



UNIVERSIDAD EAN

FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA INDUSTRIA MINERO ENERGÉTICA

METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN, EVALUACIÓN Y GERENCIA
DE PROYECTOS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍA, PARA
CENTROS COMERCIALES EN BOGOTÁ.

AUTOR
MARIO LUENGAS ALARCÓN

DIRECTOR
LEONARDO RODRIGUEZ URREGO

BOGOTÁ, D.C., 10 DE FEBRERO DE 2020

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. RESUMEN..... | 8 |
| 2. INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| 2.1. Tema de Investigación..... | 9 |
| 2.2. Problema de Investigación..... | 9 |
| 3. OBJETIVOS | 13 |
| 3.1. Objetivo General..... | 13 |
| 3.2. Objetivos Específicos..... | 13 |
| 4. JUSTIFICACIÓN..... | 14 |
| 5. MARCO TEÓRICO | 16 |
| 5.1. Generación distribuida | 16 |
| 5.1.1. Definición | 16 |
| 5.1.2. Fuentes de generación distribuida..... | 16 |
| 5.1.3. Ventajas y desventajas:..... | 18 |
| 5.2. Centros comerciales en Bogotá | 18 |
| 5.2.1. Definición | 18 |
| 5.3. Sistema Interconectado Nacional..... | 19 |
| 5.3.1. Definición | 19 |
| 5.3.2. Características y peculiaridades del sistema | 20 |
| 5.3.3. Requisitos para la interconexión al Sistema interconectado nacional | 20 |
| 5.4. Tendencias en proyectos de energía en edificaciones..... | 21 |
| 5.5. Metodologías para formulación, evaluación y gerencia de proyectos..... | 23 |
| 5.5.3. PMBOK del PMI | 23 |
| 5.5.4. PRINCE 2..... | 24 |
| 5.6. Aspectos normativos para proyectos de generación distribuida | 24 |
| 5.7. Gestión energética en centros comerciales..... | 25 |
| 6. HIPÓTESIS | 28 |
| 7. DISEÑO METODOLÓGICO..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 7.1. Tipo de investigación | 29 |
| 7.2. Población y muestra: | 29 |
| 7.3. Recolección de información | 29 |
| 7.4. Análisis de información | 30 |
| 8. EVALUACIÓN DEL MARCO NORMATIVO QUE RIGE LA INTEGRACIÓN DE LAS FUENTES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LOS CENTROS COMERCIALES CON EL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL | 31 |
| 8.1. Resolución CREG 025 de 1995. | 31 |
| 8.2. Ley 1715 de 2014 | 32 |
| 8.3. Decreto 2469 de 2014 | 34 |
| 8.4. Resolución CREG 024 de 2015 | 35 |
| 8.5. Resolución CREG 030 de 2018 | 36 |
| 8.6. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) | 36 |
| 8.7. Procedimiento para la conexión como generador ante operadores de red y/o comercializadores | 37 |
| 9. IDENTIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE GESTIÓN ENERGÉTICA CON LOS QUE CUENTAN LOS CENTROS COMERCIALES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ. | 40 |
| 9.1. Iluminación: control y actualización tecnológica. | 40 |
| 9.2. Refrigeración: Automatización y ventilación natural. | 41 |
| 9.3. Autogeneración mediante fuentes alternativas de generación de energía. | 41 |
| 9.3.1. Modelo de compra de energía con inversión inicial \$0. | 42 |
| 9.3.2. Modelo de implementación de proyecto con inversión inicial. | 42 |
| 9.4. Gestión energética mediante integración de fuentes secundarias de generación y respuesta de la demanda. | 43 |
| 10. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO Y COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE UN CENTRO COMERCIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | 44 |
| 10.1. Características del Centro Comercial | 44 |
| 10.1.1. Características cuenta de energía y condiciones eléctricas del centro comercial. | 44 |

| | | |
|---------|--|----|
| 10.1.2. | Histórico de consumos de energía. | 45 |
| 10.1.3. | Análisis del comportamiento de la demanda. | 47 |
| 11. | DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN, EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA | 52 |
| 11.1. | Inicio | 53 |
| 11.1.1. | Identificar el proyecto y sus interesados..... | 54 |
| 11.1.2. | Identificación de alternativas. | 54 |
| 11.1.3. | Listado de actividades, costos y duración estimados, e interesados. | 55 |
| 11.2. | Planeación..... | 55 |
| 11.2.1. | Gestión del alcance en la planeación. | 56 |
| 11.2.2. | Gestión del tiempo en la planeación..... | 56 |
| 11.2.3. | Gestión del costo en la planeación..... | 57 |
| 11.3. | Ejecución. | 57 |
| 11.4. | Control. | 58 |
| 11.4.1. | Verificación del alcance..... | 59 |
| 11.4.2. | Control del alcance..... | 59 |
| 11.4.3. | Control del cronograma. | 59 |
| 11.4.4. | Control de costos. | 59 |
| 11.4.5. | Informes de rendimiento..... | 60 |
| 11.4.6. | Gestionar los involucrados. | 60 |
| 11.5. | Cierre. | 60 |
| 12. | ESTRUCTURACIÓN DE UN PROYECTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN CONDICIONES FACTIBLES PARA UN CENTRO COMERCIAL ESPECIFICO | 62 |
| 12.1. | Inicio | 62 |
| 12.1.1. | Identificación del proyecto y de sus interesados..... | 62 |
| 12.1.2. | Identificación de alternativas. | 64 |
| 12.1.3. | Listado de actividades, costos y duración estimados, e interesados. | 65 |
| 12.2. | Planeación..... | 73 |

| | | |
|---------|--|----|
| 12.2.1. | Gestión del alcance..... | 73 |
| 12.2.2. | Gestión del tiempo en la planeación..... | 75 |
| 12.2.3. | Gestión del costo en la planeación..... | 77 |
| 12.3. | Ejecución..... | 80 |
| 12.4. | Control..... | 81 |
| 12.4.1. | Verificación monitoreo y control del alcance..... | 82 |
| 12.4.2. | Control del cronograma..... | 83 |
| 12.4.3. | Control de costos..... | 84 |
| 12.4.4. | Informes de rendimiento y gestión de los involucrados..... | 85 |
| 12.5. | Cierre. | 86 |
| 13. | OPCIONES DE MEJORA PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL SECTOR, Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN..... | 88 |
| 13.1. | Implementación de proyectos de Freecooling..... | 88 |
| 13.2. | Implementación de sistemas de control de iluminación..... | 89 |
| 13.3. | Implementación de modelos de venta de energía basados en respuesta de la demanda. | 89 |
| 13.4. | Futuras líneas de investigación relacionadas con la generación distribuida en edificaciones. | 90 |
| 14. | CONCLUSIONES..... | 91 |
| 15. | BIBLIOGRAFÍA..... | 93 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Ventajas y desventajas de la generación distribuida | 18 |
| Tabla 2. Resumen de proyectos implementados de iluminación | 40 |
| Tabla 3. Resumen de proyectos implementados de refrigeración | 41 |
| Tabla 4. Descripción cuenta de energía Centro Comercial | 45 |
| Tabla 5. Histórico de consumos del centro comercial desde su inicio de operación..... | 46 |
| Tabla 6. Matriz de consumo horario para el mes de abril del 2019 (kWh) | 50 |
| Tabla 7. Análisis comparativo de alternativas | 64 |
| Tabla 8. Costo directo y de personal proyecto precios Colombia..... | 72 |
| Tabla 9. Flujo de caja y de inversión..... | 78 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Proceso de gestión de proyectos según PMI | 23 |
| Figura 2. Proceso para la gestión de proyectos según el PRINCE 2..... | 24 |
| Figura 3. Consumo histórico de energía en el centro comercial..... | 47 |
| Figura 4. Curva promedio de consumo horario. Como es una curva horaria diaria debe decir, en el mes de abril..... | 48 |
| Figura 5. Consumos típicos de energía según el día de la semana..... | 49 |
| Figura 6. Metodología para desarrollar proyectos de generación distribuida en centros comerciales..... | 53 |
| Figura 7. Requerimientos sostenibilidad para el proyecto..... | 63 |
| Figura 8. Geolocalización del centro comercial | 67 |
| Figura 9. Producción diaria para sistema de 225 kW pico..... | 68 |
| Figura 10. Producción fotovoltaica vs demanda diaria..... | 69 |
| Figura 11. Costos aproximados, predimensionamiento..... | 70 |
| Figura 12. EDT proyecto..... | 73 |
| Figura 13. Cronograma esperado (Línea Base)..... | 76 |
| Figura 14. Flujo de caja proyecto a 25 años | 79 |
| Figura 15. Variables económicas proyecto..... | 80 |
| Figura 16. Grupo de procesos a integrar en la ejecución..... | 80 |
| Figura 17. Proceso para la gestión y aprobación de cambios..... | 81 |
| Figura 18. Curva de avance programado..... | 84 |
| Figura 19. Flujo de inversión del proyecto..... | 85 |

1. RESUMEN

El desarrollo de proyectos de generación distribuida de energía se da como producto de la tendencia global a la sostenibilidad para la conservación y preservación del medio ambiente, mediante las cuales se ha buscado alternativas de sustitución a las actividades que, por su naturaleza y el uso comúnmente dado, puede generar un impacto desfavorable en cuanto a huella de carbono y por ende, el deterioro de la capa de ozono.

Una de las alternativas de sustitución a los métodos comúnmente utilizados es la autogeneración de energía, o generación de energía cercana a los centros principales de consumo, lo cual ha sido impulsado primordialmente gracias a la difusión del conocimiento y el acceso a las tecnologías que permiten el aprovechamiento de las fuentes renovables no convencionales de generación de energía.

Teniendo en cuenta que la generación distribuida hace parte de una tendencia global, y dado que en Colombia en la última década se han realizado avances tecnológicos, normativos y legales que promueven y facilitan el uso de las diferentes tecnologías para la generación de energía y la gestión energética, en el presente documento se presenta un estudio realizado con el fin de lograr establecer una metodología para la formulación, evaluación y gerencia de proyectos de generación distribuida aplicable a los centros comerciales ubicados en la ciudad de Bogotá.

Para lograr los objetivos propuestos se realizó una investigación relacionada con el conocimiento de dichos proyectos en el sector materia de estudio, así como un análisis de la normatividad vigente, se propuso una metodología que facilite la gestión de este tipo de proyectos y se aplicó a un centro comercial específico para validar su factibilidad, y con base en los resultados obtenidos se realizó recomendaciones para mejorar la eficiencia energética del sector así como el análisis y propuesta de futuras líneas de investigación relacionadas.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Tema de Investigación.

El tema principal de la presente investigación se centra en la búsqueda de la estandarización de una metodología que permita facilitar la formulación y ejecución de proyectos relacionados con la generación distribuida de energía, en los centros comerciales de la ciudad de Bogotá, esto mediante el aprovechamiento del potencial disponible en los mismos, así como la tendencia normativa y legal que facilita la implementación de este tipo proyectos basados en fuentes alternativas de energía, Por lo cual el tema de investigación corresponde a la línea de investigación de Gestión de recursos naturales y energía del grupo de investigación de Gestión ambiental.

2.2. Problema de Investigación

La generación distribuida se define como la generación de energía a pequeña escala y cercana a la carga o consumidor final, especialmente usando tecnologías eficientes y con capacidades de potencia instalada por debajo de los 1.000 kW pico (Rodriguez Hernandez, 2009), esto permite que la demanda de energía se satisfaga desde un punto cercano, reduciendo así los costos de transmisión, distribución y comercialización que se presentan en los sistemas centralizados de generación de energía.

En el año 2009, la comisión de regulación de energía y gas (CREG) realizo una investigación titulada *“La generación distribuida y su posible integración al sistema interconectado nacional”*, haciendo énfasis en la importancia que tiene la generación distribuida para lograr una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero, así como la importancia de generar energía mediante fuentes no convencionales y el papel que tienen las redes inteligentes en un sistema energético basado en la generación distribuida.

Una de las recomendaciones de dicha investigación de la CREG fue *“Se deben elaborar guías de arquitectura sostenible y de uso eficiente de energía en viviendas, edificios y **centros comerciales**. Para toda nueva edificación un parámetro a considerar*

será la eficiencia energética, junto con la posibilidad de autoproducir la energía que se requiera, incorporando redes inteligentes y generación distribuida” (Rodríguez Hernández, 2009).

En la investigación presentada por (Gomez, Hernandez, & Rivas, 2018) los autores evaluaron el impacto de la penetración de la generación distribuida en los mercados energéticos, y se evaluó posibles contextos económicos futuros que se pueden presentar en el mercado energético, esto permite conceptualizar como pueden impactarse los mercados energéticos debido a la generación distribuida desde un modelo técnico y matemático.

Por otra parte, en (Grisales, Restrepo Cuestas, & Jaramillo, 2017) evaluó cual puede ser la afectación sobre un sistema de distribución posterior a la integración de sistemas de generación distribuida, eso mediante un análisis de los métodos disponibles para la optimización de los sistemas de generación distribuida, así como una descripción del modelo de generación distribuida, y finalmente concluyó con recomendaciones acerca del modelo óptimo a utilizar para una acertada distribución y recuperación de un modelo de generación distribuida integrado al sistema eléctrico.

Según (CREG, 2018), un generador distribuido es: *“Persona jurídica que genera energía eléctrica cerca de los centros de consumo, y está conectado al Sistema de Distribución Local y con potencia instalada menor o igual a 0,1 MW.”* De esta forma el ministerio de minas y energía en Colombia limita la autogeneración a potencias instaladas inferiores a 100 kW pico.

La generación distribuida corresponde a *“la generación o almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la opción de interactuar (comprar o vender) con la red eléctrica, y en algunos casos, considerando la máxima eficiencia energética”* (SYSCOM, 2018).

Con respecto a los modelos aplicados para la gestión de energía en centros comerciales, (Restrepo Garces, Manotas Duque, & Lozano, 2017) realizaron un “caso de estudio con base en datos reales de centros comerciales y en tres ciudades colombianas con diferentes condiciones meteorológicas. Allí se demostró que, aplicando las opciones reales, las tecnologías fotovoltaicas son viables para ser implementadas en el sector comercial”.

En el mismo sentido, y teniendo conciencia en la importancia de la autogeneración de energía en los centros comerciales, (Zuñiga Solano & Jimenez Castañeda, 2016) plantean la implementación de un proyecto de energía solar fotovoltaica en el centro comercial la 22 ubicado en la ciudad de santa marta en Colombia, en dicho documento los autores plantean que la implementación de la tecnología propuesta generará autosuficiencia eléctrica para zonas comunes, con la posibilidad de extenderla a las vitrinas de los locales, garantizando un ahorro en los gastos del servicio público de energía.

Respecto a la eficiencia energética en las edificaciones de centros comerciales, se encontró una investigación desarrollada en Ecuador la cual establece un *“Programa de gestión de eficiencia energética para los centros comerciales populares del Distrito Metropolitano de Quito”* (Bustamante Sanchez, 2015) aplicado al Centro Comercial “Ipiales del Sur” con el objetivo de evaluar su condición actual de operación y proponer medidas de ahorro energético apoyadas con su viabilidad tanto técnica como económica. La evaluación de la operación actual del sistema eléctrico se realiza en base a las mediciones de calidad de energía, nivel de iluminación y levantamiento detallado de cargas. Se valora los parámetros eléctricos, se analiza la facturación del consumo energético, se cuantifica y compara la calidad de iluminación. Se plantean oportunidades de ahorro como redistribución de carga, sustitución de lámparas, rediseño del sistema de iluminación y el dimensionamiento de un nuevo transformador de distribución, posteriormente son analizadas técnica y económicamente. Finalmente se establece un guía de eficiencia energética para reducir consumos energéticos.

En Colombia, (Rojas Mahecha & Cano Miranda, 2014) generaron un Plan estratégico en eficiencia energética para centros comerciales con proyección a la certificación ISO 50001, en donde para la consecución del análisis en el sector comercial, se presentan dos casos representativos en el estudio: Los centros comerciales Portal 80 y Unicentro de Occidente, los cuales brindan el soporte suficiente para el diagnóstico energético de un centro comercial en Colombia, bajo la estructuración genérica que se encuentra dispuesta en la mayoría de casos en el país, direccionando a la detección autosuficiente de potenciales de ahorro por la administración de un centro comercial.

Dado lo anterior se evidencia la necesidad de buscar la estandarización de una metodología que permita la implementación de este tipo de proyectos y de allí surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Como un modelo metodológico para la formulación, evaluación y gerencia de proyectos de generación distribuida, aplicado a los centros comerciales en Bogotá, puede facilitar la integración de dichos proyectos con el sistema interconectado nacional?

Con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación, en el presente documento se desarrolla una indagación del marco normativo que rige la integración de fuentes de generación de energía en los centros comerciales con el sistema interconectado nacional, así como la identificación de los modelos de gestión energética utilizados actualmente por los centros comerciales, y posteriormente poder caracterizar mediante la aplicación de un instrumento y herramientas de medición, el consumo y comportamiento de la demanda energética en centros comerciales localizados en la ciudad de Bogotá, para luego desarrollar una metodología para la formulación, evaluación y gerencia de proyectos de generación distribuida, y probarla mediante la estructuración de un proyecto de generación distribuida en condiciones factibles para un centro comercial específico, y de esta forma poder evaluar y proponer opciones de mejora para la gestión energética del sector objeto de estudio, así como futuras líneas de investigación.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Proponer una metodología para la formulación, evaluación y gerencia de proyectos de generación distribuida de energía, para centros comerciales en Bogotá.

3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el marco normativo actual que rige la integración de fuentes de generación de energía en los centros comerciales con el sistema interconectado nacional.
- Identificar los modelos de gestión energética con los que cuentan los centros comerciales en la ciudad de Bogotá.
- Caracterizar mediante la aplicación de un instrumento y herramientas de medición, el consumo y comportamiento de la demanda energética en centros comerciales localizados en la ciudad de Bogotá.
- Desarrollar una metodología para la formulación, evaluación y gerencia de proyectos de generación distribuida.
- Estructurar un proyecto de generación distribuida en condiciones factibles para un centro comercial específico.
- Evaluar y proponer opciones de mejora para la gestión energética del sector objeto de estudio, así como futuras líneas de investigación.

4. JUSTIFICACIÓN

El incremento en las tarifas de energía, la reducción de los costos de implementación de proyectos de autogeneración de energía, además de los incentivos tributarios que ofrece la ley 1715 de 2014 a los proyectos de generación de energía por medio de fuentes no convencionales en Colombia, ha permitido que las industrias, hogares y comercio en general vean en la implementación de proyectos de energías alternativas una opción completamente viable para abastecer su demanda energética, esto se evidencia en el informe (UPME, 2018), mediante el cual se presenta la tendencia en la solicitud de los incentivos tributarios disponibles en dicha ley desde su aparición.

Estos desarrollos y avances en cuanto a la forma de generar y consumir energía obedecen directamente a la implementación de un modelo de generación distribuida en los diferentes consumidores de energía, puesto que se implementan proyectos de generación cerca de su consumidor final, evitando así etapas características de un modelo de generación centralizada de energía como lo son la transmisión y distribución de la misma.

Actualmente no se evidencia la disponibilidad de un modelo metodológico para la implementación de proyectos de generación distribuida, que sea aplicable a los centros comerciales de Bogotá y facilite la integración de dichos proyectos con el sistema interconectado nacional, así mismo, centros comerciales en Bogotá como el centro comercial plaza de las Américas ya implemento un proyecto de aproximadamente metros cuadrados el cual le produce mensualmente entre 19.000 y 20.000 kWh lo cual implica una reducción aproximada de 100 toneladas de CO₂ al año.

Es por esto, y teniendo en cuenta que los centros comerciales son un punto de alto consumo de energía, puesto que se debe garantizar la continuidad en la operación de los comercios que hacen parte del mismo, así como las condiciones de confort de los clientes y visitantes, se requiere contar con fuentes de generación alternas a la energía convencional, de allí que los mismos cuentan con sistemas de respaldo como plantas de emergencia, y se ha incrementado el uso de fuentes alternativas de energía, especialmente la energía solar fotovoltaica con el fin de aprovechar el área disponible en

cubiertas, y como medida de eficiencia energética, gestión ambiental, y una forma de reducir la tarifa a pagar por el servicio de energía.

Por lo anterior, esta investigación se justifica en conocer la necesidad y tendencias de los centros comerciales en cuanto a generación y uso de la energía, con el fin de proponer una metodología para la gestión de los proyectos de generación de energía. y como las nuevas tecnologías lograrán integrarse al sistema interconectado nacional mediante un modelo de generación distribuida.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Generación distribuida

5.1.1. Definición

La generación distribuida se define como la generación de energía a pequeña escala y cercana a la carga o consumidor final, especialmente usando tecnologías eficientes y con capacidades de potencia instalada por debajo de los 1.000 kW pico (Rodríguez Hernández, 2009), esto permite que la demanda de energía se satisfaga desde un punto cercano, reduciendo así los costos de transmisión, distribución y comercialización que se presentan en los sistemas centralizados de generación de energía.

Según (CREG, 2018), un generador distribuido es: *“Persona jurídica que genera energía eléctrica cerca de los centros de consumo, y está conectado al Sistema de Distribución Local y con potencia instalada menor o igual a 0,1 MW.”* De esta forma el ministerio de minas y energía en Colombia limita la autogeneración a potencias instaladas inferiores a 100 kW, y cataloga como auto generador a pequeña escala (AGPE) a las instalaciones superiores a 100 kW, es decir, los centros comerciales que implementen proyectos de autogeneración comúnmente se encontraran dentro de la categoría de auto generador a pequeña escala (AGPE) dado que debido a su importante carga instalada fácilmente requerirá la instalación de sistemas de generación superiores a 100 kW.

5.1.2. Fuentes de generación distribuida

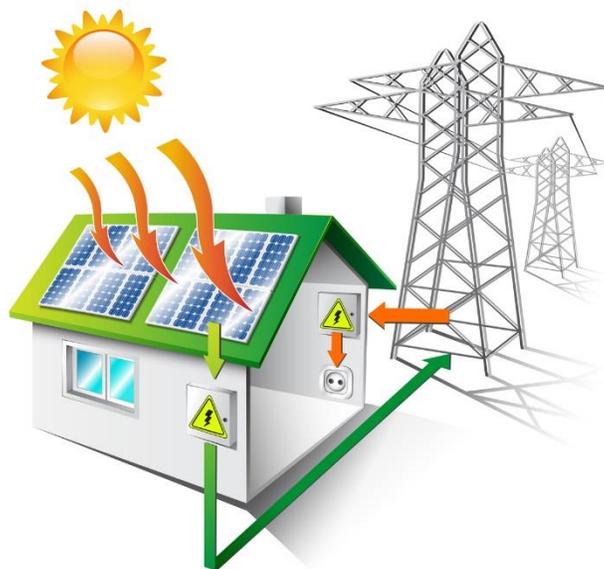
Los sistemas utilizados como fuentes de generación distribuida pueden incluir los siguientes dispositivos o tecnologías:

- Energía solar fotovoltaica
- Pequeños sistemas de Energía eólica
- Pila de combustible

- Cogeneración
- ciclo combinado
- Vehículos eléctricos
- Plantas eléctricas de combustible

Otro factor importante que se ha desarrollado en los modelos de generación distribuida, es el uso de las capacidades de generación instalada en los consumidores de energía, como factor clave para dar respuesta a la oferta de energía desde la demanda de la misma, es por esto que en el artículo de (Valencia López, Carvajal Quintero, & Pineda Aguidelo, 2017), se propone utilizar estrategias de obtención de datos conocidos como ALL DATA para el diseño de programas de gestión de demanda (PGD) en usuarios industriales y Se establece que los datos utilizados deben provenir de aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, de manera que se pueda tener una mirada holística de aspectos que intervienen en el consumo de energía.

A continuación, se presenta un esquema básico de cómo opera un sistema de generación distribuida o autogeneración.



Fuente: (SYSCOM, 2018)

5.1.3. Ventajas y desventajas:

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la generación distribuida

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Ayuda a la conservación del medio ambiente al utilizar fuentes de energía renovables• Descongestionan los sistemas de transporte de energía.• Aplazan la necesidad de readecuación de los sistemas de transmisión.• Ayuda al suministro de energía en periodos de gran demanda.• Mejora la fiabilidad del sistema.• Mejora la calidad del servicio eléctrico.• Evita costos de inversión en transmisión y distribución | <ul style="list-style-type: none">• Existe aspectos relacionados con las fluctuaciones de voltaje que afecta a los consumidores vecinos• Requiere un sistema de adquisición de datos más complejo.• Alto costo de inversión inicial.• La falta de estándares para la conexión de pequeños generadores impide su desarrollo. |

5.2. Centros comerciales en Bogotá

5.2.1. Definición

Un centro comercial se puede definir según el texto “Grandes centros comerciales en Santafé de Bogotá” (Muller, 2008), como “*una aglomeración de negocios del comercio al por menor, de recreación y de otros servicios que se planificó o que creció como un conjunto y cuya política de comercio y de publicidad es coordinada por una administración común*”. El centro comercial se caracteriza por ubicarse en un edificio grande y de arquitectura refinada que no está conectado con otros edificios y que tiene buena conexión vial, grandes parqueaderos y generalmente dos o tres pisos comerciales.

Entre los centros comerciales de mayor tamaño en la ciudad de Bogotá según (Chiquiza Nonsoque, 2018), se encuentran en orden descendente de acuerdo al tamaño de los mismos los siguientes:

- Centro Comercial El Eden: con 160.000 metros cuadrados de área comercial en un terreno de aproximadamente 34.000 metros cuadrados
- Centro Comercial Centro Mayor: con 109.000 metros cuadrados de área comercial en un terreno de aproximadamente 81.000 metros cuadrados
- Centro Comercial Calima: con 93.000 metros cuadrados de área comercial en un terreno de aproximadamente 47.000 metros cuadrados
- Centro Comercial Plaza Central: con 81.000 metros cuadrados de área comercial en un terreno de aproximadamente 43.000 metros cuadrados
- Centro Comercial Santa fe: con 80.000 metros cuadrados de área comercial en un terreno de aproximadamente 43.000 metros cuadrados
- Centro Comercial Multiplaza: con 65.000 metros cuadrados de área comercial en un terreno de aproximadamente 37.000 metros cuadrados

5.3. Sistema Interconectado Nacional

5.3.1. Definición

Según (Twenergy, 2016), a finales de los años sesenta, se conectaron sistemas eléctricos regionales diferentes y se materializó la *Interconexión*. Hoy se llama sistema interconectado al modelo integrador que hace posible el funcionamiento del sector eléctrico en Colombia, aquel donde se encuentran la generación y redes eléctricas para abastecer a todo el país. En él participa toda la cadena productiva: generadores, transmisores, distribuidores y comercializadores, y conforman el Mercado de Energía Mayorista colombiano.

Es el sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución, y las cargas eléctricas de los usuarios (Ministerio de minas y energía, 1994).

5.3.2. Características y peculiaridades del sistema

La producción de energía en el sistema colombiano esta dada principalmente por centrales hidroeléctricas (alrededor de un 69.18%) Lo cual quiere decir que fenómenos climáticos como el Niño y/o la Niña, o las sequías, pueden afectar en la disponibilidad de recursos, y por tanto en el precio de la electricidad, así como en la compraventa de energía de largo plazo. También se produce energía térmica con carbón (9.75%) y gas (9.61%), y con esa combinación de hidráulicas y térmicas se produce aproximadamente el 90% de la energía que abastece el país (Twenergy, 2016) Teniendo un 10% restante para fuentes tales como el ACPM, Radiación solar, viento, Combustóleo, Biogás, y bagazo.

Más de 19 empresas producen el 93% de la energía del país. Además, una decena son transmisoras de energía eléctrica. Interconexión Eléctrica S. A. (ISA) es la mayor, puesto que es propietaria de cerca del 75% de la red. A su vez, con más de 41000 km de circuito a alta tensión, se posiciona como el mayor transportador internacional de energía eléctrica de Latinoamérica (Twenergy, 2016).

5.3.3. Requisitos para la interconexión al Sistema interconectado nacional

Los requisitos para la interconexión de fuentes de generación de energía al sistema interconectado nacional, se encuentra reglamentado por las leyes 142 y 143 de 1994, mediante las cuales se establecen los procedimientos y requerimientos a cumplir por un generador que desee contar con conexión al sistema interconectado nacional, adicionalmente, se identifican tres principales etapas para el desarrollo de este tipo de proyectos:

- **Etapas 1. Pre-construcción.** Corresponde a los procesos de estudios, diseños, consecución de licencias y permisos que se deben tramitar ante el Ministerio de Medio Ambiente y las autoridades locales.
- **Etapas 2. Construcción.** Corresponde a los procesos de adquisición de predios y construcción en el sitio del proyecto.

- **Etapa 3. Entrada en operación.** Corresponde al proceso de conexión de la planta al Sistema Interconectado Nacional, SIN, y entrada en operación comercial para la venta de la energía al mercado de energía mayorista. En esta etapa la regulación está definida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, la cual define todas las reglas que debe cumplir un generador que participe en el mercado.

Estas etapas se dan con el cumplimiento normativo y técnico de lo requerido en dichas leyes y las resoluciones de la CREG que sean aplicables según el tipo de proyecto.

5.4. Tendencias en proyectos de energía en edificaciones

En lo que respecta la generación distribuida en Colombia, y gracias a diferentes modelos de negocio, se ha logrado avanzar en la implementación de proyectos de energías alternativas en diferentes zonas del país, entre ellas y según (Sanchez Molina, 2018), se encuentran:

- *Océano Verde, un proyecto de casas campestre, utiliza la energía solar en Jamundí para ahorrar energía con base en la Resolución 0549 de vivienda sostenible de Colombia. Este proyecto de construcción sostenible de 400 viviendas, inmerso en un entorno natural se construyó en un área de 650.000m², localizada en una zona ideal para aprovechar el sol.*
- *La Compañía Nacional de Chocolates, filial de Grupo Nutresa, tiene el techo de energía solar más grande de Antioquia en su fábrica en Rionegro. El sistema fotovoltaico, que cuenta con 8.000 módulos y 74 inversores, tiene capacidad para generar 2.132 kWp y atenderá la demanda del 15 % del consumo de la fábrica.*
- *El Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT tiene el primer suelo solar para autogeneración instalado en Colombia. Comprende 2.820 módulos solares que equivalen a una generación de 902 kWp, aportándole una reducción del 12 % a la tarifa de energía convencional—\$ 50 millones al año—y la posibilidad de no emitir 458 toneladas anuales de CO₂.*

- *La Universidad Autónoma de Occidente de Cali cuenta con una instalación de 1.546 módulos solares que tienen una capacidad de generación de 250 kWp (kilovatio hora pico) de energía verde para atender el 14,8 % de su demanda energética.*
- *El Centro Comercial La Reserva en Envigado, Antioquia tiene ahora un techo solar constituido por 96 módulos solares que ayudan a producir más de 43.700 kWh al año y a reducir en 16 toneladas sus emisiones anuales de CO2.*
- *Década 10, la tienda más grande de moda en Tuluá, también cuenta con instalación de 385 paneles solares con la cuales evita la emisión de 50,4 toneladas de CO2 al año, el equivalente a sembrar 197 árboles, gracias a un sistema fotovoltaico instalado on-grid (conectado a la red), que hace que la energía producida se consuma en el mismo instante en que se genera.*
- *Inmobiliaria Grupo Providencia cuenta con el primer proyecto masivo residencial con soluciones solares fotovoltaicas en Panamá, denominado La Hacienda. Los paneles solares están en 350 viviendas, cada una con una solución solar fotovoltaica de 1kWp para autogeneración. Este complejo residencial, en conjunto, evitará la emisión de 188 toneladas anuales de dióxido de carbono (CO2) y las familias del oeste de Panamá se verán beneficiadas con un ahorro energético representativo.*
- *Centro de Convenciones de Cartagena este icónico lugar de La Heroica, con 30 años de experiencia generará energía solar para evitar la emisión de 191 toneladas de CO2 en el año.*

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que actualmente ya es tendencia la implementación de estos proyectos en centros comerciales y/o edificaciones con similares características, por lo cual, es de resaltar la importancia de estar a la vanguardia e innovando en las tendencias de producción de energía como método para cubrir su propia demanda de energía o reducir la dependencia de la red eléctrica convencional.

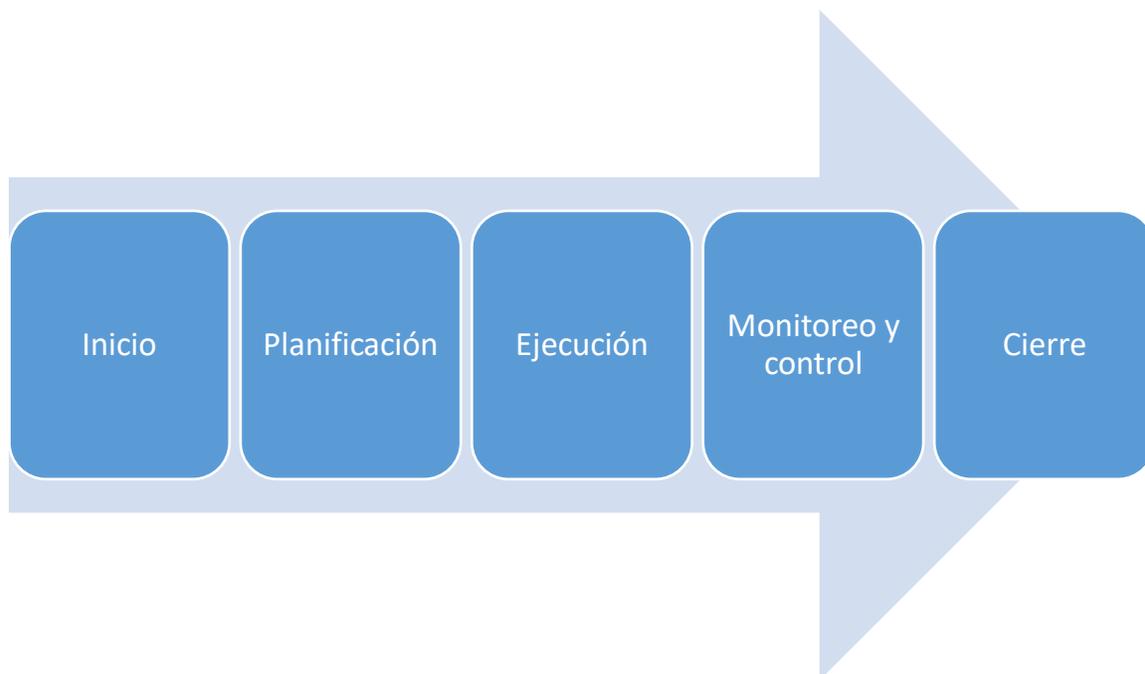
5.5. Metodologías para formulación, evaluación y gerencia de proyectos

A continuación, se hace referencia a dos de los principales estándares para la formulación, evaluación y gerencia de proyectos utilizados a nivel internacional.

5.5.3. PMBOK del PMI

Una de las metodologías más utilizadas actualmente para la gerencia de proyectos de diferentes sectores, es la desarrollada por el *Project Management Institute*, y descrita en su libro guía PMBOK por sus siglas en inglés *Project Management Body Of Knowledge* en ella se describen el estándar compuesto por normas método procesos y prácticas establecidas para la dirección de proyectos, asimismo el ciclo de vida de la dirección de proyectos, los procesos relacionados y el ciclo de vida del proyecto (PMI,2017).

Figura 1. Proceso de gestión de proyectos según PMI



Fuente: Elaboración propia adaptada del PMBOK

5.5.4. PRINCE 2

PRINCE2 (*Projects in Controlled Environments*) es otra de las metodologías comúnmente usadas alrededor del mundo para la gestión de proyectos, aplicable en diversos sectores y a proyectos de diferentes tamaños (PRINCE2).

Figura 2. Proceso para la gestión de proyectos según el PRINCE 2



Fuente: Elaboración propia adaptada del libro guía del PRINCE2

5.6. Aspectos normativos para proyectos de generación distribuida

Los proyectos de generación de energía y en general todas las actividades relacionadas con el sistema eléctrico colombiano, se encuentran reglamentadas mediante las leyes 142 y 143 de 1994, leyes mediante las cuales, el estado Colombiano creó las comisiones de regulación, En ese mismo año el Presidente de la República, mediante el Decreto 1524, estableció que la Comisión de Regulación de Energía y Gas ejercerá las funciones que señala el artículo 23 de la Ley 143 de 1994 y, luego mediante el Decreto 2253 delegó en la Comisión de Regulación de Energía y Gas las funciones presidenciales a las que se refiere el artículo 68, y las disposiciones SC concordantes de la Ley 142 de 1994.

Por lo anterior, es responsabilidad de la CREG regular y reglamentar la prestación del servicio de energía eléctrica.

En el desarrollo de sus funciones, la CREG ha emitido las siguientes resoluciones que hacen parte del marco normativo de la producción de energía distribuida o generación distribuida:

-Resolución CREG 025 de 1995: “Por la cual se establece el código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional

-Resolución CREG 086 de 1996: “Por la cual se reglamenta la actividad de generación con plantas menores de 20 MW que se encuentra conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

-Resolución CREG 024 de 2015: “Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN) y se dictan otras disposiciones”. En esta norma se establecen las reglas de los auto generadores a gran escala en cuanto a comercialización, entrega de excedentes de energía a la red y otras disposiciones.

-Resolución CREG 030 de 2018: Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional.

Así mismo, y con el fin de incentivar el uso de las energías renovables en Colombia, en el año 2014 el gobierno nacional emitió la Ley 1715 de 2014, mediante la cual se impulsa la implementación de proyectos relacionados con la generación de energía a partir de fuentes alternativas, y otorgando beneficios tributarios a este tipo de proyectos.

5.7. Gestión energética en centros comerciales

Con respecto a los modelos aplicados para la gestión de energía en centros comerciales, en Restrepo Garces, Manotas Duque, & Lozano, (2017) se realizó un *“caso de estudio con base en datos reales de SCs y en tres ciudades colombianas con diferentes condiciones meteorológicas. Se demostró que, aplicando las opciones reales, las tecnologías fotovoltaicas son viables para ser implementadas en el sector comercial”*.

Los mismos autores anteriores, Restrepo Garces , Manotas Duque, & Lozano, (2016) generaron un Portafolio para Auto-Generación de Electricidad con Fuentes Renovables en Edificios Comerciales, el cual, *“fue realizado con el fin de conformar un portafolio óptimo para la autogeneración de electricidad con fuentes de energía renovables (FER) en edificios comerciales con base en la caracterización del consumidor, la incertidumbre de las FER, la normatividad de Colombia y las opciones*

reales del proyecto. Se diseñó una metodología de optimización que comienza con la selección de las alternativas FER, utilizando métodos multicriterio. La evaluación económica de las alternativas se realizó con el método flujo de caja descontado. La flexibilidad del valor presente del proyecto se definió con la Teoría de Opciones Reales y el portafolio óptimo se calculó a través de la maximización del valor presente del proyecto. El caso de estudio se desarrolló en un centro comercial concluyéndose que las energías renovables son viables cuando se incluyen las opciones reales. Los retornos se incrementan con la optimización hasta en un dos mil trescientos por ciento.”

En el mismo sentido, y teniendo conciencia en la importancia de la autogeneración de energía en los centros comerciales, (Zuñiga Solano & Jimenez Castañeda, 2016) plantean la implementación de un proyecto de energía solar fotovoltaica en el centro comercial la 22 ubicado en la ciudad de santa marta en Colombia, en dicho documento los autores plantean que la implementación de la tecnología propuesta generará autosuficiencia eléctrica para zonas comunes, con la posibilidad de extenderla a las vitrinas de los locales, garantizando un ahorro en los gastos del servicio público de energía.

Respecto a la eficiencia energética en las edificaciones de centros comerciales, se encontró una investigación desarrollada en Ecuador la cual establece un “*Programa de gestión de eficiencia energética para los centros comerciales populares del Distrito Metropolitano de Quito*” (Bustamante Sanchez, 2015) aplicado al Centro Comercial “Ipiales del Sur” con el objetivo de evaluar su condición actual de operación y proponer medidas de ahorro energético apoyadas con su viabilidad tanto técnica como económica. La evaluación de la operación actual del sistema eléctrico se realiza en base a las mediciones de calidad de energía, nivel de iluminación y levantamiento detallado de cargas. Se valora los parámetros eléctricos, se analiza la facturación del consumo energético, se cuantifica y compara la calidad de iluminación. Se plantean oportunidades de ahorro como redistribución de carga, sustitución de lámparas, rediseño del sistema de iluminación y el dimensionamiento de un nuevo transformador de distribución, posteriormente son analizadas técnica y económicamente. Finalmente se establece un guía de eficiencia energética para reducir consumos energéticos.

En Colombia, (Rojas Mahecha & Cano Miranda, 2014) generaron un Plan estratégico en eficiencia energética para centros comerciales con proyección a la certificación ISO 50001, en donde para la consecución del análisis en el sector comercial, se presentan dos casos representativos en el estudio: Los centros comerciales Portal 80 y Unicentro de Occidente, los cuales brindan el soporte suficiente para el diagnóstico energético de un centro comercial en Colombia, bajo la estructuración genérica que se encuentra dispuesta en la mayoría de casos en el país, direccionando a la detección autosuficiente de potenciales de ahorro por la administración de un centro comercial.

Teniendo en cuenta el dominio sobre los recursos para promover los proyectos de ahorro o buenas prácticas operacionales que soportan el ahorro energético dentro de la organización.

De esta forma, se logra determinar la importancia que ha tomado la autogeneración de energía en los centros comerciales, en Colombia y en la región suramericana, y se resalta la importancia y la urgencia que se debe tener para la implementación de dichas políticas, de esta forma haciendo frente a las tendencias del sector energético desde una respuesta por parte de los altos consumidores de energía.

6. HIPÓTESIS

Las hipótesis a tener en cuenta para el desarrollo de la presente investigación son las siguientes:

Actualmente no se cuenta con un modelo metodológico que permita a los centros comerciales integrar proyectos de generación distribuida con el sistema interconectado nacional.

Existen vacíos normativos y jurídicos que dificultan la integración de proyectos de generación distribuida al sistema eléctrico colombiano.

Los centros comerciales de gran tamaño en la ciudad de Bogotá se encuentran desarrollando proyectos de autogeneración de energía como medida de eficiencia energética y con el fin de reducir su impacto ambiental.

Los proyectos de generación distribuida en los centros comerciales, es una opción económicamente viable para los centros comerciales.

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. Tipo de investigación

Para dar solución a la pregunta de investigación, se plantea el desarrollo de un estudio cuantitativo de tipo descriptivo, que como resultado del análisis de datos permita describir las variables, explicar sus cambios y establecer el modelo metodológico planteado.

El enfoque de investigación cuantitativo es secuencial y probatorio, es decir, cada etapa precede a la siguiente y no podemos brincar o eludir pasos (Hernandez Sampieri , Fernandez Collado, & Baptista Lucio , 2014). El proceso se basa en la determinación de una idea, esto conlleva al planteamiento del problema para una posterior revisión de literatura y desarrollo del marco teórico, de esta forma se puede visualizar el alcance del estudio de investigación, se elaboran hipótesis y definen variables, luego se diseña la investigación, se define y selecciona una muestra de la cual se recolectan los datos objeto de investigación, los mismos se analizan y se elabora un reporte de resultados.

7.2. Población y muestra:

El universo de la población objeto de estudio, corresponde a los centros comerciales ubicados en la ciudad de Bogotá, y los elementos o unidades de muestreo corresponderá a los centros comerciales que cuenten con más de 200 locales comerciales en su interior, y se encuentren en operación y/o construcción, con el fin de realizar un análisis a los que presenten un mayor consumo de energía y se encuentren interesados en la implementación de proyectos de generación distribuida.

El tamaño de la muestra será determinado mediante la determinación de una muestra probabilística que determine un numero representativo para la población, y permita la validación de la pregunta de investigación.

7.3. Recolección de información

Con el fin de realizar la recolección de la información acorde a las variables definidas como objeto de investigación, se desarrollará y validará un instrumento confiable, que

pueda ser aplicable a la muestra seleccionada y que recopile la información relacionada con los objetivos de la investigación.

Los resultados obtenidos y recopilados mediante el instrumento desarrollado serán descritos en el capítulo **9** del presente documento.

7.4. Análisis de información

La información recolectada y sus aportes a los objetivos de investigación serán consolidados y analizados mediante la comparación de los estándares establecidos para las variables objeto de estudio. Se aplicará y utilizará hojas de cálculo, y software para la gestión de proyectos con el fin de definir la metodología resultante de la presente investigación.

8. EVALUACIÓN DEL MARCO NORMATIVO QUE RIGE LA INTEGRACIÓN DE LAS FUENTES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LOS CENTROS COMERCIALES CON EL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

Aunque las actividades relacionadas con el sistema eléctrico Colombiano se encuentran reglamentadas bajo las leyes 142 y 143 de 1994, en la última década Colombia, atendiendo las tendencias mundiales, ha decidido avanzar en el fortalecimiento de la reglamentación que rige los modelos de generación distribuida, la integración de las fuentes de generación de energía con el sistema interconectado nacional (SIN), y ha impulsado la implementación de fuentes de energía no convencionales, esto mediante el organismo competente y designado para regular el sector eléctrico colombiano llamado Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), y mediante el gobierno nacional, reglamentando y promulgando leyes que establecen los lineamientos a seguir para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Dado lo anterior a continuación, se presenta una evaluación de las resoluciones emitidas por la CREG, las leyes del gobierno nacional, y normas y reglamentos técnicos que se relacionan con la integración de proyectos de generación distribuida, y su aplicabilidad al caso de los centros comerciales en Bogotá.

8.1. Resolución CREG 025 de 1995.

Mediante la resolución 025 del 13 de Julio de 1995 la CREG estableció el Código de Redes como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional, este se compone por el código de planeamiento de la expansión del sistema de transmisión nacional, el código de conexión, el código de operación y el código de medida y es aplicable al caso de estudio puesto que establece el procedimiento a seguir por consumidores y/o generadores que requieran ser parte del sistema interconectado nacional.

Se debe tener en cuenta que dicha resolución ha tenido modificaciones parciales de su contenido por las resoluciones CREG: 058 de 1995, 061 de 1995, 062 de 1995, 080 de 1999, 081 de 1999, 083 de 1999 y 065 de 2000.

8.2. Ley 1715 de 2014

La Ley 1715 del 13 de mayo de 2014 tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. En esta se estableció el marco legal y los instrumentos que facilitan e impulsan el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, especialmente las renovables, esto con el fin de dar cumplimiento a los compromisos adquiridos por Colombia tales como la aprobación del estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena) mediante la Ley 1665 de 2013.

Para permitir la promoción de la autogeneración a pequeña escala, a gran escala y la generación distribuida, dicha ley implementa los siguientes mecanismos:

- **Entrega de Excedentes:** Se autoriza a los auto generadores a pequeña y gran escala a entregar sus excedentes a la red de distribución y/o transporte.
- **Sistemas de medición bidireccional y mecanismos simplificados de conexión y entrega de excedentes a los auto generadores a pequeña escala:** Los auto generadores a pequeña escala podrán usar medidores bidireccionales de bajo costo para la liquidación de sus consumos y entregas a la red, así como procedimientos sencillos de conexión y entrega de excedentes para viabilizar que dichos mecanismos puedan ser implementados, entre otros, por usuarios residenciales.
- **Venta de energía por parte de generadores distribuidos:** La energía generada por generadores distribuidos se remunerará teniendo en cuenta los beneficios que esta trae al sistema de distribución donde se conecta, entre los que se pueden mencionar las pérdidas evitadas, la vida útil de los activos de distribución, el soporte de energía reactiva, etc.
- **Venta de créditos de energía:** Aquellos auto generadores que por los excedentes de energía entregados a la red de distribución se hagan acreedores de los créditos

de energía de los que habla el literal a) del presente artículo, podrán negociar dichos créditos y los derechos inherentes a los mismos con terceros naturales o jurídicos, según las normas que la CREG defina para tal fin.

- **Programas de divulgación masiva.** La UPME realizará programas de divulgación masiva cuyo objetivo sea informar al público en general sobre los requisitos, procedimientos y beneficios de la implementación de soluciones de autogeneración a pequeña escala.
- **Programas de divulgación focalizada:** La UPME realizará investigaciones sobre los posibles nichos en donde sea más probable que se implementen de manera viable las soluciones de autogeneración a pequeña escala, y con base en esto realizará programas de divulgación y capacitación focalizados acerca de estas tecnologías, así como la preparación y publicación de guías técnicas y financieras relacionadas.

Igualmente, en el capítulo 3 de la ley 1715 se plantean los incentivos a la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energía, los cual representa beneficios a la implementación de este tipo de proyectos, y se pueden catalogar en 4 grandes beneficios:

- **Reducción en el impuesto de renta:** Los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada.
- **Incentivo tributario IVA:** Para fomentar el uso de la energía procedente de FNCE, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la preinversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos de IVA.
- **Incentivo Arancelario:** Las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados

exclusivamente para labores de preinversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes.

- **Incentivo contable depreciación acelerada de activos:** La depreciación acelerada será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la preinversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para ese fin, a partir de la vigencia de la presente ley. Para estos efectos, la tasa anual de depreciación será no mayor de veinte por ciento (20%) como tasa global anual.

Esta reglamentación y los beneficios tributarios y económicos establecidos son los que han permitido impulsar el desarrollo de las fuentes no convencionales de energía, así como han establecido los parámetros y la hoja de ruta a seguir para la implementación de modelos de generación distribuida de energía.

8.3. Decreto 2469 de 2014

Mediante el decreto 2469 de 2014 el gobierno colombiano con base a lo dispuesto en la ley 1715 del mismo año, decretó condiciones que permiten a los auto generadores a gran escala, contar con condiciones simétricas para la participación en el mercado mayorista, así mismo se dispuso los parámetros que deben cumplirse para lograr ser considerados auto generadores:

- 1 La energía eléctrica producida por la persona natural o jurídica se entrega para su propio consumo, sin necesidad de utilizar activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional y/o sistemas de distribución.
- 2 La cantidad de energía sobrante o excedente puede ser superior en cualquier porcentaje al valor de su consumo propio.
- 3 El auto generador deberá someterse a las regulaciones establecidas por la CREG para la entrega de los excedentes de energía a la red. Para lo anterior el auto generador a gran escala deberá ser representado ante el mercado mayorista por un agente comercializador o por un agente generador.

- 4 Los activos de generación pueden ser de propiedad de la persona natural o jurídica o de terceros y la operación de dichos activos puede ser desarrollada por la misma persona natural o jurídica o por terceros.

Estos cuatro parámetros deben ser cumplidos con el fin de poder ser considerado por la UPME y la CREG como auto generador, y poder acceder a los mecanismos reglamentados por la ley 1715 para dichos participantes del mercado energético.

8.4. Resolución CREG 024 de 2015

La resolución CREG 024 del 13 de marzo de 2015 se encuentra ya enfocada en el marco de las tendencias de la generación distribuida y la autogeneración de energía, puesto que mediante esta se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado Nacional (SIN), esto gracias a la regulación presentada en la ley 1715 de 2014 la cual reguló la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, dicha ley también definió el concepto de auto generador, autorizó la entrega de excedentes de energía a la red y le otorgó a la Comisión de Regulación de Energía y Gas, la facultad de reglamentar la forma en que el auto generador entrega a la red excedentes de energía eléctrica propios de su actividad.

Dando cumplimiento a lo anterior, mediante la resolución CREG 024 de 2015 se establecen 4 parámetros necesarios para ser considerado auto generador los cuales deben ser cumplidos todos y cada uno de ellos:

- 1 La energía eléctrica producida por la persona natural o jurídica se entrega para su propio consumo, sin necesidad de utilizar activos de uso del Sistema de Transmisión Nacional y/o sistemas de distribución.
- 2 La cantidad de energía sobrante o excedente puede ser superior en cualquier porcentaje al valor de su consumo propio.
- 3 El auto generador deberá someterse a las regulaciones establecidas por la CREG para la entrega de los excedentes de energía a la red. Para lo anterior el auto generador a gran escala deberá ser representado ante el

mercado mayorista por un agente comercializador o por un agente generador.

- 4 Los activos de generación pueden ser de propiedad de la persona natural o jurídica o de terceros y la operación de dichos activos puede ser desarrollada por la misma persona natural o jurídica o por terceros”.

8.5. Resolución CREG 030 de 2018

La resolución CREG 030 de 2018 se encarga de regular las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

En dicha resolución se aclaran temas tales como el límite de potencia máximo para que un auto generador sea considerado como de pequeña escala, definido en la Resolución UPME 281 de 2015, es igual a 1 MW, además, el Ministerio de Minas y Energía, mediante el Decreto 348 de 2017, estableció los lineamientos de política frente a las condiciones simplificadas para la autogeneración, en términos de la medición, la conexión, el contrato de respaldo y la entrega de excedentes y su respectiva liquidación. También que la Ley 1715 de 2014 ordena establecer un proceso de conexión simplificado para los auto generadores a gran escala hasta 5 MW.

De igual modo dicha resolución estableció las condiciones y los procedimientos a realizar para conectarse como auto generador de pequeña escala o como generador distribuido, así como las condiciones requeridas para la medición, y las alternativas de comercialización de la energía generada mediante la generación distribuida y entrega de excedentes al sistema interconectado nacional.

8.6. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)

El reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) se establecen los requisitos que garantizan los objetivos legítimos de protección contra los riesgos de origen eléctrico, para esto se recopilan los preceptos esenciales que definen el ámbito de aplicación y las características básicas de las instalaciones eléctricas y algunos requisitos que pueden

incidir en las relaciones entre las personas que interactúan con las instalaciones eléctricas o el servicio y los usuarios de la electricidad.

Teniendo en cuenta que mediante la resolución No. 9 0708 de agosto 30 de 2013 por la cual se encuentra reglamentado el RETIE vigente, no se encuentran lineamientos que establezcan el marco técnico que reglamenta la implementación de la generación distribuida y su interconexión con el sistema interconectado nacional (SIN), en el año 2019 se encuentra en revisión una nueva versión de dicho reglamento técnico en la cual, y según los borradores ya presentados que se encuentran en revisión, se contempla la inclusión de un capítulo titulado “Requisitos particulares para autogeneración a pequeña escala y generación distribuida” la cual reglamenta técnicamente los requisitos generales y técnicos para la conexión de un auto generador a pequeña escala o generador distribuido al sistema de distribución local, y como debe ser su comportamiento según el estado de la red de media tensión del sistema de distribución local.

En la propuesta de RETIE a ser reglamentada, se establecen también las condiciones técnicas requeridas para la puesta en servicio de los sistemas de generación distribuida, y se indican los mantenimientos y pruebas periódicas que requieren ser realizados en las instalaciones y su conexión, así como los criterios a tener en cuenta por los auto generadores existentes para su conexión con el sistema de distribución local.

8.7. Procedimiento para la conexión como generador ante operadores de red y/o comercializadores

Mediante la resolución CREG 030 de 2018 se establece el procedimiento simplificado, de acuerdo con la capacidad a instalar, que deberá cumplir cualquiera que aspire a realizar una conexión de este tipo, este procedimiento varía de acuerdo con la capacidad a instalar teniendo los siguientes requerimientos para el caso de Bogotá con el operador de red Enel:

Para Auto generadores o Generadores Distribuidos menores a 100 KW:

- Formulario de solicitud de conexión
- Respuesta por parte del Operador de Red

- Visita de verificación de parámetros y pruebas
- Conexión

Para AGPE entre 0,1 MW Y 1 MW y auto generadores entre 1 MW Y 5 MW

- Estudio de conexión
- Formulario de solicitud de conexión
- Respuesta por parte del Operador de Red
- Contrato de conexión
- Visita de verificación de parámetros y pruebas
- Conexión

Como se puede observar, entre las diferencias se encuentran el estudio de conexión y el contrato de conexión, y teniendo en cuenta que las capacidades a instalar por parte de un centro comercial pueden oscilar entre 0.1 MW y 1 MW, y revisando la resolución CREG 030 de 2018 se tiene respecto al estudio de conexión y al contrato de conexión lo siguiente:

“Estudio de conexión simplificado. El AGPE debe elaborar un estudio de conexión simplificado con el formato que sea publicado por la CREG. Mientras el formato no sea publicado, el estudio debe contener el análisis solicitado por el OR sin exceder los requisitos establecidos en la Resolución CREG 070 de 1998.

El estudio podrá ser elaborado por el interesado o por el OR a solicitud de aquél. En el caso de que el interesado haya realizado por su cuenta el estudio de conexión simplificado, el OR revisará dicho estudio adecuándolo, si es necesario, para que cumpla con los criterios establecidos en la normatividad aplicable. De cualquier forma, los estudios de conexión y la coordinación de protecciones eléctricas son responsabilidad del AGPE que se conecta.

En caso de que las pérdidas de energía sean superiores a las reconocidas al OR en el nivel de tensión respectivo, el costo de las mismas podrá ser objeto de acuerdo entre las partes a ser incluido como parte del contrato de conexión.”

“El OR y el interesado firmarán el correspondiente Contrato de Conexión, a más tardar dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes a la fecha de la remisión del resultado de viabilidad técnica.

El no cumplimiento del plazo para firmar el Contrato de Conexión, por parte del usuario o del agente que requiere la conexión, liberará al OR de mantener la potencia instalada de transporte asignada y ésta podrá ponerse a disposición de otro solicitante.

La potencia instalada de transporte asignada estará disponible durante seis (6) meses a partir de la fecha de aprobación y tendrá plenos efectos a partir de la fecha de puesta en servicio del proyecto de conexión.

e) Si el AGPE desiste de la ejecución de su proyecto de conexión al OR o el proyecto no entra en operación en la fecha establecida en el contrato de conexión con por lo menos el 90% de la potencia instalada de autogeneración, se liberará la capacidad de transporte no empleada.”

9. IDENTIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE GESTIÓN ENERGÉTICA CON LOS QUE CUENTAN LOS CENTROS COMERCIALES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

Con el fin de investigar los modelos de gestión energética normalmente utilizados por los centros comerciales en la ciudad de Bogotá, se realizó un trabajo investigativo de campo mediante la aplicación de una encuesta en la cual se consultó cinco (5) centros comerciales ubicados en la ciudad, e indagando acerca del conocimiento del personal administrativo y operativo sobre los modelos de gestión energética más utilizados en los grandes consumidores de energía, esto especialmente para las áreas comunes de los centros comerciales, como resultados de dicha investigación se logró la siguiente identificación de los mismos:

9.1. Iluminación: control y actualización tecnológica.

Una de las tendencias que se logró evidenciar, es que en los 5 centros comerciales consultados se han realizado proyectos de gestión energética, y con resultados favorables mediante la actualización tecnológica por cambio de luminarias fluorescentes o incandescentes por luminarias LED, y/o por la implementación de proyectos basados en la dimerización, control de potencia y niveles de iluminación, basados en tecnologías como DALI, DMX, o 0-10.

A continuación, se puede observar una tabla en la cual se identifican el tipo de proyecto implementado en cada centro comercial relacionados con el control de iluminación y la actualización tecnológica:

Tabla 2. Resumen de proyectos implementados de iluminación

| CENTRO COMERCIAL | RESUMEN DEL PROYECTO IMPLEMENTADO |
|--------------------|---|
| Centro Comercial 1 | Se realizo cambio de las luminarias de todas las zonas comunes por luminarias LED y se encuentra en estudio la implementación de un sistema de control de iluminación DALI. |
| Centro Comercial 2 | Se implemento un sistema de control de iluminación basado en sensores de y aplicando la domótica para ajustar niveles de iluminación a los niveles requeridos. |

| | |
|--------------------|--|
| Centro Comercial 3 | Utilizando la iluminación natural, y con un sistema de control tecnología DALI, se logró dimerizar las luminarias LED ya instaladas y con esto se logró reducir el consumo de energía de las zonas comunes por la iluminación. |
| Centro Comercial 4 | El centro comercial desde su construcción fue diseñado con un sistema de control de iluminación 0-10 y con luminarias tipo LED, esto nos ha permitido un ahorro desde el inicio de operación del mismo. |
| Centro Comercial 5 | Actualmente contamos con luminarias LED, las cuales son renovadas mediante un contrato de mantenimiento |

Fuente: Autor basado en visitas de campo.

9.2. Refrigeración: Automatización y ventilación natural.

La ubicación geográfica de la ciudad de Bogotá permite que el consumo de energía por concepto de refrigeración, aire acondicionado de confort, y ventilación, sea menor comparado con otras ciudades del país, sin embargo, se determinó que la carga instalada de estos equipos en los centros comerciales representan un importante consumo de energía en las cuentas de las zonas comunes, para lo cual se logró identificar que en dos (2) de los cinco (5) centros comerciales analizados han implementado proyectos, y tienen los sistemas de refrigeración identificados como importantes consumidores de energía, para estos se identificó:

Tabla 3. Resumen de proyectos implementados de refrigeración

| CENTRO COMERCIAL | RESUMEN DEL PROYECTO IMPLEMENTADO |
|--------------------|---|
| Centro Comercial 1 | Se realizó el cambio de las unidades de enfriamiento por una tecnología tipo chiller, la cual represento una mayor eficiencia y por ende una reducción en la factura de energía. |
| Centro Comercial 2 | Se tiene un sistema automatizado que junto a un sistema de freecooling ha reducido el consumo de los equipos de refrigeración y ha garantizados las temperaturas de confort para los visitantes del centro comercial. |

Fuente: Autor basado en visitas de campo.

9.3. Autogeneración mediante fuentes alternativas de generación de energía.

Aunque las fuentes no convencionales de generación de energía, han sido impulsadas por el gobierno nacional, y teniendo en cuenta que estas son parte clave del desarrollo de un modelo de generación distribuida en la ciudad, se investigó acerca de los proyectos de este tipo que han sido implementados en los centros comerciales objeto de la investigación, y se logró identificar que tres de ellos han implementado este tipo de

proyectos, y los tres restante han investigado y están desarrollando un plan de inversión en torno a las fuentes de generación y teniéndola muy presente como alternativa para la gestión energética de la edificación.

En el trabajo de investigación se pudo identificar que la implementación de dichos proyectos en los tres centros comerciales ha sido basada en sistemas de energía solar fotovoltaica en sistemas on grid, es decir que inyectan energía a la red del consumidor, y se desarrollaron bajo dos modelos de negocio diferentes, los cuales se explican a continuación.

9.3.1. Modelo de compra de energía con inversión inicial \$0.

Este modelo de negocio es promovido principalmente por las empresas generadoras y distribuidoras de energía, y se basa en que la empresa de servicios públicos realiza la inversión en equipos, infraestructura y montaje, además de la operación y el mantenimiento, a cambio de un contrato de compra de energía a un plazo de 20 o 25 años pagando la energía generada mensual a tarifas acordes a las del mercado de energía.

El cliente como beneficiario final de la implementación del proyecto únicamente debe suministrar el espacio requerido para la instalación de dicho sistema, y realizar los pagos mensuales de la energía generada, a cambio recibirá los beneficios relacionados a la generación de energía sostenible, y afectará positivamente el medio ambiente mediante la reducción de la huella de carbono.

9.3.2. Modelo de implementación de proyecto con inversión inicial.

El usar este modelo de negocio para la implementación de proyectos de energía solar fotovoltaica, requiere que la organización que desea contar con dicho sistema posea un importante capital destinado a este tipo de inversiones, puesto que se debe realizar una alta inversión inicial, pero gracias a sus bajos costos de operación y mantenimiento, y a los beneficios planteados por la ley 1715 de 2014, logran una recuperación de la inversión en aproximadamente entre 5 y 7 años.

Para la presente investigación se logró identificar que dos de los centros comerciales utilizaron un modelo compra de energía con inversión inicial \$0, esto mediante contratos con empresas de servicios públicos a 20 y 25 años, y el restante utilizó el modelo de implementación de proyecto con inversión inicial.

9.4. Gestión energética mediante integración de fuentes secundarias de generación y respuesta de la demanda.

El modelo de gestión energética para grandes consumidores de energía que cuenten con fuentes secundarias de generación, como lo pueden ser fuentes no convencionales de energía o plantas de generación basadas en combustible y utilizadas como fuentes de respaldo a la energía convencional, y su integración con la red comercial de energía, dan como resultado un modelo de gestión energética llamado respuesta de la demanda, este consiste en la desconexión voluntaria de un consumidor de energía para entrar al proceso de generación y abastecerse como auto generador, en momentos en que el sistema interconectado nacional requiera dicha acción para de esta forma disminuir la demanda y permitir la operación del sistema en las distintas etapas.

Actualmente, este modelo de gestión energética gracias a los beneficios impulsados para los auto generadores, se encuentra en desarrollo en Colombia, y en torno al mismo se tiene desconocimiento en los centros comerciales de la ciudad de Bogotá, los cuales cumplen con las características requeridas para dicho modelo, entre otras ser un alto consumidor de energía, y contar con fuentes alternativas de generación de energía y/o respaldo eléctrico.

Como resultado de la presente investigación se logra determinar que alrededor de dicho modelo de gestión energética no se cuenta con el conocimiento suficiente, dado que únicamente uno de los centros comerciales consultados manifestó haber escuchado un proyecto de similares características, pero no es claro su funcionamiento y de evidencia incertidumbre acerca de la operatividad del mismo para este tipo de clientes.

10. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO Y COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE UN CENTRO COMERCIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Con el fin de caracterizar el consumo energético y comportamiento de la demanda energética típica de un centro comercial, se indago sobre los históricos de consumo de un centro comercial en el cual se contó con disponibilidad en dicha información, con el fin de determinar una curva de consumo típica de un mes, así como el histórico de los consumos de energía, y los costos asociados al suministro de energía durante un periodo específico.

Como producto de dicha investigación, se logró obtener los datos relacionados con el comportamiento de la demanda energética y su consumo energético para las cuentas de las zonas comunes de un centro comercial ubicado en la ciudad de Bogotá obteniendo los siguientes resultados:

10.1. Características del Centro Comercial

El centro comercial analizado, se encuentra ubicado en la localidad de los mártires, y cuenta con una superficie superior a los 250.000 metros cuadrados, cuenta con 2.500 espacios de estacionamientos, 3 niveles en su torre de locales comerciales y alrededor de 400 tiendas que brindan diferentes servicios para la población de la zona céntrica de la ciudad.

Dicho centro comercial inicio operaciones en el año 2011 y desde su inicio de operación ha contado con un seguimiento a los consumos energéticos como se puede observar a continuación.

10.1.1. Características cuenta de energía y condiciones eléctricas del centro comercial.

A continuación, en la **Tabla 4**, se relacionan las características de la cuenta de energía mediante la cual se brinda el servicio eléctrico a todas las zonas comunes de la edificación.

Tabla 4. Descripción cuenta de energía Centro Comercial

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Operador de Red: | Codensa S.A. E.S.P |
| Comercializador: | Enel Emgesa |
| Nivel de Tensión: | Nivel 3 (34.5 kV) |
| Mercado: | No regulado |
| Costo promedio kWh | COP 413,91 |

Fuente: Autor basado en información recopilada.

El contrato de energía se ha dado mediante negociación del mercado no regulado, y generalmente se realiza contratos de 3 a 5 años con el comercializador actual. Desde el inicio de operación del centro comercial, no se han realizado cambios en cuanto a su comercializador de red.

Adicional a lo anterior, dicho centro comercial cuenta con un sistema de respaldo y suplencia total basado en un conjunto de 8 plantas Diesel marca Caterpillar que dan un respaldo de 5181 kW, basados en la siguiente distribución:

- 1 planta Diesel de 250 kW.
- 4 plantas Diesel de 585 kW.
- 2 plantas Diesel de 1.000 kW.
- 1 planta Diesel de 591 kW.

De esta forma el centro comercial brinda confiabilidad energética a sus propietarios y visitantes

10.1.2. Histórico de consumos de energía.

Como se referencio anteriormente, para la cuenta de energía de las zonas comunes del centro comercial #1, se cuenta con un histórico de los consumos desde su inicio de operación en el año 2011, cuyo comportamiento se da según **Tabla 5** que se presenta a continuación:

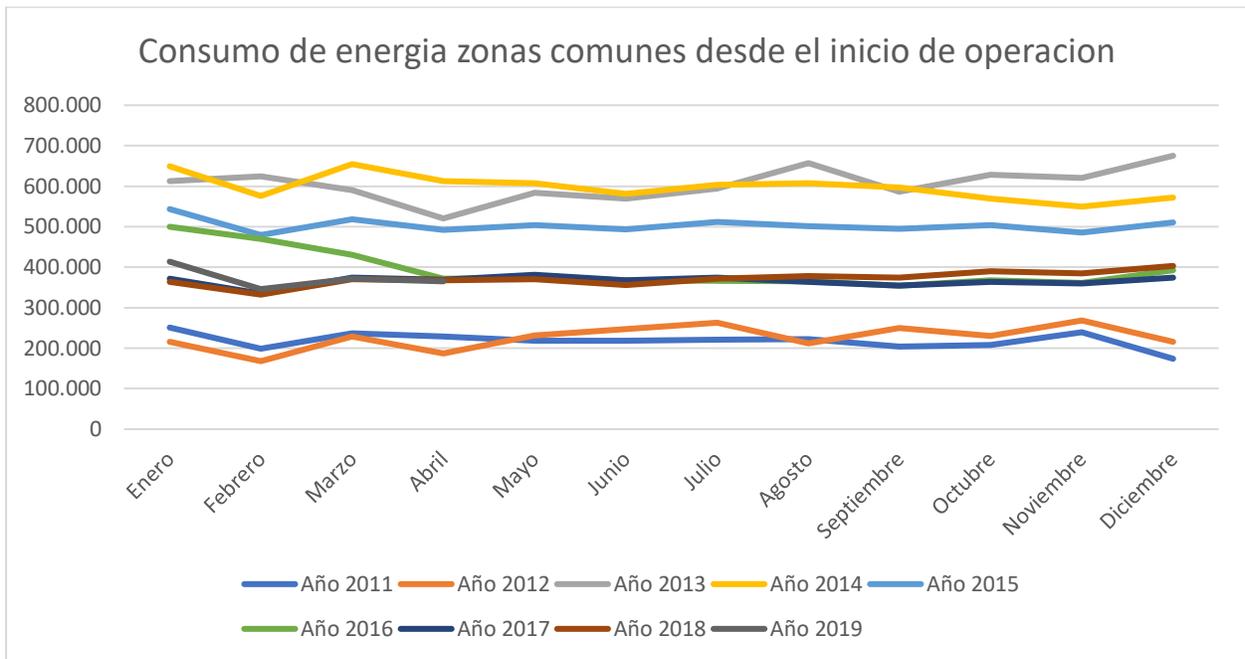
Tabla 5. Histórico de consumos del centro comercial desde su inicio de operación.

| Consumos (kWh) Zonas Comunes Mall. | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Mes | Año 2011 | Año 2012 | Año 2013 | Año 2014 | Año 2015 | Año 2016 | Año 2017 | Año 2018 | Año 2019 |
| Enero | 251.066 | 215.853 | 612.043 | 649.466 | 543.573 | 499.858 | 371.536 | 363.325 | 413.685 |
| Febrero | 199.054 | 167.925 | 624.445 | 575.451 | 479.593 | 469.499 | 334.852 | 332.271 | 345.927 |
| Marzo | 236.658 | 229.103 | 590.678 | 654.615 | 517.762 | 430.685 | 374.150 | 370.516 | 371.846 |
| Abril | 228.393 | 187.385 | 520.433 | 612.627 | 492.521 | 371.486 | 368.864 | 367.893 | 365.521 |
| Mayo | 217.826 | 231.885 | 583.896 | 606.991 | 504.401 | 373.108 | 381.305 | 370.885 | |
| Junio | 219.027 | 247.465 | 569.355 | 581.812 | 492.991 | 367.711 | 367.452 | 356.059 | |
| Julio | 220.960 | 263.385 | 594.603 | 603.682 | 512.311 | 365.863 | 374.917 | 371.272 | |
| Agosto | 222.616 | 212.072 | 656.945 | 607.776 | 500.951 | 364.464 | 363.729 | 377.994 | |
| Septiembre | 204.619 | 249.843 | 585.941 | 597.544 | 495.040 | 354.261 | 354.470 | 374.582 | |
| Octubre | 208.086 | 230.194 | 628.842 | 569.738 | 503.343 | 367.136 | 363.926 | 389.507 | |
| Noviembre | 239.836 | 268.427 | 620.640 | 549.654 | 485.025 | 360.952 | 360.190 | 384.777 | |
| Diciembre | 173.896 | 216.123 | 675.281 | 571.503 | 510.684 | 392.007 | 374.670 | 403.187 | |
| PROMEDIO | 218.503 | 226.638 | 605.259 | 598.405 | 503.183 | 393.086 | 364.432 | 371.856 | 374.245 |

Fuente: Autor basado en información recolectada en campo.

Basados en la información recopilada del histórico de consumos, se realizó la siguiente gráfica, mediante la cual se logra evidenciar una disminución significativa en el consumo de energía a partir del mes de febrero del año 2016, fecha que coincide con la implementación de un proyecto de gestión energética basado en la actualización tecnológica de su sistema de iluminación, cambiando las luminarias por iluminación tipo LED.

Figura 3. Consumo histórico de energía en el centro comercial.



Fuente: Autor basado en información recolectada en campo.

10.1.3. Análisis del comportamiento de la demanda.

Con el fin de determinar el comportamiento de la demanda energética de dicho centro comercial, se indagó y se obtuvo la matriz de consumo del mismo para el mes de abril del 2019, en esta se puede observar el consumo por hora del centro comercial, en función del tipo de día a analizar y para un mes típico como se presenta a continuación en la **Figura 4** y en la **Tabla 6**:

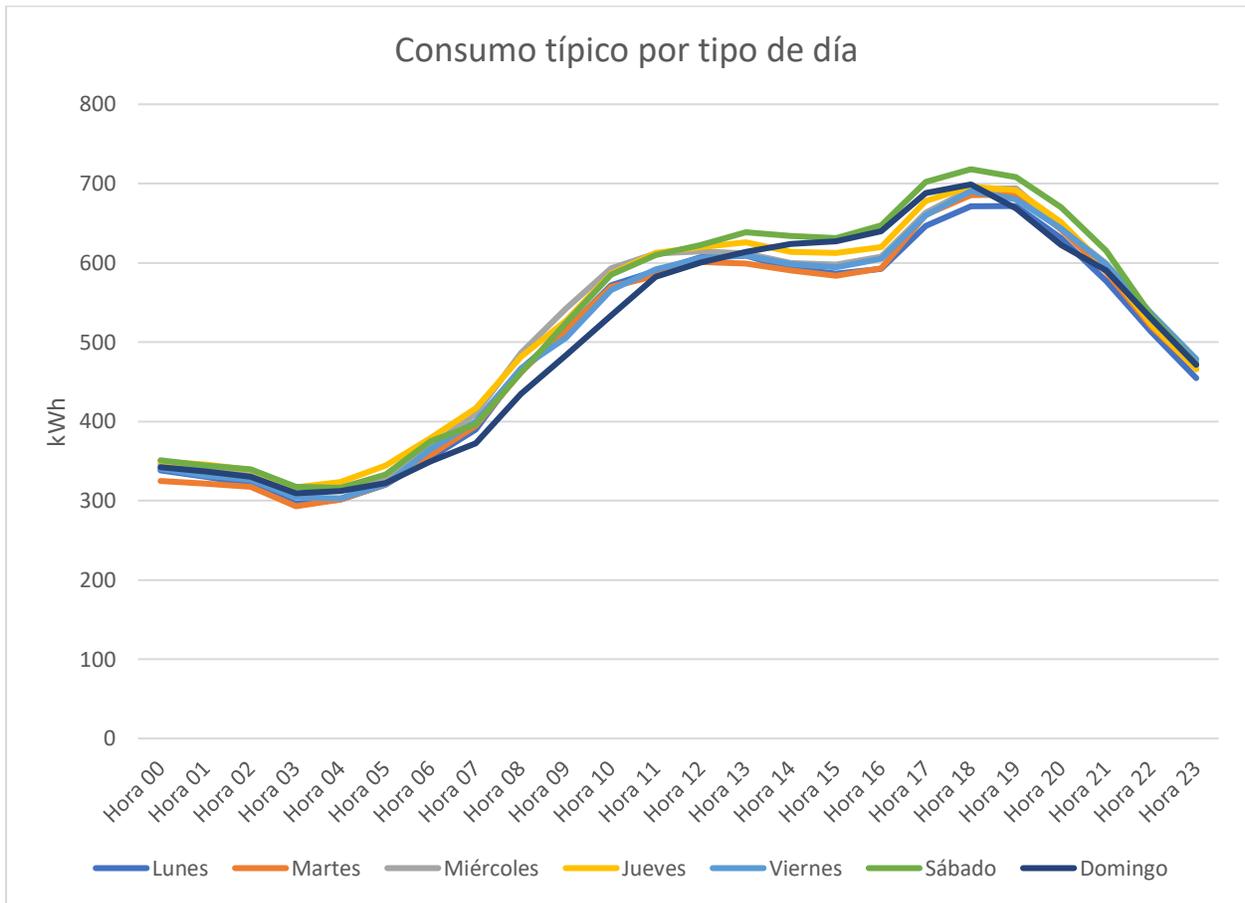
Figura 4. Curva promedio de consumo horario. Como es una curva horaria diaria debe decir, en el mes de abril.



Fuente: Autor basado en información recolectada en campo.

Teniendo en cuenta la curva promedio de consumo diario, es importante analizar en qué tipos de días se presentan los mayores y menores consumos de energía, para lo cual en la **Figura 5**, se contemplan los consumos de energía promedio según el día de la semana y las horas de operación del mismo.

Figura 5. Consumos típicos de energía según el día de la semana.



Fuente: Autor basado en información recolectada en campo.

De la **Figura 5** se puede concluir, que, aunque todos los días en la semana cuentan con un comportamiento típico similar, el pico más alto se puede llegar a encontrar en el consumo del día sábado, hora 18 (06:00 pm), con un consumo promedio de 718,15 kWh, y el pico más bajo se encuentra los días martes en la hora 3 (03:00 am), con un consumo promedio 292,98 kWh.

Así mismo, en la **Tabla 6** se compila toda la información relacionada en las gráficas anteriores, y en ella se puede observar en forma visual y numérica los horarios con mayor demanda, así como el consumo de energía al que se llega para mantener las condiciones de operación del centro comercial según el día de la semana.

Tabla 6. Matriz de consumo horario para el mes de abril del 2019 (kWh)

| Dia | Fecha | Hora 00 | Hora 01 | Hora 02 | Hora 03 | Hora 04 | Hora 05 | Hora 06 | Hora 07 | Hora 08 | Hora 09 | Hora 10 | Hora 11 | Hora 12 | Hora 13 | Hora 14 | Hora 15 | Hora 16 | Hora 17 | Hora 18 | Hora 19 | Hora 20 | Hora 21 | Hora 22 | Hora 23 | Total |
|--------------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Lunes | 01/04/2019 | 311,4 | 299,4 | 290,7 | 268,8 | 281,1 | 303,9 | 332,1 | 370,2 | 441 | 483,3 | 569,1 | 593,7 | 624,3 | 621,6 | 602,1 | 591,6 | 597,3 | 648,6 | 674,7 | 675,3 | 600 | 563,7 | 495,3 | 440,4 | 11.679,60 |
| Martes | 02/04/2019 | 302,4 | 300,6 | 298,8 | 273,3 | 282,9 | 300,3 | 337,8 | 369 | 447,6 | 521,4 | 572,7 | 585 | 614,4 | 601,8 | 598,8 | 583,8 | 595,2 | 656,1 | 675,6 | 677,4 | 597,3 | 557,1 | 496,8 | 442,5 | 11.688,60 |
| Miércoles | 03/04/2019 | 310,5 | 306,6 | 299,1 | 276,6 | 288,6 | 300,9 | 339,9 | 380,4 | 467,1 | 525 | 566,7 | 588 | 588,9 | 579,3 | 567 | 565,8 | 579,6 | 626,4 | 657,6 | 670,2 | 598,2 | 565,5 | 486 | 432,9 | 11.566,80 |
| Jueves | 04/04/2019 | 308,4 | 303 | 294,6 | 282,6 | 282,9 | 302,1 | 333,6 | 374,4 | 439,5 | 484,5 | 561,9 | 604,8 | 606,6 | 606,6 | 590,1 | 584,4 | 596,7 | 662,7 | 680,7 | 674,7 | 615,6 | 562,2 | 493,5 | 438,9 | 11.685,00 |
| Viernes | 05/04/2019 | 309,3 | 301,5 | 299,4 | 284,4 | 282,6 | 297,9 | 342,9 | 381 | 444 | 486,9 | 558,6 | 594 | 610,5 | 618,6 | 611,7 | 589,5 | 602,1 | 662,1 | 692,7 | 693 | 661,8 | 613,5 | 548,1 | 493,8 | 11.979,90 |
| Sábado | 06/04/2019 | 365,4 | 356,1 | 345,3 | 324,6 | 324 | 347,4 | 376,8 | 397,5 | 462,6 | 510,6 | 585,9 | 608,4 | 624,3 | 658,5 | 650,1 | 639 | 640,5 | 712,8 | 723,9 | 729,6 | 694,5 | 606,6 | 508,2 | 453 | 12.645,60 |
| Domingo | 07/04/2019 | 325,5 | 323,7 | 311,1 | 286,5 | 300,3 | 303,9 | 327,3 | 348,3 | 412,5 | 475,8 | 532,2 | 585,6 | 600 | 605,7 | 628,8 | 645,6 | 643,2 | 698,4 | 708,6 | 676,5 | 609,3 | 570,6 | 508,8 | 462 | 11.890,20 |
| Lunes | 08/04/2019 | 328,2 | 313,8 | 311,1 | 285,9 | 291 | 310,8 | 343,8 | 381 | 481,5 | 533,4 | 568,8 | 597,9 | 616,2 | 622,8 | 608,1 | 594 | 593,1 | 650,4 | 680,1 | 674,7 | 645,6 | 567 | 505,5 | 449,4 | 11.954,10 |
| Martes | 09/04/2019 | 318,6 | 316,2 | 310,5 | 288,9 | 298,5 | 309 | 346,8 | 378,3 | 444,6 | 480,9 | 543,3 | 567 | 582,9 | 583,2 | 570 | 567,9 | 571,2 | 629,1 | 657,9 | 661,2 | 630,3 | 567 | 487,5 | 441,3 | 11.552,10 |
| Miércoles | 10/04/2019 | 318,6 | 312,3 | 308,3 | 284,4 | 293,4 | 308,7 | 336,3 | 372,6 | 455,4 | 536,4 | 585,3 | 603,9 | 613,8 | 606,6 | 585,3 | 587,1 | 585,8 | 648,9 | 681,6 | 681,3 | 636,9 | 602,4 | 546,3 | 493,8 | 11.996,40 |
| Jueves | 11/04/2019 | 357 | 356,1 | 348,9 | 321,9 | 332,4 | 354,6 | 390,3 | 430,8 | 500,1 | 549,9 | 596,1 | 615,3 | 627,3 | 628,2 | 612 | 611,7 | 622,5 | 668,1 | 683,1 | 676,2 | 644,7 | 597,4 | 510,6 | 446,4 | 12.471,60 |
| Viernes | 12/04/2019 | 327,9 | 321 | 312,6 | 300,6 | 298,7 | 306 | 356,7 | 389,1 | 459 | 495 | 559,8 | 588,9 | 614,4 | 611,4 | 584,4 | 595,8 | 604,5 | 657 | 685,7 | 675,6 | 606,3 | 575,4 | 513,9 | 447 | 11.897,70 |
| Sábado | 13/04/2019 | 318,6 | 313,2 | 309,6 | 289,5 | 290,1 | 300,6 | 343,5 | 367,2 | 436,5 | 499,2 | 553,2 | 591,6 | 601,2 | 606,6 | 603,3 | 600,3 | 629,4 | 683,4 | 693,3 | 680,4 | 645,9 | 607,8 | 537,9 | 483,3 | 11.985,60 |
| Domingo | 14/04/2019 | 348,3 | 341,4 | 336 | 323,1 | 327,6 | 338,7 | 363,6 | 380,4 | 441,6 | 486 | 516,9 | 560,4 | 586,5 | 610,5 | 617,1 | 609,9 | 631,8 | 662,7 | 685,2 | 666,3 | 635,1 | 600,3 | 538,2 | 477,6 | 12.085,20 |
| Lunes | 15/04/2019 | 349,8 | 343,5 | 340,2 | 319,2 | 325,2 | 336,6 | 369 | 401,1 | 466,2 | 507,6 | 575,4 | 592,2 | 595,8 | 606,3 | 588,3 | 581,1 | 591 | 637,8 | 666,3 | 669 | 634,2 | 570,3 | 499,5 | 443,4 | 12.009,00 |
| Martes | 16/04/2019 | 317,7 | 313,2 | 310,8 | 288,5 | 305,1 | 323,7 | 360,3 | 405,6 | 474,3 | 519,6 | 585 | 605,4 | 617,4 | 616,5 | 611,7 | 608,1 | 617,4 | 669,9 | 691,5 | 697,8 | 652,2 | 621,6 | 561,6 | 509,1 | 12.294,00 |
| Miércoles | 17/04/2019 | 396 | 389,7 | 386,1 | 364,8 | 371,4 | 380,7 | 405,9 | 439,8 | 505,5 | 547,8 | 593,4 | 604,5 | 606,6 | 606,6 | 588 | 587,4 | 603 | 661,8 | 684 | 687 | 655,2 | 627,6 | 562,5 | 499,5 | 12.754,80 |
| Jueves | 18/04/2019 | 375,3 | 369,3 | 365,7 | 354,3 | 363,6 | 374,7 | 409,2 | 433,2 | 489 | 532,5 | 574,2 | 590,4 | 600,6 | 622,8 | 611,1 | 611,4 | 615,9 | 675,3 | 694,5 | 687 | 655,8 | 624,9 | 566,2 | 516 | 12.711,90 |
| Viernes | 19/04/2019 | 382,5 | 372,6 | 370,2 | 342,6 | 347,7 | 359,1 | 397,2 | 418,5 | 484,5 | 528,9 | 564 | 577,5 | 570,3 | 575,4 | 575,1 | 584,7 | 595,2 | 638,4 | 666,6 | 650,4 | 633,3 | 608,4 | 553,5 | 506,1 | 12.302,70 |
| Sábado | 20/04/2019 | 378,3 | 373,5 | 371,1 | 347,4 | 354,9 | 369,3 | 411,3 | 428,1 | 492,6 | 543,9 | 593,1 | 614,4 | 626,4 | 634,5 | 631,5 | 637,2 | 643,8 | 696,6 | 714,6 | 682,5 | 640,5 | 609,9 | 536,7 | 476,1 | 12.808,20 |
| Domingo | 21/04/2019 | 350,1 | 343,2 | 339,3 | 316,2 | 321,3 | 333,9 | 352,8 | 379,2 | 440,4 | 486,6 | 531,6 | 578,4 | 594,6 | 601,8 | 603,9 | 606,6 | 623,1 | 675,3 | 681 | 666,6 | 623,7 | 591,6 | 535,5 | 474,3 | 12.051,00 |
| Lunes | 22/04/2019 | 354,6 | 352,8 | 329,4 | 306,3 | 309 | 323,4 | 358,5 | 391,8 | 472,5 | 537,3 | 594,3 | 602,4 | 621,6 | 627,9 | 616,8 | 612 | 616,5 | 669,6 | 695,1 | 696 | 667,8 | 603,9 | 541,5 | 485,7 | 12.386,70 |
| Martes | 23/04/2019 | 355,5 | 350,7 | 345,6 | 324,3 | 330 | 344,1 | 379,8 | 415,2 | 482,7 | 552,6 | 603,3 | 611,7 | 625,2 | 627,6 | 614,4 | 611,7 | 618 | 680,7 | 704,7 | 696,6 | 662,7 | 596,1 | 530,7 | 479,1 | 12.543,00 |
| Miércoles | 24/04/2019 | 357,6 | 354 | 344,4 | 303 | 311,4 | 324,3 | 390,6 | 447 | 517,2 | 559,5 | 626,7 | 650,4 | 649,8 | 653,7 | 659,7 | 650,1 | 653,7 | 717,3 | 746,7 | 737,4 | 685,8 | 601,8 | 535,5 | 476,4 | 12.954,00 |
| Jueves | 25/04/2019 | 358,2 | 353,7 | 347,4 | 308,4 | 314,1 | 346,2 | 384,3 | 426,9 | 496,2 | 540,3 | 613,5 | 638,4 | 645 | 646,5 | 641,4 | 642 | 645 | 705,3 | 726,9 | 727,2 | 689,4 | 599,4 | 520,5 | 461,4 | 12.777,60 |
| Viernes | 26/04/2019 | 340,5 | 332,1 | 321,3 | 289,8 | 281,7 | 320,4 | 362,1 | 411,6 | 477,9 | 511,8 | 580,8 | 607,5 | 626,7 | 630,9 | 622,8 | 609 | 618,3 | 683,1 | 707,4 | 701,4 | 671,1 | 593,4 | 530,4 | 466,8 | 12.298,80 |
| Sábado | 27/04/2019 | 341,1 | 335,1 | 332,1 | 307,8 | 295,8 | 312,9 | 367,5 | 392,7 | 452,7 | 543 | 607,2 | 625,2 | 638,4 | 655,2 | 649,8 | 647,7 | 674,4 | 715,5 | 740,7 | 739,2 | 699 | 636 | 550,2 | 476,7 | 12.735,90 |
| Domingo | 28/04/2019 | 344,7 | 339 | 334,5 | 311,7 | 298,2 | 312,3 | 353,7 | 380,7 | 443,7 | 485,7 | 553,5 | 606 | 621,9 | 636 | 645,6 | 647,4 | 661,2 | 715,5 | 720,9 | 666,6 | 622,8 | 597,9 | 535,8 | 470,4 | 12.305,70 |
| Lunes | 29/04/2019 | 347,1 | 340,5 | 331,8 | 299,1 | 300,3 | 324,9 | 367,8 | 404,1 | 467,1 | 511,2 | 550,5 | 561,3 | 576,6 | 567,6 | 551,1 | 552 | 565,5 | 627,3 | 640,5 | 643,5 | 608,7 | 579,6 | 521,1 | 454,5 | 11.693,70 |
| Martes | 30/04/2019 | 330 | 326,4 | 320,7 | 279,9 | 294,4 | 328,2 | 363,9 | 402,9 | 461,4 | 504,3 | 545,1 | 550,8 | 566,4 | 566,1 | 556,8 | 546,9 | 563,7 | 668,4 | 698,4 | 686,6 | 601,8 | 521,7 | 456,6 | 11.815,80 | |
| TOTAL | | 10.229,1 | 10.054,2 | 9.867,6 | 9.164,4 | 9.295,2 | 9.799,5 | 10.905,3 | 11.898,6 | 13.956,9 | 15.480,9 | 17.162,1 | 17.901,0 | 18.294,6 | 18.436,8 | 18.196,8 | 18.101,7 | 18.408,6 | 20.104,5 | 20.770,5 | 20.559,0 | 19.290,3 | 17.810,7 | 15.778,5 | 14.054,4 | 365.521,20 |
| | | Hora 00 | Hora 01 | Hora 02 | Hora 03 | Hora 04 | Hora 05 | Hora 06 | Hora 07 | Hora 08 | Hora 09 | Hora 10 | Hora 11 | Hora 12 | Hora 13 | Hora 14 | Hora 15 | Hora 16 | Hora 17 | Hora 18 | Hora 19 | Hora 20 | Hora 21 | Hora 22 | Hora 23 | Total |
| Lunes | | 338,22 | 330 | 320,64 | 295,86 | 301,32 | 319,92 | 354,24 | 389,64 | 465,66 | 514,56 | 571,62 | 589,5 | 606,9 | 609,24 | 593,28 | 586,14 | 592,68 | 646,74 | 671,34 | 671,7 | 631,26 | 576,9 | 512,58 | 454,68 | 11.944,62 |
| Martes | | 324,84 | 321,42 | 317,28 | 292,98 | 301,38 | 321,06 | 357,72 | 394,2 | 462,12 | 515,76 | 569,88 | 583,98 | 601,26 | 599,04 | 590,34 | 583,68 | 593,1 | 660,84 | 685,62 | 686,28 | 641,82 | 588,72 | 519,66 | 465,72 | 11.978,70 |
| Miércoles | | 345,675 | 340,65 | 334,725 | 307,2 | 316,2 | 328,65 | 368,175 | 409,95 | 486,3 | 542,175 | 593,025 | 611,7 | 614,775 | 611,55 | 600 | 597,6 | 608,025 | 663,6 | 692,475 | 693,975 | 644,025 | 599,325 | 532,575 | 475,65 | 12.318,00 |
| Jueves | | 349,725 | 345,525 | 339,15 | 316,8 | 323,25 | 344,4 | 379,35 | 416,325 | 481,2 | 526,8 | 586,425 | 612,225 | 619,875 | 626,025 | 613,65 | 612,375 | 620,025 | 677,85 | 696,3 | 691,275 | 651,375 | 593,475 | 522,45 | 465,675 | 12.411,53 |
| Viernes | | 340,05 | 331,8 | 325,875 | 304,35 | 302,925 | 320,85 | 364,725 | 400,05 | 466,35 | 505,65 | 565,8 | 591,975 | 605,475 | 609,075 | 598,5 | 594,75 | 605,025 | 660,15 | 690,6 | 680,1 | 643,125 | 597,675 | 536,475 | 478,425 | 12.119,78 |
| Sábado | | 350,85 | 344,475 | 339,525 | 317,325 | 316,2 | 332,55 | 374,775 | 396,375 | 461,1 | 524,175 | 584,85 | 609,9 | 622,575 | 638,7 | 633,675 | 631,05 | 647,025 | 702,075 | 718,125 | 707,925 | 669,975 | 615,075 | 533,25 | 472,275 | 12.543,83 |
| Domingo | | 342,15 | 336,825 | 330,225 | 309,375 | 311,85 | 322,2 | 349,35 | 372,15 | 434,55 | 483,525 | 533,55 | 582,6 | 600,75 | 613,5 | 623,85 | 627,375 | 639,825 | 687,975 | 698,925 | 669 | 622,725 | 590,1 | 529,575 | 471,075 | 12.083,03 |
| TOTAL | | 2.391,5 | 2.350,7 | 2.307,4 | 2.143,9 | 2.173,1 | 2.289,6 | 2.548,3 | 2.778,7 | 3.257,3 | 3.612,6 | 4.005,2 | 4.181,9 | 4.271,6 | 4.307,1 | 4.253,3 | 4.233,0 | 4.305,7 | 4.699,2 | 4.853,4 | 4.800,3 | 4.504,3 | 4.161,3 | 3.686,6 | 3.283,5 | 85.399,5 |

Fuente: Autor basado en información recolectada en campo.

Con la información de la **Tabla 6**, así como de las **Figuras 4 y 5**, se pretende desarrollar una metodología que involucre la integración de los proyectos de generación distribuida de energía, aplicable a los centros comerciales en la ciudad de Bogotá, así como evaluar la viabilidad de implementar este tipo de proyectos para un caso específico de un centro comercial en la ciudad.

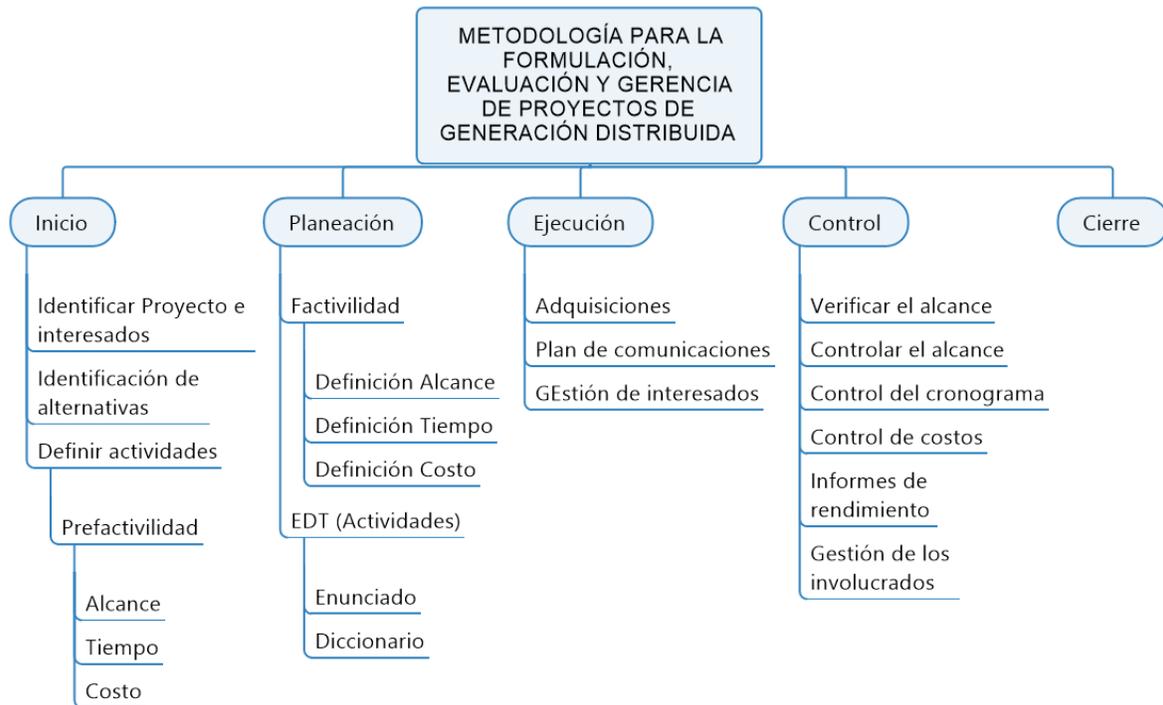
11. DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN, EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Con el fin de proponer alternativas que permitan una masificación de los proyectos de generación distribuida, y que a su vez faciliten la implementación de los mismos especialmente en los centros comerciales ubicados en la ciudad de Bogotá, se plantea el desarrollo de una metodología que sea aplicable en los procesos de formulación, evaluación y gerencia de dichos proyectos.

La metodología propuesta como resultado del presente trabajo de investigación, plantea abordar dichos proyectos desde su fase preliminar, inicio, formulación evaluación, ejecución, seguimiento control y cierre, esto tomando como referencia las metodologías planteadas por el PMI y la metodología del marco lógico para la gestión de proyectos.

A continuación, en la **Figura 6** se plantea el esquema mediante el cual se plantea la metodología a seguir para facilitar la formulación y evaluación de proyectos de generación distribuida en los centros comerciales de Bogotá.

Figura 6. Metodología para desarrollar proyectos de generación distribuida en centros comerciales



Fuente: Autor

11.1. Inicio

Se plantea como objetivo de la fase de inicio en la presente metodología, se plantea la obtención de autorización presupuestaria por parte de los interesados, para realizar la ejecución de los proyectos de generación distribuida, es por esto que el resultado de la fase de inicio debe presentar un enfoque real del alcance del proyecto, así como un análisis de la triple restricción del proyecto, que permita a los interesados del mismo conocer el contexto y con base a este enfocar sus decisiones de inversión.

El resultado de la fase de inicio de la metodología propuesta debe entregar un caso de negocio con su respectivo estudio de viabilidad, así como el alcance correctamente definido.

11.1.1. Identificar el proyecto y sus interesados.

Como parte de la etapa inicial del proyecto, se requiere identificar el proyecto y los interesados en el mismo, esto se puede realizar basados en el PMBOK mediante el uso de las áreas de conocimiento planteadas en el mismo, para esto se pueden utilizar las siguientes herramientas:

- **Gestión del Alcance:** En esta gestión es importante realizar la identificación de los interesados, identificación de la necesidad, definición de los objetivos, y la identificación de las alternativas.
- **Gestión del Tiempo:** En esta fase se debe obtener un listado de las actividades a realizar, así como una duración estimada para cada una de las mismas y para todo el proyecto.
- **Gestión del Costo:** Consiste en lograr una estimación del costo del proyecto, con el objetivo de lograr la aprobación presupuestal del mismo.
- **Gestión de los Interesados:** Como objetivo de la gestión de interesados, se debe lograr el reconocimiento de todos los involucrados para una posterior comunicación eficiente.

11.1.2. Identificación de alternativas.

La etapa relacionada con la identificación de alternativas cobra importancia teniendo en cuenta que en esta se deben considerar las variables económicas, aspectos financieros, duración, caracterización de oferta y demanda del proyecto, así como los costos y tiempos estimados de los mismos y los beneficios que se obtendrán como resultado de la ejecución del mismo.

En esta etapa es clave aplicar herramientas tales como el juicio de expertos, e identificar las tendencias implementadas en el sector con el fin de determinar el tipo de proyecto más viable a implementar en el centro comercial.

11.1.3. Listado de actividades, costos y duración estimados, e interesados.

Esta etapa cobra importancia con el fin de conocer a grandes rasgos el objetivo general del proyecto, es decir, conocer la importancia de lo que se plantea hacer en el proyecto y de esta forma poder definir un perfil de este que pueda darse a conocer a la junta de accionistas y propietarios del centro comercial.

Es fundamental en esta etapa estimar las fases que comprendería la ejecución del proyecto, identificar las principales actividades a desarrollar en el mismo y analizar la relación que los involucrados tendrán con cada una de las etapas y actividades del mismo.

Con el fin de estimar la duración total del proyecto, y plantear un cronograma preliminar, en esta etapa es importante una vez estimadas las actividades a desarrollar, estimar una duración de cada una de ellas, así como analizar cuales actividades comprenden la ruta crítica del proyecto y establecer holguras que permitan amortizar los retrasos que se puedan presentar en el desarrollo de este.

Una vez definidas las actividades a realizar, y estimadas sus duraciones, es necesario establecer un presupuesto estimado requerido para la ejecución del proyecto, por lo cual se requiere realizar una estimación de los recursos requeridos basados en experiencias o juicios de expertos, así como la estimación del costo de dichos recursos y de esta forma determinar el costo total del proyecto. Es importante tener en cuenta e incluir en dicha estimación un porcentaje de reserva (se recomienda un 35% adicional) como margen de error presupuestal y que puede ser desarrollado con un mayor nivel de detalle durante la fase de planeación.

11.2. Planeación.

La fase de planeación inicia con la asignación de los recursos financieros del proyecto, por lo cual es importante en esta fase definir las especificaciones del proyecto, el alcance técnico del mismo, sus diseños e ingeniería, se plantea el documento para realizar las solicitudes de ofertas se detalla y discrimina a mayor detalle los costos del proyecto, y se

inician los procesos de contratación requeridos para dar cumplimiento a los objetivos y al éxito del proyecto.

En esta fase también es de gran importancia la elaboración de los planes de proyecto necesarios para su correcta ejecución, tales como el plan de proyecto, el plan de comunicaciones, el plan de gestión de recursos, el plan de gestión financiera, el plan de gestión de la calidad, plan de gestión del riesgo y el plan de la aceptación.

Así mismo, se debe dar gestión y continuidad a la planificación de la triple restricción del proyecto, es decir, realizar el análisis del alcance, tiempo y costo del proyecto de acuerdo con lo estimado en la fase de inicio del proyecto.

11.2.1. Gestión del alcance en la planeación.

Durante la etapa de gestión del alcance en la fase de planificación, es necesario desarrollar el plan de proyecto, mediante el cual se definirá y caracterizará los procesos de las actividades a ejecutar, así como se realizará la asignación de responsables y definición y análisis de los requisitos legales y ambientales del proyecto.

Con el fin de establecer un mayor detalle para el alcance del proyecto, esto esperando asegurar que el proyecto cumpla con los requerimientos y la calidad esperada, y es por esto que, aplicando las herramientas contenidas en el PMBOK, se plantea desarrollar la Estructura de Desglose del Trabajo del proyecto (EDT) que permitirá dividir las actividades en paquetes de trabajo detallados, que al ser desarrollados permitan el cumplimiento de los objetivos del mismo.

Como resultado de esta etapa, y una vez analizado lo expuesto anteriormente, se obtendrá el plan de proyecto, el plan de gestión de la calidad, y el plan de gestión del riesgo, los cuales serán documentos requeridos en las fases posteriores.

11.2.2. Gestión del tiempo en la planeación.

Cuando se obtenga el detalle de las actividades, y estas se encuentran plasmadas en la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), es importante establecer la secuencia de las mismas, esto mediante un orden lógico de ejecución, y establecer que actividades pueden ser realizadas de forma simultánea en el desarrollo del mismo.

Posterior a dicho desarrollo, se debe realizar la asignación y estimación de los recursos necesarios, tales como materiales, mano de obra, bienes y servicios, y con esto establecido, se obtiene el insumo principal mediante el cual se logra estimar la duración total de las actividades a ejecutar, y con esto la ruta crítica del proyecto.

Es de tener en cuenta que una vez determinada la ruta crítica del proyecto, en la fase de planeación se requerirá una reserva en tiempo como contingencia para cada una de las actividades que hacen parte de la ruta crítica.

Una vez finalizada la gestión del tiempo en la etapa de planeación, se espera tener como resultado el cronograma del proyecto que hace parte integral del plan general del proyecto.

11.2.3. Gestión del costo en la planeación.

La gestión del costo en la planeación del proyecto debe ser desarrollada mediante la preparación del presupuesto, para esto se debe estimar los costos de las actividades relacionadas en el listado y en la EDT, tomando como base la información de sus recursos relacionados, de igual modo mediante una base de datos debe ser soportadas todas las características tomadas y asumidas para la estimación del costo de las actividades presupuestadas económicamente.

También es importante en dicha etapa, la elaboración de la línea base de los costos del proyecto, que establecerá la lista de precios mediante la cual se distribuirá el presupuesto asignado, y adicionalmente con el cronograma obtenido gracias a la gestión del tiempo en planeación, se obtendrá el flujo de caja esperado del proyecto que describirá la inversión requerida en el mismo para las diferentes etapas de este. Como resultado de esta etapa se obtendrá el plan financiero.

11.3. Ejecución.

Una vez consolidadas y claras las fases de inicio y planificación, se da inicio a la fase de ejecución del proyecto, es en esta fase en la cual se ejecutan los procesos para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto, con el único fin de satisfacer los requisitos contenidos en el desarrollo del mismo. En esta fase se debe

realizar la coordinación de los recursos, gestionar el involucramiento de los interesados, y cumplir con las actividades establecidas en el plan para la dirección del proyecto.

Asimismo, se deben enfocar las actividades del proyecto en la gestión de las comunicaciones del mismo, para esto se debe trabajar en la implementación del plan de gestión de las comunicaciones, así como en buscar la forma de cubrir las solicitudes inesperadas de comunicación que pueden aparecer durante la fase de ejecución del proyecto.

En la fase de ejecución es de vital importancia el desarrollo conjunto del grupo de procesos necesarios para el correcto cumplimiento de los requerimientos a satisfacer en el proyecto, como lo son coordinar los recursos, gestionar el involucramiento de los interesados, e integrar y realizar las actividades del proyecto (PMI, 2017).

11.4. Control.

En la fase de control de un proyecto se tiene como objetivo el seguimiento, medición y control regular tanto del avance del proyecto y de los entregables inicialmente pactados en las diferentes fases del mismo, esto con el fin de identificar de forma oportuna las desviaciones que se puedan tener respecto al plan de proyecto, así como permitir una acertada y fácil toma de decisiones de forma oportuna.

Es también objetivo de la fase de control el intentar mitigar el impacto en el cumplimiento de los compromisos del proyecto y mantener la información relacionada con el avance del proyecto para todo el equipo involucrado en el mismo.

Dado lo anterior, se puede resumir la fase de control de los proyectos como aquella fase en la que se contempla el monitoreo oportuno y constante de todas las actividades a realizar en el proyecto, enfatizándose en la triple restricción (Alcance, Tiempo, Costo), velando por que el desarrollo del proyecto sea bajo los parámetros de calidad requeridos, y ejecutado con los recursos necesarios para su ejecución de forma exitosa. También es de tener en cuenta que en esta fase se deben controlar y gestionar los cambios que se puedan requerir durante el ciclo de vida del proyecto.

La fase de control del proyecto se puede desarrollar bajo las siguientes estrategias para dar cumplimiento a cada uno de los requisitos necesarios en dicha fase:

11.4.1. Verificación del alcance.

Con el fin de garantizar la satisfacción de los interesados, es completamente necesario verificar que el resultado final de la ejecución de una actividad sea un producto que se encuentre acorde a las necesidades del proyecto, por lo cual, en la fase de control deben ser aceptados o rechazados los entregables acordados.

11.4.2. Control del alcance.

Este paso debe ser efectuado durante toda la ejecución del proyecto, con el fin de garantizar que los productos que se van entregando, cumplen con los requisitos solicitados por los interesados en la definición del alcance, por esto se puede definir el control del alcance como la herramienta integral que permite controlar, asegurar y gestionar, los cambios que sean necesarios a realizar en el alcance.

11.4.3. Control del cronograma.

Para realizar un acertado control del cronograma se requiere que la Estructura de Desglose de Trabajo del proyecto (EDT), se encuentre organizado de forma correcta, y que en este se evidencie el alcance total del proyecto, de tal forma que se pueda evidenciar de forma clara las fases, productos, paquetes de trabajo, y entregables a realizar con el fin de dar cumplimiento a los objetivos del proyecto. Con base a lo establecido en este se establecerá una línea base del proyecto basado sobre la cual se debe realizar el seguimiento y control del cronograma para dar gestión al tiempo del proyecto.

11.4.4. Control de costos.

Una vez sea establecida la línea base de los costos, se requiere realizar un control sobre esta de forma que se pueda identificar de forma oportuna los cambios que puedan surgir

en la ejecución respecto a la línea base de los costos, y de esta forma proceder a tomar de forma temprana, decisiones correctivas durante la ejecución, evitando así los sobre costos que estén por fuera de las previsiones y proyecciones elaboradas en la fase de planificación.

Dado lo anterior, es importante tener en cuenta la constante integración que debe existir entre el control de los costos con los demás controles, puesto que cada modificación a realizar en la línea base o en el plan de proyecto puede acarrear de forma directa una modificación económica y un mayor o menor costo asociado.

11.4.5. Informes de rendimiento.

Los informes de rendimiento deben ser tomados como la herramienta que permite a los interesados, población beneficiaria, gerencia, y los directivos de las empresas con acceso a la información e involucradas en la ejecución del proyecto, tener acceso a los avances del mismo y a su rendimiento, de forma que se permita una oportuna toma de decisiones.

11.4.6. Gestionar los involucrados.

La gestión de los involucrados establece el cómo organizar la información y las comunicaciones con el fin de satisfacer las necesidades de información que requieran todos los involucrados en el proyecto, esto con base a conceptos tales como la determinación de poder-interés, así como el uso de métodos para la solución de conflictos que permitan solucionar las polémicas o diferencias que puedan generarse durante la ejecución del proyecto.

11.5. Cierre.

La fase de cierre del proyecto tiene como objetivo presentar un balance de la gestión realizada por el equipo, de forma que se marque la culminación del proyecto, mediante este proceso se involucra la finalización de los compromisos técnicos y administrativos adquiridos, también la evaluación de los aspectos relevantes del proyecto durante su

ejecución, y sus desviaciones presentadas, tales como la definición de la propuesta, el manejo presupuestal y de costos, el manejo de conflictos, la veracidad en la comunicación el cumplimiento de los criterios de calidad, y el manejo del tiempo y los recursos involucrados en el proyecto.

Un elemento importante en la fase de cierre del proyecto corresponde a la autoevaluación de la gestión del equipo responsable del proyecto y la evaluación de la participación de cada uno de los miembros, de forma que se pueda consolidar las experiencias vividas por cada uno de ellos como lecciones aprendidas, y consolidar dicho conocimiento con el objetivo de que este sea gestionado y posteriormente compartido como lecciones aprendidas.

Por lo anterior, se puede catalogar como el principal entregable de la fase de cierre del proyecto, al conocimiento compuesto de experiencias y lecciones aprendidas que permitan la repetición de los buenos hechos y de igual modo evitar la repetición de los errores identificados.

12. ESTRUCTURACIÓN DE UN PROYECTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN CONDICIONES FACTIBLES PARA UN CENTRO COMERCIAL ESPECIFICO

Con base al capítulo anterior, se obtiene que la metodología propuesta para la formulación, evaluación y gerencia de proyectos de generación distribuida de energía, para centros comerciales en Bogotá, intenta facilitar el procedimiento para la planificación, formulación, evaluación y gerencia de este tipo de proyectos, con el fin de obtener la aprobación de los recursos financieros del proyecto y presente un plan de gestión que permita ejecutar y controlar este proyecto.

Teniendo en cuenta el desarrollo de dicha metodología, en el presente capítulo se realizará la aplicación del modelo planteado de forma que se permita estructurar un proyecto de generación distribuida de energía, de forma que se pueda desarrollar en condiciones factibles para un centro comercial específico ubicado en la ciudad de Bogotá, para esto, se procederá con el análisis de cada una de las fases y subprocesos identificados en la metodología planteada y se analizará su aplicación de forma que permita estructurar el proyecto en condiciones factibles para el centro comercial específico planteado.

12.1. Inicio

12.1.1. Identificación del proyecto y de sus interesados.

El centro comercial, ubicado en la zona centro de la ciudad de Bogotá, se encuentra interesado en ejecutar un proyecto de generación distribuida de energía, o la implementación de prácticas de eficiencia energética, que permita reducir su dependencia de la red comercial actual la cual tiene una cuenta de energía asociada a las zonas comunes de la edificación, y contratada con el operador de red en el mercado no regulado.

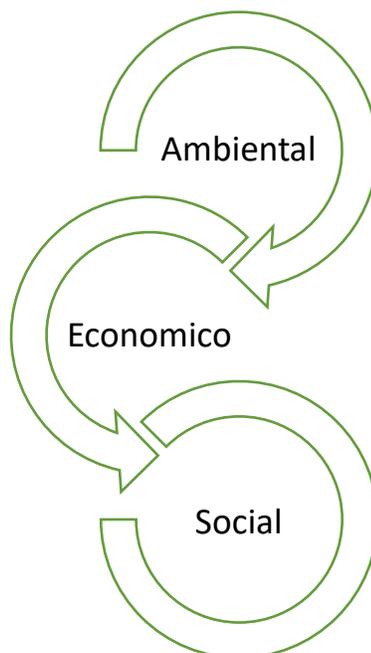
Uno de los principales objetivos de la ejecución de dicho proyecto, es que este se presente como un proyecto sostenible desde los tres pilares de la sostenibilidad

(Ambiental, Económica, y Social), por lo cual el proyecto a ejecutar debe desarrollarse con base a los siguientes requerimientos:

- Ambiental: el proyecto debe lograr un impacto que permita la reducción de la huella de carbono de la edificación.
- Económica: El proyecto debe tener un periodo de recuperación de la inversión no mayor a 7 años.
- Social: El proyecto debe ser percibido positivamente por la comunidad del centro comercial de forma que este pueda presentarse como un factor diferencial del mismo e influya favorablemente para la consecución y retención de clientes.

Dado lo anterior, los principales interesados en la ejecución de dicho proyecto son la dirección de operaciones del centro comercial en cabeza de su director, el departamento de calidad y sostenibilidad, la junta de accionistas y copropietarios del centro comercial, y los clientes y visitantes del mismo.

Figura 7. Requerimientos sostenibilidad para el proyecto.



Fuente: Autor

Con el interés de cumplir con los requerimientos de los interesados del proyecto, y con base a los conocimientos relacionados a las tecnologías para la producción de energía, prácticas en eficiencia energética, así como las condiciones disponibles para la ejecución de dichos proyectos en el centro comercial, tales como factores meteorológicos, geográficos, ambientales, y de disponibilidad de espacios para la implementación de los mismos, permitirán realizar un análisis de las alternativas que pueden ser consideradas para la implementación del proyecto solicitado por el centro comercial.

12.1.2. Identificación de alternativas.

Realizando un análisis de las alternativas para la producción de energía, y teniendo en cuenta los requerimientos del cliente, se ve necesario que el proyecto de producción de energía a implementar, sea basado en una fuente de generación de energía no convencional, y dadas las condiciones del centro comercial, se determina que la alternativa más viable es la implementación de un proyecto de generación distribuida basado en energía solar fotovoltaica, teniendo en cuenta el análisis comparativo realizado en la tabla 7:

Tabla 7. Análisis comparativo de alternativas

| Alternativa de proyecto | Requerimientos | Ventajas | Desventajas |
|--------------------------------|---|--|--|
| Energía solar fotovoltaica | <ul style="list-style-type: none"> • Amplias áreas libres disponibles. • Buen nivel de radiación solar en la región. • Edificaciones de poca | <ul style="list-style-type: none"> • Amigable con el medio ambiente. • Bajo costo de mantenimiento (OPEX) • Fuente inagotable de energía. | <ul style="list-style-type: none"> • Indisponibilidad la energía en ausencia de la luz solar. • Alto costo de instalación inicial (CAPEX). |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | altura alrededor para evitar efecto sombra, | | <ul style="list-style-type: none"> • Costo alto para almacenamiento de energía. |
| Energía eólica | <ul style="list-style-type: none"> • Fuertes vientos en la región. • Disponibilidad de espacio para su instalación | <ul style="list-style-type: none"> • Amigable con el medio ambiente. • Fuente inagotable de energía. • Mayor disponibilidad comparada con la solar fotovoltaica | <ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de instalación y mantenimiento CAPEX y OPEX. • Requiere una alta velocidad del viento en la zona para una buena producción. |
| Autogeneración por biocombustibles o combustible fósil | <ul style="list-style-type: none"> • Espacios clasificados para su instalación. | <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad según suministro de combustible | <ul style="list-style-type: none"> • Produce gases de efecto invernadero. • Altos costos de producción relacionados al suministro de combustible. |

Fuente: Autor

12.1.3. Listado de actividades, costos y duración estimados, e interesados.

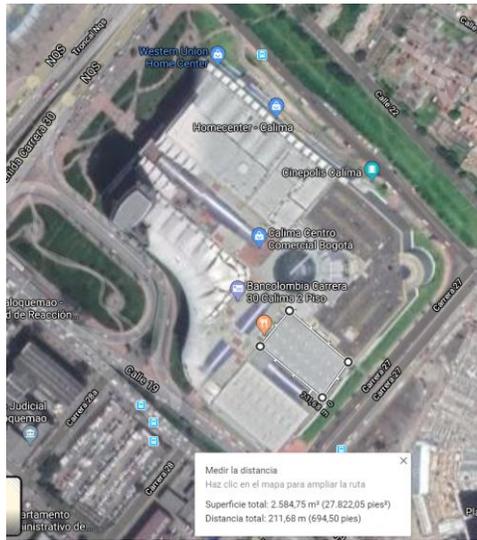
Una vez definida la alternativa viable para la implementación de un proyecto que dé cumplimiento a los requerimientos del centro comercial, se establecen un conjunto de

actividades a realizar con el fin de lograr una aproximación y un pre-dimensionamiento del proyecto a ejecutar para la satisfacción de las necesidades del cliente, entre ellas se tienen:

- Caracterización de la carga y demanda energética a suplir.
- Evaluación del recurso energético disponible en el lugar.
- Diseño del sistema a implementar.
- Desarrollo de memorias de cálculo.
- Elaboración de planos.
- Estimación de cantidades.
- Especificaciones de los equipos a instalar.
- Evaluación financiera.
- Adquisición de equipos y materiales.
- Implementación y ejecución del proyecto.
- Entrega del sistema implementado.
- Revisión de los entregables.
- Recibo final y cierre del proyecto.

Con el fin de realizar un pre-dimensionamiento aproximado para el proyecto a implementar, y mediante el uso del software especializado "PVSyst" el cual dispone de datos meteorológicos de las estaciones de Bogotá relacionados con la disponibilidad del recurso solar, así como características de equipos utilizados en este tipo de proyectos y una estimación de costos aproximados, teniendo como base un área disponible estimada de 1.500 metros cuadrados para la implementación de dicho proyecto que se ubicaría en la zona de la cubierta de la plazoleta de comidas.

Figura 8. Geolocalización del centro comercial



Fuente: Google Maps.

Con base a dicha área disponible se realiza un análisis de prefactibilidad en el software PVsyst, el cual arroja los siguientes resultados:

Realizando un análisis de la capacidad pico a instalar según el área disponible en la cubierta (Aproximadamente 1.500 m²), y teniendo en cuenta los niveles de radiación y horas/sol durante los últimos periodos en la ciudad de Bogotá, se logra determinar que en dicha área disponible se puede instalar un sistema solar fotovoltaico de aproximadamente 225 kW pico instalados, sistema que generará en condiciones normales de operación un aproximado de 3.293,1 kW/h por día de funcionamiento, durante los horarios que se presentan en la figura 9:

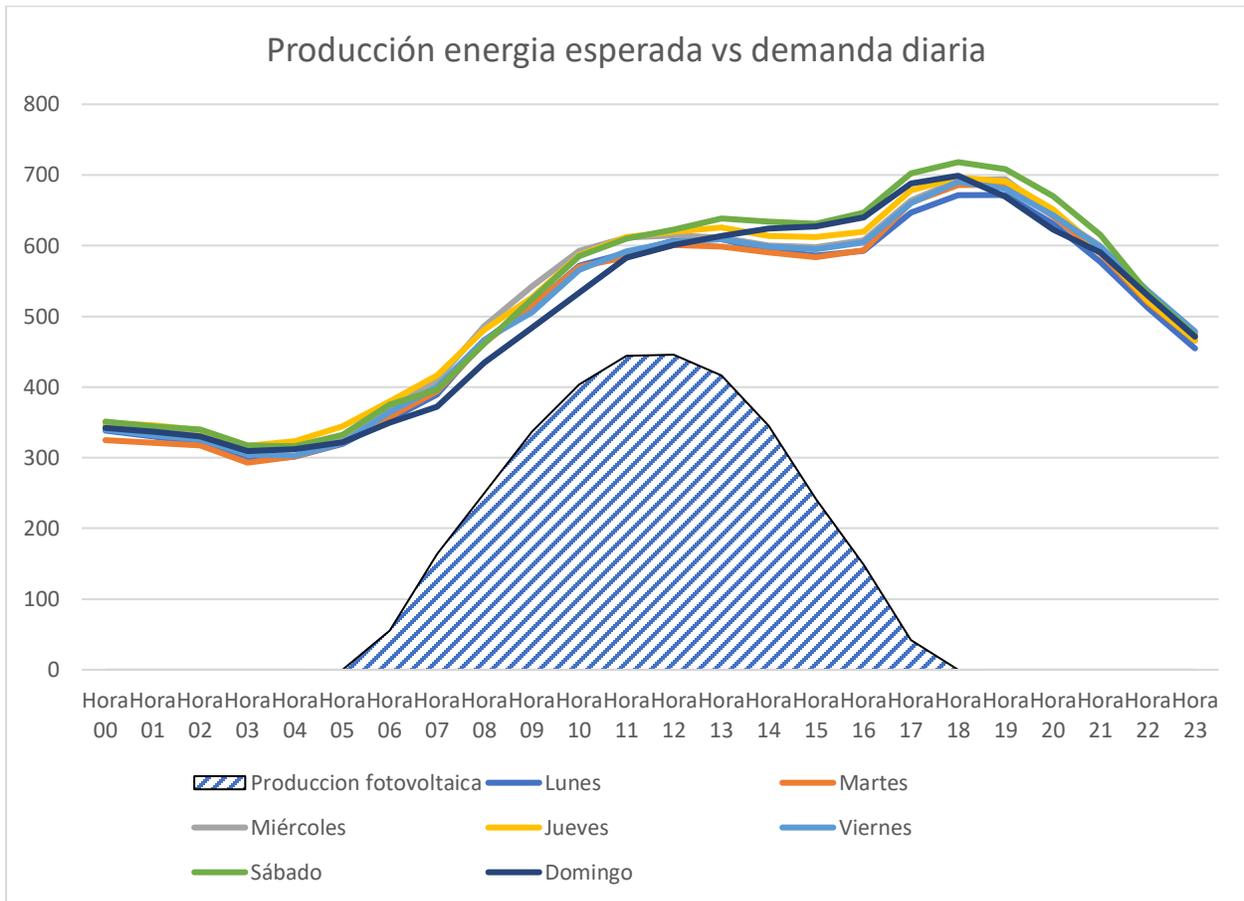
Figura 9. Producción diaria para sistema de 225 kW pico.



Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta la posible producción ideal de energía, y realizando un comparativo de la producción energética del sistema, versus la demanda horaria del centro comercial se obtienen los siguientes resultados que se pueden observar en la figura 10:

Figura 10. Producción fotovoltaica vs demanda diaria.



Fuente: Autor

De la Figura 10 se puede concluir que bajo condiciones normales de operación el sistema de 225 kW pico con una producción promedio aproximada diaria de 3293,1 kWh/día lograría satisfacer aproximadamente el 27% de la demanda energética diaria de las zonas materia de estudio del centro comercial y bajo condiciones normales de demanda energética dicho sistema no entregaría excedentes de energía al sistema interconectado nacional, evitando así de momento el incurrir a costos mayores relacionados con las adecuaciones necesarias a realizar para lograr la venta de dichos excedentes.

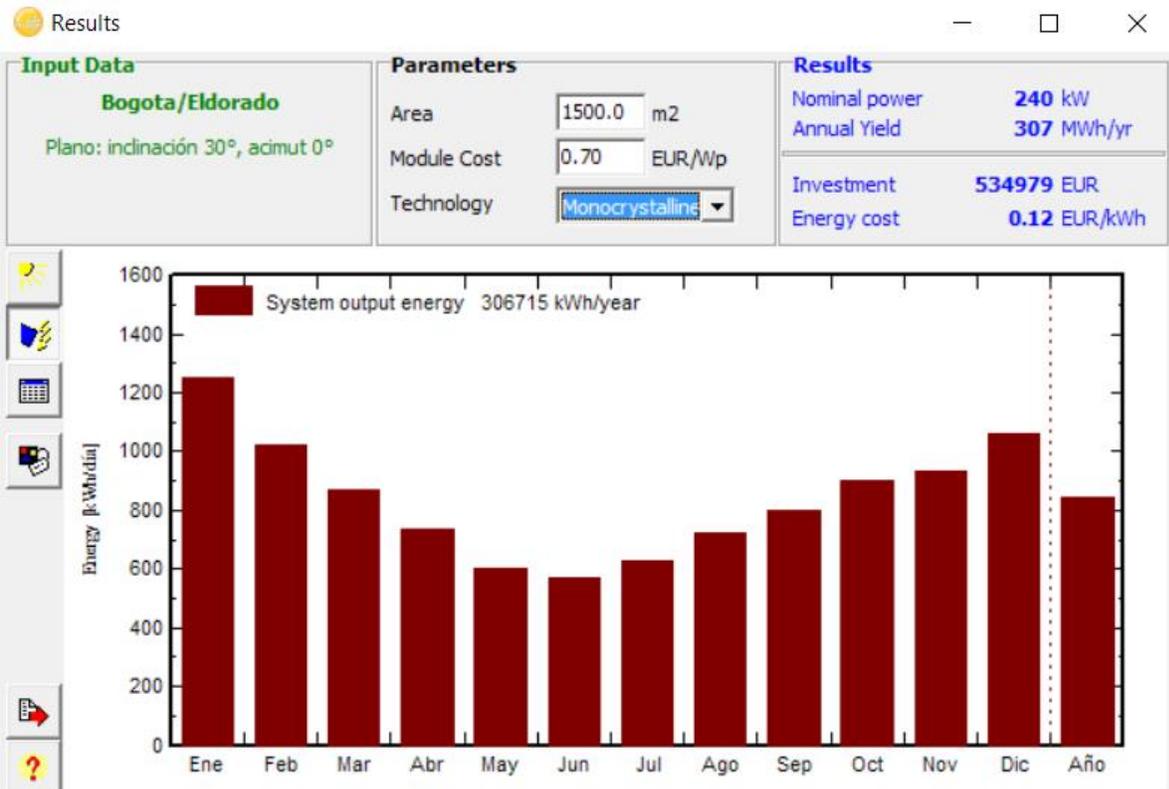
Para realizar una aproximación al predimensionamiento del proyecto, se utiliza el software PVsyst mediante el cual se logró obtener los datos relacionados a continuación:

Figura 11. Costos aproximados, predimensionamiento.

The screenshot displays a software window titled "Results" with a standard Windows interface (minimize, maximize, close buttons). The window is divided into several sections:

- Input Data:** Location: Bogota/Eldorado. Plane: inclination 30°, azimuth 0°.
- Parameters:** Area: 1500.0 m²; Module Cost: 1198.06 COP/Wp; Technology: Polycrystalline.
- Results:** Nominal power: 225 kW; Annual Yield: 291 MWh/yr; Investment: 1926738659 COP; Energy cost: 278.77 COP/kWh.
- Economic gross evaluation (excluding taxes and subsidies):**

| | | |
|--------------------------|-------------------|----------------|
| Module cost | 269564400 | COP |
| Supports cost | 898548000 | COP |
| Inverter and wiring | 168477750 | COP |
| Transport/Mounting | 590148509 | COP |
| Total investment | 1926738659 | COP |
| Annuitiies | 77069546 | COP/yr |
| Maintenance costs | 3934323 | COP/yr |
| Total Yearly cost | 81003870 | COP/yr |
| Energy cost | 278.77 | COP/kWh |
- Currency:** COP - Pesos Colombia.
- Loan:** Duration: 25 years; Rate: 0.0%; Ann. factor: 0.040.
- Disclaimer:** These values should only be considered as an order of magnitude. More precise evaluations will be available with detailed simulation.
- Buttons:** Edit cost, ?



Fuente: Autor utilizando PVSyst 6.8.6.

Del anterior predimensionamiento se puede evidenciar que se requiere una inversión inicial de COP 1.926.738.659 que cubre lo correspondiente a una instalación de un sistema solar fotovoltaico de 225 kW pico, montaje, cableado, inversores, reguladores y soportes los cuales tendrían una producción anual de energía de 291 MWh/año que al costo actual promedio pagado por la energía (413,91 kWh) representaría un ahorro en la factura de energía anual de COP 120.447.810 anuales. Es de tener en cuenta que durante la prefactibilidad se está despreciando las reducciones en el costo relacionadas con los incentivos económicos y tributarios que pueden ser generados gracias a los beneficios de la ley 1715 de 2014.

Teniendo en cuenta que los costos obtenidos mediante el software, son considerados conservadores dado que se encuentran basados en aproximaciones de costos globales, y dados las condiciones y regulaciones vigentes en Colombia, puede que estos no correspondan con la actualidad del mercado colombiano, se decide realizar una estimación con el costo real de implementación de dicho proyecto, utilizando los

costos reales obtenidos cotizando equipos puestos en Colombia, y teniendo en cuenta costos relacionados con la mano de obra, administración y gestión del proyecto, se puede proyectar según la tabla 8:

Tabla 8. Costo directo y de personal proyecto precios Colombia.

| Item | C/U | Cantidad | Subtotal | IVA | Total costo directo |
|------------------------------|--------------|----------|----------------|---------------|---------------------|
| Inversor de red | \$ 700 | 225000 | \$ 169.611.750 | \$ - | \$ 169.611.750 |
| Paneles 385 Wp | \$ 490.000 | 585 | \$ 308.693.385 | \$ - | \$ 308.693.385 |
| Ctrol y Comunic | \$ 2.933.284 | 1 | \$ 3.158.854 | \$ 600.182 | \$ 3.759.036 |
| Estructura | \$ 286 | 225000 | \$ 69.298.515 | \$ 13.166.718 | \$ 82.465.233 |
| Cableado | \$ 835 | 225000 | \$ 187.824.988 | \$ 35.686.748 | \$ 223.511.735 |
| Protecciones | \$ 128 | 225000 | \$ 28.800.000 | \$ 5.472.000 | \$ 34.272.000 |
| Puesta a tierra | \$ 74 | 225000 | \$ 16.650.000 | \$ 3.163.500 | \$ 19.813.500 |
| Imprevistos/equipos/software | \$ 350 | 225000 | \$ 78.750.000 | \$ - | \$ 78.750.000 |
| Transporte y logistica | \$ 70 | 225000 | \$ 15.750.000 | \$ 2.992.500 | \$ 18.742.500 |

| | |
|---------------|----------------|
| Costo directo | \$ 939.619.139 |
|---------------|----------------|

| Personal | Cantidad | Sueldo | Tiempo meses | Carga prestacional | Valor real Sueldo | Valor final Con viaticos |
|---------------|----------|----------------|--------------|--------------------|-------------------|--------------------------|
| Director | 1 | \$7.000.000,00 | 12 | 80% | \$151.200.000,00 | \$151.200.000 |
| Experto | 1 | \$4.000.000,00 | 12 | 80% | \$ 86.400.000,00 | \$ 86.400.000 |
| Residente | 1 | \$4.500.000,00 | 12 | 80% | \$ 97.200.000,00 | \$ 97.200.000 |
| Tecnicos | 1 | \$1.300.000,00 | 4 | 80% | \$ 9.360.000,00 | \$ 9.360.000 |
| Electricista | 1 | \$4.000.000,00 | 4 | 80% | \$ 28.800.000,00 | \$ 28.800.000 |
| SISO | 1 | \$1.600.000,00 | 4 | 80% | \$ 11.520.000,00 | \$ 11.520.000 |
| Coord Alturas | 1 | \$1.600.000,00 | 4 | 80% | \$ 11.520.000,00 | \$ 11.520.000 |
| Obrero | 2 | \$ 828.116,00 | 4 | 80% | \$ 5.962.435,20 | \$ 11.924.870 |

| | |
|----------------|---------------|
| Total personal | \$407.924.870 |
|----------------|---------------|

Fuente: Autor.

Como se pudo observar en la tabla 8, teniendo en cuenta los costos de referencia del mercado colombiano, la inversión real estimada para la ejecución del proyecto de 225 kW pico para el centro comercial es de COP 1.347.544.009 en el cual se incluye el costo directo y el costo del personal requerido para la ejecución de este, y con base a este valor se planteará el plan de inversión, flujo de caja esperado, y línea base de costos para el desarrollo del proyecto.

12.2. Planeación.

12.2.1. Gestión del alcance.

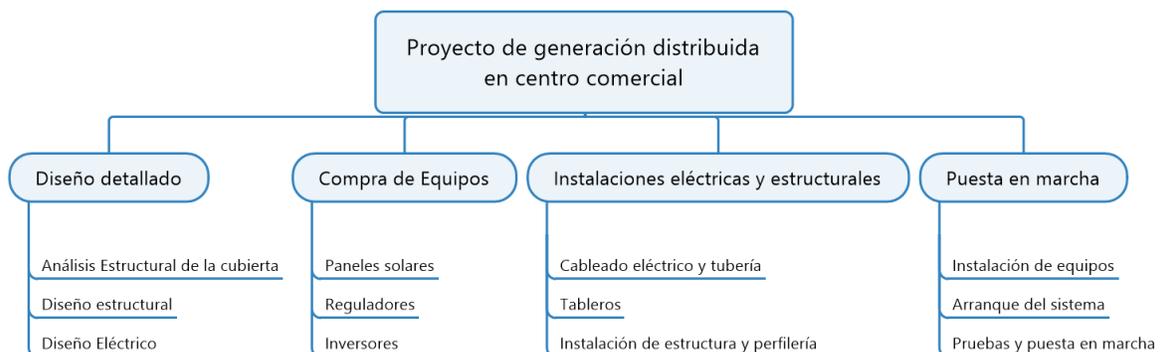
Como resultado de esta fase se planea obtener el plan de gestión del proyecto, y específicamente la estructura de desglose de trabajo (EDT) así como su enunciado y su diccionario.

Con el fin de obtener un plan de gestión del proyecto que aborde algunas de las recomendaciones del PMI, es importante realizar una definición clara del alcance del proyecto, así como la descripción del ciclo de vida del mismo.

Una vez analizadas las variables a tener en cuenta, se plantea que el alcance del proyecto se puede definir como: *“Realizar el diseño e instalación de un sistema de generación de energía fotovoltaica on grid (en línea) que permita mediante la generación distribuida, una reducción de la dependencia en el suministro de energía convencional, en el centro comercial Calima, ubicado en la ciudad de Bogotá.”*

Teniendo definido este alcance, es posible plantear la elaboración de la EDT del proyecto planteando las actividades en paquetes de trabajos que puedan ser asumidos por uno de los responsables del equipo de trabajo del proyecto, planteamiento que se desarrolla en el esquema presentado en la figura 7

Figura 12. EDT proyecto



Fuente: Autor

Con las actividades a desarrollar subdivididas en paquetes de trabajo, se procede con la definición cada uno de los paquetes de trabajo, cuyo resultado será la obtención del diccionario de la EDT como se puede evidenciar a continuación:

1. **Análisis estructural de la cubierta:** Mediante este entregable se conocerá la capacidad de la cubierta actual para soportar el peso del sistema al ser instalado.
2. **Diseño estructural:** Mediante este entregable se conocerá el diseño de la estructura requerida para soportar el peso de los paneles solares los elementos necesarios para su instalación.
3. **Diseño eléctrico:** Corresponde al diseño eléctrico, distribución y de conexionado del sistema, así como el cálculo de producción de energía esperada y sus indicadores económicos asociados.
4. **Compra de equipos (Paneles solares):** corresponde al proceso de compra, e importación de los paneles solares requeridos para el proyecto.
5. **Compra de equipos (Reguladores):** corresponde al proceso de compra, e importación de los reguladores requeridos para el proyecto.
6. **Compra de equipos (Inversores):** corresponde al proceso de compra, e importación de los Inversores requeridos para el proyecto.
7. **Instalación de tubería y cableado eléctrico:** Corresponde a la instalación de las canalizaciones necesarias para la interconexión de los elementos con el sistema del edificio.
8. **Instalación de tableros:** Corresponde a la instalación de los tableros en los cuales se consolidará las conexiones de los elementos eléctricos a instalar.
9. **Instalación de estructura y perfiles:** Corresponde a la instalación de las estructuras y los perfiles en los cuales se realizará el montaje de los equipos eléctricos a instalar.
10. **Montaje y conexión de equipos:** Una vez sean entregados en el sitio de instalación los equipos se requiere realizar el montaje y la con las instalaciones ya realizadas.

11. **Arranque del sistema:** Para realizar el arranque del sistema es necesario dar arranque individual de cada uno de los elementos instalados y una vez validado su funcionamiento individual se realiza el arranque conjunto.
12. **Pruebas y puesta en marcha:** Se requiere realizar las pruebas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del sistema en condiciones normales de operación.

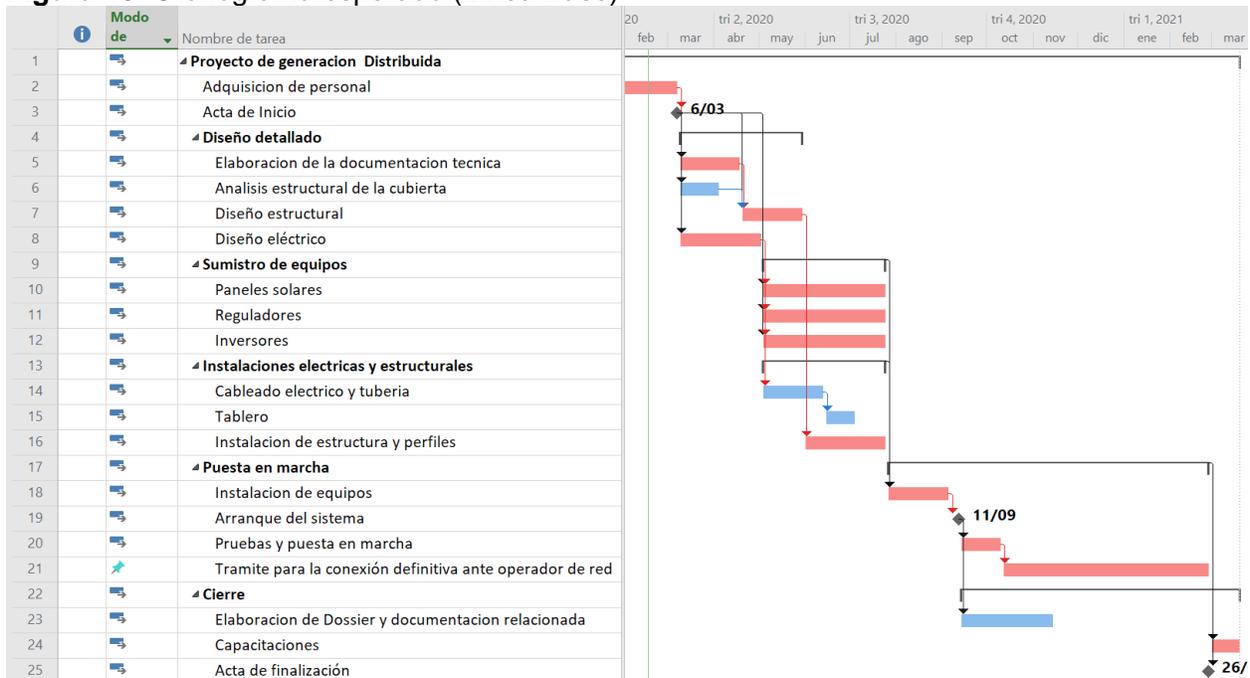
Mediante la entrega de dichos documentos, así como con el acta de constitución del proyecto, se ha generado el plan de gestión del proyecto, prerequisite para la elaboración del plan de gestión de la calidad, en el cual se requiere de las especificaciones técnicas de los elementos a instalar para el proyecto las cuales serán obtenidas mediante la fase de diseño y concertadas con el cliente.

12.2.2. Gestión del tiempo en la planeación.

Teniendo en cuenta la EDT resultado de la gestión del alcance del proyecto, y sus actividades en paquetes de trabajo, como parte de la gestión del tiempo en la planeación es requerido realizar la asignación de recursos a cada una de las actividades enunciadas, por lo cual es de vital importancia definir elementos tales como materiales, mano de obra, servicios, entre otros, y tener en cuenta los tiempos relacionados con la ejecución de los mismos, puesto que con dichos insumos será elaborado el cronograma de actividades, determinada la ruta crítica del proyecto, y en base a esto los tiempos reales para la ejecución del mismo.

Aplicando dicho esquema, y realizando un análisis basado en la experiencia y juicio de expertos para el caso de estudio se plantea el siguiente cronograma de actividades del cual se obtiene la duración, ruta crítica y secuencia de las actividades a ejecutar como se evidencia en las siguientes figuras:

Figura 13. Cronograma esperado (Línea Base).



Fuente: Autor.

Como se puede observar, considerando únicamente días hábiles en el cronograma (de lunes a viernes) la ejecución del proyecto tardaría aproximadamente 80 días, y las ruta crítica del mismo está compuesta por las actividades de suministro de equipos, dado que estos son de importación, y se estima un tiempo aproximado de 60 días desde su compra con el acta de inicio, hasta su llegada al sitio de instalación una vez surtidos los tramites de desaduanamiento, transporte e izaje a su punto de instalación.

Es de tener en cuenta que una vez realizadas las pruebas al sistema se inicia el periodo para el trámite de conexión a la red y el respectivo contrato de conexión con el operador, proceso que para proyectos de generación distribuida de entre 100 KW y 1.000 KW en la ciudad de Bogotá con la gestión del operador de red Enel, puede tardar entre 3 y 6 meses la obtención del aval completo una vez cumplidos todos los requisitos.

12.2.3. Gestión del costo en la planeación.

La gestión del costo en la planeación del proyecto, puede ser fácilmente determinada mediante el uso de la asignación de recursos económicos mediante el software para la gestión de proyectos como el utilizado para la determinación del cronograma en la gestión del tiempo del proyecto (MS Project), de esta forma el software permitirá conocer el flujo de inversión del proyecto y de esta forma establecer un flujo de caja esperado el cual una vez conocido entra a ser parte de la gestión comercial con el cliente para determinar la forma de pago del proyecto y según sea el tipo de proyecto.

Una vez establecido un plan de inversión, y teniendo en cuenta el flujo de caja esperado producto de los costos asociados a las actividades en el cronograma, es de tener en cuenta que dicha información compone la línea base del presupuesto y este podrá tener modificaciones causadas por actividades o elementos no previstos en la planificación, o simplemente por la corrupción del alcance que se puede dar en la fase de ejecución.

Para el caso de estudio analizado en el presente documento, se proyectó un plan de inversión basado en los costos comerciales aproximados de los elementos que se plantea instalar. Esto se puede evidenciar en la Figura 13 y en la tabla 9.

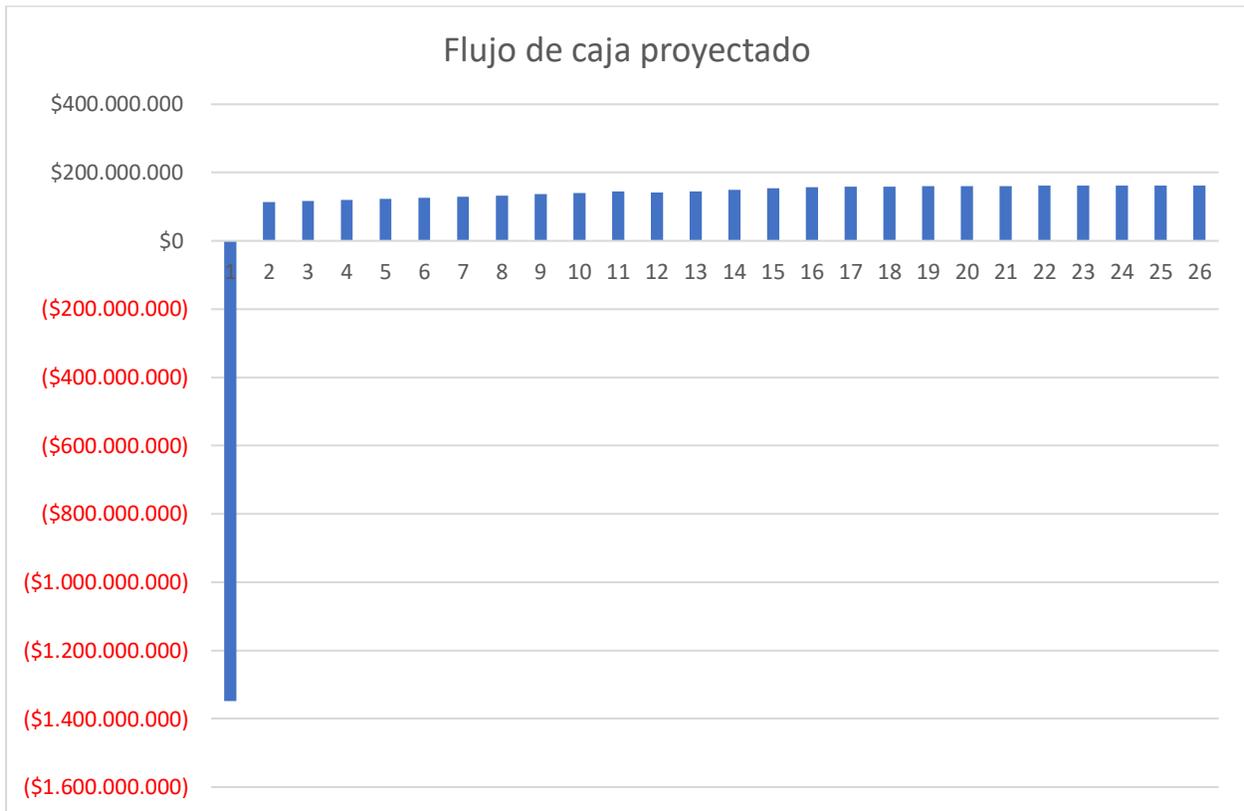
Tabla 9. Flujo de caja y de inversión.

| Periodo | Inversion | Produccion | Costo Energia | Ahorro en pesos | OPEX | Bonos de Carbono | Flujo de caja |
|---------|------------------|------------|---------------|-------------------|---------------|------------------|--------------------------|
| Año 0 | \$ 1.347.544.009 | 0 | \$ 414 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 | -\$ 1.347.544.009 |
| Año 1 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 424 | \$ 123.459.005,25 | \$ 16.844.300 | \$ 6.737.720 | \$ 113.352.425 |
| Año 2 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 435 | \$ 126.545.480,38 | \$ 16.844.300 | \$ 6.737.720 | \$ 116.438.900 |
| Año 3 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 446 | \$ 129.709.117,39 | \$ 16.844.300 | \$ 6.737.720 | \$ 119.602.537 |
| Año 4 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 457 | \$ 132.951.845,33 | \$ 16.844.300 | \$ 6.737.720 | \$ 122.845.265 |
| Año 5 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 468 | \$ 136.275.641,46 | \$ 16.844.300 | \$ 6.737.720 | \$ 126.169.061 |
| Año 6 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 480 | \$ 139.682.532,50 | \$ 16.844.300 | \$ 6.737.720 | \$ 129.575.952 |
| Año 7 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 492 | \$ 143.174.595,81 | \$ 16.844.300 | \$ 6.737.720 | \$ 133.068.016 |
| Año 8 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 504 | \$ 146.753.960,70 | \$ 16.844.300 | \$ 6.737.720 | \$ 136.647.381 |
| Año 9 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 517 | \$ 150.422.809,72 | \$ 16.844.300 | \$ 6.737.720 | \$ 140.316.230 |
| Año 10 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 530 | \$ 154.183.379,96 | \$ 16.844.300 | \$ 6.737.720 | \$ 144.076.800 |
| Año 11 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 543 | \$ 158.037.964,46 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 141.193.664 |
| Año 12 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 557 | \$ 161.988.913,57 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 145.144.613 |
| Año 13 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 571 | \$ 166.038.636,41 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 149.194.336 |
| Año 14 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 585 | \$ 170.189.602,32 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 153.345.302 |
| Año 15 | \$ 0 | 291.000,00 | \$ 599 | \$ 174.444.342,38 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 157.600.042 |
| Año 16 | \$ 0 | 285.180,00 | \$ 614 | \$ 175.229.341,92 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 158.385.042 |
| Año 17 | \$ 0 | 279.360,00 | \$ 630 | \$ 175.944.563,73 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 159.100.264 |
| Año 18 | \$ 0 | 273.540,00 | \$ 646 | \$ 176.586.028,28 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 159.741.728 |
| Año 19 | \$ 0 | 267.720,00 | \$ 662 | \$ 177.149.600,71 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 160.305.301 |
| Año 20 | \$ 0 | 261.900,00 | \$ 678 | \$ 177.630.985,50 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 160.786.685 |
| Año 21 | \$ 0 | 256.080,00 | \$ 695 | \$ 178.025.721,02 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 161.181.421 |
| Año 22 | \$ 0 | 250.260,00 | \$ 713 | \$ 178.329.173,95 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 161.484.874 |
| Año 23 | \$ 0 | 244.440,00 | \$ 730 | \$ 178.536.533,46 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 161.692.233 |
| Año 24 | \$ 0 | 238.620,00 | \$ 749 | \$ 178.642.805,20 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 161.798.505 |
| Año 25 | \$ 0 | 232.800,00 | \$ 767 | \$ 178.642.805,20 | \$ 16.844.300 | \$ 0 | \$ 161.798.505 |

Fuente: Autor.

Con el fin de permitir que el proyecto cuente con mayores beneficios que permitan un tiempo de retorno de la inversión mas bajo, se plantea la inscripción del proyecto al programa de bonos solares, el cual plantea algunos beneficios financieros y tributarios adicionales para el proyecto tales como: Remuneración atractiva en función del tamaño de la planta (#CER), Una vigencia del bono de 21 años, se ajusta el valor del bono según la inflación del año anterior más un punto porcentual a partir del año 2021, esto por realizar la cesión de las reducciones de GEI al programa de bonos solares y los demás requisitos que por la naturaleza del proyecto ya se encuentran cumplidos.

Figura 14. Flujo de caja proyecto a 25 años



Fuente: Autor.

Basados en el plan de inversión anterior, el costo total del proyecto, y teniendo en cuenta que los inversionistas del proyecto esperan para este proyecto tener un retorno de la inversión no superior a 7 años, se desarrolla el siguiente análisis de los ingresos a generarse posterior a la implementación del proyecto, basados principalmente en dinero que el centro comercial dejara de pagar a su operador actual y en la venta de los bonos de carbono, es decir, los ingresos anuales posteriores a la implementación del proyecto, dependerán en gran medida del costo unitario en el que se encuentre el costo de compra de energía en los años posteriores a la implementación del proyecto. De igual modo se deben tener en cuenta los gastos asociados con el mantenimiento del sistema, así como una reducción en la producción de energía entre los años 16 y 25 del 100% al 80%, por lo cual de esta forma se logra un análisis del retorno de la inversión, TIR, VPN y demás aspectos financieros del proyecto como se presenta a continuación:

Figura 15. Variables económicas proyecto.

| | |
|---------|-------------------|
| TIR | 9% |
| VPN | \$ 241.199.125,37 |
| Retorno | 9,26 años |

Fuente: Autor.

12.3. Ejecución.

Con el fin de dar cumplimiento a las actividades necesarias en la etapa de ejecución, tales como la coordinación de los recursos, gestionar el involucramiento de los interesados, y cumplir con las actividades establecidas en el plan para la dirección del proyecto, es necesario establecer el plan de comunicaciones con todas las partes involucradas en el proyecto, así como la periodicidad con la cual se realizaran las reuniones de seguimiento y entrega de informes del estado de la ejecución del proyecto con respecto a lo programado en la etapa de planeación. Así mismo, se debe dar ejecución a todas las actividades ejecutadas planteadas en el cronograma mediante la gestión de proveedores, contratistas, y la mano de obra requerida para el correcto desarrollo de las mismas.

La integración de las actividades a desarrollar en la etapa de ejecución integra la gestión de las comunicaciones, la gestión de la calidad, la gestión de los recursos, la gestión de los interesados, la gestión de riesgos y la gestión de las adquisiciones, esta integración es la que permite el desarrollo del proyecto.

Figura 16. Grupo de procesos a integrar en la ejecución.

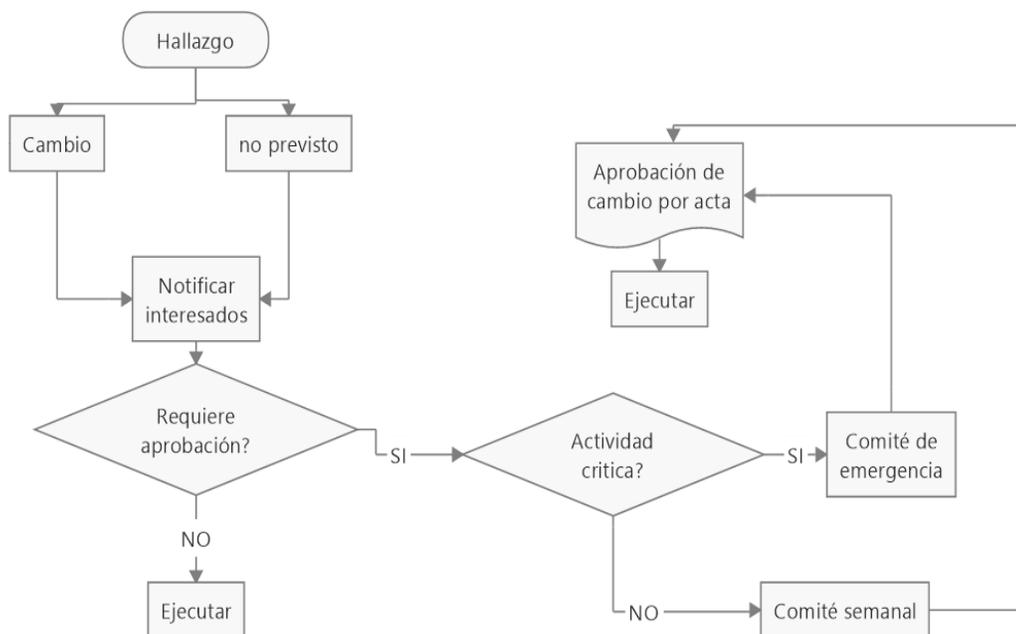


Fuente: Autor.

Es importante tener en cuenta que, durante el desarrollo del grupo de procesos relacionados con la ejecución del proyecto, se pueden llegar a generar solicitudes de cambio que requerirán ser validadas y aprobadas por los interesados, y estas en caso de ser aprobadas podrían desencadenar nuevamente uno o más procesos de planificación, que ocasionarían modificaciones en el plan de gestión de documentos del proyecto y probablemente se generarían nuevas líneas base para las diferentes gestiones.

Con el fin de dar seguimiento a las solicitudes de cambio, y con el fin de integrar los procesos relacionados a la etapa de ejecución, se plantea el siguiente procedimiento para el control de cambios al proyecto:

Figura 17. Proceso para la gestión y aprobación de cambios.



Fuente: Autor.

De esta forma se plantea el procedimiento para garantizar la integración de los procesos en la fase de ejecución y la gestión de los cambios en la misma.

12.4. Control.

El principal objetivo a desarrollar durante la fase de control, que es una etapa transversal a la ejecución de todo el proyecto es realizar el monitoreo oportuno y constante de todas las actividades a realizar en el proyecto, para esto se deben establecer las herramientas a utilizar para dicha fase con el fin de satisfacer los requerimientos de los interesados y permitir que como resultado de dicha fase se obtenga el seguimiento a cada una de las desviaciones que se puedan llegar a presentar respecto a la línea base inicial del proyecto.

Con el fin de lograr el objetivo anteriormente planteado, se propone para el proyecto del caso de estudio desarrollar el monitoreo y control del mismo mediante las herramientas para cada proceso a monitorear y controlar como se describe a continuación:

12.4.1. Verificación monitoreo y control del alcance.

Para realizar el proceso de verificación o validación del alcance en la fase de monitoreo y control, es necesario tener como entradas la línea base del alcance, el plan de proyecto, y el plan para la gestión de los requerimientos del cliente, y mediante reuniones y concertaciones de forma periódica se debe definir y aceptar los entregables del proyecto, así como conocer y gestionar las solicitudes de cambio para darles el respectivo trámite y determinar el impacto que puede tener cada uno de ellos en las diferentes líneas bases del plan de dirección del proyecto.

Teniendo en cuenta que de acuerdo a las necesidades de cada proyecto, se determina que componentes del plan para la dirección y que documentos se deben considerar necesarios a utilizar, para el presente proyecto caso de estudio se requerirá que una vez y cada vez que se realice la verificación del alcance, deben ser actualizadas como resultado de dicha actividad la línea base del alcance, la línea base del cronograma, la línea base de costos y el plan de gestión del alcance. Se espera que las modificaciones durante la verificación del alcance no sean tan trascendentales como para requerirse la modificación de la EDT.

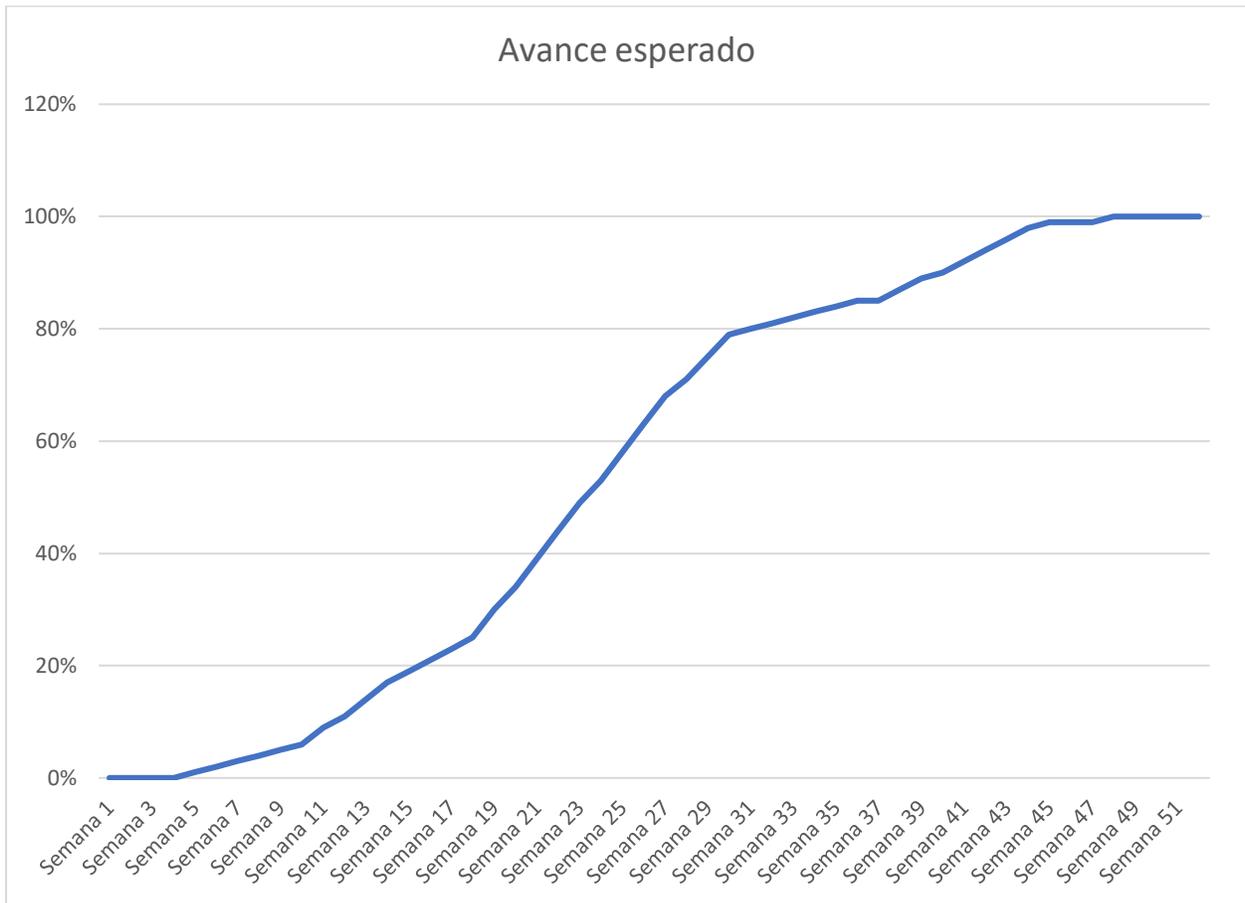
12.4.2. Control del cronograma.

El control del cronograma se debe realizar durante la ejecución del proyecto con el fin de mantener la información de la línea base del cronograma actualizada, así como el estado real del proyecto a la fecha de corte que se requiera, y basado en los datos del cronograma proyectar posibles estados futuros del cronograma y posibles desviaciones respecto a la línea base.

Para el presente caso de estudio se plantea realizar el control del cronograma con una periodicidad semanal y tomando como base los avances evidenciados y conciliados entre las partes interesadas, y una vez sean evidenciadas desviaciones de la línea base, dificultades en la ejecución, o actividades no previstas que afecten el curso normal del cronograma, estas serán reportadas a los interesados para de esta forma tomar acciones preventivas o correctivas que permitan la finalización de las actividades en el tiempo acordado y satisfaciendo todas las necesidades de los interesados.

El control del cronograma debe realizarse de forma comparativa a la curva S de la línea base del cronograma con el fin de verificar el cumplimiento en la ejecución de esta como se evidencia en la Figura 17:

Figura 18. Curva de avance programado.



Fuente: Autor

Una vez finalizado dicho proceso, se espera lograr actualizaciones en el cronograma del proyecto, en la línea base de las estimaciones del mismo, en el calendario de recursos, y en general en los datos incluidos en el cronograma.

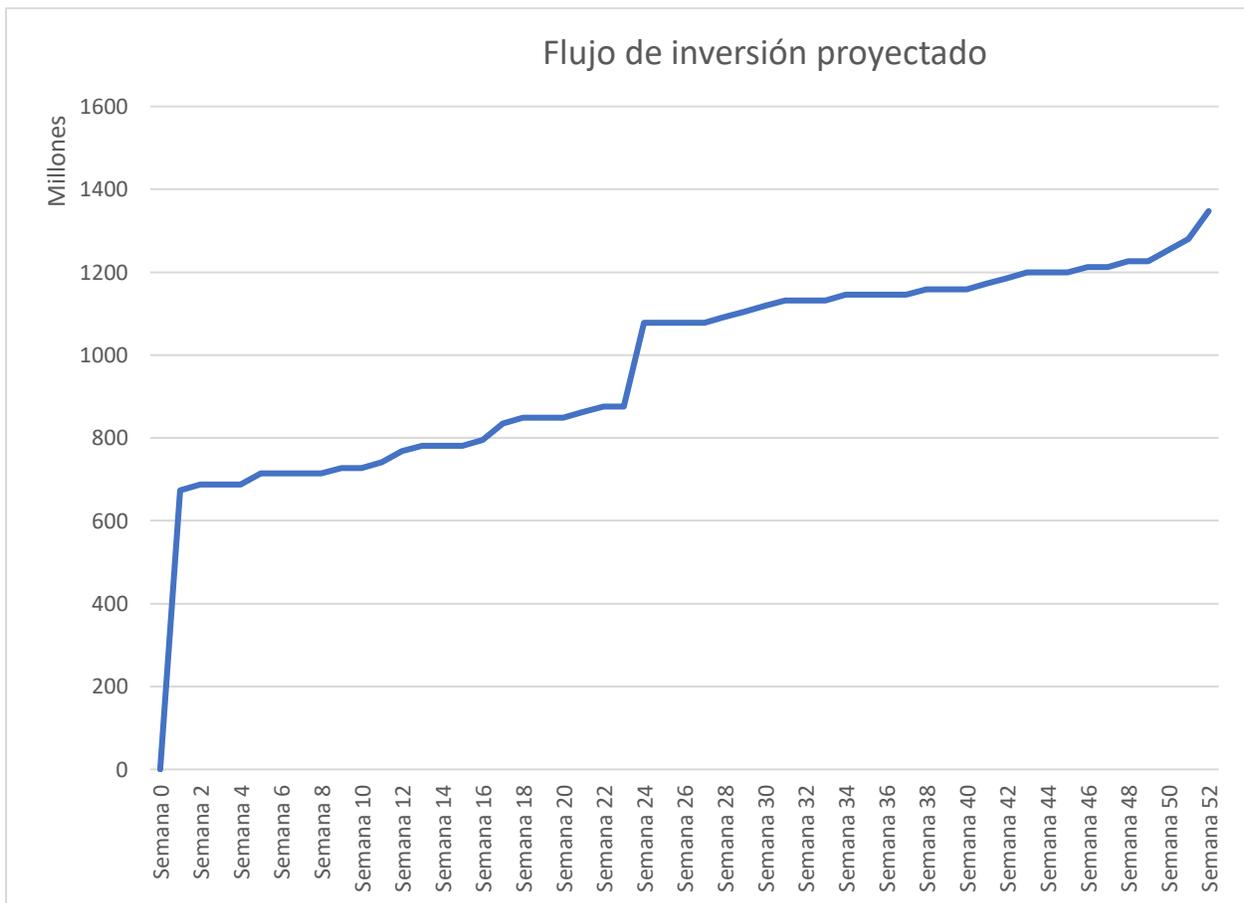
12.4.3. Control de costos.

El control de costos se realizará basado en el costo asociado a los recursos presupuestados inicialmente en la etapa de planificación, por lo cual es necesario que el control de costos sea realizado de forma periódica y que la línea base de costos sea actualizada, tanto en la ejecución de actividades como con las proyecciones que puedan surgir una vez sea realizado algún cambio en el proyecto.

Como resultado de una correcta gestión del control de los costos del proyecto, se espera obtener la ejecución total de los recursos asignados al proyecto, de forma que no se requiera una nueva asignación de recursos y tampoco una devolución de los recursos ya asignados.

Para el caso de estudio se plantea realizar el control de los costos como se presentan en la Figura 18.

Figura 19. Flujo de inversión del proyecto.



Fuente: Autor.

12.4.4. Informes de rendimiento y gestión de los involucrados.

Los informes de rendimiento y la gestión de los involucrados en el proyecto debe ser desarrollada de forma periódica según lo establecido por las partes interesadas, como parte de la presente metodología se plantea la ejecución de comités semanales en los cuales se presenten los rendimientos obtenidos en cada periodo a cada una de las partes interesadas, de esta forma se lograra obtener un seguimiento controlado a la etapa de ejecución facilitando así la terminación esperada en el tiempo establecido y con el alcance solicitado.

Como parte de los informes de rendimiento a presentar en los comités semanales, se requiere tratar como mínimo los siguientes puntos, los cuales deben quedar formalizados mediante un acta de reunión:

1. Listado de asistentes.
2. Verificación del alcance con corte al periodo establecido.
3. Control del cronograma con corte al periodo establecido.
4. Control del presupuesto con corte al periodo establecido.
5. Hallazgos no previstos.
6. Solicitudes de cambio.
7. Temas varios.

La atención de los puntos anteriormente citados como parte de los informes semanales de rendimiento permitirá proporcionar a los interesados la visión del estado del proyecto y con base a este tomar las decisiones requeridas para su correcta finalización y entrega a satisfacción.

12.5. Cierre.

Para el proceso de cierre del proyecto, se requiere verificar que los demás procesos a monitorear definidos en la presente metodología han sido finalizados y con esto poder formalizar la finalización real del proyecto y de esta forma permitir el archivo definitivo de la documentación del mismo, y al tener la finalización del trabajo planificado se permite

la liberación de los recursos dedicados al proyecto para así iniciar nuevos esfuerzos con estos.

Como parte del cierre del proyecto y para el caso de estudio se definió como entregables del proceso de cierre la siguiente documentación:

1. Informe final de gestión.
2. Manual de operación del sistema.
3. Manual de mantenimiento del sistema.
4. Fichas técnicas de los elementos instalados.
5. Matriz de escalamiento y solución de fallas.
6. Planos as built de los sistemas y subsistemas del proyecto.
7. Acta de finalización del proyecto con recibo final a satisfacción.
8. Registros de cambios.
9. Consolidado de los informes periódicos del proyecto.

El proceso de cierre del proyecto unifica y consolida los demás procesos de gestión de forma similar al proceso de integración, por lo cual en este será posible visualizar debidamente documentados todos los elementos del proyecto, así como la gestión del equipo que lo desarrollo, las solicitudes de cambio, las desviaciones del diseño inicial y toda la trazabilidad del proyecto desde su concepción hasta su finalización y actividades posteriores a la misma.

13. OPCIONES DE MEJORA PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL SECTOR, Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

Una vez identificadas las necesidades del segmento de los centros comerciales, y con la caracterización de su consumo energético se logra identificar que los centros comerciales cuentan con un gran potencial de ahorro energético especialmente en lo referente a condiciones de confort para los usuarios y visitantes (aire acondicionado, ventilación, iluminación), aspectos que han sido abordados por las nuevas edificaciones gracias a las buenas prácticas de sostenibilidad y sus respectivas certificaciones (LEED), pero en el caso de las edificaciones que cuentan con algunos años de antigüedad su construcción no fue concebida bajo dichos conceptos, por lo cual desde las administraciones de los centros comerciales se han implementado proyectos principalmente relacionados con la actualización tecnológica del sistema de iluminación, (cambios de luminarias, sistemas de control de iluminación) y en otros casos se ha optado por realizar remodelaciones y ampliaciones de los mismos y mediante esto realizar las actualizaciones tecnológicas necesarias, de aquí se plantean las siguientes opciones de mejora para la gestión energética de las edificaciones, y futuras líneas de investigación asociadas al desarrollo de proyectos en dicho sector:

13.1. Implementación de proyectos de Freecooling.

Teniendo en cuenta que garantizar confort en la temperatura ambiente de un centro comercial, demanda una cantidad importante de energía, y conociendo las condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá que cuenta con una temperatura media anual de 14° C, se puede implementar el freecooling como método principal de enfriamiento de ambientes con alta concentración de personas.

El freecooling consiste en el aprovechamiento del aire exterior para dar enfriamiento al interior de una edificación, mediante la introducción mediante medios mecánicos de una cantidad de aire exterior mayor a la exigida, que realiza una disminución de la carga térmica interna y por ende una refrigeración efectiva. El aire para ingresar a la edificación puede ser filtrado para garantizar unas condiciones de calidad de aire superiores a las que se pueden dar sin la implementación de dicho sistema.

13.2. Implementación de sistemas de control de iluminación.

Los sistemas de control de iluminación ayudan en la reducción del consumo energético de las edificaciones dada la dimerización y regulación de la potencia entregada por las luminarias, aprovechando de las condiciones de iluminación exterior y del entorno, por lo cual se evidencia que para las edificaciones que desde su arquitectura no maximizaron el aprovechamiento de la luz natural se puede implementar la domótica y control de iluminación un método para lograr una reducción significativa en el consumo energético de la edificación.

Es de tener en cuenta que, para lograr resultados favorables en la implementación de sistemas de control de iluminación, se deben zonificar las áreas, determinar los niveles de iluminación requeridos, validar el tipo de luminaria a utilizar y su posición, realizar sus respectivos mantenimientos y medir los resultados de forma que estos sean los esperados.

13.3. Implementación de modelos de venta de energía basados en respuesta de la demanda.

El aprovechamiento de los activos fijos generadores de energía en los centros comerciales, especialmente el uso de equipos como las plantas de emergencia como parte de un modelo de respuesta de la demanda que permita generar energía para el autoconsumo de la edificación en momentos durante los cuales sea escasa la oferta energética y esta pueda ser asumida por el consumidor y recompensada a un precio de escases por parte del generador, permite contemplar este modelo como una posible práctica de gestión energética que permitirá una reducción en el costo mensual a facturar, así como una reducción en lo referente a mantenimientos correctivos de plantas de emergencia dado que con un uso ocasional de las mismas como el aquí planteado se puede reducir el riesgo de daños en los equipos por falta de funcionamiento.

Esta práctica en el ámbito internacional en Europa y EEUU los mecanismos de respuesta de la demanda ya tienen un amplio desarrollo y han demostrado ser mecanismos muy eficientes para optimizar la matriz energética de los países. En Chile

el mecanismo funciona en invierno, las reducciones de potencia en horas pico reciben un incentivo por parte del distribuidor (Julia-RD, 2020).

13.4. Futuras líneas de investigación relacionadas con la generación distribuida en edificaciones.

Como futuras líneas de investigación relacionadas con la generación distribuida en edificaciones del tipo centro comercial, se plantea realizar un estudio de resultados posteriores a la implementación de dichos proyectos, así como la descripción y aplicación del proceso técnico y legal para la integración en los casos de que el proyecto de generación distribuida entregue excedentes de energía al sistema, y sean vendidos al operador de red.

En resumen, y teniendo en cuenta los hallazgos documentados mediante el presente documento, se puede categorizar las futuras líneas de investigación en los siguientes grupos que resumen los aspectos principales a tener en cuenta en torno a los proyectos de generación distribuida:

- Evaluación del impacto post implementación de un proyecto de generación distribuida de energía en un centro comercial de la ciudad de Bogotá.
- Implementación y normalización de la venta de excedentes de energía producida por un proyecto de generación distribuida.
- Análisis de la viabilidad de implementar el modelo de gestión energética basado en la respuesta de la demanda como práctica de eficiencia energética en las edificaciones con alta capacidad instalada para la generación de energía.
- Integración y estandarización de metodologías de gerencia de proyectos en la ejecución de proyectos de energía, y la posible implementación de metodologías ágiles como parte de la gestión de estos.

Se espera que mediante el desarrollo de proyectos de investigación que tengan en cuenta las líneas de investigación ya planteadas, se permita expandir y difundir el conocimiento de la generación distribuida, y el potencial existente en los centros comerciales para incentivar en ellos la implementación de este tipo de proyectos.

14. CONCLUSIONES

Las metodologías internacionalmente aceptadas para gerencia de proyectos son adaptables y aplicables a los proyectos de generación distribuida de energía en centros comerciales, aunque esto se ve diezmado debido al desconocimiento relacionado a los beneficios actuales existentes, así como la viabilidad para la implementación de estos en dichas edificaciones.

Cómo resultado de la presente investigación se recomienda la implementación de proyectos de generación distribuida basados en energía solar fotovoltaica en los centros comerciales de la ciudad de Bogotá dado que son una propuesta viable para generar ahorro energético a mediano y largo plazo y ser sostenibles ambientalmente.

El aplicar un instrumento para la recolección de datos permitió evidenciar la falta de conocimientos técnicos por parte de los encargados de la infraestructura en los centros comerciales relacionados con la generación distribuida de energía, lo que a su vez limita el posible acceso por parte de ellos a tecnologías relacionadas con las fuentes no convencionales de energía que de ser implementados de forma correcta llegan a representar disminuciones importantes en los costos de operación del centro comercial.

A nivel normativo y jurídico en los últimos 5 años Colombia ha avanzado en torno a lo requerido para la implementación e integración de los proyectos de generación distribuida especialmente los relacionados al uso de fuentes no convencionales de energía, pero se requiere avanzar en la capacitación y divulgación de los mismos con el fin de que las empresas, organizaciones y edificaciones que cuenten con un alto potencial para la implementación de proyectos, vean en ellos no solo un gasto relacionado con la reducción de su impacto ambiental, sino también una inversión rentable que se recuperará y generará ingresos a mediano y largo plazo.

A pesar del desconocimiento de los beneficios en la implementación de los proyectos de generación distribuida, se evidencia en los centros comerciales de Bogotá

una tendencia relacionada a la implementación de buenas prácticas para la gestión energética, esto mediante las actualizaciones tecnológicas, capacitación para el uso racional, y automatización de instalaciones mediante la domótica.

Los centros comerciales en la ciudad de Bogotá presentan un potencial importante relacionado con la existencia de grandes superficies de cubiertas disponibles, las cuales facilitan el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, especialmente la energía solar fotovoltaica dado que en la región se cuenta con una disponibilidad media del recurso solar, a diferencia de los bajos niveles de viento para pensar en el aprovechamiento de la energía eólica.

Aunque las condiciones actuales permiten la que este tipo de proyectos se puedan dar en condiciones factibles y sostenibles, es de tener en cuenta que el segmento de centros comerciales pertenece en su mayoría al sector privado, y este sector espera de las inversiones a realizar un tiempo de recuperación de la inversión bajo de la mano de unas altas utilidades, de forma que termina dependiendo del inversionista y su tasa interna de retorno esperada la decisión de implementar o no un proyecto de generación distribuida. Dado lo anterior, actualmente se impone la ejecución de dichos proyectos mediante la figura de 0 inversión inicial y contratos de compra de energía a largo plazo, dado que el centro comercial obtiene los beneficios social y ambiental con una mínima inversión inicial.

Se recomienda a los centros comerciales ubicados en la ciudad de Bogotá, analizar la posibilidad de implementar los proyectos de generación distribuida bajo la metodología propuesta en el presente documento con el fin de seguir estándares internacionales, y mantener las buenas prácticas de formulación, evaluación y gerencia de proyectos.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Bustamante Sanchez, J. (2015). Programa de gestión de eficiencia energética para los centros comerciales populares del Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Ecuador.
- Chiquiza Nonsoque, J. (10 de Diciembre de 2018). *El Edén y Paseo Villa del Río serán los malls nuevos más grandes en 2019*. Obtenido de La Republica: shorturl.at/fVW39
- Congreso de la republica. (13 de mayo de 2014). *LEY 1715 DE 2014*. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html
- CREG. (15 de OTUBRE de 1996). *Resolución 086 de 1996*. Obtenido de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1996-CRG86-96>
- CREG. (13 de Marzo de 2015). *RESOLUCIÓN No. 024 DE 2015*. Obtenido de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/67513914c35d6b8c05257e2d007cf0b0/>
- CREG. (26 de 02 de 2018). Resolución 030 de 2018. Bogotá, Colombia: Ministerio de Minas y Energía.
- CREG. (26 de FEBRERO de 2018). *RESOLUCIÓN No. 030 DE 2018*. Obtenido de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191?OpenDocument>
- enel. (2019). procedimiento para la conexión de autogeneración y generación distribuida. Bogotá.
- Gomez, V. A., Hernandez, C., & Rivas, E. (2018). La Influencia de los Niveles de Penetración de la Generación. *Información Tecnológica*, 117-128.
- Grisales, L. F., Restrepo Cuestas, B. J., & Jaramillo, F. E. (2017). ubicacion y dimensionamiento de generacion distribuida: una revision. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 157-176.
- Hernandez Sampieri , R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio , P. (2014). *Metodologia de la investigacion* . Mexico DF: Mc Graw Hill.
- Julia-RD. (04 de 02 de 2020). *Respuesta de la Demanda*. Obtenido de <http://julia-rd.com.co/index.php/es/respuesta-a-la-demanda>

Ministerio de minas y energía. (11 de 07 de 1994). *Ley 143 de 1994*. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23517/21443-3668.pdf>

Ministerio de minas y energía. (2013). *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)*. Bogotá.

ministerio de minas y energía. (07 de 04 de 2019). *Borrador del RETIE 2019*. Obtenido de Borrador del RETIE 2019: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/1179442/Documento+Proyecto+de+Anexo+General+RETIE+2016-09-16+versi%C3%B3n+Notificaci%C3%B3n.docx/28e04940-a6b4-4f67-a590-82698cfbc66a>

Muller, J. M. (2008). *Grandes centros comerciales en Santafé de Bogotá*.

PMI. (2017). *PMBOK*.

Restrepo Garces , A. R., Manotas Duque, D. f., & Lozano, C. A. (2016). Portafolio para Auto-Generación de Electricidad con Fuentes. Cali.

Restrepo Garces, A., Manotas Duque, D. F., & Lozano, C. A. (2017). Multicriteria Hybrid Method - ROA, for the choice of generation of renewable sources: case study in shopping centers. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 399-414.

Rodriguez Hernandez, A. (24 de Noviembre de 2009). *La generación distribuida y su posible integración al sistema interconectado nacional*. Obtenido de <https://bit.ly/2zplzSm>

Rojas Mahecha, J. E., & Cano Miranda, R. C. (2014). Plan estratégico en eficiencia energética para centros comerciales con proyección a la certificación Iso 50001. Bogotá, Colombia.

Sanchez Molina, P. (09 de 05 de 2018). Obtenido de La generación distribuida avanza en Colombia: <https://www.pv-magazine-latam.com/2018/05/09/la-generacion-distribuida-avanza-en-colombia/>

SYSCOM. (29 de 09 de 2018). *Generación Distribuida de Energía Eléctrica*. Obtenido de <https://www.syscomblog.com/2017/08/generacion-distribuida-de-energia.html>

Twenergy. (08 de 06 de 2016). *GUÍA PARA ENTENDER EL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL COLOMBIANO*. Obtenido de

<https://twenergy.com/co/a/guia-para-entender-el-sistema-interconectado-nacional-colombiano-2233>

UPME. (31 de Agosto de 2018). *Incentivos Tributarios - Ley 1715 de 2014*. Obtenido de <https://bit.ly/2TzHpfq>

Valencia López, D., Carvajal Quintero, S. X., & Pineda Aguidelo, J. (2017). Design of demand management programs for the efficient use of electricity by industrial users. *Ingeniería y Competitividad*, 198-209.

Zuñiga Solano, G. A., & Jimenez Castañeda, C. R. (2016). *Propuesta para la implementación de tecnología verde, enfocada en energía solar, en el Centro Comercial La 22, en Santa Marta, Colombia*. Bogotá: Universidad EAN.

