÓN A TORRE DE ENFRIAMIENTO	BOMBEO	60	44,7	440
8	MANEJADORA VENTILADOR PISO 4	VENTILADOR	30	22,4	440
9	VENTILADOR EXTRACCIÓN DE AIRE	VENTILADOR	25	18,6	440
10	BOMBA SISTEMA CONTRA INCENDIO	BOMBEO	30	22,4	440
11	BOMBA 1 SISTEMA DE AGUA POTABLE	BOMBEO	25	18,6	440
12	BOMBA 2 SISTEMA DE AGUA POTABLE	BOMBEO	25	18,6	440
13	BOMBA 3 SISTEMA DE AGUA POTABLE	BOMBEO	18	13,4	440

14	MANEJADORA VENTILADOR PISO 21	VENTILADOR	60	44,7	440
15	BOMBA CONTRA INCENDIO PISO 35	BOMBEO	60	44,7	440
16	MANEJADORA VENTILADOR PISO 35	VENTILADOR	30	22,4	440
17	MANEJADORA VENTILADOR PISO 3	VENTILADOR	40	29,8	440

Nota: Elaboración Propia.

De acuerdo con información suministrada se tiene que los dos Chillers TRANE son de 400 TR con una potencia eléctrica nominal de 180kW cada uno.

Teniendo una sumatoria de los consumos de los 3 medidores en cada franja horaria, también se pueden observar el consumo global para toda la edificación en cada franja horaria.

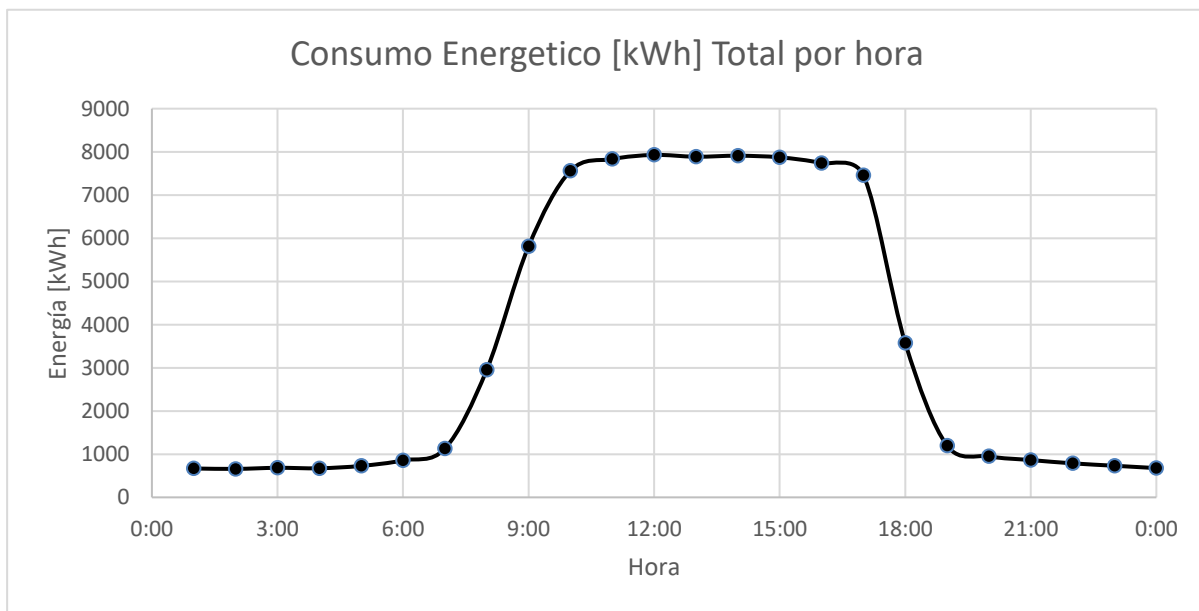


Figura 6 Consumo de energía eléctrica total por hora mes de marzo 2022. Tomado de fuente propia de facturas de energía de la edificación.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6 se describe el comportamiento de la demanda por consumo energético, hora a hora para todos los días del mes de marzo, se observa un comportamiento estable bajo en los periodos de inactividad en la madrugada y en la noche, además de un periodo estable de alto consumo en las horas diurnas desde las 10:00 am hasta las 5:00 pm, un periodo de transición en la mañana con el encendido de equipos y otro de apagado en las horas de la

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

noche. Esta tendencia facilita la conexión de sistemas de generación de energía renovable solar, debido a que las horas de alta radiación coinciden con las horas de alta demanda energética en la edificación. Además de considerar de que se tiene como espacio en la terraza del nivel 36 de un área total de 340 m², despejados y libres de sobras que afecten la radiación incidente sobre placas solares.

4.3 PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y DE LA SOSTENIBILIDAD DE UN EDIFICIO DE OFICINAS.

La propuesta de actualización tecnológica y de la sostenibilidad se describe por un plan desarrollado por etapas el cual solo incluye elementos del sistema eléctrico donde se incluyen los cambios de mayor potencial en la primera etapa, una segunda etapa de cambios en un periodo no superior a los 2 años donde se incluyen inversiones de mayor cuantía y una tercera etapa de cambios en un periodo no superior a los 5 años con retornos menores, pero en pro de dirigir la edificación en una edificación sostenibles.

Los tiempos establecidos corresponden a que actualmente se están ejecutando proyectos en la edificación, correspondiente a reposición de ventanearías y culminación de recambio de ascensores, con lo cual se han incurrido en inversiones de alta cuantía, es por tanto que las reformas planteadas de mayor impacto tienen un horizonte no mayor a dos años, tiempo en el que la copropiedad tenga sus finanzas más estables, el segundo periodo cubre el horizonte posterior a los 2 años, que es posterior a la primera etapa de propuesta de renovación y un escenario a 5 años donde se desarrollen proyectos de las dos primeras etapas propuestas o de renovaciones por parte del sistema de refrigeración o de la envolvente del edificio y se puedan percibir continuas reducciones en la potencia demanda para los transformadores a causa de los proyectos en eficiencia energética.

La primera etapa incluye la implementación de variadores de velocidad en los sistemas de ventilación del edificio, la instalación cuenta con 4 sistemas de ventilación ubicados en los niveles 3, 4 21 y 35, en cada uno de estos sistemas de ventilación se tiene un sistema de serpentín y motores de 40, 30, 60 y 60 HP respectivamente. La edificación realizó la instalación de un sistema de variación de velocidad en el piso 21 en el año 2019 para el sistema de ventilación, de acuerdo a la empresa consultora que realiza mediciones y labores de mantenimiento del sistema, se tendrían retornos en un tiempo inferior a los 2 años debido a los caudales variables de este sistema. Los beneficios en ahorros debido a la instalación de estos sistemas de variación de velocidad pueden llegar a ahorros de hasta el 50% dependiendo del modo de operación del sistema. (Dall'O', 2013).

En esta etapa también se incluye una segunda fase de cambio para la renovación de motores para sistemas de bombeo de agua helada y de condensación por motores de alta eficiencia. Son 4 motores de 60 HP cada uno para los dos sistemas de refrigeración. Estos motores son originales y tienen regímenes de operación de 9 horas diarias, algunos de ellos ya han sido rebobinados en el pasado de acuerdo a versiones entregadas por los operarios

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

de mantenimiento, por lo tanto, la reposición de motores por equipos de alta eficiencia supone una gran oportunidad de renovación, y en especial para equipos de gran potencia el costo inicial del motor puede ser igual al consumo de energía de la máquina durante un año, los ahorros pueden alcanzar con la reposición de nuevos motores hasta un 10%. (Dall'O', 2013), dado que el sistema de refrigeración supone el mayor consumo de energía de la edificación existe un potencial de mejoramiento en uno de los sistemas críticos.

En la primera etapa también se plantea la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la cubierta de la edificación, allí se cuenta con una cubierta de 340 m² despejados además en el piso 35 está ubicada la subestación azul de 300 KVA, por lo cual se facilita la conexión, este sistema se plantea realizarlo por medio de la implementación de un contrato de PPA con alguna compañía experta en este campo. De acuerdo a cotización realizada con una empresa del sector se plantea un proyecto de 46,2 kWp y una tarifa de venta de energía de 458 \$/kWh, es decir que considerando la tarifa actual de energía de 550 \$/kWh se tendría un ahorro en la tarifa de 16,7%. El sistema tendría una generación anual de 63.624kWh y un ahorro máximo de \$ 5.853.408 anuales, con un incremento del IPC, el contrato tendría un tiempo de 20 años donde al finalizar se cedería a la edificación.

En esta fase se incluye la segunda etapa de renovación de algunos de los motores por equipos de alta eficiencia, para algunos de los sistemas de bombeo y ventilación:

En esta etapa se propone la reposición de 6 motores, para el sistema de bombeo de agua, con potencias nominales de 56, 56, 50, 25, 25, 18 HP. El recambio de los motores se realiza de forma descendente de acuerdo al tamaño de los motores eléctricos, a mayor capacidad de la maquina y factor de utilización el retorno de la inversión será en menor tiempo, por lo tanto, los motores más grandes se proponen se haga la inspección de cambio en las primeras dos etapas y por ultimo los motores de menor potencia.

De acuerdo con la recomendación de la instalación de un sistema de generación fotovoltaica, en esta segunda etapa se propone si no fue instalado el sistema por medio de contrato PPA, la instalación del sistema de forma particular. Para este caso el sistema tendría las mismas características técnicas, únicamente variarían los recursos disponibles y los beneficios económicos del sistema. De acuerdo a uno de los oferentes del sistema el costo del sistema de 46,2kWp tendría un costo de \$200.864.967 y un ahorro estimado anual de \$32.710.772, esto sin beneficios de acuerdo a la ley 1715 debido a que la organización está constituida como entidad sin ánimo de lucro y no puede acceder a estos beneficios.

La última etapa incluye la última fase de reposición de motores de ventilación y bombeo por equipos de alta eficiencia, además de la renovación o redistribución de circuitos para los transformadores eléctricos de la edificación, debido a la implementación de medidas en eficiencia energética: cambio de sistema de iluminación por LED, renovación de sistemas de ascensores por equipos más eficientes, se han percibidos reducciones en los consumos

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

eléctricos, esto se evidencia de acuerdo al análisis realizado en la caracterización de la instalación, además si se consideran las 2 primeras etapas previas de esta propuesta habrá una potencia demandada mucho menor a la que había en el año 1972, año de selección de los transformadores en la etapa de diseño. Es por tanto y considerando las reducciones de la demanda, se debe:

Realizar actualización de planos eléctricos de acuerdo a los cambios realizados en estas etapas de renovación e incluir los cambios realizados previos a estas. Además de realizar un estudio de cargabilidad y termográfico para los transformadores existentes, allí se podrán identificar las potencias demandadas por cada uno de los transformadores y se podrán plantear soluciones para aumentar la eficiencia del sistema reduciendo la capacidad instalada de los transformadores originales por medio de equipos modernos de menor capacidad, con lo cual serian transformadores más pequeños para alimentar las mismas instalaciones. La eficiencia de maquinas de eficiencia del 95% a carga nominal podría caer a eficiencias del 50% si se tiene una carga parcial del sistema. (Dall'O', 2013)

Tabla 4. Descripción de las propuestas de renovación o instalación de equipos en la edificación objeto de estudio.

Etapas	Descripción
Etapa 1 – Desarrollo de Renovaciones inferiores a 2 años.	Variadores de Velocidad (Etapa 1) Motores de Alta Eficiencia (Etapa 1) Paneles solares fotovoltaicos
Etapa 2 – Desarrollo de Renovaciones superior a 2 años.	Variadores de Velocidad (Etapa 2) Motores de Alta Eficiencia (Etapa 2)
Etapa 3 – Desarrollo de Renovaciones superior a 5 años.	Plan de Renovación de Transformadores Motores de Alta Eficiencia (Etapa 3)

Para la implementación de todas estas medidas de renovación y sobretodo a las relacionadas a los cambios de máquinas eléctricas es necesario realizar mediciones eléctricas, medición de los caudales manejados y de los regímenes de operación, para así no solo realizar reposiciones por equipos más eficientes sino equipos con la capacidad adecuada para la potencia requerida en el proceso.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

El análisis técnico realizado en el sistema eléctrico de la edificación arroja un potencial de recambio en diferentes equipos de la edificación, viendo potenciales especialmente en los motores de los sistemas de bombeo y ventilación, debido al gran tamaño de los equipos a la variación de los caudales y a la antigüedad de los mismos. Además el potencial de aprovechamiento de la cubierta de la edificación posibilita la instalación de un sistema fotovoltaico, adicionalmente los transformadores eléctricos al ser dimensionados en una época donde los sistemas eran más ineficientes y debido a las mejoras en eficiencia energética de dispositivos de uso final, se pudo observar de acuerdo a históricos de consumo de electricidad, la reducción del consumo desde el año 2014, por lo tanto es de considerar un posible recambio de los transformadores por equipos más eficientes y de menor capacidad nominal. Para el desarrollo de algunas de estas propuestas es necesario evaluaciones termográficas en transformadores y motores, además de un análisis de cargabilidad en los transformadores.

Para tener una mejor caracterización y poder brindar soluciones de mayor nivel de detalle es necesario un levantamiento de planos de toda la edificación, además de un estudio de cargabilidad en los transformadores, esto considerando la antigüedad de la edificación y las renovaciones que se han realizado, esta información y documentación no solo es útil para brindar mejores soluciones en eficiencia energética, sino para que la edificación tenga información relacionada con sus sistemas y pueda ser útil para realizar mantenimientos, reposiciones o renovaciones.

La caracterización de la edificación en cuanto a los consumos mensuales dados por los 3 equipos de medida, son una fuente importante de donde se deben enfocar los esfuerzos de renovación tecnológica, no obstante, es aconsejable la instalación de equipos de medida para los sistemas críticos del sistema o un equipo de medida para cada uno de los transformadores del sistema eléctrico, esto con el fin de desagregar los consumos y ver más fácilmente oportunidades de recambio en equipos en específico exista un mejoramiento continuo, tal como lo plantea un sistema de gestión de la energía.

Las tendencias de implementación en edificios verdes para la reducción de los consumos energéticos agrupan a los sistemas eléctricos, térmicos y la envolvente de la edificación, en este caso solo se implementaron metodologías para el sistema eléctrico, no obstante, y con el fin de brindar soluciones de mayor impacto se deben cubrir las demás metodologías.

La expedición de un certificado de sostenibilidad para una edificación antigua brinda oportunidades de darle más relevancia, incrementar su valor comercial y revivir una

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

edificación, por lo tanto, una propuesta futura se integraría en realizar una evaluación técnico económica para expedir una certificación de sostenibilidad, integrando todos los ítems que integran a un edificio verde o sostenible. Por lo tanto, partiendo de esta misma metodología desarrollada, se podría realizar la evaluación desde todas las perspectivas de ahorro energético y de los ítems adicionales para ser una edificación con certificación de sostenibilidad.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

6. REFERENCIAS

- ALIS RESTREPO, J. (2014). *Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales*. . Universidad Nacional de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- BRE. (s.f.). *BREEAM*. Obtenido de Building Research Establishment's Environmental Assessment Method: <https://www.breeam.com/?cn-reloaded=1>
- COUNCIL, U. G. (s.f.). *USGBC*. Obtenido de [https://www.usgbc.org/leed/why-leed#:~:text=LEED%20\(Leadership%20in%20Energy%20and,and%20cost%2Dsaving%20green%20buildings](https://www.usgbc.org/leed/why-leed#:~:text=LEED%20(Leadership%20in%20Energy%20and,and%20cost%2Dsaving%20green%20buildings).
- COUNCIL, W. G. (s.f.). *WORLD GREEN BUILDING COUNCIL*. Obtenido de <https://www.worldgbc.org/what-green-building>
- Dall'O', G. (2013). *Green Energy Audit of buildings*. Milan: Springer.
- González-Torres, M., Pérez-Lombard, L., Coronel, J. F., Maestre, I. R., & Yan, D. (2021). A review on buildings energy information: Trends, end-uses, fuels and drivers. *Energy Reports*, 626-637.
- Gonzalo, M. B., & Bovea, M. D. (2017). Environmental and cost performance of building's envelope insulation materials to reduce energy demand: Thickness optimisation. *Energy and Buildings*, 527-545.
- Omran, H., Ruidong Chang, Veronica Soebarto, Yanquan Zhang, Amirhosein Ghaffarianhoseini, & Jian Zuo. (2022). A bibliometric review of net zero energy building research 1995–2022. *Energy & Buildings*.
- Rojas Clavijo , D. (2016). *Diagnostico Energetico y propuesta de mejoramiento de la eficiencia energética de un edificio existente*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Social, C. N. (2018). *Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, CONPES 3919*. Bogota.
- UNERGY. (Marzo de 2021). *UNERGY*. Obtenido de <https://unergy.io/blog/post/que-es-un-contrato-ppa>
- UPME. (2020). *RESOLUCIÓN N°000196 DE 2020*. UPME.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

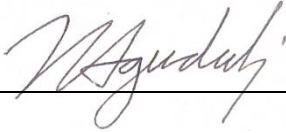
UPME. (2020). *RESOLUCIÓN N°000203 DE 2020*. UPME.

UPME. (2022). *PROURE*. Bogotá.

XM, & UPME. (2020). *Cálculo del factor de emisiones de la energía eléctrica en Colombia*. Bogotá.
 Obtenido de https://www1.upme.gov.co/siame/Documents/Calculo-FE-del-SIN/Documento_calculo_FE_del_SIN_2019_Dic_2020.pdf

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

FIRMA ESTUDIANTES



FIRMA ASESORES

FECHA ENTREGA: 6.6.22