Evaluación Ex post al proyecto Generación Solar Fotovoltaica desarrollado por el Metro de Medellín Ltda. desde los lineamientos del PMI

Gabriel Andrés Plata Rueda

Trabajo de grado para optar el título de Magíster en Dirección y Gestión de Proyectos

Director

Yenifer Patricia Hernández Viña

Magíster en Docencia e Investigación Universitaria

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Facultad de Ingeniería y Telecomunicaciones

Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos

Año 2022

Dedicatoria

Este trabajo de grado se lo dedico a mi esposa Carolina, mi hijo Gabriel Alejandro quienes son un pilar fundamental en mi vida, a mis padres Gabriel y Rosa Amparo, quienes me motivaron para seguir creciendo como profesional y como ser humano y a Dios por las bendiciones recibidas, por darme la fuerza y sabiduría en el camino que recorro junto a mis seres queridos.

Agradecimientos

Mi agradecimiento a la universidad Santo Tomás, Bucaramanga, división de Ingenierías y Arquitectura, de la facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones, por el proceso de formación en competencias de dirección y gestión de proyectos durante todo el ciclo de la maestría. A la docente, magister y especialista en docencia e investigación universitaria, doctoranda en Dirección de Proyectos, Yenifer Patricia Hernández, por su acompañamiento y asesoría en la construcción de mi trabajo de grado.

A la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Ltda. - Metro de Medellín Ltda., por permitir realizar este proyecto con la colaboración de sus profesionales y la diligencia para atender y dar respuesta oportuna a cada una de las solicitudes de información que se generaron en el desarrollo del trabajo.

Contenido

Introducción....19

1. Aspectos contextuales....22

1.1 Planteamiento del problema....22

1.2 Objetivos....26

1.2.1 Objetivo general....26

1.2.2 Objetivos específicos....26

1.3 Descripción institucional....26

1.4 Revisión técnica de la propuesta....31

2. Marco referencial....32

2.1 Marco conceptual....32

2.1.1 Lecciones aprendidas....33

2.2 Estado del arte....39

3. Áreas de conocimiento....45

3.1 Gestión de la integración del proyecto – Grupo de Procesos de Inicio....45

3.1.1 Desarrollar el acta de constitución del proyecto....45

3.2 Gestión de los interesados del proyecto – Grupo de Procesos de Inicio....48

3.2.1 Identificar a los interesados....48

3.3 Gestión de la integración del proyecto – Grupo de Procesos de Planificación....49

3.3.1 Desarrollar el plan para la dirección del proyecto....49

3.4 Gestión del alcance de proyecto - Grupo de Procesos de Planificación....50

3.4.1 Recopilación de requisitos....50

3.4.2 Definición del alcance....51

3.4.3 Creación del EDT/WBS 52

3.5 Gestión del cronograma del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación 53

3.5.1 Definición de actividades 53

3.5.2 Secuenciar las actividades 57

3.5.3 Estimar la duración de actividades 58

3.5.4 Desarrollar el cronograma 59

3.6 Gestión de los costos del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación 61

3.6.1 Estimar los costos 61

3.6.2 Determinar el presupuesto 61

3.7 Gestión de la calidad del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación 62

3.7.1 Planificar la gestión de la calidad 62

3.7.1.1 Estándares de calidad. 62

3.7.1.2 Objetivos de calidad. 63

3.7.1.3 Roles y responsabilidades en cuanto a la calidad. 64

3.7.1.4 Entregables y procesos sujetos a revisión de calidad. 64

3.7.1.5 Actividades de control de calidad. 65

3.7.1.6 Herramientas de calidad. 65

3.8 Gestión de los recursos del proyecto – Grupo de Procesos de Planificación 65

3.8.1 Estimar los recursos de las actividades 65

3.9 Gestión de las comunicaciones del proyecto – Grupo de Procesos de Planificación 67

3.9.1 Planificar la gestión de las comunicaciones 67

3.9.1.1 Requisitos de comunicación de los interesados. 67

3.9.1.2 Información para comunicar.....68

3.9.1.3 Procesos de escalamiento. 69

3.9.1.4 Requerimientos mínimos de comunicación del proyecto.....69

3.10 Gestión de los riesgos del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación.....70

3.10.1 Identificar los riesgos 70

3.10.2 Realizar el análisis cualitativo de riesgos.....71

3.10.3 Realizar el análisis cuantitativo de riesgos.....73

3.10.4 Planificar la respuesta a los riesgos.....73

3.11 Gestión de las adquisiciones del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación.....74

3.12 Gestión de los interesados del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación 75

3.12.1 Planificar el involucramiento de los interesados.....75

4. Resultados.....77

4.1 Gestión de la integración del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución.....77

4.1.1 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto 77

4.1.1.1 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto - Evaluación Ex Ante. 78

4.1.1.2 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto - Evaluación de Seguimiento. 90

4.1.1.3 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto - Evaluación Ex Post. 100

4.1.1.4 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto - Lecciones Aprendidas.....108

4.1.1.5 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto – Cierre del Proyecto.....110

4.1.2 Gestionar el conocimiento del proyecto.....111

4.2 Gestión de la calidad del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución.....112

4.2.1 Gestionar la calidad.....113

4.3 Gestión de los recursos del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución 113
4.3.1 Adquirir recursos.....113
4.3.2 Desarrollar el equipo 114
4.3.3 Dirigir al equipo 114
4.4 Gestión de las comunicaciones del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución 114
4.4.1 Gestionar las comunicaciones 114
4.5 Gestión de los riesgos del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución 115
4.6 Gestión de las adquisiciones del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución 115
4.7 Gestión de los interesados del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución.....116
4.7.1 Gestionar la participación de los interesados 116
4.8 Grupo de procesos de monitoreo y control.....116
4.9 Grupo de procesos de cierre.....117
5. Discusión 118
6. Conclusiones y recomendaciones.....121
Referencias 127
Apéndices 134

Lista de tablas

Tabla 1. *Acta de constitución*.....46

Tabla 2. *Análisis interesados en el proyecto* 48

Tabla 3. *Recopilación de requisitos*.....50

Tabla 4. *Actividades del proyecto*.....54

Tabla 5. *Duración de los componentes de nivel superior* 59

Tabla 6. *Estimación de los costos*.....61

Tabla 7. *Roles y responsabilidades de calidad*.....64

Tabla 8. *Entregables y procesos sujetos a revisión de calidad* 64

Tabla 9. *Actividades de control de calidad* 65

Tabla 10. *Estimación de recursos de los paquetes de trabajo* 66

Tabla 11. *Requisitos de comunicación de los interesados* 68

Tabla 12. *Información para comunicar*.....68

Tabla 13. *Tabla de Requerimientos de comunicación del proyecto*.....69

Tabla 14. *Identificación de los riesgos del proyecto* 70

Tabla 15. *Respuesta a los riesgos identificados* 74

Tabla 16. *Plan de involucramiento de los interesados*.....75

Tabla 17. *Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en el Mundo* 79

Tabla 18. *Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en Colombia*.....80

Tabla 19. *Costos energía solar fotovoltaica en Estados Unidos*.....81

Tabla 20. *Presupuesto oficial estimado*.....84

Tabla 21. *Detalle de la inversión*.....84

Tabla 22. *Proyección Ahorro de energía 2021* 85

Tabla 23. *Huella de carbono evitada 2021* 89

Tabla 24. *Equivalencias de la Huella de carbono evitada 2021* 89

Tabla 25. *Presupuesto del proyecto Generación Solar Fotovoltaica* 94

Tabla 26. *Principales recursos de las actividades del proyecto Generación Solar Fotovoltaica* 94

Tabla 27. *Riesgos del proyecto Generación Solar Fotovoltaica* 95

Tabla 28. *Balance del contrato* 002672C-19 98

Tabla 29. *Diseño final de los sistemas de generación solar fotovoltaica* 99

Tabla 30. *Balance financiero general del proyecto* 100

Tabla 31. *Comparativo entre lo planeado Vs logrado* 101

Tabla 32. *Comparativo entre Antes y Después del proyecto* 102

Tabla 33. *Ahorro de energía en el año 2021 por generación del sistema fotovoltaico* 103

Tabla 34. *Formatos de la Metodología Evaluación Ex post de Programas y Proyectos de inversión del DNP* 104

Tabla 35. *Eficiencia y Eficacia del proyecto Generación Solar Fotovoltaica* 106

Tabla 36. *Ahorro de energía en $ por generación solar fotovoltaica* 106

Tabla 37. *Huella de carbono evitada por generación solar fotovoltaica* 107

Tabla 38. *Registro de lecciones aprendidas* 108

Tabla 39. *Plan de Mejoramiento* 110

Tabla 40. *Lecciones aprendidas identificadas durante el desarrollo del trabajo de grado* 112

Tabla 41. *Actividades de calidad realizadas* 113

Tabla 42. *Información gestionada y distribuida* 115

Lista de figuras

Figura 1. *Direccionamiento estratégico 2021 – 2025* 28

Figura 2. *Estructura organizacional Metro de Medellín Ltda.* 29

Figura 3. *Negocios asociados Metro de Medellín Ltda.* 30

Figura 4. *Conceptos tratados en el desarrollo del proyecto* 33

Figura 5. *Estructura del sistema para la evaluación expost del DNP* 35

Figura 6. *Módulos de la metodología evaluación ex post del DNP* 36

Figura 7. *Estructura de desglose de trabajo (EDT)* 53

Figura 8. *Secuencia de los componentes del EDT del nivel superior* 57

Figura 9. *Secuencia de las actividades contempladas en el componente Evaluación Ex Ante* 58

Figura 10. *Cronograma resumen del proyecto* 60

Figura 11. *Cronograma semanal del proyecto* 60

Figura 12. *Presupuesto del proyecto* 62

Figura 13. *Procesos de escalamiento de las comunicaciones* 69

Figura 14. *Matriz de probabilidad e impacto* 72

Figura 15. *Tipos de riesgos* 72

Figura 16. *Matriz de riesgos del proyecto* 73

Figura 17. *Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en el Mundo* 79

Figura 18. *Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en Colombia* 80

Figura 19. *Costos energía solar fotovoltaica en los Estados Unidos.* 82

Figura 20. *Análisis ambiental Sede Administrativa* 88

Figura 21. *Estructura de desglose de trabajo EDT del proyecto Generación Solar Fotovoltaica* 93

Figura 22. *Cronograma resumen del proyecto Generación Solar Fotovoltaica*.....93

Lista de apéndices

Apéndice A. *Acta de Formalización de Trabajo de Grado*.....134

Apéndice B. *Diccionario de la EDT/WBS*.....135

Apéndice C. *Secuencia de las actividades* 144

Apéndice D. *Duración de las actividades del proyecto* 146

Apéndice E. *Cronograma del proyecto*.....148

Apéndice F. *Ahorro proyectado de energía por generación fotovoltaica en $ anual.*.....151

Apéndice G. *Acta de constitución del proyecto Generación Solar Fotovoltaica*.....155

Apéndice H. *Formatos diligenciados de la metodología evaluación ex post DNP* 157

Apéndice I. *Documentos de los procesos de monitoreo y control* 167

Apéndice J. *Acta de recibo a satisfacción*.....174

Apéndice K. *Informe ejecutivo etapa pre-inversión Proyecto Generación Solar Fotovoltaica* 175

Apéndice L. *Informe ejecutivo etapa inversión Proyecto Generación Solar Fotovoltaica* 178

Apéndice M. *Documento resumen Planificado /Lo Logrado*.....181

Apéndice N. *Documento resumen Antes Vs Después del proyecto*.....182

Apéndice O. *Documento con resultados de la evaluación ex post de corto plazo*.....184

Apéndice P. *Documento Lecciones Aprendidas*.....186

Apéndice Q. *Documento Plan de Mejoramiento propuesto*.....188

Apéndice R. *Respuesta del DNP radicado 20226630253612*.....189

Resumen

El presente trabajo se planteó para atender el requerimiento en la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá- Metro de Medellín Ltda., en cuanto a identificar oportunidades de mejora en la gestión de los proyectos públicos sostenibles y amigables con el medio ambiente liderados por la empresa; en tal sentido se planteó como objetivo general "Realizar la evaluación ex post de corto plazo al proyecto Generación Solar Fotovoltaica permitiendo la contribución al proceso de mejora continua de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente planeados y gestionados por el Metro de Medellín Ltda. a partir de las lecciones aprendidas identificadas y documentadas". Cómo método se planteó aplicar las buenas prácticas de la dirección de proyectos del PMI según la guía PMBOK® Sexta edición y lineamientos dados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en el documento "Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión Versión oficial". Como principal resultado se pudo plantear recomendaciones al Metro de Medellín Ltda., descritas en un plan de mejoramiento en pro de mejorar la formulación, planeación y ejecución de proyectos públicos amigables con el medio ambiente; permitiendo establecer en las discusiones que, principalmente, la estrategia construida funcionó y que llevar a cabo el estudio propuesto adaptando las buenas prácticas contenidas en el PMBOK® V6, proporcionó dirección, control y permitió cumplir con los objetivos del proyecto.

Palabras clave: evaluación ex post, mejora continua, lecciones aprendidas, plan de mejoramiento

Abstract

The present work was proposed to meet the requirement of the “Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá - Metro de Medellín Ltda.”, in terms of identifying opportunities for improvement in the management of sustainable and environmentally friendly public projects led by the business; in this sense, the main goal was to "Carry out the short-term ex post assessment of the Photovoltaic Solar Generation project, allowing the contribution to the process of continuous improvement in the management of environmentally friendly public projects planned and managed by the “Metro de Medellín Ltda.” from the lessons learned identified and documented”. As a method, it was proposed to apply the good practices of PMI project management according to the PMBOK® guide sixth edition and guidelines given by the “Departamento Nacional de Planeación (DNP)” in the document "Expost Evaluation Methodology of investment programs and projects Official version”. As a main result, recommendations could be made to the “Metro de Medellín Ltda.”, described in an improvement plan in favor of improving the formulation, planning and execution of environmentally friendly public projects; allowing to establish in the discussions that, mainly, the built strategy worked and that carrying out the proposed study adapting the good practices contained in the PMBOK® V6, provided direction, control and allowed meeting the project objectives.

Keywords: ex post evaluation, continuous improvement, lessons learned, improvement plan

Glosario

Ciclo de vida del proyecto: serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión (PMI, 2017, p.701).

Crear la EDT/WBS**:** proceso que consiste en subdividir los entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y fáciles de manejar (PMI, 2017, p.704).

Definir el alcance: proceso de desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto (PMI, 2017, p.705).

Definir las actividades: proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para elaborar los entregables del proyecto (PMI, 2017, p.705).

Desarrollar el cronograma: proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear el modelo del cronograma del proyecto para la ejecución, el monitoreo y el control del proyecto (PMI, 2017, p.705).

Determinar el presupuesto: proceso de sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizada (PMI, 2017, p.706).

Dirección de proyectos: aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del proyecto (PMI, 2017, p.707).

Eficacia: grado con el que una acción alcanza los resultados esperados (DNP, 2004, p. 75).

Eficiencia: uso óptimo de los recursos asignados en programas, subprogramas y proyectos (DNP, 2004, p. 75).

Efectividad: facultad de alcanzar los resultados programados a través del uso óptimo de los recursos involucrados (DNP, 2004, p. 75).

Estimar la duración de las actividades: proceso de realizar una estimación de la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados (PMI, 2017, p.710).

Estimar los costos: proceso de desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar el trabajo del proyecto (PMI, 2017, p.710).

Estimar los recursos de las actividades: proceso de estimar los recursos del equipo y el tipo y las cantidades de materiales, equipamiento y suministros necesarios para ejecutar el trabajo del proyecto (PMI, 2017, p.710).

Evaluación ex ante: proceso de comparación de alternativas de solución a partir de la identificación de un problema. En dichas alternativas se evalúan costos y beneficios entre otros estudios para poder seleccionar la mejor alternativa (DNP, 2004, p. 75).

Evaluación ex post: se refiere a la evaluación de un proyecto una vez concluida su etapa de inversión o ejecución. Se efectúa este seguimiento en la etapa de operación del proyecto (DNP, s.f, Pt. Glosario).

Identificar los riesgos: proceso de identificar los riesgos individuales, así como las fuentes de riesgo general y documentar sus características (PMI, 2017, p.714).

Inversión o ejecución: etapa dentro del ciclo del proyecto durante el cual se realizan todas las inversiones necesarias para poder comenzar a percibir beneficios y resultados (DNP, 2004, p. 5).

Impacto: se refiere al resultado de los efectos esperados; miden la contribución del programa o proyecto sobre el diagnóstico inicial, como resultado de la operación del mismo (DNP, 2004, p. 75).

Lecciones aprendidas: conocimiento adquirido durante un proyecto que muestra cómo se abordaron o deberían abordarse en el futuro los eventos del proyecto, a fin de mejorar el desempeño futuro (PMI, 2017, p. 715).

Operación: etapa del ciclo del proyecto durante la cual se perciben los beneficios y resultados (DNP, 2004, p. 5).

Plan para la dirección del proyecto: documento que describe el modo en que el proyecto será ejecutado, monitoreado y controlado, y cerrado (PMI, 2017, p.719).

Plan de gestión de la calidad: componente del plan para la dirección del proyecto o programa que describe cómo se implementarán las políticas, procedimientos y pautas aplicables para alcanzar los objetivos de calidad (PMI, 2017, p.719).

Plan de gestión de las comunicaciones: componente del plan para la dirección del proyecto, programa o portafolio que describe cómo, cuándo y por medio de quién se administrará y difundirá la información del proyecto (PMI, 2017, p.719).

Plan de mejora: documento formulado y suscrito por la entidad pública designada como ejecutora del proyecto, en el cual se registran las acciones pertinentes, oportunas y conducentes a la superación de las acciones u omisiones identificadas en desarrollo de las visitas de seguimiento que afecten o puedan afectar su ejecución en términos de eficiencia, eficacia, calidad, sostenibilidad y operación (DNP, 2020, núm. 189).

Planificar la respuesta a los riesgos: proceso de desarrollar opciones, seleccionar estrategias y acordar acciones para abordar la exposición al riesgo del proyecto en general, así como para tratar los riesgos individuales del proyecto (PMI, 2017, p.720).

Planificar el Involucramiento de los Interesados: proceso de desarrollar enfoques para involucrar a los interesados del proyecto, con base en sus necesidades, expectativas, intereses y el posible impacto en el proyecto (PMI, 2017, p.720).

Pre-inversión: primera etapa del ciclo del proyecto, en ella se realizan los estudios necesarios para tomar la decisión de realizar o no el proyecto (DNP, 2004, p. 5).

Proyecto: esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único (PMI, 2017, p. 721).

Realizar el análisis cualitativo de riesgos: proceso de priorizar los riesgos individuales del proyecto para análisis o acción posterior, evaluando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos, así como otras características (PMI, 2017, p.721).

Recopilar requisitos: proceso de determinar, documentar y gestionar las necesidades y los requisitos de los interesados para cumplir con los objetivos del proyecto (PMI, 2017, p.722).

Secuenciar las actividades: proceso de identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto (PMI, 2017, p. 724).

Seguimiento y evaluación de la inversión: apunta a ejercer una labor de control sobre la ejecución de los proyectos, de forma tal que ella se ajuste a las previsiones de la pre-inversión. Permite tomar medidas operativas sobre la marcha y detectar aquellos proyectos que requieren una reevaluación en términos de los resultados programados (DNP, 2004, p. 51).

Sistema General de Regalías: es el conjunto de ingresos, asignaciones, órganos, procedimientos y regulaciones que tiene por objeto determinar la distribución, objetivos, fines, administración, ejecución, control, el uso eficiente y la destinación de los recursos provenientes de la explotación de los RNNR (DNP, 2020, núm. 40).

Viabilidad: un proyecto es viable si es técnicamente factible (incluye criterios ambientales, legales, de localización, tamaño, institucional, etc.) y económica y socialmente rentable. Dícese del proyecto que tiene condiciones para realizarse. Sinónimo: Probable (DNP, s.f., Pt. Glosario).

Introducción

El Metro de Medellín Ltda., es una empresa industrial y comercial del estado del orden municipal, dedicada principalmente a la prestación del servicio público de transporte masivo a través de su flota de trenes, tranvía y metrocables, así como también desarrolla otras actividades relacionadas con el servicio de movilidad, generando calidad de vida para las personas e integrando y transformando territorios, contribuyendo con la sostenibilidad de la región. Acorde a este propósito la empresa formula, planea, gestiona y opera proyectos para procurar la sostenibilidad y preservación del medio ambiente, como lo fue el proyecto de "Generación Solar Fotovoltaica" desarrollado en los años 2019-2020, para autoabastecimiento energético, reduciendo de esta forma el consumo de energía eléctrica proveniente desde la red interconectada, toda vez que la mayoría de los medios de transporte de la empresa funcionan con energía eléctrica (Metro de Medellín Ltda., 2021).

Dado este contexto, en este trabajo se pretendió aplicar los conceptos de dirección y gestión de proyectos para llevar a cabo una evaluación ex post de corto plazo al proyecto Generación Solar Fotovoltaica, mediante la cual se buscó conocer los resultados e impacto ambiental del proyecto frente a los programados, evaluando las variables eficiencia, eficacia, el ahorro de energía para el primer año de operación y la huella de carbono evitada o cantidad de CO2 dejado de emitir.

Además para hacer la evaluación ex post se adaptaron las buenas prácticas de la dirección de proyectos del PMI según la guía PMBOK® Sexta edición y lineamientos del Departamento Nacional de Planeación (DNP), ya que esta entidad del Estado es la encargada de "diseñar y organizar los sistemas de evaluación de gestión y de resultados de la administración, tanto en lo relacionado con políticas como con proyectos de inversión, y señalar los responsables, términos y condiciones para realizar la evaluación" (Ley 152, 1994, art. 29).

Es así como para poder cumplir con este propósito se consultó, indagó, revisó y analizó la información generada y disponible en las etapas de pre-inversión, inversión y primer año de operación del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, teniendo en cuenta el marco normativo y regulatorio que aplica a la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá - Metro de Medellín Ltda.

Por otra parte, a partir de los resultados obtenidos de la evaluación se establecieron lecciones aprendidas que derivaron en recomendaciones a la empresa para que puedan ser consideradas y evaluadas por el Metro de Medellín Ltda., en pro de mejorar la gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente.

Finalmente, se destaca la importancia de la dirección y gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente, ya que el problema ambiental del calentamiento global que se presenta por la alta emisión de gases de efecto invernadero, ha provocado un aumento de la temperatura media del planeta, con efectos adversos como tormentas más intensas, aumento de la sequía, pérdida de especies, escasez de alimentos, más riesgos para la salud entre otros. Al respecto el Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC) (2021) expone que "El cambio climático ya afecta de múltiples maneras a todas las regiones de la Tierra. Todo aumento del calentamiento exacerbará los cambios que estamos experimentando" (p. 2); razón por la cual es necesario que las entidades públicas impulsen y desarrollen nuevos proyectos alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), acordados por los 193 países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) con el propósito de mejorar las condiciones de vida en el mundo y principalmente para hacer frente al cambio climático, siendo el Metro de Medellín Ltda. una empresa pública en Colombia, que es líder y comprometida con este propósito.

Por lo expuesto, este trabajo se encuentra estructurado en seis (6) capítulos, siendo el primero de ellos el de "Aspectos contextuales", en el que se describió aspectos generales de la gestión de proyectos públicos en Colombia, y el contexto del Metro de Medellín Ltda. El segundo capítulo "Marco referencial", en el que se trataron algunos conceptos fundamentales y el contexto sobre el conocimiento acumulado escrito relacionado con el tema objeto de estudio. El tercer capítulo "Áreas de conocimiento", en el que se describió los grupos de procesos de inicio y planificación de cada una de las áreas de conocimiento del proyecto que se abordaron con base en los lineamientos del *Project Management Institute (PMI).* El cuarto capítulo "Resultados", en el que se describió los grupos de procesos de ejecución, monitoreo y control, y cierre de cada una de las áreas de conocimiento del proyecto que se abordan con base en los lineamientos del *Project Management Institute (PMI).* El quinto capítulo "Discusiones", en el que se presentó el análisis de las implicaciones de los resultados que arrojó el estudio, y finalmente el capítulo sexto "Conclusiones", en el que se presentó el aporte del trabajo desarrollado en relación con los objetivos planteados.

1. Aspectos contextuales

Esta sección describe aspectos generales relacionados con la gestión de proyectos públicos en Colombia, y a su vez se presenta el contexto de la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá - Metro de Medellín Ltda., que formula y gestiona proyectos para procurar la sostenibilidad y preservación del medio ambiente, como lo fue el proyecto de "Generación Solar Fotovoltaica", desarrollado en el periodo 2019-2020 y que es objeto de estudio en el presente trabajo. Así las cosas, se presenta a continuación el problema, objetivos, la descripción institucional y un recuento de los hechos relevantes que anteceden a la formulación del proyecto.

1.1 Planteamiento del problema

Es una realidad que en Colombia existen entidades con problemas para estructurar y gestionar proyectos públicos, ya que según la Contraloría General de la República (2020), en informe presentado al Congreso de la República indica:

> De acuerdo con la revisión de requisitos de los proyectos que aspiran a ser financiados con recursos del Sistema General de Regalías (SGR), realizado por el Departamento Nacional de Planeación, no han pasado el primer filtro de verificación de requisitos 1.680 proyectos que suman $11,7 billones de pesos (p. 49).

Lo anterior evidencia ineficiencia por la pérdida de recursos públicos invertidos en la estructuración de los proyectos, así como también revela la cantidad de proyectos que se han dejado de financiar con recursos del Sistema General de Regalías (SGR) por no cumplir requisitos, lo que significa que las entidades territoriales han desaprovechado la oportunidad de apalancar proyectos de inversión con recursos del SGR que promuevan el desarrollo y la competitividad regional.

Así mismo el Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2017), en presentación del director con cifras indica que:

> De los 3.196 proyectos visitados 12% se encuentra en una situación crítica. 71 por ciento de los proyectos críticos presentan deficiencias en la labor de interventoría.92 por ciento del valor de los proyectos críticos ($3 billones) está en ejecución (párr. 1).

Es de anotar que si bien las cifras presentadas por director de DNP son de noviembre de 2017, y pueden haber cambiado, también es cierto que nos dan una orientación de las diversas situaciones en la gestión de los proyectos que han afectado entre otros aspectos el grado de ejecución del cronograma, además evidencia que los departamentos que tienen por lo menos un proyecto crítico han presentado retrasos injustificados en su ejecución, insuficiencias técnicas graves y/o falta de sostenibilidad o funcionalidad, siendo estás las principales causas de criticidad indicadas por el DNP.

Por otra parte, si bien día a día las entidades y empresas públicas formulan, aprueban y gestionan diferentes tipos de proyectos, es importante que las actividades y esfuerzos de control no se limiten solo a las etapas de pre-inversión, inversión y operación del ciclo de vida del proyecto de inversión pública, sino que también se lleve a cabo la evaluación de los resultados e impacto en la etapa de evaluación ex post, con el fin de identificar fortalezas y debilidades en el proceso de formulación, estructuración, planeación, ejecución y puesta en operación, así como también analizar los resultados para mejorar en todos aquellos aspectos que presentaron debilidades y no volver a cometer los mismos errores.

Al respecto el DNP (2021), en la Guía Metodológica para la Implementación de la Evaluación Ex Post de la Regulación, indica que “uno de los grandes desafíos a la hora de determinar si un proyecto, un programa, una política o una normatividad debe continuar,

modificarse o eliminarse, es justamente evaluar cuáles han sido los efectos, logros o alcances de esas medidas" (p. 4). Esto significa que para determinar si un proyecto debe continuar, modificarse o eliminarse, es conveniente que se realice una evaluación ex post, para tomar decisiones de manera eficiente, a partir de la evidencia.

Así mismo el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) (2022), en el documento aprobado 4083 para el Fortalecimiento del uso y la institucionalidad de las evaluaciones para la toma de decisiones en Colombia, menciona que "Actualmente la poca capacidad y cultura de evaluación en las entidades públicas, lleva a un limitado desarrollo de evaluaciones y baja retroalimentación de estas al ciclo de la política pública" (p. 8). Esto implica que, en Colombia las entidades públicas no han desarrollado suficientemente la cultura gerencial de la evaluación de resultados y no han tomado la iniciativa para implementarla, en pro de tomar decisiones con base en la información derivada de las evaluaciones.

Ahora bien, en Medellín la empresa industrial y comercial del Estado, Metro de Medellín Ltda., planea y gestiona diferentes tipos de proyectos públicos, como lo son proyectos de Infraestructura, Adquisición de bienes y servicios, Gestión social, Transporte, Investigación Desarrollo e Innovación y sobre éste ultimo la empresa viene liderando diferentes proyectos encaminados a seguir contribuyendo al cuidado y preservación del medio ambiente, ya que el problema ambiental del calentamiento global que se presenta a nivel mundial nos afecta a todos, con efectos adversos como alteraciones del clima y el aumento de la temperatura media atmosférica. Al respecto Restrepo y Peña (2019) afirman que:

> Se estableció que en un periodo de cincuenta años la ciudad de Medellín experimentó un cambio climático, mostrando un aumento en la temperatura media de 0,8ºC, 1,3ºC en la

> temperatura mínima, 0,5ºC en la temperatura máxima y una tendencia decreciente en la humedad relativa con disminución media de 2,3% (p.1).

Las cifras presentadas muestran cómo en Medellín el cambio climático se ha manifestado con aumento de las temperaturas y una alteración del clima en un periodo de tan solo 50 años, situación realmente preocupante por las consecuencias y efectos adversos al que nos vemos expuestos.

No obstante el interés y disposición por parte del Metro de Medellín Ltda., para impulsar y desarrollar proyectos que contribuyan a la sostenibilidad ambiental y la disminución del calentamiento global, es necesario seguir concretando esfuerzos en este aspecto así como mejorar la forma de planear y gestionar este tipo de proyectos, determinar si son proyectos de desarrollo sostenible y si se están alcanzado los resultados esperados, ya que no se acostumbra realizar evaluaciones de resultados e impacto, en las que se documente y publique el conocimiento adquirido en base a las experiencias que se dieron durante la realización de los procesos del Ciclo de Vida del Proyecto, a identificar oportunidades de mejora y a evaluar la pertinencia para ejecutar futuros proyectos de este tipo.

En este contexto, uno de los proyectos planeados y gestionados por el Metro de Medellín Ltda., en el periodo 2019 a 2020, fue el de Generación Solar Fotovoltaica, para autoabastecimiento energético del cual surge las siguiente pregunta ¿En qué medida aporta la evaluación ex post del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, en la mejora continua de la gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente, planeados y ejecutados por la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburra de la ciudad de Medellín, Colombia?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar la evaluación ex post de corto plazo al proyecto Generación Solar Fotovoltaica permitiendo la contribución al proceso de mejora continua de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente planeados y gestionados por el Metro de Medellín Ltda. a partir de las lecciones aprendidas identificadas y documentadas.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Formular el modelo de evaluación ex post que incluya las variables a ser evaluadas en el proyecto que sea coherente con el diagnóstico de la situación inicial para ser implementado en el ejercicio.
2. Implementar la evaluación ex post de corto plazo gestionando el proyecto desde los lineamientos del PMI que permita la obtención de resultados consecuentes.
3. Establecer las lecciones aprendidas generadas como resultado de la evaluación que deriven en recomendaciones a la empresa para la mejora en los procesos de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente.

1.3 Descripción institucional

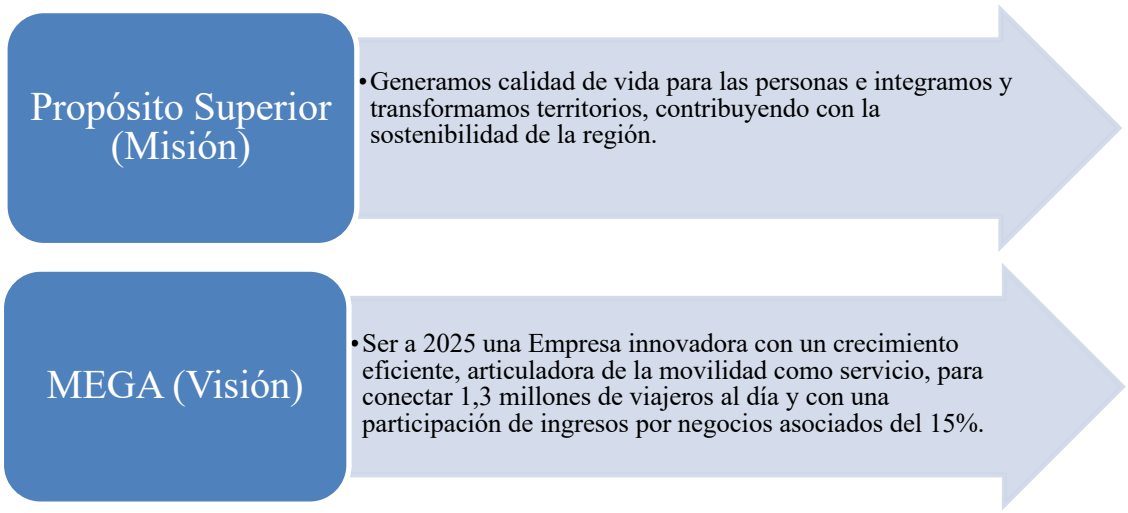
La Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá - Metro de Medellín Ltda., fue creada el 31 de mayo de 1979; se constituyó con el fin de construir, administrar y operar el sistema de transporte masivo, generando desarrollo y buscando ofrecer calidad de vida a los habitantes del Valle de Aburrá (Metro de Medellín Ltda., 2020).

Para llevar a cabo este objeto social se asociaron por partes iguales el municipio de Medellín y el departamento de Antioquia como accionistas, posibilitando la creación de una empresa industrial y comercial del Estado, de nivel municipal, presidida por una Junta Directiva en la cual tienen representación el Gobierno Nacional, el departamento de Antioquia y el municipio de Medellín (Metro de Medellín Ltda., 2020).

El 30 de noviembre de 1995 inició la operación comercial en un primer tramo de la Línea A, entre las estaciones Niquía y Poblado. Actualmente el sistema masivo de transporte rápido está compuesto por dos líneas férreas en servicio comercial (Línea A y Línea B), una línea férrea de enlace (Línea C) y una flota de 80 unidades de tren de tres coches, cada uno de los cuales tiene capacidad para movilizar 900 viajeros, 300 por coche. Además, cuenta con treinta estaciones en operación, siete de ellas con integración y todas adaptadas para facilitar el ingreso a personas de movilidad reducida. Posee además cuatro sistemas de teleféricos, una línea de tranvía (tipo Translohr) y se encarga de la operación de dos líneas de autobuses de tránsito rápido del sistema Metroplús. El Metro, junto con los Metrocables, el Metroplús, el Tranvía de Ayacucho, EnCicla y las rutas integradoras SIT, conforma el Sistema Integrado de Transporte masivo del Valle de Aburra (SITVA) (Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2019).

Para el periodo 2021 al 2025, el Metro de Medellín definió su Direccionamiento Estratégico, en el que se contempla entre otros el propósito superior, valores, visión, objetivos e iniciativas estratégicas:

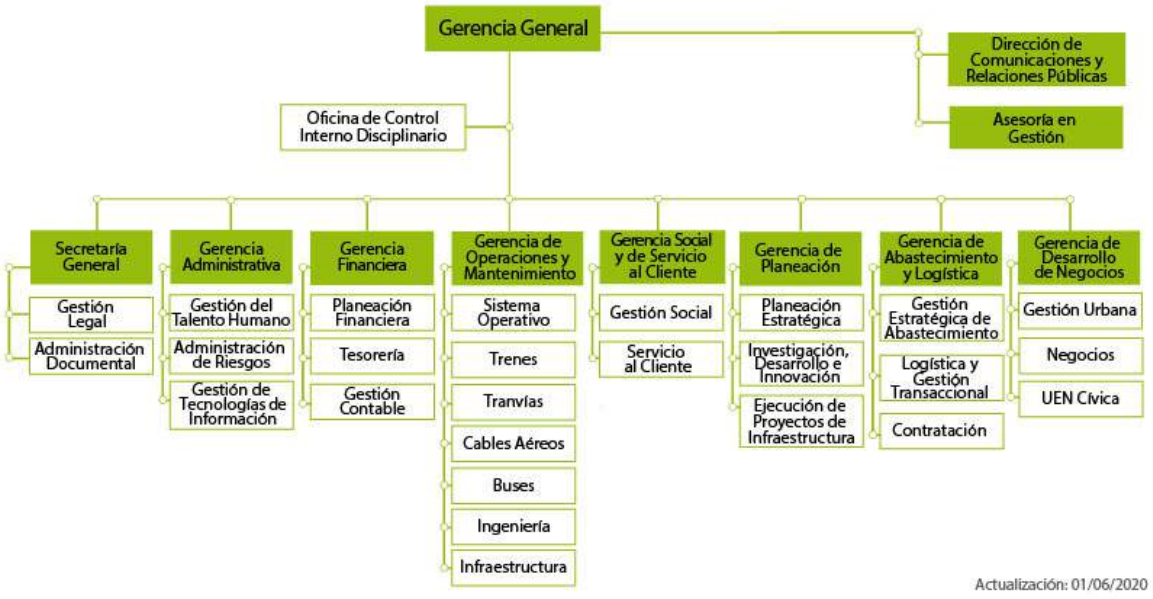
Figura 1. *Direccionamiento estratégico 2021 – 2025*



Adaptado del Metro de Medellín Ltda. (2021).

Estructura organizativa: La estructura organizacional del Metro de Medellín Ltda., está conformada por una gerencia general, siete gerencias auxiliares, una secretaría general, una dirección, dos oficinas y 26 áreas. A continuación, se presenta el organigrama a diciembre 31 de 2021.

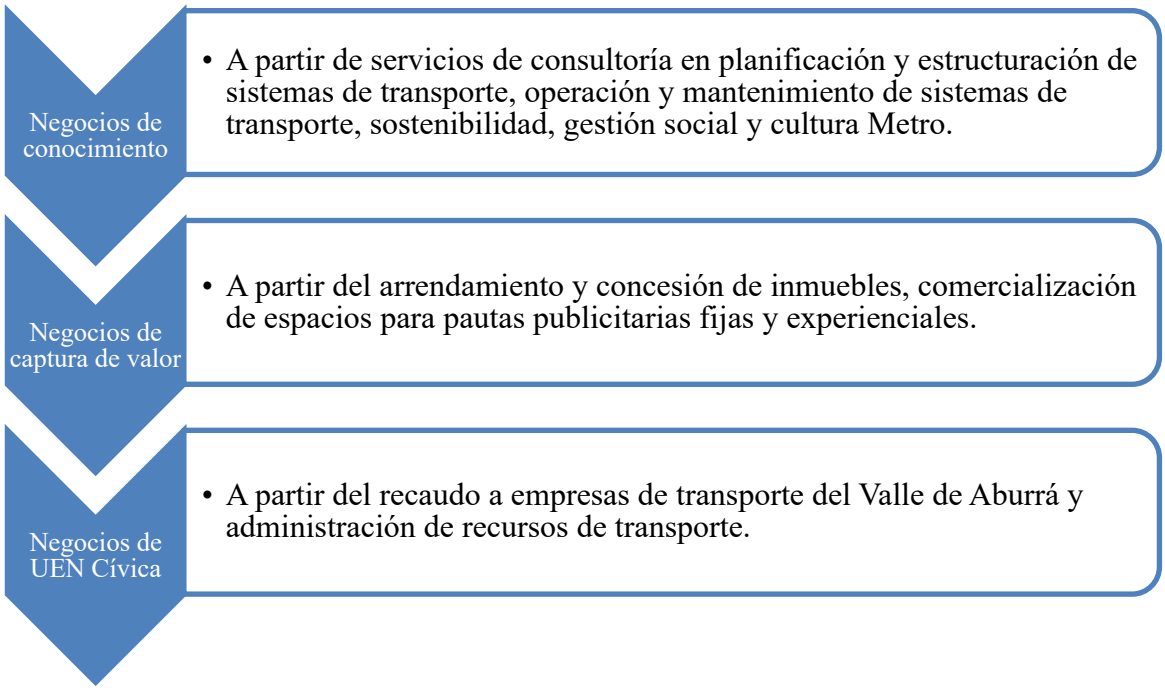
Figura 2. *Estructura organizacional Metro de Medellín Ltda.*



Tomado de la Estructura Organizacional del Metro de Medellín Ltda. (2020).

Los principales clientes del Metro de Medellín Ltda., son los usuarios que se movilizan en el sistema de transporte masivo (ciudadanía en general). Otros clientes se focalizan en negocios asociados, como una forma de generar ingresos adicionales a los provenientes de la tarifa, para lo cual la empresa ha desarrollado tres líneas de negocios asociados:

Figura 3. *Negocios asociados Metro de Medellín Ltda.*



Adaptado del Metro de Medellín Ltda. (2020).

La sede administrativa del Metro de Medellín Ltda., está ubicada en el municipio de Bello (Antioquia) y la empresa presta un servicio directamente a la ciudad de Medellín y a los municipios de su área metropolitana: Envigado, Sabaneta, Itagüí, Bello y la Estrella e indirectamente a Barbosa, Girardota, Copacabana y Caldas.

De esta manera, en esta breve descripción institucional, se da a conocer en términos generales el liderazgo e importancia que tiene la Empresa Metro de Medellín Ltda., en el Valle de Aburrá, además de que se logra una comprensión respecto a las actividades económicas que desempeña la empresa y su interrelación con las áreas involucradas en la operación comercial y ejecución de proyectos, destacando el área de Investigación, Desarrollo e Innovación que hace parte de la Gerencia de Planeación, encargada de liderar y ejecutar proyectos alineados con la

sostenibilidad y preservación del medio ambiente, como lo fue el de Generación Solar Fotovoltaica que es objeto de estudio en el presente trabajo.

1.4 Revisión técnica de la propuesta

Como punto de partida antes de la formulación del proyecto, se indagó con la empresa los proyectos de inversión definidos en el plan estratégico del Metro de Medellín Ltda. de la vigencia 2016 - 2020, que fueron innovadores, liderados por el área Investigación, Desarrollo e Innovación y estuvieron alineados con la sostenibilidad y preservación del medio ambiente, a los cuales se les podría realizar una evaluación ex post con base en la guía PMI de buenas prácticas en la gestión de proyectos, como una forma de contribuir al proceso de mejora continua de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente. En este sentido la empresa socializa los proyectos Torre Purificadora de Aire, Ultracapacitores, Carenado frontal, Generación Solar Fotovoltaica para autoabastecimiento energético, y sobre este último manifestando interés en que pueda ser utilizado como estudio de caso ya que el proyecto ha finalizado su etapa de inversión, se encuentra en operación y es adecuado para la identificación y recolección lecciones aprendidas que sirvan a la empresa en la toma de decisiones a futuro así como para identificar oportunidades de mejora en los procesos de gestión de proyectos. Además, se asume un compromiso frente a la empresa, de informar cualquier mejora que pueda considerarse un derecho de propiedad intelectual sobre la tecnología o algún elemento del proyecto Generación Solar Fotovoltaica que adviertan, descubran o generen durante el proceso la evaluación, tal como se contempla en el acta de formalización de trabajo bajo la modalidad de proyecto de extensión suscrita entre las partes que se anexa en el apéndice A.

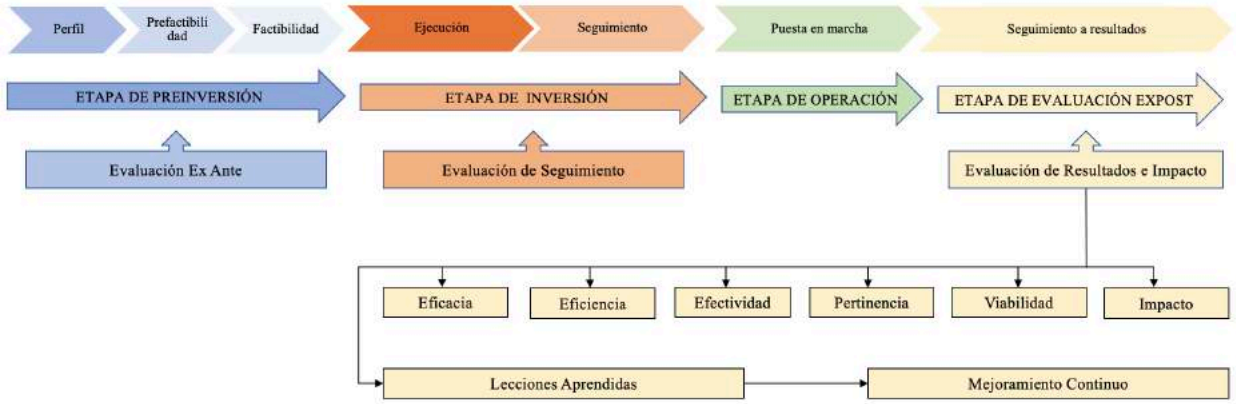
2. Marco referencial

Para abordar el tema que nos concierne, la evaluación ex post de corto plazo al proyecto Generación Solar Fotovoltaica y establecer un lenguaje común alrededor de la problemática a tratar en este proyecto, el proceso de mejora continua de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente, se mencionan algunos conceptos fundamentales y se presenta el contexto sobre el conocimiento acumulado escrito relacionado con el tema objeto de estudio.

2.1 Marco conceptual

Para empezar, se presenta en la figura 4 los principales conceptos que están inmersos en el desarrollo de este proyecto y cómo se relacionan con la evaluación ex post de corto plazo, la cual se realiza tras haber finalizado la etapa de inversión y avanzado un tiempo razonable en su etapa de operación. Además, se indican las variables relevantes que pueden ser medidas y analizadas en una evaluación ex post, determinando su cumplimiento y cuyo resultado es tenido en cuenta en el proceso de recolección de lecciones aprendidas, siendo éstas insumo para gran parte de los procesos del estándar para la dirección de proyectos establecido por el *Project Management Institute (PMI)*, “logrando de esta forma una mejor toma de decisiones basada en el aprendizaje de situaciones favorables o adversas enfrentada por la organización” (PMOinformática, 2018, Pt. tres). De esta manera se interpreta la utilidad de las lecciones aprendidas en los proyectos que resultan de gran importancia para llevar a cabo el proceso de mejora continua de gestión de proyectos públicos.

Figura 4. *Conceptos tratados en el desarrollo del proyecto*



Adaptado de etapas del ciclo de vida del proyecto, documento ABC de la Viabilidad del DNP (2018).

2.1.1 Lecciones aprendidas

Durante las diferentes fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre, se presentan diversos factores que pueden afectar positiva o negativamente el logro de los objetivos; por eso a medida que se desarrollan los procesos es importante realizar una reflexión y análisis crítico sobre las experiencias en el proyecto que permitan ganar un conocimiento para mejorar ejecuciones futuras, lo que se conoce como lecciones aprendidas.

La guía del PMBOK® Sexta edición, publicado en el año 2017, es un documento desarrollado por el *Project Management Institute (PMI)*, el cual es un compendio de buenas prácticas profesionales aceptadas de manera internacional en la gestión de proyectos, a partir de la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a 49 procesos definidos y organizados en 10 áreas de conocimiento. En esta guía se contempla que lecciones aprendidas se pueden recolectar en cualquier momento, y al abordar el proceso de gestionar el conocimiento del proyecto dentro del área de gestión de la integración, se destaca que el registro de lecciones aprendidas puede incluir la categoría y descripción de la situación presentada, así como también

el impacto, recomendaciones y acciones propuestas relacionadas con la situación (PMI, 2017, p.104).

En correlación con lo anterior, es factible realizar un registro de lecciones aprendidas al cierre de proyecto, mediante la recolección de datos evaluativos y juicios valorativos dentro de una evaluación ex post, con la cual se busca determinar en forma analítica y sistemática, la pertinencia, la eficiencia e impacto de las actividades realizadas en el proyecto para verificar que se encuentren alineadas hacia los objetivos inicialmente planteados.

2.1.2 Evaluación ex post de proyectos de inversión pública

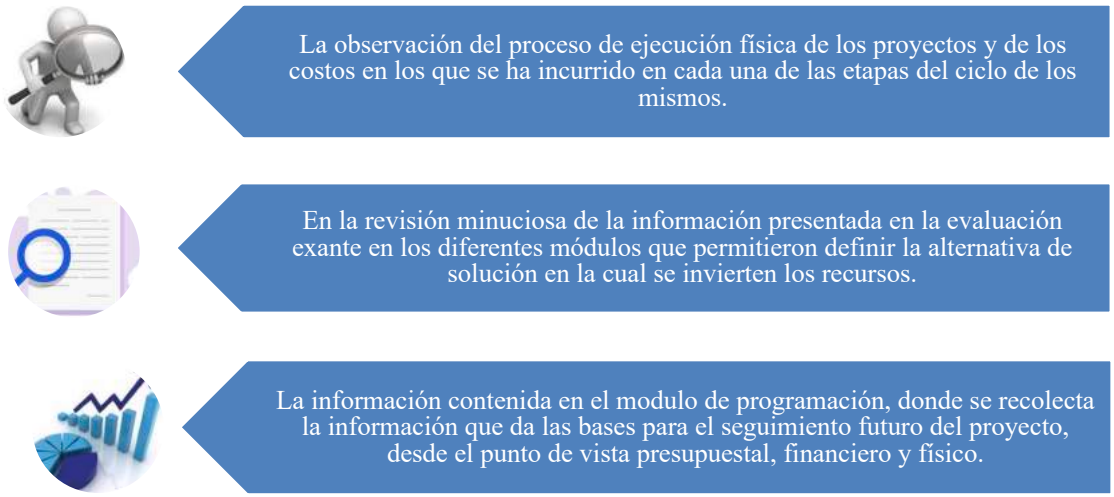
La evaluación ex post es una herramienta importante para fortalecer y mejorar los procesos de gestión de proyectos públicos, en armonía con la política de mejoramiento continuo de la Administración Pública, la cual se "basará en fortalecimiento de herramientas de gestión consolidadas en un sistema integrado que permita el buen uso de los recursos y la capacidad del Estado para producir resultados en pro de los intereses ciudadanos" (DNP, s.f., párr. 1).

De lo anterior se infiere que el mejoramiento continuo se logra con herramientas de gestión consolidadas y aplicadas adecuadamente que permitan una gestión pública efectiva en la que se utilicen los recursos eficientemente y con resultados sobresalientes, ya que como lo indicó la subdirectora general Territorial del DNP en presentación de Caja de Herramientas actualizada para intervenciones resilientes, "no se trata de invertir más, sino de invertir mejor y de manera mucho más eficiente" (DNP, 2021, párr. 5).

Así las cosas, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en el documento Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión – Versión oficial de

2004, que se encuentra vigente, establece que la aplicación de esta metodología se basa en tres aspectos fundamentales:

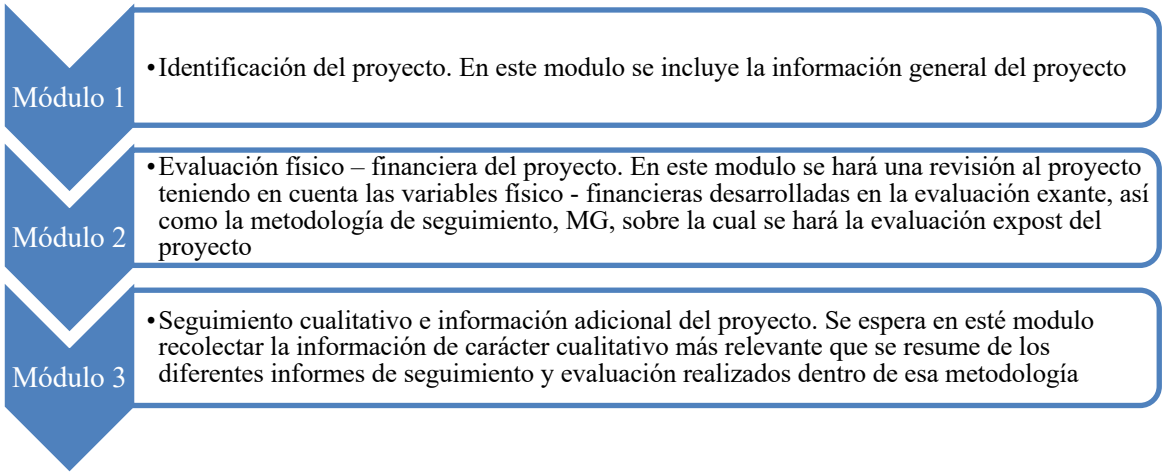
Figura 5. *Estructura del sistema para la evaluación expost del DNP*



Adaptado de la Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión del DNP (2004).

Además, la metodología contempla el desarrollo de tres módulos que se relacionan en la figura 6, en los cuales se presenta instrucciones precisas aplicables a un conjunto de formatos que se deben diligenciar.

Figura 6. *Módulos de la metodología evaluación ex post del DNP*



Adaptado de la Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión del DNP (2004).

Por otra parte, es apropiado contar con un análisis ex ante (antes del proyecto) y un análisis de seguimiento a la inversión (durante el proyecto), ya que estos aportan información valiosa para llevar a cabo la tarea de una evaluación ex post.

Al respecto, una evaluación ex ante tiene lugar durante la etapa de pre-inversión del proyecto, en la cual la información generada mediante actividades y estudios de orden técnico, financiero, ambiental, social, legal, institucional y organizacional "se analiza bajo la óptica de diferentes indicadores e instrumentos de análisis que permiten determinar si la alternativa de solución es viable y económicamente rentable para la sociedad" (DNP, 2018, p. 28).

Es de anotar que ya en la etapa de inversión del proyecto, se realiza una evaluación que comprende el seguimiento físico - financiero a la inversión, a las metas de los indicadores, al presupuesto, a la contabilidad, a los contratos, toda vez que es en esta etapa donde "se ejecutan las actividades propias del proyecto y se produce la entrega de los bienes o servicios contemplados para atender las necesidades u oportunidades sociales que justifican la iniciativa de inversión" (DNP, 2018, p. 31).

Ahora bien, ya en la etapa de evaluación ex post, para realizar una medición de los resultados concernientes a la eficiencia, eficacia, efectividad, los efectos y el impacto asociado al proyecto se tienen en cuenta los criterios definidos por el DNP en su documento "Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión", así como también los parámetros de medición aplicados por la Contraloría General de Medellín (CGM), toda vez que este órgano de control vigila y controla "la gestión fiscal del Municipio de Medellín y demás entidades del orden territorial, de acuerdo con los principios, sistemas y procedimientos establecidos por la Constitución y la ley"(CGM, 2022, párr. 1); por lo cual tiene la facultad de evaluar la gestión fiscal del recurso público del Metro de Medellín Ltda., siendo esta entidad del orden territorial la que desarrolló el proyecto objeto de estudio.

De manera complementaria y en relación con el tema objeto de estudio, se dispone de la Guía Metodológica para la Implementación de la Evaluación Ex Post de la Regulación, en la cual el Departamento Nacional de Planeación (DNP), a partir de las mejores prácticas analizadas, recomienda se lleven a cabo ocho etapas o pasos para evaluar una regulación existente, definidos como:

> Establecer las necesidades para realizar la evaluación, establecer cuándo realizar la evaluación, definir el alcance de la evaluación, identificar las fuentes de información, identificar las variables de estudio, identificar los actores involucrados en la regulación, establecer el tipo y método de evaluación, plantear conclusiones y recomendaciones y pasar a consulta pública del informe (DNP, 2021, p. 7).

Al respecto, es preciso aclarar que como "Regulación" se entiende una norma regulatoria individual o a un régimen regulatorio compuesto por un conjunto de normas relacionadas entre sí,

y en este contexto la evaluación ex post es una herramienta que "se viene utilizando recientemente en algunos países" (DNP, 2021, p. 4) y su importancia radica en que permite establecer si:

> La regulación cumplió con los objetivos para los cuales fue diseñada y si ellos contribuyen a mejorar el diseño de las regulaciones, a la vez que estima sus efectos sobre la economía y la sociedad, propiciando el desarrollo de soluciones costo efectivas a problemas públicos (DNP, 2021, p. 4).

Por todo lo expuesto, se debe tener en cuenta que dependiendo el momento u oportunidad en que se lleve a cabo la evaluación ex post, se pretende la consecución de unos objetivos, y es posible abordar y evaluar en cierto grado alguna de las variables de eficacia, efectividad, eficiencia, pertinencia, viabilidad e impacto del proyecto, dado que la evaluación ex post tendrá un alcance determinado si ésta se realiza al término de la ejecución y entrada en operación del proyecto 1 o 2 años (corto plazo), en la etapa de operación proyectos con 3 a 7 años de operación (mediano plazo) y en la etapa de operación proyectos con más de 7 años de operación (largo plazo) (Sistema Nacional de Inversiones, 2020); siendo esta la razón por la cual el tipo de evaluación seleccionada es la de corto plazo, ya que el proyecto caso de estudio finalizó su etapa de inversión en noviembre de 2020 y la evaluación se hará avanzado un tiempo razonable en su etapa de operación, es decir a diciembre de 2021.

2.1.3 Proyectos amigables con el medio ambiente

Para contrarrestar el fenómeno de cambio climático, el Metro de Medellín Ltda., viene implementando buenas prácticas y liderando proyectos de desarrollo sostenible que contribuyan a reducir las emisiones de efecto invernadero. Al respecto, en Colombia se han expedido leyes y normas articuladas con el desarrollo sostenible que:

> Conduzcan al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades (Ley 99, 1993, Artículo 3).

Acorde con lo anterior, un proyecto amigable con el medio ambiente presenta objetivos que apuntan o están alineados con el conjunto de diecisiete objetivos de desarrollo sostenible, definidos en el 2015 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que fueron adoptados por los líderes mundiales para "poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030" (ONU, 2019, párr. 1).

Es así como a partir de los conceptos antes descritos se infiere que para llevar a cabo una evaluación ex post a un proyecto de inversión pública, se han cumplido las etapas de pre-inversión e inversión en las cuales es importante realizar análisis y evaluaciones, por la información valiosa que aportan para llevar a cabo la tarea de una evaluación ex post. Así mismo queda claro que si bien la identificación y registro de lecciones aprendidas se puede realizar en cualquier momento del proyecto, en este trabajo se llevó a cabo al cierre de proyecto, mediante la recolección de datos evaluativos y juicios valorativos dentro de la evaluación ex post, considerando variables tales como la pertinencia, eficiencia, sostenibilidad, eficacia e impacto del proyecto.

2.2 Estado del arte

Dentro de un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), respecto al fortalecimiento de la gestión de las inversiones en América Latina y el Caribe, se analizó las acciones técnicas implementadas en el área de gestión de las inversiones públicas, con base en una muestra de 19 préstamos de garantía soberana otorgados entre 2000 y 2017, y se identificó

problemas típicos en las diferentes etapas del ciclo de proyectos (planificación y evaluación ex ante, selección de proyectos, implementación, evaluación ex post y auditorias), siendo un problema no realizar un contraste de costo- beneficios antes y post implementación, en la etapa de evaluación ex post y auditorías (BID, 2019).

Así mismo, la evaluación ex post es una herramienta que no ha sido utilizada de manera completa y eficiente, ya que al ser un eslabón en la cadena de un sistema de gestión por resultados destinada a verificar el cumplimiento de los objetivos de un Programa o Proyecto de Inversión y contribuir a decisiones de inversión más eficaces con base en evidencia, con frecuencia se observa una brecha entre teoría y práctica de la gestión por resultados en el ámbito de la inversión pública, incluso con apoyo externo (Banco de Desarrollo de América Latina, 2017).

Lo anterior conforme se expone en el estudio de la División de Gestión Fiscal del BID en el cual se estimó un índice de eficiencia de la gestión de inversión pública para 16 países de América Latina, que considera dimensiones y sub-dimensiones del ciclo de inversión como la dirección estratégica, selección de proyectos, presupuestos, implementación de proyectos, evaluación ex post y auditoría. Los resultados del estudio revelaron que el nivel de eficiencia de los sistemas de inversión pública en América Latina alcanza 2,5, en promedio, en una escala que oscila entre 0 (baja eficiencia) y 4 (alta eficiencia), además de que la dimensión que muestra el desempeño más débil es la evaluación ex post y auditoría (BID, 2017).

Además, la administración pública tiene que fortalecer el uso de las evaluaciones para la toma de decisiones ya que el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) (2022), en el documento aprobado 4083 para el Fortalecimiento del uso y la institucionalidad de las evaluaciones para la toma de decisiones en Colombia, menciona que:

> De acuerdo con el informe de 2020 sobre institucionalización de la evaluación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2020), la mayoría de los 42 países estudiados presentan retos significativos en promover la evaluación de políticas públicas. Estos retos están principalmente relacionados con el limitado uso de los resultados en la formulación de políticas. Colombia no es ajena a este reto, dado que hay un limitado uso de la información de las evaluaciones para la toma decisiones (p. 3).

Lo mencionado por el CONPES, da entender que Colombia no es ajena a los retos de mejorar en el uso de los resultados y de las evaluaciones para la toma de decisiones, toda vez que no existe una cultura de evaluación ex post, que aporte a una inversión pública más eficiente.

Cabe anotar que en Colombia generalmente la evaluación de los resultados de programas y proyectos de inversión pública se realiza a partir de lineamientos, directrices y herramientas presentadas por el DNP, ya que esta entidad del Estado es la encargada de "diseñar y organizar los sistemas de evaluación de gestión y de resultados de la administración, tanto en lo relacionado con políticas como con proyectos de inversión, y señalar los responsables, términos y condiciones para realizar la evaluación" (Ley 152, 1994, art. 29).

En este sentido, en el año 2004, el DNP a través del Grupo Asesor De La Gestión De Programas y Proyectos De Inversión Pública (GAPI), publicó la Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión, que se encuentra vigente su aplicación y que través de ella se pretende:

> Examinar de forma analítica y sistemáticamente en la medida de lo posible, acciones pasadas relacionadas con el logro o no de los objetivos de los proyectos de inversión pública, los recursos utilizados y los resultados obtenidos, y derivar las experiencias

necesarias para guiar a los responsables de tomar decisiones con el fin de mejorar las actividades futuras (DNP, 2004, p. 6).

Es importante mencionar que, aunque la metodología del DNP no cuenta con una actualización, no ha tenido modificaciones y está vigente su aplicación desde "la Dirección de Proyectos e Información para la Inversión Pública del DNP se está trabajando en una actualización de dicha metodología, la cual será publicada el próximo año una vez entre en funcionamiento la Plataforma Integrada de Inversión Pública -PIIP" (DNP, 2022, párr. 1); tal como lo informó la Subdirectora de Proyectos del DNP en respuesta a solicitud radicada No 20226630253612, que se anexa en el apéndice R del presente trabajo.

También el DNP, el año 2021 publicó la Guía Metodológica para la Implementación de la Evaluación Ex Post de la Regulación, con base a recomendaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), organización a la cual Colombia pertenece desde el 28 de abril de 2020. Al respecto en la guía se destaca la importancia de realizar evaluaciones y se indica que "Las evaluaciones son valoraciones periódicas de un proyecto, programa o política, que buscan responder a preguntas relacionadas con su implementación y resultados" (DNP, 2021, p. 4).

De la misma manera el DNP, expidió en el año 2021 un manual de evaluación a las inversiones del sistema general de regalías, en el que se dan orientaciones para realizar evaluación de resultados e impacto a inversiones del SGR. Estas inversiones se canalizan a través de proyectos y a partir de la evaluación de resultados a las inversiones del SGR se busca:

Determinar la pertinencia, la eficiencia, la eficacia y si existen condiciones o principios de operación y sostenibilidad en los proyectos financiados, con el fin de proveer información

relevante a los actores territoriales y nacionales como insumo para mejorar el desempeño y la toma de decisiones (DNP, 2021, p. 3).

Respecto a las lecciones aprendidas se sabe que, si bien ha sido un componente importante dentro del estándar de gestión de proyectos que propone el Project Management Institute (PMI), en ediciones previas del PMBOK® Sexta edición no se había definido cuál es el formato para registrar lecciones aprendidas y qué debe contener. Es así como en la guía PMBOK® Sexta edición queda establecido que el registro de lecciones aprendidas puede incluir la categoría y descripción de la situación presentada, así como también el impacto, recomendaciones y acciones propuestas relacionadas con la situación (PMI, 2017, p.104).

Por consiguiente, la evolución en la gestión de proyectos del PMI se ha enfocado en la incorporación de las lecciones aprendidas obtenidas de la experiencia ganada de cada uno de los proyectos liderados, identificando todos aquellos aspectos que han funcionado bien para seguir adaptándolos a las necesidades del entorno y los que no, suprimiéndolos de los procesos, estructuras, procedimientos.

Así mismo el DNP ha reconocido las lecciones aprendidas como principal fuente de generación de conocimiento a sus colaboradores, toda vez que la "experiencia debe ser capturada, organizada y transferida para su posterior uso, y de esta forma generar procesos de aprendizaje organizacional que contribuyan al logro de los objetivos institucionales y el mejoramiento de la gestión y la calidad del Servicio" (DNP, s.f., Pt. ¿Por qué es importante?). Y para lograr lo anterior la entidad ha desarrollado e implementado el procedimiento que comprende dónde consultar, quién registra, cuándo se registra y cómo registrar lecciones aprendidas.

Por otra parte, los proyectos amigables con el medio ambiente y que son útiles para la sociedad, se asocian con el concepto de desarrollo sostenible. En razón a ello, el Gobierno Nacional

está comprometido con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), acordados por los 193 países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) con el propósito de mejorar las condiciones de vida en el mundo. Es así que como resultado del esfuerzo institucional del país y según el llamado universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y reducir las desigualdades, el DNP presentó el informe anual de avance de la implementación de la Agenda 2030 y de los 17 ODS en el que se indica que "la reciente publicación del documento para consulta es resultado de los avances en las metas con corte a diciembre del 2020, presentando un porcentaje de avance del 72,58% anual y 54,83% respecto a la meta 2030" (DNP, 2022, párr. 1).

Es de anotar que desde el 2018 en el país, los ODS son política de Estado y los planes de desarrollo nacional y territoriales, están alineados con estos objetivos mundiales. En consecuencia, la Alcaldía de Medellín, a través del Departamento Administrativo de Planeación lideró la construcción de la agenda 2030, en la que se puede identificar y hacer seguimiento al cumplimiento de los ODS, resaltando que la ciudad es pionera en el país con este ejercicio y con el cumplimiento de los compromisos adquiridos (Alcaldía de Medellín, 2018).

Así mismo el Metro de Medellín Ltda., continúa aportando al cumplimiento de la agenda de los ODS, con la suscripción del Pacto por los ODS Medellín, ciudad sostenible 2030, que promueve acciones enfocadas a 10 acuerdos con los que contribuyen al logro de la agenda 2030 (Metro de Medellín Ltda., 2019).

De esta forma, la información presentada permite apropiar un conocimiento crítico y generar una comprensión respecto a la baja implementación de la evaluación ex post en proyectos de inversión, que contrasta con la política adoptada por el Gobierno Nacional, direccionada a la evaluación de los resultados de programas y proyectos de inversión pública con base en

metodologías y herramientas desarrolladas por el DNP, como lo es la Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión y la Guía Metodológica para la Implementación de la Evaluación Ex Post de la Regulación, que pueden aportar a una inversión pública más eficiente y contribuya al desarrollo sostenible del país según los ODS, acordados por los 193 países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Así mismo se puede decir que la revisión bibliográfica realizada, se enfocó en los aspectos más representativos y recientes entorno a los temas que se abordan en esta investigación como lo son la evaluación ex post de proyectos de inversión pública, lecciones aprendidas y proyectos amigables con el medio ambiente.

3. Áreas de conocimiento

Esta sección describe los grupos de procesos de inicio y planificación de cada una de las áreas de conocimiento del proyecto que se abordan con base en los lineamientos del *Project Management Institute (PMI)*. Los procesos de ejecución, monitoreo y control, y cierre serán presentados en el siguiente capítulo.

3.1 Gestión de la integración del proyecto – Grupo de Procesos de Inicio

3.1.1 Desarrollar el acta de constitución del proyecto

El Acta de Constitución del Proyecto se realizó a partir de la técnica “Juicio de Expertos”, mediante la cual, se llevó a cabo el desarrollo del documento tomando como experto al director de trabajo de grado designado por la universidad, quién brindó al director del proyecto orientación en el área de la dirección y gestión de proyectos.

Tabla 1. *Acta de constitución*

	Acta de constitución
Título del proyecto	Evaluación Ex post al proyecto Generación Solar Fotovoltaica desarrollado por el Metro de Medellín Ltda. desde los lineamientos del PMI
Descripción del proyecto	Se plantea la necesidad de realizar una evaluación ex post de corto plazo al proyecto Generación Solar Fotovoltaica desde los lineamientos del PMI, para identificar y recolectar lecciones aprendidas que contribuyan al proceso de mejora continua de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente, planeados y gestionados por el Metro de Medellín Ltda.
Problema	En la ciudad de Medellín, la empresa Metro de Medellín Ltda., ante la necesidad y el compromiso de seguir generando impactos sociales, económicos y ambientales, mantener el crecimiento y desarrollo de la Empresa y alcanzar los objetivos estratégicos incorporados dentro del Direccionamiento Estratégico 2021 – 2025, tiene interés en fortalecer la gestión de proyectos de inversión alineados con la sostenibilidad y preservación del medio ambiente. Al respecto, uno de los proyectos desarrollados por la empresa en el periodo 2019 - 2020 fue el de Generación Solar Fotovoltaico, del cual se desconoce los resultados e impacto que tuvo el proyecto y las lecciones aprendidas derivadas del mismo, ya que el Metro de Medellín Ltda., no ha realizado evaluación ex post al proyecto, así como tampoco cuenta con una metodología de evaluación ex post. La oficina de gestión de proyectos (PMO) en la Empresa, recientemente implementada, inició con las metodologías de: evaluación Ex Ante (Estructuración de proyectos) y gestión de proyectos (Etapa de Implementación) y tendrá un desarrollo futuro en la implementación de evaluaciones Ex post.
Recursos preasignados	Para la ejecución del proyecto se estimó un presupuesto de $17.740.970, incluido en este valor $16.580.970 por concepto de honorarios y $1.160.000 por concepto de gastos administrativos. El recurso humano asignado al proyecto está integrado por: **Director de Proyecto:** Profesional en Ingeniería, administrativas o áreas afines con conocimientos y experiencia en Gestión y Direccionamiento de Proyectos, responsable del desarrollo del proyecto propuesto. **Profesional Metro de Medellín:** Profesional de la empresa designado para atender y dar respuesta a las solicitudes de información relacionadas con el proyecto objeto de estudio, así como también para realizar el acompañamiento en las visitas que se programen a las instalaciones de la empresa. **Director del trabajo de grado o tesis:** Profesional en ingeniería, áreas administrativas o afines, con maestría y conocimientos en el área de dirección y gestión de proyectos, quién orienta y asesora al estudiante en el desarrollo del TFM. **Docente Seminario 2 y Trabajo de Grado:** Docente de la Universidad Santo Tomás quién realiza acompañamiento al estudiante en el desarrollo del trabajo de grado y da orientación general del documento de avance del Trabajo de Fin de Maestría (TFM) según la metodología seleccionada.
Interesados	• Metro de Medellín Ltda. (Gerente de Planeación)

Acta de constitución	
	• Alcaldía de Medellín Ltda. (Secretario de Suministro y Servicios) • Contraloría General de Medellín (Contralor General) • Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Director) • Equipo del proyecto (Director del Proyecto) • Universidad Santo Tomás (USTA) (Director de trabajo de grado)
Breve Descripción de los productos /entregables	1. Informe ejecutivo del diagnóstico de la etapa de pre-inversión, con base en la evaluación ex ante llevada a cabo por la empresa al proyecto Generación Solar Fotovoltaica, identificando las variables que serán abordadas en la evaluación ex post. 2. Informe ejecutivo del diagnóstico de la etapa de inversión, con base en los lineamientos del PMI, identificando la gestión realizada por el Metro de Medellín Ltda., al llevar cabo los procesos de inicio, planeación, ejecución, monitoreo y control, y cierre del proyecto. 3. Documento resumen que presente la comparación entre lo Planificado / Lo Logrado. 4. Documento resumen que presente la comparación entre Antes / Después de Proyecto. 5. Documento con los resultados de la evaluación ex post de corto plazo focalizada en las variables inicialmente seleccionadas para su análisis y valoración. 6. Documento con las lecciones aprendidas identificadas y documentadas. 7. Plan de mejora propuesto para el proceso de gestión de proyectos amigables con el medio ambiente.
Supuestos	• El Metro de Medellín Ltda., facilitará la información que se requiera para la realización del trabajo. • La evaluación ex post se llevará a cabo con la orientación eficaz del director del trabajo de grado. • El desarrollo del proyecto va a permitir identificar y recolectar lecciones aprendidas que aporten al proceso de mejora continua de la gestión de proyectos públicos de desarrollo sostenible.
Restricciones	• El proyecto debe ejecutarse dentro del alcance definido y bajo las condiciones determinadas. • La ejecución del proyecto no puede superar el 15 de septiembre de 2022 • La información suministrada por el Metro de Medellín Ltda., del proyecto Generación Solar Fotovoltaica es de carácter confidencial y debe ser utilizada exclusivamente para el propósito descrito en el proyecto.
Objetivo medible proyecto	• Realizar la evaluación ex post de corto plazo al proyecto Generación Solar Fotovoltaica permitiendo la contribución al proceso de mejora continua de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente planeados y gestionados por el Metro de Medellín Ltda. a partir de las lecciones aprendidas identificadas y documentadas

3.2 Gestión de los interesados del proyecto – Grupo de Procesos de Inicio

3.2.1 Identificar a los interesados

Para identificar los interesados se utilizó las técnicas "Análisis de datos" y "Reuniones", a partir de las cuales se logró identificar a los principales interesados en el proyecto, sus intereses, problemas percibidos y recursos o mandatos que ejercen sobre el proyecto. Es de anotar que la técnica análisis de datos se desarrolló analizando los documentos disponibles del proyecto; y la técnica reuniones se realizó a través de reuniones virtuales realizadas con profesionales del Metro de Medellín Ltda. y con el director del trabajo de grado.

Tabla 2. *Análisis interesados en el proyecto*

Interesado	Intereses	Problemas percibidos	Recursos o mandatos	Clasificación
Metro de Medellín Ltda.	Identificación y recolección de lecciones aprendidas. Detección de mejoras que pueda considerarse un derecho de propiedad intelectual sobre la tecnología o algún elemento del proyecto Generación Solar Fotovoltaica que adviertan, descubran o generen durante el proceso la evaluación.	No se tiene implementado herramientas y una metodología para la evaluación ex post de proyectos. No se ha realizado una evaluación de resultados e impacto a los proyectos ejecutados.	Buscar estrategias para mejorar la gestión de proyectos en la empresa.	Interno
Contraloría General de Medellín.	Que el proyecto contribuya a mejorar la gestión fiscal y resultados de la empresa.	Debilidades en la planeación y gestión de proyectos.	Auditorías. Informes de auditoría. Hallazgos.	Externo
Alcaldía de Medellín	Que el proyecto sea referente para que otras entidades del municipio efectúen evaluación de resultados e impacto	La evaluación ex post, en el nivel de proyectos, es más bien escasa.	Decretos	Externo

Interesado	Intereses	Problemas percibidos	Recursos o mandatos	Clasificación
	de los proyectos ejecutados.			
Área Metropolitana del Valle de Aburrá.	Que las lecciones aprendidas recolectadas con el desarrollo del proyecto aporten a la formulación y ejecución de nuevos proyectos de desarrollo sostenible para la ciudad de Medellín.	Se desconoce los resultados e impactos reales sobre el medio ambiente, de muchos proyectos de inversión ejecutados en el Valle de Aburrá por falta de evaluaciones ex post.	Procedimientos sancionatorios por incumplimientos ambientales.	Externo
Equipo de Proyecto	Gestionar satisfactoriamente el proyecto y alcanzar los objetivos propuestos.	Demora y dificultades en la asignación del orientador docente del recurso.	Presentar solicitudes y requerimientos de información. Realizar la gestión del proyecto.	Interno
Universidad Santo Tomás	Que el proyecto cumpla con los estándares de calidad de la Universidad.	Bajo número de proyectos aprobados y finalizados.	Lineamientos y Directrices. Efectuar la calificación del proyecto.	Interno

3.3 Gestión de la integración del proyecto – Grupo de Procesos de Planificación

3.3.1 Desarrollar el plan para la dirección del proyecto

Si bien el plan para la dirección del proyecto incluye y se construye a partir de los planes de gestión subsidiarios tales como el plan de gestión del alcance, de los requisitos, del cronograma, de los costos, de la calidad, de los recursos, de las comunicaciones, de los riesgos, de las adquisiciones e involucramiento de los interesados; en este proyecto el plan para la dirección solo se va a realizar a partir del plan de gestión de la calidad y el plan de gestión de las comunicaciones, y los procesos e información más relevantes de cada área del conocimiento. Lo anterior por cuanto las necesidades y el alcance del proyecto no requieren los otros planes y por ser un proyecto que puede ser clasificado como de baja complejidad y con pocos recursos asignados.

Así las cosas, el Plan para la Dirección del Proyecto es el equivalente a los subcapítulos siguientes del presente trabajo de grado, el cual es un resumen o abstracto de la información más relevante de los procesos de planificación de cada una de las áreas del conocimiento.

3.4 Gestión del alcance de proyecto - Grupo de Procesos de Planificación

3.4.1 Recopilación de requisitos

La recopilación de requisitos del proyecto se hizo a través de la técnica "Juicio de Expertos", en la cual se tomó como experto al Gerente de Planeación del Metro de Medellín quién aportó información útil respecto al proyecto "Generación Solar Fotovoltaica" y a través de la técnica "Análisis de datos", mediante la cual se realizó el análisis de los documentos e información disponible para la recopilaron de los siguientes requisitos.

Tabla 3. *Recopilación de requisitos*

Interesado	Categoría del Requisito	Descripción del requisito
Director del proyecto	De los interesados	Que se realice acompañamiento periódico, por parte del director de trabajo de grado. Que la orientación e indicaciones del director sean claras y precisas.
Universidad Santo Tomás	De calidad	Que el proyecto se desarrolle bajo altos estándares de calidad establecidos por la Universidad.
Metro de Medellín Ltda.	De los interesados	Garantizar la confidencialidad de la información suministrada para el desarrollo del proyecto.
Metro de Medellín Ltda.	Del negocio	Informar cualquier mejora que pueda considerarse un derecho de propiedad intelectual sobre la tecnología o algún elemento del proyecto Generación Solar Fotovoltaica que adviertan, descubran o generen durante el proceso la evaluación.
Equipo de Proyecto	De las soluciones	Que la información suministrada por el Metro corresponda a fuentes directamente relacionadas con la fase de pre-inversión, inversión y operación del proyecto objeto de estudio.
Universidad Santo Tomás	Del proyecto	Que se cumpla las entregas parciales y final del proyecto dentro de las fechas programadas.

Interesado	Categoría del Requisito	Descripción del requisito
Universidad Santo Tomás	Del proyecto	Que los objetivos del proyecto sean medibles y alcanzables.

3.4.2 Definición del alcance

Para definir el alcance del proyecto, se utilizó la técnica "Análisis de datos", mediante la cual se analizaron alternativas que se podrían utilizar para evaluar formas de satisfacer las necesidades y objetivos definidos en el acta de constitución. De esta manera, el alcance del proyecto quedó definido así:

El alcance de la evaluación ex post comprende la revisión y análisis de la etapa de pre-inversión del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, a partir de la evaluación ex ante realizada por la empresa, que permita emitir un juicio de valor sobre la factibilidad del proyecto e identificar las variables relevantes a considerar en la evaluación ex post. También se pretende revisar la gestión y procesos llevados a cabo por el Metro de Medellín Ltda. en la fase de inversión del proyecto, tomando como referente lineamientos del PMI, identificando posibles salidas generadas en los procesos de inicio, planeación, ejecución, monitoreo y control, y cierre; lo que va a permitir realizar una comparación entre lo Planificado / Lo Logrado (las metas y lo logros) y entre Antes / Después de Proyecto es decir medición de los efectos del proyecto, para finalmente concluir sobre los resultados obtenidos, identificar, recolectar lecciones aprendidas y presentar acciones de mejora para el proceso de gestión de proyectos amigables con el medio ambiente.

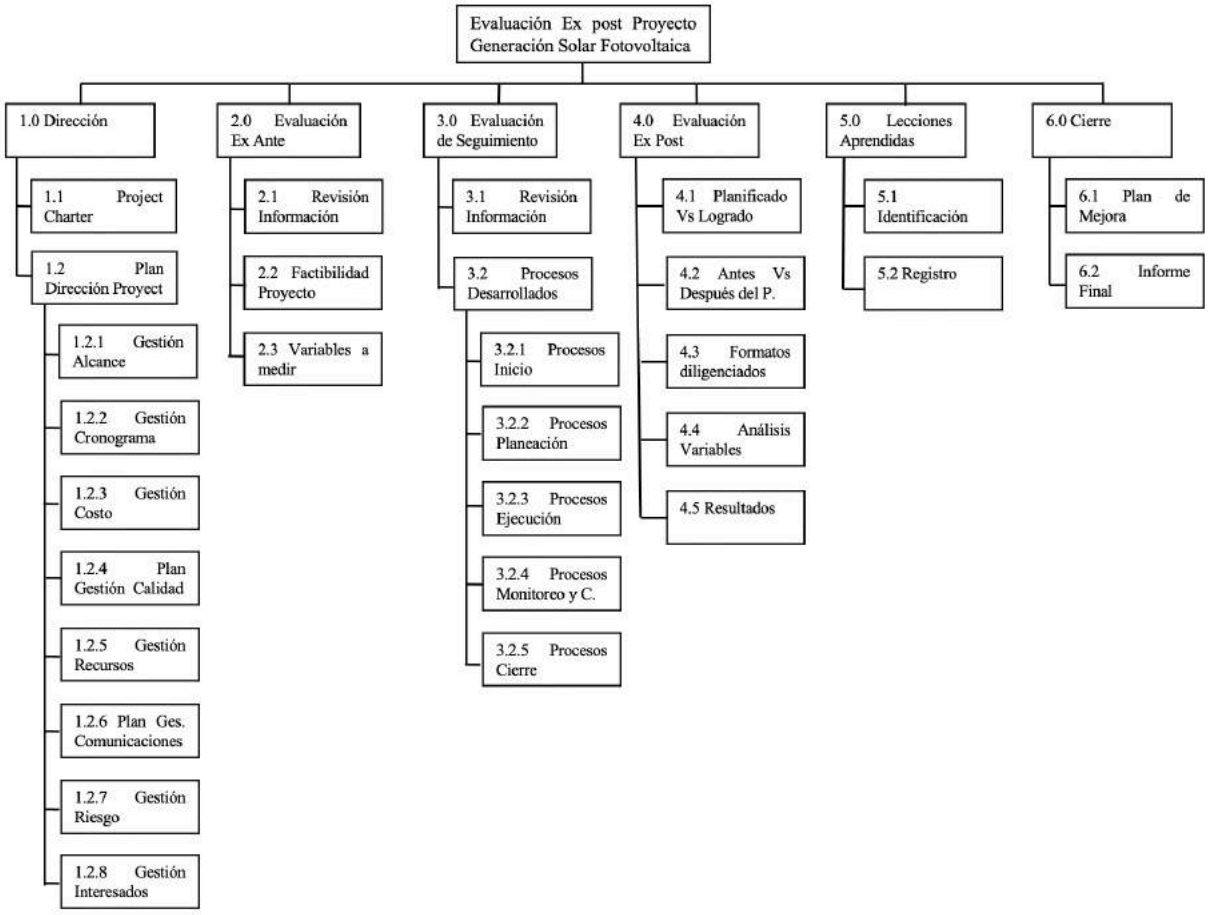
Además, para realizar la evaluación ex post de corto plazo se va a tomar como referente la metodología propuesta por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), adaptando y diligenciado los formatos incluidos en la Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión – Versión oficial.

Por otra parte, es importante mencionar que el alcance del proyecto no comprende efectuar contratación ni adquisición de bienes y servicios para la ejecución de las actividades propuestas. Tampoco son de carácter vinculante para el Metro de Medellín Ltda., las acciones de mejoramiento que se propongan con el desarrollo del presente proyecto, ya que sólo se presentan a manera de sugerencias y/o recomendaciones dentro de la investigación y análisis académico realizado.

3.4.3 Creación del EDT/WBS

Para crear la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) del proyecto se utilizó la técnica "Descomposición", mediante la cual se dividió y subdividió el alcance del proyecto y los entregables del proyecto en partes más pequeñas y manejables, para lo cual se identificó y analizó los entregables contemplados en el acta de constitución y el trabajo relacionado, se estructuró y organizó la EDT/WBS, se desarrolló y asignó códigos de identificación a los componentes de la EDT/WBS, como se presenta a continuación.

Figura 7. *Estructura de desglose de trabajo (EDT)*



El diccionario del EDT/WBS se incorpora dentro del apéndice B del presente trabajo.

3.5 Gestión del cronograma del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación

3.5.1 Definición de actividades

Para la definición de las actividades se utilizó la técnica “Planificación gradual”, con la cual el trabajo a realizar a corto plazo se planificó en detalle, a partir de los paquetes de trabajo definidos en la EDT, como se presenta a continuación.

Tabla 4. *Actividades del proyecto*

Paquete de trabajo	Id Actividad	Actividad	Descripción de la actividad
1.1 Project Charter	1	Investigar el núcleo problémico	Explorar los principales elementos conceptuales, procedimentales y metodológicos del proyecto a desarrollar.
	2	Desarrollar el acta de constitución del proyecto	Definir en un documento los requisitos iniciales que satisfacen las necesidades y expectativas del proyecto.
1.2 Plan Para la Dirección del Proyecto	3	Indagar por los procesos de planificación del PMI.	Indagar acerca de los componentes y elementos que son necesarios y apropiados de incorporar en plan para la dirección del proyecto a desarrollar.
	4	Desarrollar el plan para la dirección del proyecto.	Consolidar en documento los componentes del plan acorde los procesos de planificación seleccionados de cada área de conocimiento del PMI que se van a desarrollar.
2.1 Revisión de fuente de Información	5	Gestionar la información requerida.	Gestionar y requerir al Metro la información y documentos de la fase de pre-inversión del proyecto Generación Solar F.
	6	Consultas sistemas de información.	Realizar consulta en el sistema de contratación SECOP y la página web Metro la información relevante del proyecto y contratos asociados.
2.2 Factibilidad del proyecto	7	Analizar la información	Analizar la información recopilada de la fase de pre-inversión.
	8	Sintetizar la información	Exposición breve, escrita, que presenta un resumen de la información relevante analizada que dé a conocer los argumentos que determinaron la viabilidad de ejecutar el proyecto.
2.3 Variables a medir	9	Identificar variables a medir.	Realizar un análisis para identificar las variables a medir en la evaluación ex post.
	10	Construir informe ejecutivo	Consolidar en documento escrito los puntos más destacados de las actividades y análisis realizados en fase de pre-inversión.
	11	Presentar informe de avance	Presentar informe de avance al director del trabajo de grado para revisión.
	12	Asesoría	Concertar y realizar reunión con el director del trabajo de grado para resolver inquietudes y recibir comentarios y sugerencias del informe de avance.
	13	Realizar ajustes al informe	Realizar ajustes y adaptaciones al TFM acorde a los comentarios y observaciones del director del trabajo de grado.
3.1 Revisión de fuente de Información	14	Gestionar la información requerida.	Gestionar y requerir al Metro la información y documentos de la fase de inversión del proyecto Generación Solar F.
	15	Realizar visita a instalaciones Metro.	Coordinar y realizar visita al Metro para recolección de información en terreno, y realizar entrevistas con algunos actores relacionados con el proyecto y su ambiente.

Paquete de trabajo	Id Actividad	Actividad	Descripción de la actividad
3.2.1 Procesos de Inicio	16	Analizar información	Revisar y analizar la información, documentos que soportan los procesos desarrollados por el Metro en la fase de inicio del proyecto objeto de estudio.
	17	Sintetizar la información	Exposición breve, escrita, que presenta un resumen de la información relevante analizada.
3.2.2 Procesos de Planeación	18	Analizar información	Revisar y analizar la información, documentos que soportan los procesos desarrollados por el Metro en la fase de planeación del proyecto objeto de estudio.
	19	Sintetizar la información	Exposición breve, escrita, que presenta un resumen de la información relevante analizada.
3.2.3 Procesos de Ejecución	20	Analizar información	Revisar y analizar la información, documentos que soportan los procesos desarrollados por el Metro en la fase de ejecución del proyecto objeto de estudio.
	21	Sintetizar la información	Exposición breve, escrita, que presenta un resumen de la información relevante analizada.
3.2.4 Procesos de Monitoreo y Control	22	Analizar información	Revisar y analizar la información, documentos que soportan los procesos desarrollados por el Metro en la fase de monitoreo y control del proyecto objeto de estudio.
	23	Sintetizar la información	Exposición breve, escrita, que presenta un resumen de la información relevante analizada.
3.2.5 Procesos de Cierre	24	Analizar información	Revisar y analizar la información, documentos que soportan los procesos desarrollados por el Metro en la fase de cierre del proyecto objeto de estudio.
	25	Sintetizar la información	Exposición breve, escrita, que presenta un resumen de la información relevante analizada.
	26	Construir informe ejecutivo	Consolidar en documento escrito los puntos más destacados de las actividades y análisis realizados en Fase de Inversión.
	27	Presentar informe de avance	Presentar informe de avance al director del trabajo de grado o tesis para revisión.
	28	Asesoría	Concertar y realizar reunión con el director del trabajo de grado para resolver inquietudes y recibir comentarios y sugerencias del avance.
	29	Realizar ajustes al informe	Realizar ajustes y adaptaciones al TFM acorde a los comentarios y observaciones del director del trabajo de grado.
4.1 Planificado Vs Logrado	30	Realizar comparativo	Realizar un comparativo entre lo que se planificó y lo que se logró. Comparar las metas propuestas en cantidad y oportunidad según lo programado.

Paquete de trabajo	Id Actividad	Actividad	Descripción de la actividad
	31	Diligenciar cuadro	Presentar en cuadro resumen el comparativo realizado.
4.2 Antes y Después del Proyecto	32	Realizar comparativo	Realizar un comparativo de la situación del proyecto, antes de su implementación, la esperada y la actual al momento de la evaluación.
	33	Diligenciar cuadro	Presentar en cuadro resumen el comparativo realizado.
4.3 Formatos Diligenciados	34	Analizar formatos	Revisar y analizar los formatos que propone el DNP en la Metodología Evaluación Ex post de Programas y Proyectos.
	35	Adaptar formatos	Seleccionar y adaptar al trabajo los formatos de la Metodología del DNP que resulten apropiados para la evaluación.
	36	Diligenciar formatos	Diligenciar los formatos propuestos a partir de la información recopilada y analizada.
4.4 Análisis de las variables	37	Examinar los resultados	Examinar detalladamente los resultados de las variables seleccionados en el diagnóstico inicial.
	38	Construir indicador	Construir e interpretar indicador para las variables seleccionadas.
4.5 Resultados	39	Construir documento	Consolidar en documento escrito los puntos más destacados de las actividades y análisis realizados en la Evaluación Ex post.
	40	Presentar informe de avance	Presentar informe de avance al director del trabajo de grado o tesis para revisión.
	41	Asesoría	Concertar y realizar reunión con el director del trabajo de grado para resolver inquietudes y recibir comentarios y sugerencias del avance.
	42	Realizar ajustes al informe	Realizar ajustes y adaptaciones al TFM acorde a los comentarios y ajustes del director del trabajo de grado.
5.1 Identificación	43	Identificar lecciones aprendidas	Identificar por temáticas las lecciones aprendidas
5.2 Registro	44	Registrar lecciones aprendidas	Registrar en documento las lecciones aprendidas, con categoría, descripción de la situación presentada, impacto, recomendaciones y acciones propuestas relacionadas con la situación.
	45	Presentar informe de avance	Presentar informe de avance al director del trabajo de grado o tesis para revisión.
	46	Asesoría	Concertar y realizar reunión con director del trabajo de grado o tesis para resolver inquietudes y recibir comentarios y sugerencias del avance.
	47	Realizar ajustes al informe	Realizar ajustes y adaptaciones al TFM acorde a los comentarios y ajustes del director del trabajo de grado.
6.1 Plan de Mejora	48	Diseñar	Diseñar formato para presentación de plan de mejoramiento.
	49	Formular	Formular acciones de mejoramiento a partir de las lecciones aprendidas identificadas.

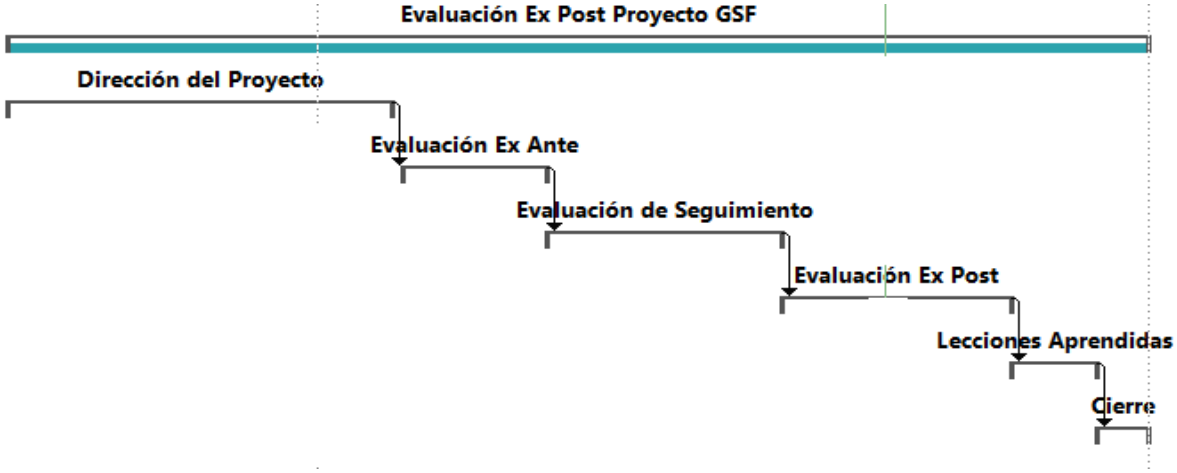
Paquete de trabajo	Id Actividad	Actividad	Descripción de la actividad
6.2 Informe Final	50	Presentar informe Final	Presentar informe final al director del trabajo de grado o tesis para revisión.
	51	Sustentación	Presentación y sustentación del informe final a la Universidad.
	52	Acta de Cierre	Suscribir el Acta de Cierre del proyecto

3.5.2 Secuenciar las actividades

La secuencia de las actividades se desarrolló a partir de la técnica de "Método de diagramación por precedencia", en la cual las actividades descritas anteriormente se representan mediante nodos y se vinculan gráficamente mediante una o más relaciones lógicas, indicando la secuencia en que deben ser ejecutadas.

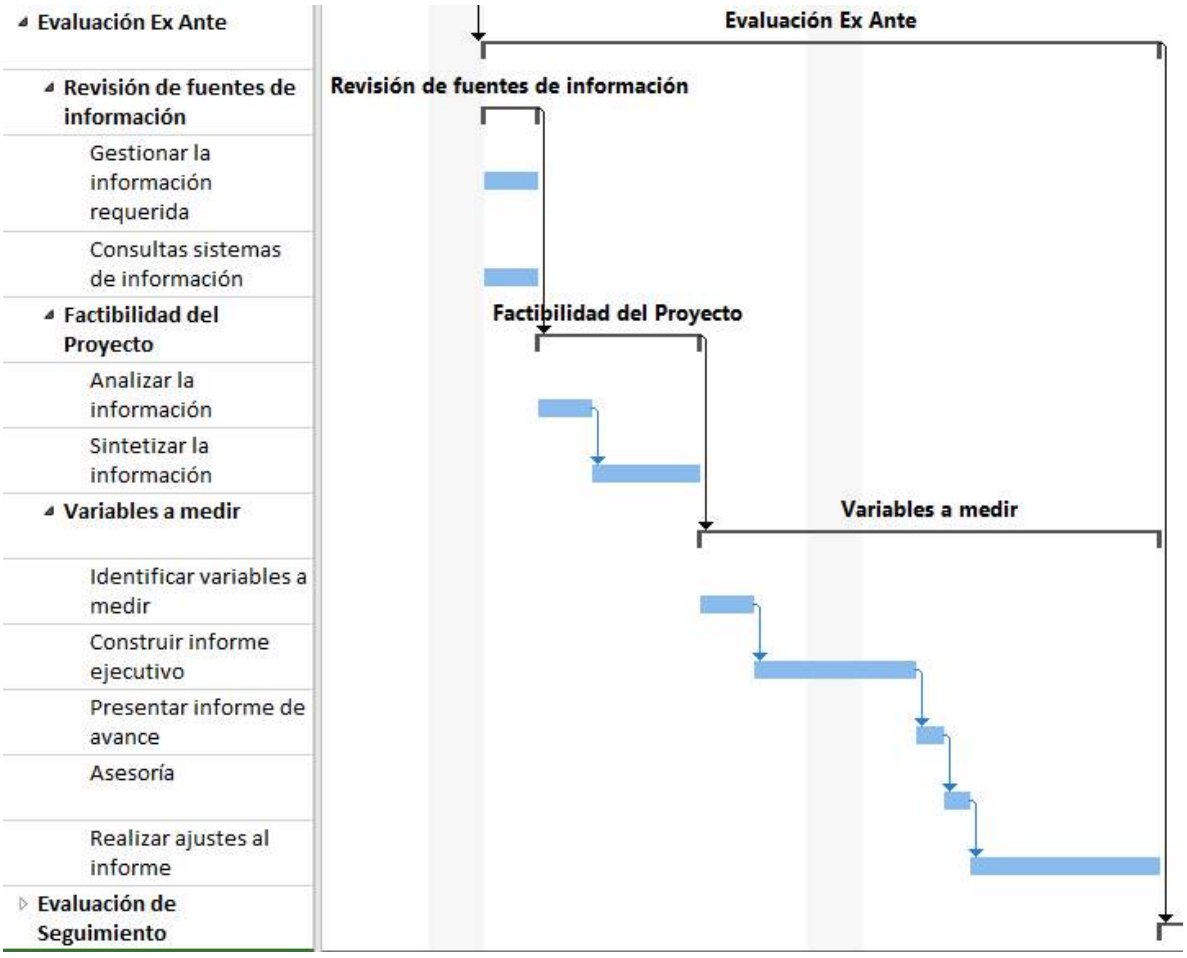
En la figura siguiente se presenta la secuencia de los componentes del EDT del nivel superior, considerando que cada uno de estos componentes contienen actividades que se ejecutan mediante una secuencia lógica de trabajo.

Figura 8. *Secuencia de los componentes del EDT del nivel superior*



Elaboración propia con la herramienta Microsoft Project Profesional (2022).

Figura 9. *Secuencia de las actividades contempladas en el componente Evaluación Ex Ante*



Elaboración propia con la herramienta Microsoft Project Profesional (2022).

La secuencia de las actividades de los componentes Evaluación de Seguimiento, Evaluación Ex Post, Lecciones Aprendidas y Cierre, se incorporan dentro del apéndice C del trabajo.

3.5.3 Estimar la duración de actividades

La estimación de la duración de las actividades se realizó a partir de la técnica de "Juicio de Expertos", tomando como experto al director del proyecto, quién a partir de la experiencia en

estimaciones, disciplina académica y el calendario académico definido por la Universidad para la vigencia 2022, estimó la cantidad de tiempo necesario para finalizar cada una de las actividades.

En la tabla siguiente se recopila la duración del proyecto, la de los componentes de nivel superior, con fecha de inicio del proyecto el 1 de marzo de 2022 y fecha de finalización el 15 de septiembre de 2022, para una duración total de 143 días hábiles (6,5 meses).

Tabla 5. *Duración de los componentes de nivel superior*

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Dirección del Proyecto	49 días	1/03/2022	6/05/2022
Evaluación Ex Ante	19 días	9/05/2022	2/06/2022
Evaluación de Seguimiento	29 días	03/06/2022	13/07/2022
Evaluación Ex Post	28 días	14/07/2022	22/08/2022
Lecciones Aprendidas	11 días	23/08/2022	06/09/2022
Cierre	7 días	07/09/2022	15/09/2022
Duración Total del Proyecto	**143 días**	**1/03/2022**	**15/09/2022**

La duración de cada una de las actividades de los componentes de la dirección del proyecto, evaluación ex ante, evaluación de seguimiento, evaluación ex post, lecciones aprendidas y cierre, se incorporan dentro del apéndice D del trabajo.

3.5.4 Desarrollar el cronograma

Para desarrollar el cronograma, se utilizó las técnicas “Análisis de la Red del Cronograma”, “Optimización de recursos” y la herramienta Microsoft Project Profesional, mediante las cuales se analizó la secuencia de las actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para estructurar un modelo para llevar a cabo la ejecución, el monitoreo y el control del proyecto.

En las figuras siguientes se presenta a manera de resumen el cronograma del proyecto. No obstante, en el apéndice E del trabajo se incorpora el cronograma completo del proyecto creado con la herramienta Microsoft Project Profesional.

Figura 10. *Cronograma resumen del proyecto*

Figura 11. *Cronograma semanal del proyecto*

EDT	Nombre de tarea	mar-22				abr-22				may-22				jun-22				jul-22				ago-22				sept-22			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	**DIRECCION DE PROYECTO**																												
1.1	Proyect charter																												
1.2	Plan para la Dirección del Proyecto																												
1.2.1	Gestión del alcance																												
1.2.2	Gestión del cronograma																												
1.2.3	Gestión del costo																												
1.2.4	Gestión de la calidad																												
1.2.5	Gestión de los recursos																												
1.2.6	Plan de gestión de las comunicaciones																												
1.2.7	Gestión del riesgo																												
1.2.8	Gestión de los interesados																												
2	**EVALUACION EX ANTE**																												
2.1	Revisión y análisis de fuentes de información																												
2.2	Factibilidad del proyecto																												
2.3	Variables a medir																												
3	**EVALUACION DE SEGUIMIENTO**																												
3.1	Revisión de fuentes de información																												
3.2	Procesos desarrollados																												
3.2.1	Procesos de inicio																												
3.2.2	Procesos de planeación																												
3.2.3	Procesos de ejecución																												
3.2.4	Procesos de monitoreo y control																												
3.2.5	Procesos de cierre																												
4	**EVALUACION EX POST**																												
4.1	Planificado / Lo Logrado.																												
4.2	Antes / Después de Proyecto																												
4.3	Formatos diligenciados																												
4.4	Análisis de las variables seleccionadas.																												
4.5	Resultados																												
5	**LECCIONES APRENDIDAS**																												
5.1	Identificación																												
5.2	Registro de lecciones aprendidas																												
6	**CIERRE**																												
6.1	Plan de Mejoramiento																												
6.2	Informe Final																												

3.6 Gestión de los costos del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación

3.6.1 Estimar los costos

La estimación de los costos del proyecto se desarrolló con la técnica "Juicio de Expertos", mediante la cual se realizó una aproximación del costo de los recursos necesarios para ejecutar el trabajo del proyecto. Además, como experto se tomó al director del proyecto quién con base en conocimientos de la industria, disciplina y consultas del mercado estimó los costos del proyecto.

Tabla 6. *Estimación de los costos*

Recurso	**Valor hora**	**Fuente**
Honorarios director Proyecto	$32.481	Talent.com 2022 https://co.talent.com/
Honorarios Asesor Universidad	$31.680	Talent.com 2022 https://co.talent.com/
Honorarios Asesor Metro de Medellín Ltda.	$31.680	Talent.com 2022 https://co.talent.com/
Recurso	**Valor año**	**Fuente**
Kit de elementos de escritorio y papelería (Resma carta, cosedora, perforadora, saca ganchos, lapicero, tóner impresor láser)	$300.000	https://www.panamericana.com.co
Recurso	**Valor mes**	**Fuente**
Energía y Comunicaciones (consumo energía, plan internet, celular)	$80.000	Tarifas de Energía 2022 EPM. Tarifas de Plan Internet y celular TIGO
Recurso	**Valor por Viaje**	**Fuente**
Transporte y Desplazamientos	$60.000	https://www.tax-individual.com.co/usuarios/tarifas-de-servicio/

3.6.2 Determinar el presupuesto

Para determinar el presupuesto se utilizó la técnica "Juicio de Expertos" mediante la cual el director del proyecto calculó y sumo los costos estimados de los recursos requeridos para la

ejecución de las actividades del proyecto, tomando como base la información de estimación de costos y principios financieros.

Figura 12. *Presupuesto del proyecto*

Ítem	Recurso	Valor Hora	Cantidad horas / Mes	Meses	Cantidad total requerida	Vlr. Total	Propia	Universidad	Metro
1	Honorarios Gerente Proyecto	$ 32.481	70	7	490	$ 15.915.690	$ 15.915.690		
2	Honorarios Asesor Metro	$ 31.680	1	7	7	$ 221.760			$ 221.760
3	Honorarios Asesor Universidad	$ 31.680	2	7	14	$ 443.520		$ 443.520	
Ítem	**Recurso**	**Valor Año**	**Cantidad**	**Meses**	**Cantidad total requerida**	**Vlr. Total**			
4	Kit de elementos de escritorio y papeleria	$ 300.000	1	7	1	$ 300.000	$ 300.000		
Ítem	**Recurso**	**Valor Mes**	**Cantidad**	**Meses**	**Cantidad total requerida**	**Vlr. Total**			
5	Energía y Comunicaciones	$ 80.000	1	7	7	$ 560.000	$ 560.000		
Ítem	**Recurso**	**Valor Viaje**	**Cantidad**	**Meses**	**Cantidad total requerida**	**Vlr. Total**			
6	Transporte y desplazamientos	$ 60.000	1	5	5	$ 300.000	$ 300.000		
Total						$ 17.740.970	$ 17.075.690	$ 443.520	$ 221.760
Valor Total Proyecto							**$17.740.970**		

3.7 Gestión de la calidad del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación

3.7.1 Planificar la gestión de la calidad

Para llevar a cabo la planificación de la gestión de la calidad del proyecto, es decir para identificar los requisitos y/o estándares de calidad para el proyecto y sus entregables, se utilizó la técnica “Reuniones”, mediante la cual se celebraron reuniones de planificación con el director del trabajo de grado designado por la universidad, el docente de Seminario 2 de la Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos y un profesional del Metro de Medellín Ltda. designado por el Gerente de Planeación de la empresa.

En resumen, el plan de gestión de la calidad contempla los siguientes componentes.

3.7.1.1 Estándares de calidad. Los estándares de calidad que se utilizaron para el proyecto son los establecidos por la Universidad Santo Tomás, según Reglamento General de Postgrados

Política y Lineamientos – 2019 y lo estipulado en el Acuerdo 002 del 2016 por medio del cual se reglamentan los criterios para otorgar distinciones académicas en los programas de postgrado de la Seccional Bucaramanga.

Además, se adaptan e implementan lineamientos y herramientas definidas por el Departamento Nacional de Planeación según la Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión, articuladas con las buenas prácticas de gestión de la calidad del proyecto contempladas en el PMBOK® Sexta edición, en su apartado 8.

3.7.1.2 Objetivos de calidad. Se pretende garantizar que el proyecto y sus entregables cumplan los requisitos de calidad, enfocando esfuerzos principalmente en:

1. Obtener aprobación del trabajo de grado o tesis, por parte de los jurados designados por la Universidad. (Universidad Santo Tomás, 2019, p. 52)
2. Soportar el desarrollo de la propuesta en una amplia consulta de referencias y argumentos de autores y escuelas de pensamiento a través de análisis crítico. (Universidad Santo Tomás, 2016, p. 3).
3. Desarrollar el proyecto con base a un diseño metodológico que justifique los métodos e instrumentos utilizados, en relación con el problema planteado y los objetivos de la investigación. (Universidad Santo Tomás, 2016, p. 4).
4. Presentación del informe escrito de acuerdo con las normas internacionales que regulan la presentación de trabajos académicos y los parámetros institucionales de presentación de trabajo de grado. (Universidad Santo Tomás, 2016, p. 5).
5. Sustentación oral del trabajo demostrando dominio del tema. (Universidad Santo Tomás, 2016, p. 5).

6. Obtención de resultados coherentes según el planteamiento del problema, los objetivos propuestos y el diseño metodológico.

3.7.1.3 Roles y responsabilidades en cuanto a la calidad.

Tabla 7. *Roles y responsabilidades de calidad*

Rol	Responsabilidades
Jurado de Tesis	Encargado del dictamen y dar calificación al trabajo de grado o tesis.
Director de Trabajo de Grado	Orientar el desarrollo del trabajo y recomendar ajustes que considere pertinentes.
Docentes Seminario II y Trabajo de Grado	Realizar acompañamiento al estudiante en el desarrollo del trabajo de grado y dar orientación general del documento de avance del Trabajo de Fin de Maestría (TFM) según la metodología seleccionada.
Director del Proyecto	Encargado de aplicar los controles de calidad y los ajustes sugeridos.

3.7.1.4 Entregables y procesos sujetos a revisión de calidad.

Tabla 8. *Entregables y procesos sujetos a revisión de calidad*

Ítem	Entregable	Proceso	Descripción
1	x		Ficha de Inscripción Propuesta Trabajo de Grado TFM
2	x		Acta de Formalización de Trabajo de Grado Bajo la Modalidad Proyecto Extensión
3	x		Informes de avance del TFM
4	x		Informe final de TFM
5	x		Acta de cierre del proyecto
6	x		Formatos evaluación ex post diligenciados.
7		x	Sustentación del TFM

Ítem	Entregable	Proceso	Descripción
8		x	Análisis de las etapas de pre-inversión, inversión, operación, lecciones aprendidas y cierre.

3.7.1.5 Actividades de control de calidad.

Tabla 9. *Actividades de control de calidad*

Ítem	Actividad
1	Analizar información fidedigna, a partir de análisis de documentos, actos administrativos e información generada y aportada por el Metro en las diferentes etapas del proyecto objeto de estudio.
2	Diligenciar formatos y listas de verificación de actividades realizadas.
3	Llevar registro y trazabilidad de las asesorías y reuniones realizadas.
4	Hacer seguimiento al cronograma del proyecto e informar el avance al director del trabajo de grado
5	Realizar oportunamente los ajustes y correcciones al TFM que sugiera el director de trabajo de grado.
6	Validar la integridad y autenticidad de la producción intelectual del TFM a través de la herramienta Turnitin de la Universidad.

3.7.1.6 Herramientas de calidad. Como principales herramientas de calidad que se utilizaran para el proyecto, se citan las hojas o formatos de recogida de datos, tablas de datos, hoja de verificación, gráficos de control para monitorear el avance del proyecto.

3.8 Gestión de los recursos del proyecto – Grupo de Procesos de Planificación

3.8.1 Estimar los recursos de las actividades

Para estimar los recursos de las actividades, que para el presente proyecto es básicamente estimar los recursos del equipo, toda vez que el proyecto no demanda adquisición de materiales,

equipamiento y suministros para ejecutar el trabajo del proyecto, se utilizó la técnica “Estimación Ascendente”, mediante la cual se estimaron los recursos del equipo a nivel de actividad, y luego se sumaron para desarrollar las estimaciones de los paquetes de trabajo.

Tabla 10. *Estimación de recursos de los paquetes de trabajo*

EDT	Nombre del componente/paquete	Recurso
1	**Dirección del proyecto**	
1.1	Project charter	Director del proyecto, Kit de elementos escritorio y papelería, computadora.
1.2	Plan para la dirección del proyecto	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, Kit de elementos de escritorio y papelería.
2	**Evaluación Ex Ante**	
2.1	Revisión de información.	Director del proyecto, profesional Metro, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
2.2	Factibilidad del proyecto.	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
2.3	Variables para medir.	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
3	**Evaluación de Seguimiento**	
3.1	Revisión de información	Director del proyecto, profesional Metro, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería, transporte
3.2	Procesos desarrollados	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
4	**Evaluación Ex Post**	
4.1	Planificado Vs Logrado	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
4.2	Antes / Después de Proyecto	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
4.3	Formatos diligenciados.	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
4.4	Análisis variables	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.

EDT	Nombre del componente/paquete	Recurso
4.5	Resultados	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
5	**Lecciones Aprendidas**	
5.1	Identificación	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
5.2	Registro	Director del proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
6	**Cierre**	
6.1	Plan de Mejora	Director de proyecto, profesional Metro, director del trabajo de grado, computadora, Kit de elementos de escritorio y papelería.
6.2	Informe Final	Director de proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.
6.3	Acta de Cierre	Director de proyecto, director del trabajo de grado, computadora, kit de elementos de escritorio y papelería.

3.9 Gestión de las comunicaciones del proyecto – Grupo de Procesos de Planificación

3.9.1 Planificar la gestión de las comunicaciones

Para planificar la gestión de las comunicaciones, se utilizó la técnica "Análisis de requisitos de comunicación", mediante la cual se determinó las necesidades de información de los interesados del proyecto a partir de la utilización de fuentes de información como vías de comunicación potenciales, registro de interesados, la organización del proyecto y de esta forma generar el plan de gestión de las comunicaciones, el cual contiene la siguiente información.

3.9.1.1 Requisitos de comunicación de los interesados.

Tabla 11. *Requisitos de comunicación de los interesados*

Ítem	Interesado	Requisito
1	Director del Proyecto	Las comunicaciones formales y no formales deben ser claras y articulada en un lenguaje comprensible.
2	Universidad USTA	Los informes de avances del proyecto deben presentarse en el formato modelo de TFM establecido por la Universidad cumpliendo normas APA
3	Director de trabajo de grado o tesis	Se debe presentar al director de trabajo de grado informes periódicos de avance.
4	Director del Proyecto	Se debe llevar registro y trazabilidad de las comunicaciones.
5	Metro de Medellín Ltda.	Las comunicaciones y/o solicitudes de información que se requieran realizar al Metro de Medellín Ltda., se dirigen directamente al profesional del Metro designado.
6	Metro de Medellín Ltda.	Se debe garantizar la confidencialidad de la información suministrada por el Metro y ser utilizada exclusivamente para el desarrollo del proyecto.

3.9.1.2 Información para comunicar.

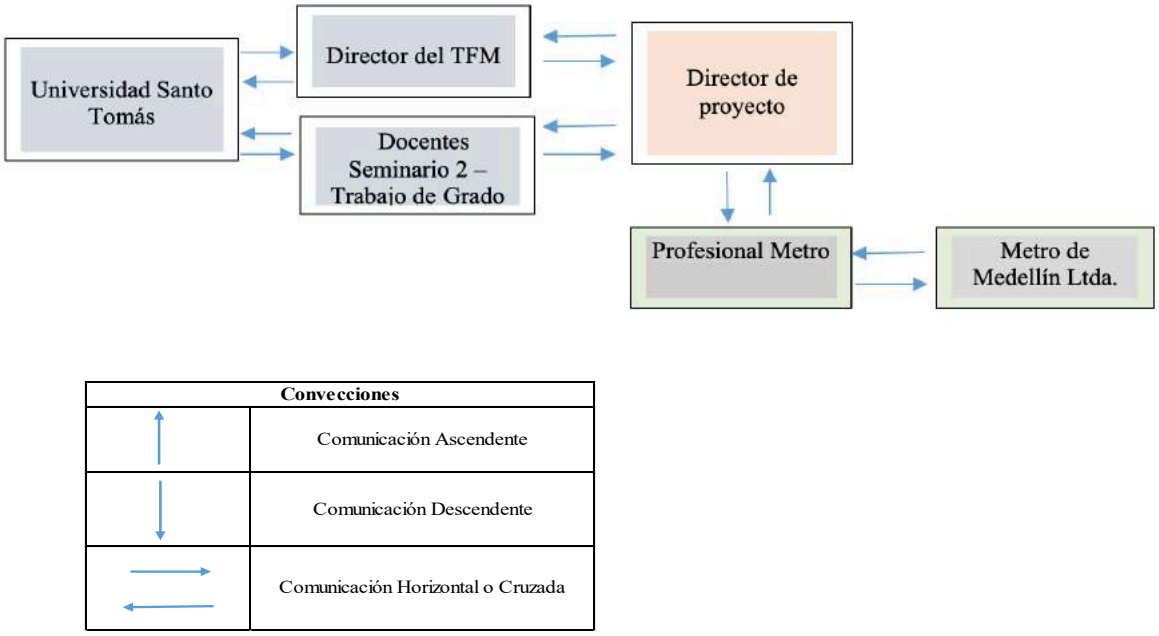
Tabla 12. *Información para comunicar*

Ítem	Información	Idioma	Contenido
1	Plan para la Dirección del Proyecto	Español	El plan de la dirección del proyecto que contenga los planes subsidiarios que correspondan y la información de los procesos a desarrollar.
2	Análisis componente Evaluación Ex Ante	Español	Procesos ejecutados y resultados del componente Evaluación Ex Ante del proyecto.
3	Análisis componente Evaluación Seguimiento	Español	Procesos ejecutados y resultados del componente Evaluación de Seguimiento del proyecto.
4	Análisis componente Evaluación Ex Post	Español	Procesos ejecutados y resultados del componente Evaluación Ex Post del proyecto.
5	Análisis componente Lecciones Aprendidas	Español	Procesos ejecutados y resultados del componente Lecciones Aprendidas del proyecto.
6	Análisis componente Cierre	Español	Procesos ejecutados y resultados del componente Cierre del proyecto.
7	Avances del Proyecto	Español	El avance y reportes del TFM según requerimientos y el cronograma definido por la Universidad para el curso Trabajo de Grado

Ítem	Información	Idioma	Contenido
8	Lecciones aprendidas	Español	Lecciones aprendidas identificadas y documentadas.
9	Plan de Mejora	Español	Acciones de mejoramiento propuestas.

3.9.1.3 Procesos de escalamiento. Las comunicaciones que se deban cruzar las partes con ocasión del desarrollo del trabajo del proyecto se llevaran a cabo según el esquema que se presenta a continuación.

Figura 13. *Procesos de escalamiento de las comunicaciones*



3.9.1.4 Requerimientos mínimos de comunicación del proyecto.

Tabla 13. *Tabla de Requerimientos de comunicación del proyecto*

Objetivo	Contenido	Método o tecnología	Frecuencia
Solicitud de reunión para conocer el proyecto objeto de estudio	Se hará con la finalidad de observar en terreno el proyecto objeto de estudio.	Email	4 veces
Informe de seguimiento	Presentación de avances del TFM.	Email	Cada 30 días
Asesorías de TFM	Se hará con el fin de recibir indicaciones y retroalimentación del director del trabajo de grado designado.	Microsoft Teams	Cada vez que se requiera
Comunicaciones no formales	Coordinar y agendar asesorías. Tratar aspectos puntuales del TFM.	Email, WhatsApp	Cada vez que se requiera
Reunión de finalización del proyecto	Reunión para validar el recibo a satisfacción del proyecto.	Microsoft Teams	Una sola vez
Informe final	Presentación del trabajo de grado o tesis	Email	Una sola vez

3.10 Gestión de los riesgos del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación

3.10.1 Identificar los riesgos

Para realizar la identificación de los riesgos, se utilizó la técnica "Habilidades interpersonales y del equipo", mediante la cual se identificaron riesgos individuales del proyecto y las fuentes de riesgo general del proyecto.

Tabla 14. *Identificación de los riesgos del proyecto*

Causas	Riesgo	Descripción	Consecuencias potenciales
Cambio en la designación del director de trabajo de grado	Retrasos en la revisión de avances y del producto final.	Revisión y asimilación de los avances del TFM por parte del nuevo director designado	Desajuste en el cronograma de asesorías.
Debilidades en el cruce de comunicaciones entre las partes	Demoras en la respuesta y/o información incompleta aportada por el profesional del Metro	La información requerida del proyecto objeto de estudio y suministrada por Metro de Medellín Ltda., se presenta con demoras en el tiempo de entrega o de forma incompleta	Retrasos y/o afectación en la ejecución del proyecto.

Causas	Riesgo	Descripción	Consecuencias potenciales
Interpretación inadecuada de las instrucciones y/o indicaciones dadas por el director del trabajo de grado designado	Entrega del producto final sin la calidad esperada.	Informe final de trabajo de grado con deficiencias en su contenido o sin los análisis y resultados esperados	Reproceso por ajustes requeridos.
Información no disponible o no existe registro suficiente de los procesos, actividades y productos desarrollados durante el ciclo de vida del proyecto objeto de estudio.	Acceso limitado a la información relevante del proyecto objeto de estudio	Dificultad para realizar la evaluación ex post por no contar con toda la información del proyecto requerida.	Afectación del logro de los objetivos del proyecto.
Múltiples compromisos y responsabilidades a cargo del director del proyecto.	Retrasos en la presentación de avances y del producto final.	Los informes de avance y el producto final se presentan por fuera de las fechas definidas en el cronograma.	Incumplimiento de los objetivos del proyecto.

3.10.2 Realizar el análisis cualitativo de riesgos

Para realizar el análisis cualitativo de riesgos se utilizó la técnica “Análisis de datos” mediante la cual se realizó la evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos, teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de los riesgos específicos y el efecto potencial sobre uno o más objetivos del proyecto.

En este sentido se construye la Matriz de Probabilidad de Impacto, en la cual los riesgos se clasifican con una escala de color que corresponde a Gris (Riesgo Muy Bajo), Azul (Riesgo Bajo), Verde (Riesgo Moderado), Amarillo (Riesgo Alto) y Rojo (Riesgo Muy Alto); y se les otorga un valor numérico a la probabilidad y el impacto, para que al multiplicarlos dé una puntuación que permita dar prioridad relativa a los riesgos individuales, como se presenta en las siguientes figuras para finalmente presentar la Matriz de Riesgos del proyecto.

Figura 14. *Matriz de probabilidad e impacto*

PROBABILIDAD	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25
		1	2	3	4	5
		IMPACTO				

Adaptado de “Matriz de Probabilidad de Impacto” del PMBOK® Sexta edición (2017).

Figura 15. *Tipos de riesgos*

TIPO DE RIESGO	VALOR ASIGNADO	OCURRENCIA
MUY BAJO	Mayor o igual a 1 y menor de 3	Riesgo de muy baja ocurrencia.
BAJO	Mayor o igual a 3 y menor de 5	Riesgo de baja ocurrencia.
MODERADO	Mayor o igual a 5 y menor de 10	Riesgo medio.
ALTO	Mayor o igual a 10 y menor que 15	Riesgo alto.
MUY ALTO	Mayor o igual a 15	Riesgo extremo.

Adaptado de “Matriz de Probabilidad de Impacto” del PMBOK® Sexta edición (2017).

Figura 16. *Matriz de riesgos del proyecto*

CÓDIGO	RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	CATEGORÍA	PROBABILIDAD	IMPACTO	P*I	TIPO DE RIESGO
R1	Retrasos en la revisión de avances y del producto final.	Contratiempos por revisión y asimilación de los avances del TFM por parte del nuevo director designado por la Universidad	Gestión	2	4	8	MODERADO
R2	Demoras en la respuesta y/o información incompleta aportada por el profesional del Metro	La información requerida del proyecto objeto de estudio y suministrada por Metro de Medellín Ltda., se presenta con demoras en el tiempo de entrega o de forma incompleta	Gestión	2	4	8	MODERADO
R3	Entrega del producto final sin la calidad esperada.	Informe final de trabajo de grado con deficiencias en su contenido o sin los análisis y resultados esperados	Técnico	1	5	5	BAJO
R4	Acceso limitado a la información relevante del proyecto objeto de estudio	Dificultad para realizar la evaluación ex post por no contar con toda la información del proyecto requerida.	Gestión	3	4	12	ALTO
R5	Retrasos en la presentación de avances y del producto final.	Los informes de avance y el producto final se presentan por fuera de las fechas definidas en el cronograma.	Gestión	3	5	15	MUY ALTO

3.10.3 Realizar el análisis cuantitativo de riesgos

El presente proyecto no requiere un análisis cuantitativo de riesgos, toda vez que este análisis no es necesario realizarlo en todos los proyectos, además de que se prevé que los riesgos identificados no son elevados y las consecuencias potenciales son manejables.

3.10.4 Planificar la respuesta a los riesgos

Para planificar la respuesta a los riesgos se utilizó la técnica “Estrategia para amenazas” mediante la cual se consideró la estrategia de mitigación de riesgos, para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o el impacto de una amenaza en los objetivos del proyecto.

Tabla 15. *Respuesta a los riesgos identificados*

Código	Riesgo	Respuesta	Responsable
R1	Retrasos en la revisión de avances y del producto final.	Comunicación permanente con el director del trabajo de grado designado.	Director del Proyecto
R2	Demoras en la respuesta y/o información incompleta aportada por el profesional del Metro	Gestionar con suficiente antelación las solicitudes de información. Detallar de manera clara y precisa las solicitudes de información que se requiere del proyecto. Confirmar recibo de comunicación.	Director del Proyecto
R3	Entrega del producto final sin la calidad esperada.	Concertar asesorías periódicas y realizar ajustes sobre cada avance presentado.	Director del Trabajo de Grado – director del Proyecto
R4	Acceso limitado a la información relevante del proyecto objeto de estudio	Acudir a diversos métodos para la recolección de información como investigación documental, recopilación de información estadística sobre el proyecto y su entorno, recolección de información por visitas a terreno, entrevistas con los diferentes actores sociales relacionados con el proyecto y su ambiente.	Director del Proyecto
R5	Retrasos en la entrega de informes de avance y producto final.	Planificar consecuentemente el trabajo para el desarrollo de las actividades del proyecto.	Director del Proyecto

3.11 Gestión de las adquisiciones del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación

Teniendo en cuenta que el presente proyecto comprende la realización de una evaluación ex post de corto plazo principalmente a partir de indagación y análisis documental, y como la gestión de adquisiciones involucra los procesos necesarios para la obtención de bienes y servicios requeridos para desarrollar el proyecto; se determinó que no es necesario efectuar contratación ni adquisición de bienes y servicios para la ejecución de las actividades propuestas. El proyecto sólo demanda articular esfuerzos por parte del talento humano y disponer de un computador, elementos de escritorio y papelería, que cada integrante adquiere por cuenta propia. No obstante, en el presupuesto del proyecto se han estimado recursos para financiar estos conceptos.

3.12 Gestión de los interesados del proyecto - Grupo de Procesos de Planificación

3.12.1 Planificar el involucramiento de los interesados

Para planificar el involucramiento de los interesados del proyecto, que fueron identificados previamente y relacionados en el acta de constitución del proyecto, se utilizó la técnica "Juicio de expertos", mediante la cual el director del proyecto con base en conocimientos en la política y estructuras de poder de la organización y fuera de la organización, buscó involucrar a los interesados del proyecto, teniendo en cuenta sus necesidades, expectativas, intereses y el posible impacto en el proyecto.

En razón a lo anterior se elaboró una estrategia para abordar a cada uno de los interesados identificados y mantener una relación cordial de participación y comunicación con cada uno de ellos para en la medida de lo razonablemente posible satisfacer sus necesidades. En esta estrategia se establece el medio de comunicación a utilizar (escrito, digital y oral), el tipo de información que se entregará al interesado con la aprobación del director del proyecto, el lenguaje a emplear con cada grupo, a través de que medio y con qué periodicidad.

Tabla 16. *Plan de involucramiento de los interesados*

Interesado	Nivel		Clasificación	Estrategia de involucramiento
	Interés	Poder		
Metro de Medellín Ltda.	Alto	Alto	Actor interno por lo cual se debe atender sus requisitos y manejar adecuadamente sus expectativas.	Son protagonistas en el sentido de que es el titular de la información objeto de estudio y el proyecto se desarrolla atendiendo un requerimiento de la empresa. **Medios de reporte:**

Interesado	Nivel		Clasificación	Estrategia de involucramiento
	Interés	Poder		
				Al final del proyecto, mediante informe enviado por correo electrónico.
Universidad Santo Tomás	Alto	Alto	Actor interno por lo cual se debe atender sus requisitos y manejar adecuadamente sus expectativas.	Son protagonistas en el sentido de que establecen los lineamientos y autorizan los jurados que dan el dictamen y la aprobación del trabajo de grado o tesis. **Medios de reporte:** Durante el desarrollo del proyecto mediante informes enviados por correo electrónico.
Alcaldía de Medellín	Alto	Bajo	Actor externo necesario mantenerlo informado.	Su participación puede ser importante para que se incremente el número de evaluaciones de resultados e impacto de los proyectos liderados y ejecutados por el Municipio.
Contraloría General de Medellín	Alto	Bajo	Actor externo necesario mantenerlo informado.	Su participación puede ser importante para que se realice un control fiscal efectivo procurando el buen uso de los recursos y bienes públicos.
Área Metropolitana del Valle de Aburrá	Alto	Bajo	Actor externo necesario mantenerlos informados.	Su participación puede ser importante para orientar a las entidades a la formulación y ejecución de nuevos proyectos de desarrollo sostenible para la ciudad de Medellín.
Equipo del Proyecto	Alto	Alto	Actor interno por lo cual se deben atender sus requisitos y manejar adecuadamente sus expectativas ya que de ellos depende en gran parte el logro de los objetivos.	Directamente involucrados y encargados del desarrollo del proyecto. **Medios de reporte:** Periódicamente, de forma mensual o cada vez que se requiera impartir una instrucción o enviar informes. Correo electrónico, Chats, Informes, Plataforma Virtual.

4. Resultados

Esta sección describe los grupos de procesos de ejecución, monitoreo y control, y cierre de cada una de las áreas de conocimiento del proyecto que se abordan con base en los lineamientos del *Project Management Institute (PMI).*

4.1 Gestión de la integración del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución

4.1.1 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto

Para llevar a cabo el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto, se utilizaron las herramientas y técnicas Juicio de Expertos y Reuniones, para lo cual se consideró la pericia y conocimientos técnicos del director del proyecto respecto a la empresa Metro de Medellín Ltda., contratación estatal, control fiscal y gestión de proyectos públicos; así como también la pericia y conocimientos del director de trabajo de grado sobre la guía y el estándar para la dirección de proyectos del *Project Management Institute (PMI)*. También se realizaron algunas reuniones entre el equipo del proyecto, la universidad y la empresa para discutir y abordar los asuntos pertinentes del proyecto durante la dirección y gestión del trabajo del proyecto.

A continuación, se presentan los principales entregables del trabajo del proyecto que están relacionados con los módulos descritos en el marco referencial y corresponden a los resultados generados al desarrollar los componentes evaluación ex ante, evaluación de seguimiento, evaluación ex post de las etapas de pre-inversión, inversión, operación, del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, así como también en relación con las lecciones aprendidas identificadas durante la evaluación y con el plan de mejoramiento que se propone en el cierre del proyecto, en

pro de aportar al mejoramiento continuo de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente formulados, planeados y gestionados por el Metro de Medellín Ltda.

4.1.1.1 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto - Evaluación Ex Ante. Como primera etapa llevada a cabo del modelo de evaluación ex post propuesto y a partir de las actividades contempladas y realizadas en el componente evaluación ex ante, se presenta un resumen de los resultados obtenidos con base en la revisión y análisis documental de la información y documentos aportados por el Metro de Medellín Ltda., concernientes a la evaluación ex ante del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, en donde se analizó las consideraciones técnicas, económicas, legales y ambientales que tuvo en cuenta la empresa para determinar llevar a cabo el proyecto.

4.1.1.1.1 Viabilidad técnica y económica. En el año 2014 el Metro de Medellín Ltda. inicio exploración y estudios para determinar la viabilidad del proyecto generación solar fotovoltaica. No obstante, se encontró un costo elevado y falta de madurez de la tecnología en Colombia para el año 2014.

Sin embargo, nuevos estudios revelaron que en los años siguientes se presenta una reducción a nivel mundial del costo de las tecnologías renovables y una inclusión de la energía solar fotovoltaica, como se describe a continuación.

La capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en el mundo aumentó considerablemente, desde el año 2014 al 2019, pasando de 175.617 MW a 584.686 MW, un incremento del 232,93%, reflejando con ello una mayor aceptación y eficiencia del sistema (International Renewable Energy Agency, 2022).

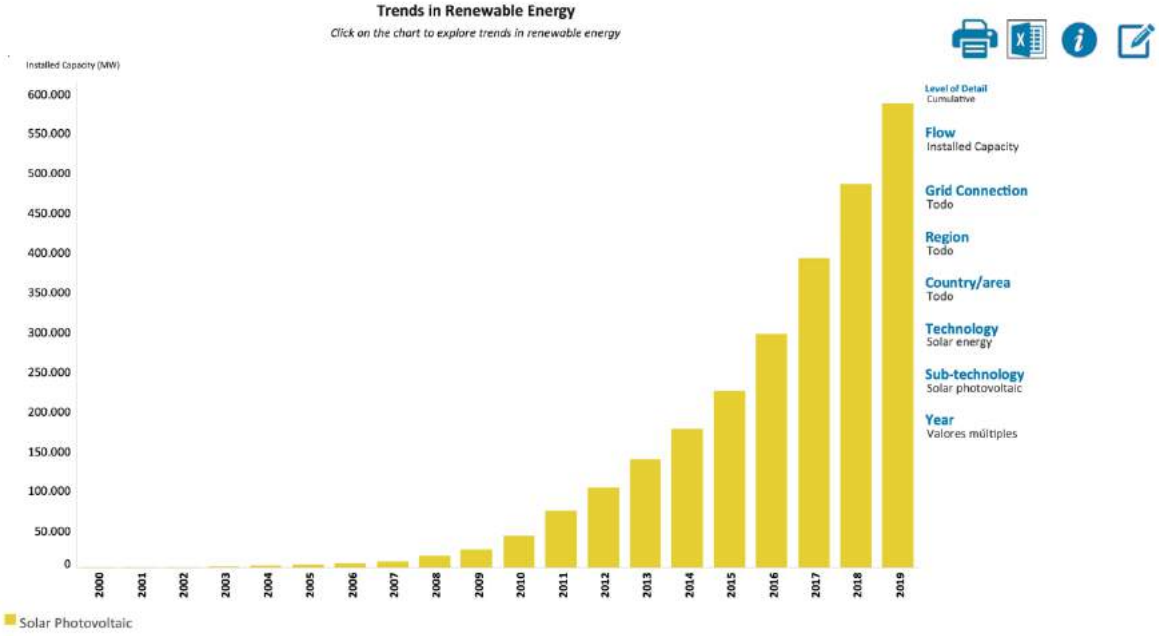
En la tabla y figura siguiente se presenta la capacidad anual instalada de energía solar fotovoltaica en el mundo para el periodo 2014 al 2019.

Tabla 17. *Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en el Mundo*

Año	MW	% Aumento respecto al 2014
2014	175.617	
2015	223.204	27,10%
2016	295.229	68,11%
2017	390.207	122,19%
2018	483.012	175,04%
2019	584.686	232,93%

Tomado de International Renewable Energy Agency – IRENA (2022)

Figura 17. *Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en el Mundo*



Tomado de International Renewable Energy Agency - IRENA (2022).

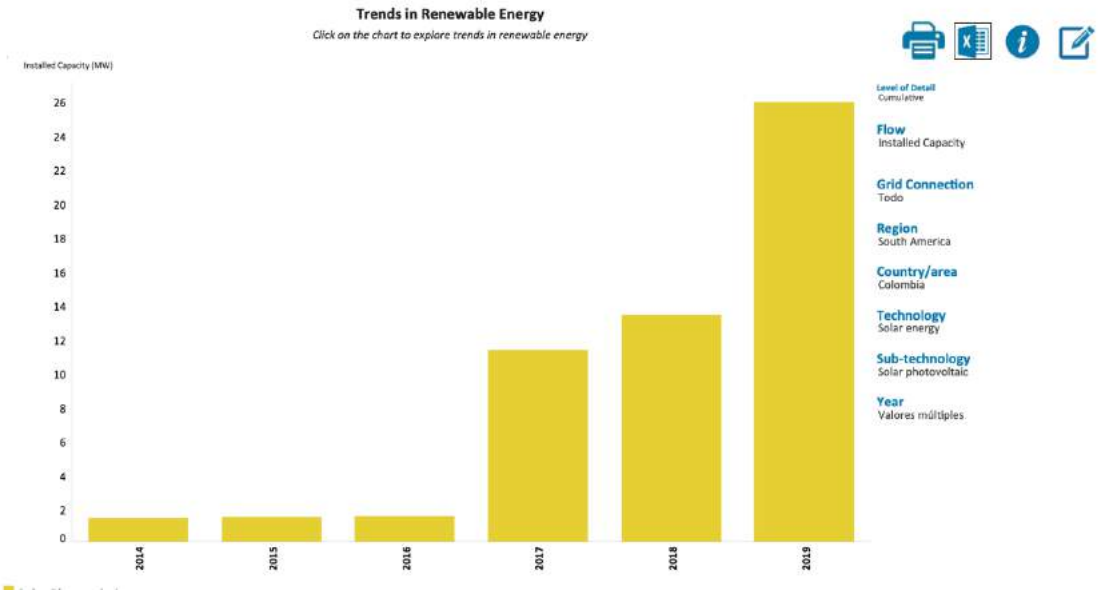
De la misma manera, la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en Colombia presentó un notable incremento en el año 2019 en comparación con el año 2014, pasando de 1,42 MW a 25,92 MW, un incremento del 1.725,35%, como se detalla en la tabla 18 y se presenta en la figura 18 (International Renewable Energy Agency, 2022).

Tabla 18. *Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en Colombia*

Año	MW	% Aumento respecto al 2014
2014	1,42	
2015	1,46	2,82%
2016	1,52	7,04%
2017	11,32	697,18%
2018	13,38	842,25%
2019	25,92	1725,35%

Tomado de International Renewable Energy Agency - IRENA (2022).

Figura 18. *Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en Colombia*



Tomado de International Renewable Energy Agency – IRENA (2022).

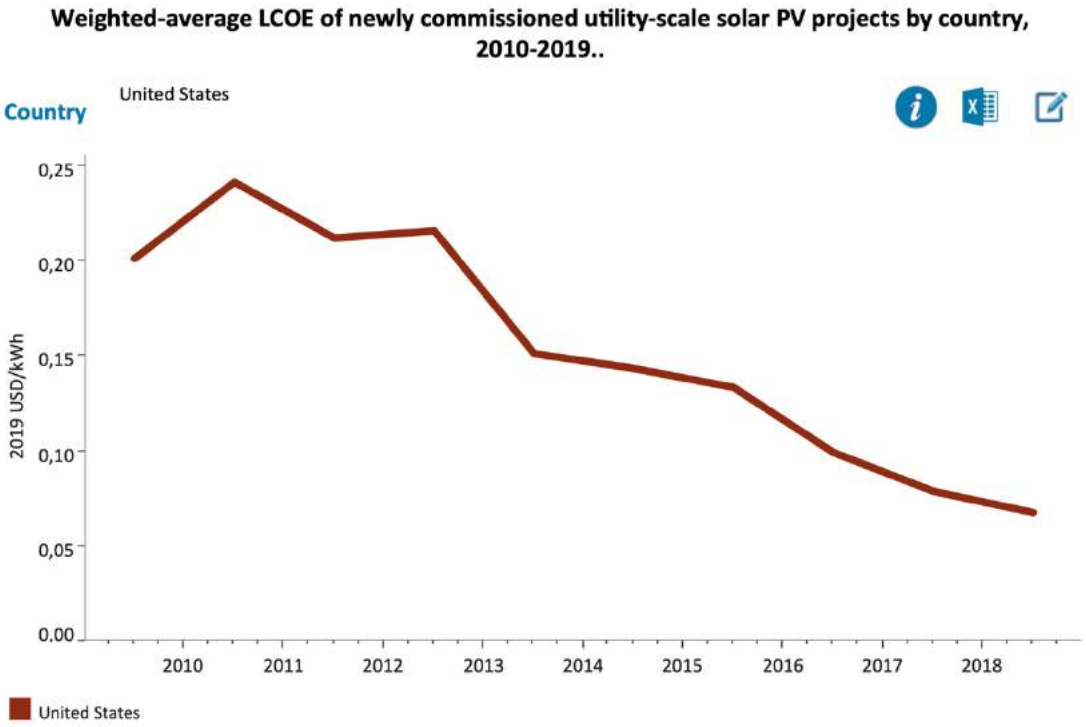
Respecto a los costos de la energía solar, se encontró que en el mundo los costos de generación con dicha tecnología han disminuido considerablemente desde el año 2014. Por ejemplo, en los Estados Unidos los costos pasaron de 0,2015 USD/KWh en el año 2010 a 0,0677 USD/KWh en el año 2019, lo que representa una reducción del 66,4% (International Renewable Energy Agency, 2022).

Tabla 19. *Costos energía solar fotovoltaica en Estados Unidos*

Año	USD/KWh	% Aumento respecto al 2010
2010	0,2015	
2011	0,2417	20,0%
2012	0,2123	5,4%
2013	0,2161	7,2%
2014	0,1514	-24,9%
2015	0,1436	-28,7%
2016	0,1336	-33,7%
2017	0,0993	-50,7%
2018	0,0789	-60,8%
2019	0,0677	-66,4%

Tomado de International Renewable Energy Agency – IRENA (2022).

Figura 19. *Costos energía solar fotovoltaica en los Estados Unidos.*



Tomado de International Renewable Energy Agency – IRENA (2022).

A partir de la información presentada se logró concluir que los sistemas de generación solar fotovoltaica son cada vez más competitivos, están teniendo una gran aceptación a nivel mundial y en la "medida en que la tecnología fotovoltaica incrementa su rentabilidad y disponibilidad, crece su potencial como principal fuente de energía con bajas emisiones de carbono" (ONU, 2022, párr. 6). Esto significa que al disminuir los costos de generación y al ser la tecnología solar cada vez más eficiente, se ha favorecido el uso e implementación en diferentes proyectos de energía solar, siendo estos factores técnicos y económicos que hicieron viable el proyecto desarrollado por el Metro de Medellín Ltda., según los estudios realizados por la empresa respecto a la tecnología implementada y su evolución económica.

4.1.1.1.2 Estudio de mercado y consideraciones técnicas. El 31 de julio de 2019, el Metro de Medellín Ltda. realizó estudio de mercado de carácter no vinculante con 10 empresas para el diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica en cubiertas de instalaciones de la empresa, puntualmente en el parqueadero de la sede administrativa, cuatro (4) estaciones de Metrocable y en las vías 104 y 105 del taller de mantenimiento, considerando una potencia máxima a instalar de 440kWp (Metro de Medellín Ltda., 2019).

Como resultado de los estudios, se encontró que el mercado nacional presenta interés para el desarrollo de proyectos de energía solar fotovoltaica en cubiertas aprovechando el potencial de radiación solar con el que cuenta Colombia, además de que se ofrecen paneles solares con potencia que oscila entre 340W a 400W. Sin embargo, los equipos como paneles solares e inversores que hacen parte del sistema de generación solar fotovoltaica deben ser importados.

Ahora bien, de acuerdo con la disponibilidad de recursos para el proyecto y según el análisis de las ofertas presentadas se determinó ejecutar, en una primera fase, una zona del parqueadero de la Sede Administrativa y 4 estaciones del Metrocable, para lo cual se estimó un presupuesto oficial para la contratación de COP 757.425.219 amparado con los Certificados de Disponibilidad Presupuestal (CDP) Nos. 30012759 y 30012760. Además, se estimó una duración de ocho (8) meses para la ejecución según análisis con metodología *PERT (Proyect Evaluation and Review Techniques)*, para planificación de proyectos y un mes adicional para trámites adicionales que podrían requerirse (Metro de Medellín Ltda., 2019).

Para el caso de los paneles solares, las cantidades a considerar para el parqueadero de la sede administrativa y las cuatro estaciones de los Metrocable corresponde mínimo a 306 paneles solares y 128 kWp, como se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 20. *Presupuesto oficial estimado*

Instalación	Valor proyecto (COP)	kWp (Potencia estimada a instalar)	Cantidad estimada de paneles SFV a instalar
Parqueadero Sede Administrativa	$452.111.605	85	230
Estaciones Metrocables	$305.313.614	43	116
Total (impuestos incluidos)	$757.425.219	128	346

Adaptado de Informe Estudio de Mercado 22 de agosto de 2019. Metro de Medellín Ltda. (2019).

Es de anotar que el proyecto buscaba suplir parte de la energía eléctrica que se consume en la sede administrativa y cuatro estaciones de Metrocable, generando un ahorro de energía durante la vida útil del proyecto de acuerdo con los costos de energía de las facturas emitidas por el operador de red, además de que con base a proyecciones y cálculos realizados se estimó una TIR del 12% (Metro de Medellín Ltda., 2019).

En correlación con lo anterior se presenta en las tablas 21 y 22, la proyección de la inversión, la potencia estimada a instalar en el parqueadero de la sede administrativa y en cada una de las 4 estaciones del Metrocable, el consumo de energía promedio mensual en dichos puntos y la generación estimada a proveer el sistema fotovoltaico, con lo cual es posible estimar el ahorro de energía para el primer año de operación y subsiguientes.

Tabla 21. *Detalle de la inversión*

Instalación Metro	Inversión COP	Potencia sistema a instalar kW	No módulos de 370W c/u	Consumo Energía promedio mensual (kWh)	Generación estimada mensual (kWh)	% Energético suplido con planta PV
Sede Administrativa	458.399.200	71,78	194	42.508	7.835	18%
Estación Metrocable 13 Noviembre	73.444.348	16,28	44	3.215	1.778	55%
Estación Metrocable El Pinal	72.577.912	16,28	44	4.213	1.718	41%

Instalación Metro	Inversión COP	Potencia sistema a instalar kW	No módulos de 370W c/u	Consumo Energía promedio mensual (kWh)	Generación estimada mensual (kWh)	% Energético suplido con planta PV
Estación Metrocable Villa Sierra	58.579.984	6,66	18	5.053	717	14%
Estación Metrocable Las Torres	74.849.244	17,02	46	4.249	2.113	50%
Total	**737.850.688**	**128**	**346**			

Adaptado de informe presentado al Metro de Medellín Ltda. por Unión Temporal COINSI-HERSIC (2020).

Tabla 22. *Proyección Ahorro de energía 2021*

Instalación Metro	Generación estimada anual (kWh)	Valor estimado promedio anual energía kWh 2021	Ahorro estimado por generación PV en $kWh/ Anual para 2021	Valor kWh SFV	% Ahorro frente al costo del kWh	TIR Proyecto
Sede Administrativa	94.020	263,71	24.794.014	$220,02	17%	5%
Estación Metrocable 13 Noviembre	21.336	480,11	10.243.627	$155,38	68%	16%
Estación Metrocable El Pinal	20.616	480,11	9.897.948	$158,91	67%	16%
Estación Metrocable Villa Sierra	8.603	480,11	4.130.386	$307,28	36%	8%
Estación Metrocable Las Torres	25.356	480,11	12.173.669	$133,23	72%	18%
Total	**169.931**		**61.239.644**			**12%**

Adaptado de informe presentado al Metro de Medellín Ltda. por Unión Temporal COINSI-HERSIC (2020).

Por otra parte, un factor importante que se consideró dentro de la evaluación ex ante es la radicación solar en Medellín, ya que según el Mapa de Radiación Solar Global Sobre una Superficie Plana de la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, e informe presentado por la Unión Temporal COINSI al Metro de Medellín Ltda. se indica que:

La posición geográfica del Parqueadero Sede Administrativa Bello y las cuatro estaciones Metrocable del Metro de Medellín Ltda., permite acceder a más de 4.0 – 4.5 horas/día en

promedio de radiación. Aun, en condiciones de cierta nubosidad, los paneles solares están recogiendo energía (2020, p.3)

Como complemento a los estudios de viabilidad económica, en el apéndice F del trabajo se presenta un resumen del cálculo de ahorro de energía durante la vida útil del proyecto de acuerdo con los costos de energía de las facturas emitidas por el operador de red para la instalación, asumiendo que:

> Los paneles solares cuentan con una garantía de 25 años por eficiencia, la cual para el año 25 su capacidad de generación estará alrededor de un 80%, lo que implica que cada año va a tener un % de disminución en su generación (Unión Temporal COINSI-HERSIC, 2020, p. 9)

Los datos antes citados, revelan que la vida útil de los paneles solares es de 25 años, toda vez que la potencia disminuirá en un 20% debido al desgaste de las células. No obstante, si se adquieren paneles de calidad y se les realiza un mantenimiento periódico, la vida útil de un panel solar puede llegar a los 30 años.

4.1.1.1.3 Viabilidad legal. En Colombia se han expedido leyes y normas que otorgan beneficios tributarios que incentivan la transición energética a fuentes no convencionales de energía, como las que se citan a continuación.

Ley 1715 de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, la cual otorga:

- Exención del pago de los Derechos Arancelarios de importación.
- Exclusión del impuesto a las ventas (IVA) en la adquisición de bienes y servicios para el desarrollo de proyectos de generación y gestión eficiente de la energía.

- Deducir del Impuesto de Renta hasta el 50% del valor de las inversiones.
- Depreciación acelerada.

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

Resolución 000203 de 2020. Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para acceder a los beneficios tributarios en inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE).

Al respecto, se entiende por Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) a la solar o la eólica, ya que son "recursos de energía disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente" (Ministerio de Minas y Energía, 2022, párr. 1).

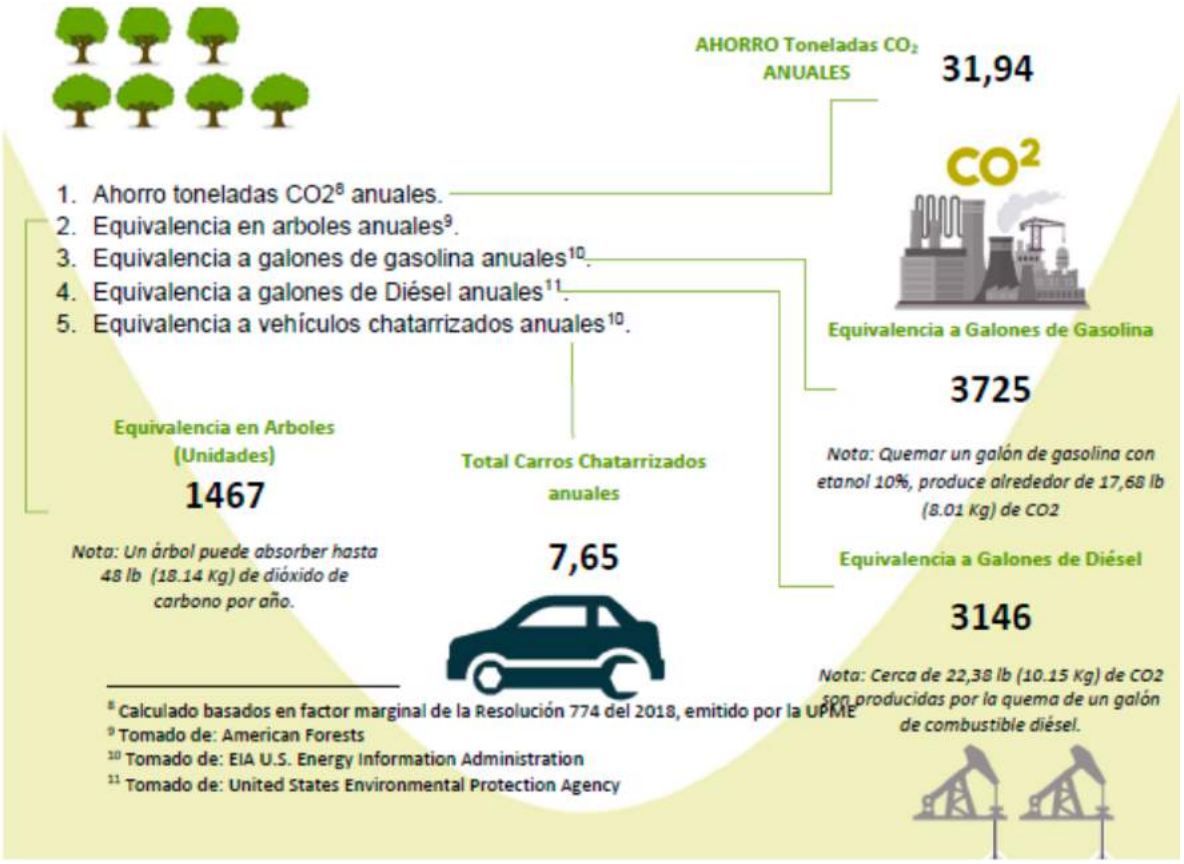
Es así como el proyecto de Generación Solar Fotovoltaica desarrollado por el Metro de Medellín Ltda., al ser catalogado como un proyecto de tipo FNCE, resulta atractivo desde el punto de vista de la inversión al tener beneficios tributarios que otorga el Gobierno Nacional, lo que representa ahorros para la empresa al reducir su carga impositiva durante la inversión.

4.1.1.1.4 Viabilidad ambiental. Llevar a cabo el proyecto contribuyó al cumplimiento del objetivo mundial No 7 de desarrollo sostenible, definido como Energía asequible y no contaminante.

Al respecto, se estimó que, para la Sede Administrativa, el sistema de generación fotovoltaico al generar energía por 94.020 kWh anuales, representa dejar de emitir 31,94 toneladas de CO2 anuales, lo que equivale a 1467 arboles anuales, 7,65 carros chatarrizados anuales, 3725

galones de gasolina y 3146 galones de diésel, según cálculos basados en factor marginal de la Resolución 774 del 2018, emitida por la UPME (Unión Temporal COINSI-HERSIC, 2020).

Figura 20. *Análisis ambiental Sede Administrativa*



Adaptado de presentación Metro de Medellín Ltda. e informe Unión Temporal COINSI-HERSIC (2020).

Además de conformidad con la resolución 382 del 2021 emitida por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), en Colombia, se sabe que el Factor de Emisiones (FE) para proyectos eólicos y solares en el año 2020 fue de 662 gCO2/kWh.

En las tablas siguientes se presenta un resumen del cálculo de la huella de carbono evitada y equivalencias según generación estimada de energía del sistema fotovoltaica por cada una de las estaciones del Metrocable y la sede administrativa.

Tabla 23. *Huella de carbono evitada 2021*

Instalación Metro	Consumo Energía promedio anual (kWh)	Generación estimada anual (kWh)	Ahorro Toneladas CO2 Anuales
Sede Administrativa	510.096	94.020	31,94
Estación Metrocable 13 Noviembre	38.580	21.336	7,25
Estación Metrocable El Pinal	50.556	20.616	7,00
Estación Metrocable Villa Sierra	60.636	8.604	2,92
Estación Metrocable Las Torres	50.988	25.356	8,61
Total	**710.856**	**169.932**	**57,73**

Adaptado a partir de informe evaluativo Unión Temporal COINSI-HERSIC (2020).

Tabla 24. *Equivalencias de la Huella de carbono evitada 2021*

Instalación Metro	Generación estimada anual (kWh)	Ahorro Toneladas CO2 anuales	Equivalencia arboles anuales	Equivalencia carros chatarrizados	Equivalencia galones de gasolina
Sede Administrativa	94.020	31,94	1467	7,65	3725
Estación Metrocable 13 Noviembre	21.336	7,25	333	1,74	845
Estación Metrocable El Pinal	20.616	7,00	322	1,68	817
Estación Metrocable Villa Sierra	8.604	2,92	134	0,70	341
Estación Metrocable Las Torres	25.356	8,61	396	2,06	1005
Total	**169.932**	**57,73**	**2651**	**13,83**	**6733**

Adaptado a partir de informe evaluativo Unión Temporal COINSI-HERSIC (2020).

4.1.1.1.5 Resultados evaluación Ex – Ante. Según el estudio y análisis realizado en el año 2019 por Metro de Medellín Ltda., y las consideraciones expuestas anteriormente se concluye que el estudio de viabilidad demostró factores técnicos, económicos, legales y ambientales relevantes que soportan la decisión que tomó la empresa para llevar a cabo el proyecto.

4.1.1.1.6 Variables a analizar y evaluar en la evaluación ex post. Teniendo en cuenta que el proyecto generación solar fotovoltaica entró en operación a finales del año 2020, la evaluación ex post a corto plazo tendrá un alcance a diciembre de 2021, analizando y evaluando las siguientes variables:

- Ahorro de energía proyectado vs real para el año 2021, por generación fotovoltaica en $ anual.
- Huella de carbono evitada proyectada vs real para el año 2021, por generación fotovoltaica en CO2.
- Eficacia del proyecto, teniendo en cuenta que se "debe cumplir los objetivos planteados y lograr los resultados previstos" (Contraloría General de la República, 2019, p. 119).
- Eficiencia del proyecto, teniendo en cuenta que se debe optimizar "los recursos e insumos utilizados frente a los resultados obtenidos al menor costo en igualdad de condiciones de calidad y oportunidad" (Contraloría General de la República, 2019, p. 240).

4.1.1.2 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto - Evaluación de Seguimiento. A partir de las actividades contempladas y realizadas en el componente evaluación de seguimiento, se presenta un resumen de la información más relevante relacionada con la gestión realizada por el

Metro de Medellín Ltda., al llevar cabo los procesos de inicio, planeación, ejecución, monitoreo y control, y cierre del proyecto en la etapa de inversión del proyecto Generación Solar Fotovoltaica.

4.1.1.2.1 Procesos de inicio. En correlación con el grupo de procesos de inicio del PMBOK® Sexta edición, y dentro de la fase de inicio del proyecto, el Metro de Medellín Ltda. aprobó el presupuesto oficial para la contratación de COP 757.425.219 amparado con los Certificados de Disponibilidad Presupuestal (CDP) Nos. 30012759 y 30012760. Seguidamente y según lo dispuesto en su manual de contratación Resolución JD 151 de 2017, publicó el 9 de octubre de 2019 en la página web de la Empresa el proceso de contratación 002672R y sus documentos regulatorios (Metro de Medellín Ltda., 2019).

Dentro del término establecido para presentar ofertas, se recibieron 4 ofertas, las cuales al ser evaluadas, se decidió el 27 de noviembre de 2019 aceptar la oferta mercantil más favorable presentada por el oferente Unión Temporal COINSI-HERSIC para el "Diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en instalaciones de la Empresa para autoabastecimiento energético", por un valor estimado de $737.850.668 (incluido IVA y AU) y un plazo de ejecución de 8 meses, contado a partir de la fecha de suscripción del Acta de Inicio por parte del Contratista y de la supervisión designada por parte de la Empresa. Además, el valor a pagar al contratista se encuentra soportado en el Registro Presupuestal No 4700043672 y 4700043673 (Metro de Medellín Ltda., 2019).

Por otra parte, como el contratista aportó las garantías pactadas en el contrato y el plan de inversión de anticipo, las cuales fueron aprobadas por la Empresa el 11 de diciembre de 2019, se acordó la suscripción e inicio del contrato el 12 de diciembre de 2019, fijando como fecha de terminación el 12 de agosto de 2020 (Metro de Medellín Ltda., 2019).

En el apéndice del trabajo se presenta el modelo de Acta de Constitución del Proyecto Generación Solar Fotovoltaica, desarrollada con base en la información disponible y aportada por el Metro de Medellín Ltda.

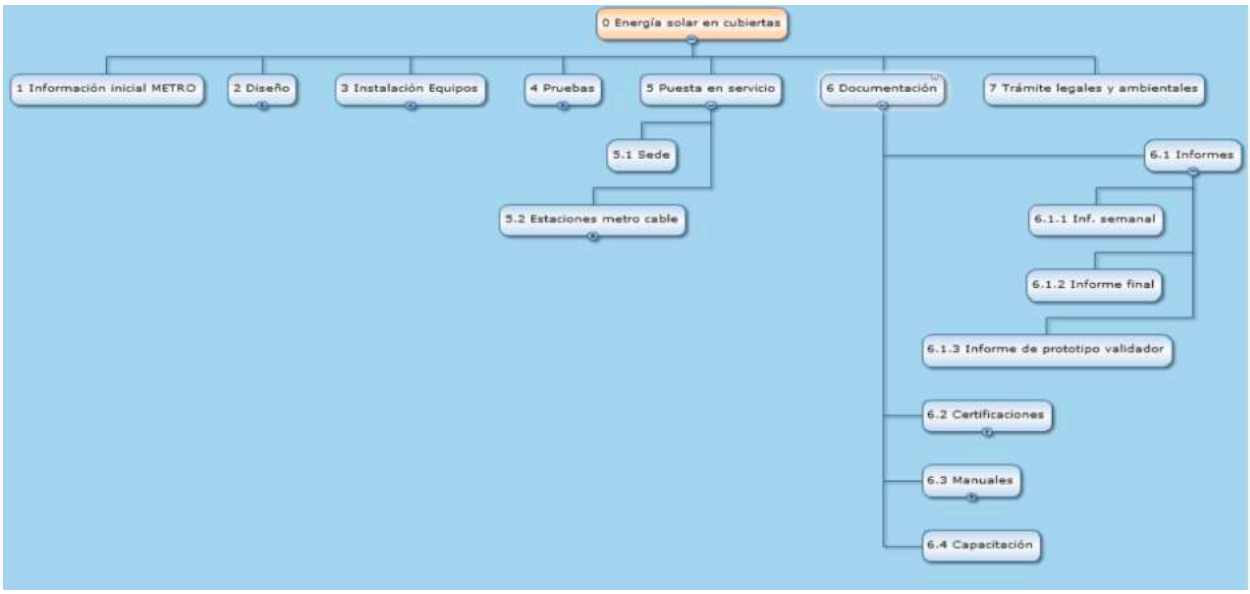
4.1.1.2.2 Procesos de planeación. En correlación con el grupo de procesos de planificación del PMBOK® Sexta edición, y según las disposiciones contenidas en el manual de contratación del Metro de Medellín Ltda., Resolución de Junta Directiva No. 151 de 2017, se evidenció que la empresa llevó a cabo varios procesos por medio de los cuales desarrolló un plan para la dirección del proyecto, en el que se contempló el modo en que el proyecto sería ejecutado, monitoreado y controlado, y cerrado. En este sentido algunos de los resultados producidos en la fase de planeación que se encuentran en el plan para la dirección del proyecto son:

Recopilación de requisitos: Los requisitos del proyecto se definen en el documento especificaciones técnicas que hace parte integral del contrato 02672C-19 suscrito el 27 de noviembre de 2019 con Unión Temporal COINSI-HERSIC (Metro de Medellín Ltda., 2019).

Definición del alcance: El alcance del proyecto quedó definido en 21 ítems dentro de la minuta de contrato, y comprende el diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en instalaciones de LA EMPRESA para autoabastecimiento energético, con capacidad de mínimo 128 kWp distribuidos en las cubiertas del Parqueadero de la Sede administrativa y las cuatro estaciones de los Metrocables de las líneas H y M: El Pinal, Trece de Noviembre, Las Torres y Villa Sierra (Metro de Medellín Ltda., 2019).

Creación de la EDT/WBS: La estructura de desglose de trabajo comprende 7 componentes de nivel superior como se observa en la figura siguiente.

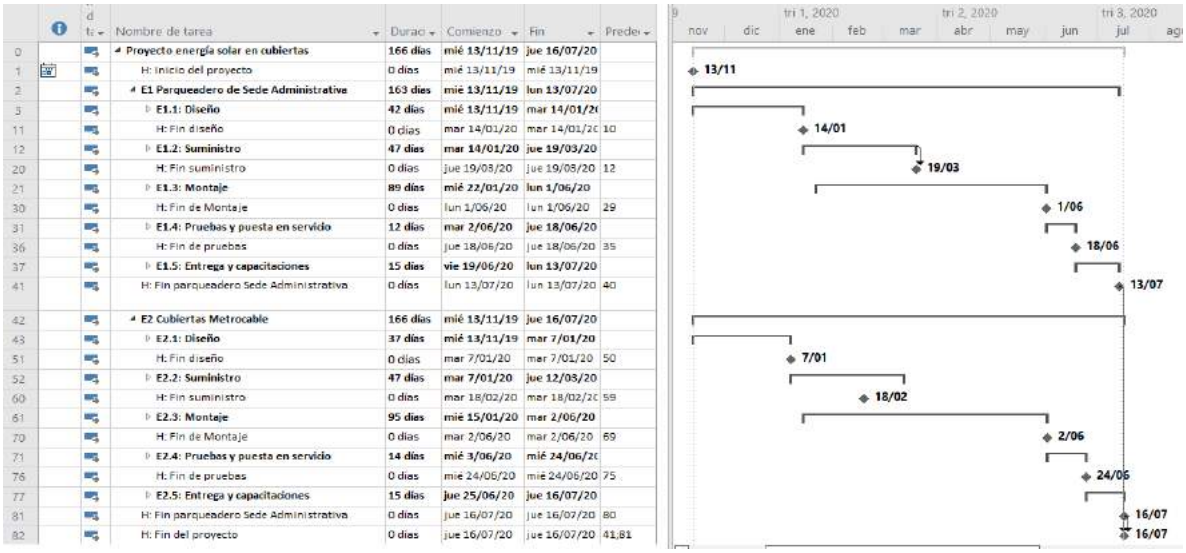
Figura 21. *Estructura de desglose de trabajo EDT del proyecto Generación Solar Fotovoltaica*



Adaptado de presentación proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2019).

El cronograma del proyecto: en la figura siguiente se presenta el cronograma resumen inicial para la ejecución de las actividades del proyecto.

Figura 22. *Cronograma resumen del proyecto Generación Solar Fotovoltaica*



	Nombre de tarea	Duraci	Comienzo	Fin	Predec
0	Proyecto energía solar en cubiertas	166 días	mié 13/11/19	jue 16/07/20	
1	H: Inicio del proyecto	0 días	mié 13/11/19	mié 13/11/19	
2	E1 Parqueadero de Sede Administrative	163 días	mié 13/11/19	lun 13/07/20	
3	E1.1: Diseño	42 días	mié 13/11/19	mar 14/01/2	
11	H: Fin diseño	0 días	mar 14/01/20	mar 14/01/2	10
12	E1.2: Suministro	47 días	mar 14/01/20	jue 19/03/20	
20	H: Fin suministro	0 días	jue 19/03/20	jue 19/03/20	12
21	E1.3: Montaje	89 días	mié 22/01/20	lun 1/06/20	
30	H: Fin de Montaje	0 días	lun 1/06/20	lun 1/06/20	29
31	E1.4: Pruebas y puesta en servicio	12 días	mar 2/06/20	jue 18/06/20	
36	H: Fin de pruebas	0 días	jue 18/06/20	jue 18/06/20	35
37	E1.5: Entrega y capacitaciones	15 días	vie 19/06/20	lun 13/07/20	
41	H: Fin parqueadero Sede Administrativa	0 días	lun 13/07/20	lun 13/07/20	40
42	E2 Cubiertas Metrocable	166 días	mié 13/11/19	jue 16/07/20	
43	E2.1: Diseño	37 días	mié 13/11/19	mar 7/01/20	
51	H: Fin diseño	0 días	mar 7/01/20	mar 7/01/20	50
52	E2.2: Suministro	47 días	mar 7/01/20	jue 12/03/20	
60	H: Fin suministro	0 días	mar 18/02/20	mar 18/02/2	59
61	E2.3: Montaje	95 días	mié 15/01/20	mar 2/06/20	
70	H: Fin de Montaje	0 días	mar 2/06/20	mar 2/06/20	69
71	E2.4: Pruebas y puesta en servicio	14 días	mié 3/06/20	mié 24/06/2	
76	H: Fin de pruebas	0 días	mié 24/06/20	mié 24/06/20	75
77	E2.5: Entrega y capacitaciones	15 días	jue 25/06/20	jue 16/07/20	
81	H: Fin parqueadero Sede Administrativa	0 días	jue 16/07/20	jue 16/07/20	80
82	H: Fin del proyecto	0 días	jue 16/07/20	jue 16/07/20	41,81

Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda., 2019.

El presupuesto: en la tabla siguiente se presenta un resumen del presupuesto del proyecto para cada uno de los puntos de instalación. Es de anotar que el presupuesto detallado presenta los ítems, descripción, cantidad, valor unitario y valor total de los suministros de elementos y equipos, servicios, componentes de obra, software y licencia requeridos.

Tabla 25. *Presupuesto del proyecto Generación Solar Fotovoltaica*

Instalación	Detalles del Proyecto	Valor Total, IVA incluido (pesos)
1	Parqueadero Sede Administrativa	458.399.200
2	Estación Metrocable 13 Noviembre	73.444.348
3	Estación Metrocable El Pinal	72.577.912
4	Estación Metrocable Villa Sierra	58.579.984
5	Estación Metrocable Las Torres	74.849.244
	Valor total de la propuesta	**737.850.688**

Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2019).

Recursos de las actividades: Dentro de los principales recursos necesarios para desarrollar los paquetes de trabajo o actividad dentro de un paquete de trabajo, se identificaron los siguientes:

Tabla 26. *Principales recursos de las actividades del proyecto Generación Solar Fotovoltaica*

Tipo de Recurso	Recurso	Cantidad (und)
Personal	Profesional en ingeniería eléctrica responsable de la instalación solar fotovoltaica	1
Personal	Profesional en ingeniería responsable de los diseños de la instalación solar fotovoltaica	1
Personal	Personal competente en SST propio de la empresa	1
Personal	Residente SST	1
Elementos y equipos	Paneles solares	346
Elementos y equipos	Inversores	6

Tipo de Recurso	Recurso	Cantidad (und)
Elementos y equipos	Medidor de radiación solar	5
Elementos y equipos	Medidor de energía bidireccional	5
Elementos y equipos	Estructura de soporte de paneles	346
Elementos y equipos	Cajas de conexión	5
Servicios	Diseño	5
Servicios	Capacitación	5
Componente de obra	Instalación	5
Componente de obra	Pruebas y puesta en servicio	5

Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2019).

Planificación de la gestión de los riesgos: El Metro de Medellín Ltda. realiza permanente la gestión de sus riesgos y para el caso particular del proyecto Generación Solar Fotovoltaica se identificaron y analizaron 12 riesgos, que están clasificados en operacionales (10), de la naturaleza (1) y de tipo sociales o políticos (1), como se presenta en la siguiente tabla (Metro de Medellín Ltda., 2019).

Tabla 27. *Riesgos del proyecto Generación Solar Fotovoltaica*

Tipo	Riesgo	Probabilidad	Severidad	Magnitud
Operacionales	Seriedad del ofrecimiento	Bajo	Bajo	Tolerable
Operacionales	Incumplimiento del contrato	Bajo	Medio Bajo	Tolerable
Operacionales	Problemas patronales por pago de salarios	Bajo	Medio Bajo	Tolerable
Operacionales	Problemas de calidad y correcto funcionamiento de los bienes y equipos suministrados	Media baja	Medio Alto	Moderado
Operacionales	Típicos de los montajes	Bajo	Medio Bajo	Tolerable
Operacionales	LA/FT	Bajo	Bajo	Tolerable

Operacionales	Típico del transporte de mercancías	Bajo	Medio Bajo	Tolerable
Operacionales	Responsabilidad Civil Extracontractual	Medio Baja	Medio Alto	Moderado
Operacionales	Manejo indebido de anticipos	Baja	Medio Bajo	Tolerable
Operacionales	Mala calidad del servicio	Baja	Medio Bajo	Tolerable
De la Naturaleza	Fuerza Mayor	Medio Baja	Medio Alto	Moderado
Sociales o Políticos	Riesgo público	Medio Alta	Medio Bajo	Moderado

Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2019).

Así mismo dentro del análisis de riesgos, el Metro de Medellín Ltda., realiza la descripción de los riesgos, la identificación de causas, los responsables y presenta el tratamiento o planificación de la respuesta a los riesgos identificados.

Es de anotar que, al revisar y analizar los documentos e información aportada por el Metro de Medellín Ltda., referente a la etapa de planeación del proyecto, se evidenció que la empresa dio cumplimiento a los lineamientos dispuestos en su manual de contratación según Resolución de Junta Directiva No 157 de 2017, en lo concerniente a la etapa precontractual y las condiciones de ejecución. Y para ello intervinieron profesionales de las áreas de Planeación y Evaluación Financiera, de la Gerencia de Planeación, Contratación, Ejecución de Proyectos y de Investigación, Desarrollo e Innovación quienes garantizaron el cumplimiento a cabalidad de los procedimientos establecidos en la normatividad del Metro de Medellín Ltda., para la adquisición de bienes y servicios. Al respecto, en el sistema de información ADPROS del Metro de Medellín Ltda. reposa los documentos e información que evidencian la gestión realizada por la empresa en la etapa de planeación.

Además, como un aspecto relevante, se destaca que el Metro de Medellín Ltda. adapta e implementa durante la etapa de planeación de sus proyectos, buenas prácticas de la dirección de proyectos del PMI, teniendo en cuenta que los proyectos que lidera la empresa se configuran dentro

de un ciclo de vida predictivo o también llamado ciclo de vida en cascada, es decir “el alcance, el tiempo y el costo del proyecto se determinan en las fases tempranas del ciclo de vida. Cualquier cambio en el alcance se gestiona cuidadosamente” (PMI, 2017, p. 19).

Lo anterior resulta muy positivo, en el sentido de que las entidades estatales deben planear adecuadamente la gestión pública, de conformidad con el principio de planeación que tiene fundamento y se infiere de los artículos 209, 339 y 341 de la Constitución Política de Colombia.

4.1.1.2.3 Procesos de ejecución, monitoreo y control. En correlación con el grupo de procesos de ejecución, monitoreo y control del PMBOK® Sexta edición, se evidenció que el Metro de Medellín llevó a cabo varios procesos por medio de los cuales dirigió y gestionó el trabajo del proyecto, gestionó la calidad, se adquirieron los recursos, se efectuaron las adquisiciones, se llevó a cabo el monitoreo y control al trabajo del proyecto, se realizó el control integrado de cambios, se validó y controló el alcance, entre otros.

Así las cosas, el proyecto presentó un valor inicial con IVA de $737.850.668 e inicio ejecución a partir del 12 de diciembre de 2019 con fecha estimada de finalización el 12 de agosto de 2020. No obstante, se presentaron 3 modificaciones al contrato 002672C-19 suscrito con Unión Temporal COINSI-HERSIC. La primera modificación suscrita el 1 de abril de 2020, para autorizar una suspensión de la ejecución del contrato debido a la contingencia sanitaria del COVID 19. La segunda modificación suscrita el 26 de mayo de 2020, para reanudar la ejecución del contrato de acuerdo con la solicitud efectuada por el contratista, quedando como nueva fecha de terminación el 6 de octubre de 2020. Y la tercera modificación suscrita el 6 de octubre de 2020, con el fin de adicionar el valor del contrato en la suma de $34.091.069 y ampliar el plazo de ejecución en

cuarenta y cinco (45) días calendario, contados a partir del 7 de octubre de 2020, quedando como nueva fecha de terminación el 20 de noviembre de 2020 (Metro de Medellín Ltda., 2019).

En la tabla siguiente se presenta la información general y balance del contrato.

Tabla 28. *Balance del contrato* 002672C-19

Contrato / Modificación	Fecha Suscripción	Fecha Inicio	Duración	Fecha Final	Valor
Contrato	27/11/2019	12/12/2019	8 meses	12/08/2020	$737.850.668
Modificación 1	01/04/2020	1/04/2020		12/08/2020	
Modificación 2	26/05/2020	26/05/2020	56 días	07/10/2020	
Modificación 3	06/10/2020	07/10/2020	45 días	20/11/2020	$34.091.069
Total			**11,46 meses**		**$771.941.737**

Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2019).

Es importante mencionar que la modificación No 3, por medio de la cual se adicionó el valor del contrato y se amplió el plazo de ejecución, se debió a cantidades adicionales requeridas y actividades extras, razón por la cual el mayor costo del proyecto y el tiempo adicional requerido para la ejecución del trabajo del proyecto, son por causas no previsibles al momento de celebrar el contrato inicial, no imputables al contratista y se encuentran demostrados y soportados en documentos válidos (Metro de Medellín Ltda., 2019).

Por otra parte, se observó que durante la ejecución del proyecto se realizó un seguimiento mensual administrativo, técnico, financiero y legal, lo que implicó la presentación de informes de seguimiento que reposan en el sistema de información Adpros, la verificación de pagos al sistema de seguridad social por parte del contratista, la verificación y control de las actividades del proyecto, la verificación y control de los pagos realizados al contratista , atención de reclamaciones y la revisión y actualización de las garantías del proyecto; destacando que en el informe de

seguimiento No 11 de fecha 13 de diciembre de 2020, se concluye que el contrato finalizó y se recibieron a satisfacción los entregables para los cinco (5) sistemas de generación solar fotovoltaica que hacen parte del alcance del contrato, lo que denota un adecuado proceso de monitoreo y control (Metro de Medellín Ltda., 2019).

4.1.1.2.4 Procesos de cierre. En correlación con el grupo de procesos de cierre del PMBOK® Sexta edición, se evidenció que el Metro de Medellín suscribió el 14 de diciembre de 2020 con el contratista Unión Temporal Coinsi – Hersic el Acta de Recibo Final, en la cual se indica entre otros aspectos que las actividades contractuales fueron llevadas a cabo dentro de los plazos de ejecución del contrato y sus prórrogas. Así mismo el diseño final de los sistemas de generación solar fotovoltaica en cada una de las instalaciones determinó la siguiente cantidad de paneles y potencia total instalada, cumpliéndose con la capacidad de mínimo 128 kWp exigida en el contrato (Metro de Medellín Ltda., 2019).

Tabla 29. *Diseño final de los sistemas de generación solar fotovoltaica*

Ubicación	Cantidad de paneles	Potencia instalada (kWp)
Parqueadero Sede Administrativa	198	73,3
Estación Las Torres	46	17,0
Estación Villa Sierra	18	6,7
Estación Trece de Noviembre	44	16,3
Estación El Pinal	44	16,3
Cantidad Total	350	129,5

Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2019).

Así mismo el 28 de mayo de 2021, se suscribió el Acta de Liquidación del contrato 002672C-19, previamente aprobados y recibidos a satisfacción por parte de la Empresa, los bienes y servicios objeto del contrato; así como por parte del Contratista, los pagos generados por los mismos. Además, se declaró estar a paz y salvo por todo concepto, así como que el contrato cuenta con las garantías con los amparos vigentes y post contractuales (Metro de Medellín Ltda., 2019).

Tabla 30. *Balance financiero general del proyecto*

Ítem	Balance financiero general	Valores	Valores
1	Valor inicial contrato	$737.850.668	
2	Valor adiciones	$34.091.069	
3	Valor total del contrato (1+2)	$771.941.737	
4	Pagos realizados	$770.531.491	
5	Saldo por pagar del contrato		$0
6	Saldo no ejecutado y no pagado (a liberar)		$1.410.246

Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2019).

4.1.1.3 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto - Evaluación Ex Post. Una vez el proyecto finaliza formalmente la etapa de inversión, esto fue 28 de mayo de 2021 con la suscripción del acta de liquidación del contrato 002672C-19, el proyecto inició una nueva etapa correspondiente a la operación. En este punto es factible realizar un comparativo entre lo planeado y lo logrado por la Empresa.

4.1.1.3.1 Comparativo Planeado Vs Logrado. Al comparar la inversión planeada vs la ejecutada, el número de módulos estimados vs los instalados y la potencia del sistema requerida vs la instalada se observa que el proyecto terminó costando $34.091.069 más de lo presupuestado,

ya que la inversión inicial fue de $737.850.688 y se destinaron recursos por $771.941.757. Lo anterior en parte a que se instalaron 4 módulos de 370W adicionales según lo planeado y se pasó de una potencia requerida de 128 kWp a 129,5 kWp instalada, como se observa en el cuadro siguiente.

Tabla 31. *Comparativo entre lo planeado Vs logrado*

Ubicación	Inversión Planeada $	Inversión Ejecutada $	No de módulos de 370 W planeados	No de módulos de 370 W instalados	Potencia sistema instalar (kWp)	Potencia sistema instalada (kWp)
Parqueadero Sede Administrativa	458.399.200	492.490.269	194	198	71,78	73,3
Estación Metrocable 13 Noviembre	73.444.348	73.444.348	44	44	16,3	16,3
Estación Metrocable El Pinal	72.577.912	72.577.912	44	44	16,3	16,3
Estación Metrocable Villa Sierra	58.579.984	58.579.984	18	18	6,7	6,7
Estación Metrocable Las Torres	74.849.244	74.849.244	46	46	17,0	17,0
Total	**737.850.688**	**771.941.757**	**346**	**350**	**128**	**129,5**

Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2019).

Es de anotar que, respecto a la duración del proyecto, en la fase de planeación es estimó una duración de 8 meses; no obstante, la duración real fue de 11,46 meses, debido a la suspensión del contrato 002672C-19 por la contingencia sanitaria del COVID 19 y a la necesidad de ejecutar cantidades adicionales requeridas y actividades extras.

4.1.1.3.2 Comparativo Antes Vs Después del proyecto. Así mismo es factible realizar un comparativo de la situación del proyecto, antes de su implementación, la esperada y la actual al

momento de la evaluación, que para este caso se realiza a diciembre de 2021, tomando como referencia el consumo de energía de la red de servicio público de la ciudad en cada uno de los puntos donde se realizó la instalación del sistema fotovoltaico. Es decir, es posible comparar el consumo de energía proveniente desde la red interconectada antes de implementar el sistema fotovoltaico, con el consumo de energía que se estimó al llevar a cabo el proyecto y con el consumo real con el sistema fotovoltaico en operación, como se presenta a continuación.

Tabla 32. *Comparativo entre Antes y Después del proyecto*

Instalación Metro	**Situación sin proyecto**	**La esperada**	**Situación con proyecto**	**Comparativo**		
	Consumo Energía promedio anual sistema eléctrico (kWh)	Consumo estimado de energía promedio anual sistema eléctrico (kWh)	Consumo real de energía promedio anual sistema eléctrico (kWh)	% Disminución de consumo energía sin P. vs la Esperada	% Disminución de consumo energía Sin P. vs Con proyecto	% Disminución de consumo energía Esperada vs Con proyecto
Sede Administrativa	510.096	416.076	322.237	18,43%	36,83%	22,55%
Estación Metrocable 13 Noviembre	38.580	17.244	27.873	55,30%	27,75%	-61,64%
Estación Metrocable El Pinal	50.556	29.940	39.995	40,78%	20,89%	-33,58%
Estación Metrocable Villa Sierra	60.636	52.032	53.633	14,19%	11,55%	-3,08%
Estación Metrocable Las Torres	50.988	25.632	39.392	49,73%	22,74%	-53,68%
Total	**710.856**	**540.924**	**483.130**	**23,91%**	**32,04%**	**10,68%**

Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2019).

Como se observa en el cuadro anterior, con la implementación y puesta en operación del sistema de generación solar fotovoltaica en instalaciones del Metro de Medellín Ltda., para

autoabastecimiento energético, en el año 2021 se redujo en un **32,04%** el consumo de energía de la red de servicio público de la ciudad, lo que representa un ahorro de **$59.173.110**, calculado con base en la generación anual en el año 2021 por el sistema fotovoltaico y el valor promedio anual de la energía en kWh en cada punto de instalación, como se presenta en el cuadro siguiente.

Tabla 33. *Ahorro de energía en el año 2021 por generación del sistema fotovoltaico*

Instalación Metro	Generación real anual (kWh)	Promedio anual energía kWh 2021	Ahorro real 2021 por generación PV en $kWh/ Anual
Sede Administrativa	34.149	390,87	13.347.820
Estación Metrocable 13 Noviembre	25.317	508,65	12.877.365
Estación Metrocable El Pinal	26.702	508,65	13.581.972
Estación Metrocable Villa Sierra	11.278	508,65	5.736.555
Estación Metrocable Las Torres	26.795	508,65	13.629.399
Total	**124.241**		**59.173.110**

Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2019).

4.1.1.3.3 Formatos diligenciados. El Departamento Nacional de Planeación (DNP) en su Metodología Evaluación Ex post de Programas y Proyectos de inversión, propone que para llevar a cabo la evaluación ex post se diligencien una serie de formatos incluidos en el anexo 1 de dicha metodología y relacionados con el módulo 1: Identificación del proyecto, módulo 2: Evaluación físico – financiera del proyecto y el módulo 3: Seguimiento cualitativo e información adicional del proyecto.

Por lo anterior, se revisó, seleccionó y adaptó al trabajo los formatos de la metodología del DNP que resultaron apropiados para la evaluación y que se relacionan en el cuadro siguiente.

Tabla 34. *Formatos de la Metodología Evaluación Ex post de Programas y Proyectos de inversión del DNP*

Módulo	Formato
1	Formato EE - 01: Identificación del proyecto.
1	Formato EE - 02: Objetivos del proyecto.
1	Formato EE - 03: Situación actual con proyecto.
1	Formato EE - 04: Estudio legal del proyecto.
1	Formato EE - 05: Estudio de mercado del proyecto
1	Formato EE - 06: Localización del proyecto.
1	Formato EE – 08: Componente institucional del proyecto.
1	Formato EE - 09: Efecto ambiental del proyecto.
1	Formato EE - 12: Información técnica del proyecto
2	Formato EEF – 02: Costos de la etapa de inversión del proyecto (en miles de pesos).
2	Formato EEF – 04: Ingresos y beneficios del proyecto.
2	Formato EEF – 05: Análisis del cronograma de inversión del proyecto.
2	Formato EEF – 06: Análisis de la programación de metas de los indicadores del proyecto.
3	Formato EEC - 01: Seguimiento cualitativo del proyecto.

Adaptado de la Metodología Evaluación Ex post de Programas y Proyectos de inversión (2004).

Los formatos antes indicados se incorporan diligenciados en el apéndice H del trabajo.

4.1.1.3.4 Análisis de las variables. Los resultados de las variables identificadas y seleccionadas en el componente evaluación ex ante del proyecto, se presentan a continuación y corresponden a la eficiencia, eficacia, el ahorro de energía en $ por generación solar fotovoltaica y la huella de carbono evitada.

Eficiencia y Eficacia. Con respecto a la eficiencia del proyecto determinada al terminar la fase de ejecución, esto es con corte al 20 de noviembre de 2020, se considera que:

> Este indicador muestra en cada momento de control, el grado de aplicación de los recursos en función de la cantidad de obra realizada. Cuando su valor es uno, se encuentra en equilibrio con el presupuesto, si es menor que uno, hay eficiencia en el uso de los recursos y si es mayor que uno, el presupuesto se está desbordando, pues se está gastando en mayor proporción que lo ejecutado (Contraloría General de Medellín, 2021).

En este sentido, para el proyecto Generación Solar Fotovoltaica, la eficiencia alcanzó un valor de 1,04, como se presenta en la tabla 35, entendiéndose con ello que se destinaron mayores recursos según lo previsto inicialmente, y podría ser considerado como ineficiencia en el uso de los recursos ya que se utilizó un 104,43%, del presupuesto programado en función de la cantidad de obra realizada. No obstante, es importante mencionar que los mayores recursos destinados al proyecto, se debió a cantidades adicionales requeridas y actividades extras, razón por la cual el mayor costo del proyecto, son por causas no previsibles al momento de celebrar el contrato inicial, no imputables al contratista y se encuentran demostrados y soportados en documentos válidos (Metro de Medellín Ltda., 2021).

Por otra parte, con relación a la eficacia del proyecto medida al finalizar la fase de ejecución, esto es con corte al 20 de noviembre de 2020, se considera que:

> Cuando la eficacia tiene una calificación igual a uno (1), la ejecución del proyecto coincide con la programación y se dice que hay eficacia, si es menor de 1 hay pérdida de eficacia ya que no se han cumplido las metas físicas, y si es mayor que 1, hay una ganancia de ésta por una mayor ejecución de la meta programada (Contraloría General de Medellín, 2021).

En este sentido, para el proyecto Generación Solar Fotovoltaica la eficacia, alcanzó un valor de 1,00, pues frente a una meta programada del 100% de avance físico acumulado a noviembre de 2021, se ejecutó el 100%.

Tabla 35. *Eficiencia y Eficacia del proyecto Generación Solar Fotovoltaica*

Cumplimiento de Metas Físicas			**Cumplimiento de Recursos Asignados al Proyecto (pesos)**			**Eficiencia**	**Eficacia**
Meta Programada %	Meta Cumplida %	Resultado %	Programados	Ejecutados	Resultado %		
100	100	100,00	737.850.668	770.531.491	104,43	1,04	1,00

Nota: análisis de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2022).

Ahorro de energía. Con respeto al ahorro de energía en $ por generación solar fotovoltaica, se determinó que para el año 2021 para las cinco instalaciones, el sistema generó en total 124.241 kWh, lo que representa un ahorro de $59.173.110, según cálculo realizado a partir del precio promedio anual de energía en cada instalación, como se observa en el cuadro siguiente.

Tabla 36. *Ahorro de energía en $ por generación solar fotovoltaica*

Instalación Metro	**Generación real anual (kWh)**	**Promedio anual energía kWh 2021**	**Ahorro real 2021 por generación PV en $kWh/ Anual**
Sede Administrativa	34.149	390,87	13.347.820
Estación Metrocable 13 Noviembre	25.317	508,65	12.877.365
Estación Metrocable El Pinal	26.702	508,65	13.581.972
Estación Metrocable Villa Sierra	11.278	508,65	5.736.555
Estación Metrocable Las Torres	26.795	508,65	13.629.399
Total	**124.241**		**59.173.110**

Nota: análisis de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2022)

Es de anotar que si bien si bien para la vigencia 2021 se había estimado generar 169.932 kWh con un ahorro de $61.239.644, los cinco sistemas fotovoltaicos en operación sólo alcanzaron a generar 124.241 kWh con un ahorro de $59.173.110. Lo anterior debido a que se presentó un daño en los paneles solares del sistema fotovoltaico instalado en la sede administrativa de la

empresa, implicando con ello que varios circuitos eléctricos quedaran deshabilitados por esta situación y por consiguiente se presentó la reducción en la generación de energía solar fotovoltaica. No obstante, los sistemas de generación solar fotovoltaica instalados en las cuatro estaciones del Metrocable, no presentaron fallas en la vigencia 2021 y tuvieron una eficiencia mayor a la esperada al generar 21% más energía a la estimada.

Además, resulta importante mencionar que, a pesar de la falla presentada en los paneles solares del sistema fotovoltaico instalado en la sede administrativa de la empresa, el Metro de Medellín Ltda. alcanzó un ahorro en pesos (COP) de un 97% respecto a lo estimado para la vigencia 2021, toda vez que el precio promedio anual de la energía eléctrica para el año 2021 fue mayor al estimado.

Huella de Carbono Evitada. Con respeto al volumen de CO2 evitado por generación solar fotovoltaica, se determinó que para el año 2021 por los cinco sistemas en operación, se dejó de emitir 42,21 toneladas de CO2, teniendo en cuenta la generación real de energía por instalación y cálculos basados con base en los datos presentados por la Unión Temporal COINSI-HERSIC a partir del factor marginal de la Resolución 774 del 2018, emitida por la UPME, como se presenta en el cuadro siguiente.

Tabla 37. *Huella de carbono evitada por generación solar fotovoltaica*

Instalación Metro	Generación real anual (kWh)	Ahorro Toneladas CO2 anuales	Equivalencia arboles anuales	Equivalencia carros chatarrizados	Equivalencia galones de gasolina	Equivalencia galones de diesel
Sede Administrativa	34.149	11,60	533	2,78	1353	1143
Estación Metrocable 13 Noviembre	25.317	8,60	395	2,06	1003	847

Instalación Metro	Generación real anual (kWh)	Ahorro Toneladas CO2 anuales	Equivalencia arboles anuales	Equivalencia carros chatarrizados	Equivalencia galones de gasolina	Equivalencia galones de diesel
Estación Metrocable El Pinal	26.702	9,07	417	2,17	1058	893
Estación Metrocable Villa Sierra	11.278	3,83	176	0,92	447	377
Estación Metrocable Las Torres	26.795	9,10	418	2,18	1062	897
Total	**124.241**	**42,21**	**1939**	**10,11**	**4922**	**4157**

Nota: análisis de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda. (2022).

4.1.1.4 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto - Lecciones Aprendidas. A partir del ejercicio de valuación ex post realizado al proyecto Generación Solar Fotovoltaica, en el que se revisó y analizó los documentos e información aportada por el Metro de Medellín Ltda., se logró identificar y registrar las siguientes lecciones aprendidas correlacionadas con los procesos y procedimientos llevados a cabo por la Empresa en las etapas de pre-inversión, inversión y operación del proyecto. Es de anotar que estas etapas fueron evaluadas en este trabajo en los componentes evaluación ex ante, evaluación de seguimiento y evaluación ex post descritas anteriormente.

Tabla 38. *Registro de lecciones aprendidas*

Categoría	Descripción	Recomendación
Etapa pre-inversión	Si bien en la etapa de pre-inversión el Metro de Medellín Ltda., realiza diferentes estudios para determinar la viabilidad del proyecto, no se consolida dicha información en un documento "Caso de negocio" que contenga los aspectos generales, descripción, antecedentes, alineamiento estratégico, los estudios realizados (entorno, mercado, técnicos, ambientales, jurídicos y financiero) entre otros.	Definir un procedimiento que contemple la implementación y estandarización del documento caso de negocio del proyecto.

Categoría	Descripción	Recomendación
Etapa de pre-inversión	El Metro de Medellín Ltda. realizó un adecuado y objetivo proceso de selección del contratista responsable de ejecutar los trabajos del proyecto, estableciendo requisitos habilitantes de orden legal, técnico, de seguridad y salud en el trabajo, financiero, lo que permitió la selección de la oferta más favorable de un contratista confiable y con trayectoria en el mercado.	Continuar realizando procesos de selección ajustados a la norma garantizando un juicioso estudio de planeación
Etapa de inversión	El Metro de Medellín Ltda. efectuó la publicación del proceso contractual asociado al proyecto en todas sus etapas en la página web https://webmetro.suplos.com, acorde a los lineamientos establecidos por Colombia Compra Eficiente.	Mantener la confiabilidad y suficiencia de la información y documentos publicados de los procesos contractuales en todas sus etapas, en cada uno de los módulos habilitados en la página https://webmetro.suplos.com,
Etapa de inversión	Si bien el Metro de Medellín Ltda., realiza permanente la gestión de sus riesgos a través del análisis cualitativo de riesgos, no se evidencia que se lleve a cabo un análisis cuantitativo.	Determinar la conveniencia y los casos en que es factible realizar un análisis cuantitativo de riesgos de los proyectos.
Etapa de inversión	Si bien el Metro de Medellín Ltda., dentro de la gestión del conocimiento realiza la documentación de lecciones aprendidas, no se encuentra sistematizado dónde consultar, quién registra, cuándo se registra y cómo registrar lecciones aprendidas.	Estudiar la viabilidad de implementar un buscador tanto para las Buenas Prácticas como para las Lecciones Aprendidas.
Etapa de inversión	Durante la etapa de inversión del proyecto se presentó una suspensión de los trabajos del proyecto debido a la contingencia sanitaria del COVID 19, siendo esto un factor de riesgo no previsto dentro del análisis de riesgos que realizó la empresa.	Contemplar y tener en cuenta dentro del análisis riesgos que realiza la empresa a sus proyectos y contratos, los posibles riesgos asociados a epidemias y pandemias.
Etapa de inversión	El Metro de Medellín Ltda. realizó un adecuado proceso de monitoreo y control, respecto a los trabajos ejecutados y sobre la recepción y entrega de los bienes contemplados en el alcance del proyecto.	Seguir implementando buenas prácticas para realizar la supervisión o interventoría, de los proyectos, los contratos o convenios celebrados por la empresa en armonía con los procedimientos establecidos por el Metro de Medellín Ltda. en su documento BS006.
Etapa de inversión	Aunque el proyecto presentó un retraso de 101 días debido a la contingencia sanitaria COVID 19 y a la necesidad de realizar trabajos extras, se puede concluir que los resultados se lograron de manera oportuna y guardaron relación con sus objetivos y metas.	Mantener la buena práctica de incluir claramente en el alcance de los contratos que suscriba el Metro de Medellín Ltda., todas las actividades necesarias para cumplir con los requisitos del proyecto, trasladando el riesgo de ejecución al contratista, así como todos los costos directos e indirectos que deba incurrir para dicha ejecución, pactando la modalidad de pago a precio global en los procesos de contratación que lo permitan.

Categoría	Descripción	Recomendación
Etapa de Operación	No se tiene implementado un modelo de Evaluación Ex post de proyectos.	Llevar a cabo la estructuración y adopción de un modelo de evaluación ex post para los programas y proyectos de inversión.
Etapa de Operación	El proyecto Generación Solar Fotovoltaica está generando un impacto ambiental positivo y un ahorro económico para la Empresa en cuanto al consumo de energía de la red de servicio público de la ciudad.	Continuar con nuevas implementaciones de sistemas de generación fotovoltaica en otros espacios del Metro de Medellín Ltda. como lo son las vías 104 y 105 del taller de mantenimiento.
Etapa de Operación	Los bienes adquiridos están cumpliendo con los fines inicialmente previstos en la etapa precontractual y son necesarios dentro de los objetivos del proyecto.	Seguir formulando y estructurando proyectos alineados con la estrategia de la empresa, que atiendan una necesidad específica o den solución a un problema identificado.

4.1.1.5 Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto – Cierre del Proyecto. A continuación, se presenta el plan de mejora propuesto que contiene una serie de acciones específicas que se consideran pertinentes, oportunas y conducentes para fortalecer la gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente planeados y gestionados por el Metro de Medellín Ltda.

Tabla 39. *Plan de Mejoramiento*

Aspectos para fortalecer	Acciones para implementar	Fecha inicial	Fecha final	Meta
Evaluación Ex Ante	Revisar los procedimientos definidos por el Metro en la etapa de pre-inversión.	01-09-2022	31-12-2022	Disponer de un documento general que contenga los resultados de los estudios realizados y justifique un proyecto propuesto.
	Definir, estructurar e implementar formato y directrices para Caso de Negocio.	01-09-2022	31-12-2022	
Gestión de riesgos en proyectos	Determinar la necesidad y la viabilidad de realizar análisis cuantitativo de riesgos.	01-09-2022	31-12-2022	Analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto, para apoyar la toma de decisiones con la finalidad de reducir la incertidumbre del proyecto (Asturias Corporación Universitaria, s.f.)
	Determinar la conveniencia de adquirir una herramienta de software especializada en riesgos.	01-09-2022	01-03-2023	
	Definir para que tipo de proyectos y/o riesgos se	01-09-2022	31-12-2022	

Aspectos para fortalecer	Acciones para implementar	Fecha inicial	Fecha final	Meta
	podría llevar a cabo el análisis cuantitativo.			
Registro de lecciones aprendidas	Realizar un estudio de viabilidad para el diseño e implementación de aplicación para el registro de lecciones aprendidas. Realizar una recopilación de las lecciones aprendidas y buenas prácticas del Metro de Medellín Ltda., y definir criterios para estandarizar el registro.	01-09-2022 01-09-2022	01-03-2023 01-03-2023	Disponer de una aplicación en línea que permita registrar y consultar buenas prácticas y lecciones aprendidas.
Evaluaciones Ex Post	Realizar un estudio para definir los criterios y parámetros a tener en cuenta para realizar una evaluación ex post. Construir documento que contenga los lineamientos para llevar a cabo la evaluación ex post de programas y proyectos.	01-09-2022 01-09-2022	01-03-2023 01-03-2023	Implementar y adoptar un modelo de evaluación ex post para evaluar los resultados e impactos de los programas y proyectos.
Proyectos desarrollo sostenible	Formular y presentar nuevas propuestas para continuar con la implementación de nuevos sistemas de generación solar fotovoltaica.	01-09-2022	01-03-2023	Seguir generando impactos ambientales positivos a partir del C02 dejado de emitir y generar ahorro en el consumo energético desde la red eléctrica.

4.1.2 Gestionar el conocimiento del proyecto

Este proceso se llevó a cabo a partir las herramientas y técnicas gestión del conocimiento aplicadas por director del Proyecto y el director de Trabajo de Grado quienes mediante un trabajo articulado se crea un nuevo conocimiento y se comparte el conocimiento tácito. Algunas herramientas aplicadas son las reuniones virtuales realizadas e intercambio de ideas y opiniones mediante la red social WhapsAPP.

Es así como una de las salidas generadas en este proceso corresponde al registro de lecciones aprendidas, que se describen en la tabla siguiente.

Tabla 40. *Lecciones aprendidas identificadas durante el desarrollo del trabajo de grado*

Categoría	Descripción	Recomendación
Gestión	Si bien el estándar para la dirección de proyectos definido en el PMBOK V6 del PMI describe de manera completa e integral los procesos inmersos en las diferentes áreas del conocimiento, su implementación requirió dedicar más tiempo del previsto para su desarrollo, en parte a que el director del Proyecto debió asumir diversos roles para alcanzar los resultados y los objetivos del proyecto.	Aplicar el estándar para la dirección de proyectos definido en el PMBOK V6 del PMI para proyectos grandes y complejos, en los que el alcance, el tiempo y el costo del proyecto se ha determinado en las fases tempranas del ciclo de vida. Recomendado para equipos numerosos e interdisciplinarios.
Gestión	El entregable principal del proyecto correspondiente al documento del TFM resultó extenso al desarrollar y describir los diversos procesos contemplados en las áreas del conocimiento del PMI.	Para efectos académicos resulta formativo, describir los procesos, las herramientas y técnicas que se aplican en el desarrollo del proyecto, no obstante, en un sentido práctico se recomienda solo describir y presentar las salidas y los resultados de los procesos del PMBOK que se consideren pertinentes y apropiados, acorde a las necesidades del proyecto.
Gestión	Realizar una adecuada evaluación ex post al proyecto, implicó contar con suficiente información generada en las etapas de pre-inversión, inversión y operación del ciclo de vida del proyecto caso de estudio.	Se debe realizar una gestión del conocimiento eficaz y oportuna durante el ciclo de vida del proyecto para contar con información valiosa al momento de llevar a cabo una evaluación ex post.
Gestión	Si bien la Universidad socializó un cronograma académico para presentación y entregas de avances y documento definitivo, se debió adelantar el inicio de algunas actividades e incrementar las horas al mes de dedicación del director del proyecto, con el fin de realizar una entrega anticipada del documento definitivo, para poder contar con suficiente holgura en la revisión y aval que realiza CRAI de la Universidad.	Coordinar y acordar con la Universidad un calendario de entrega de trabajos de grado con más holgura y ajustado a las necesidades de los maestrandos.
Operación	El proyecto evaluado evidenció ser efectivo y con un impacto positivo al medio ambiente.	Aunar esfuerzos con las autoridades locales, departamentales para impulsar y ejecutar más proyectos amigables con el medio ambiente alineados con los 17 ODS acordados por los 193 países miembros de la Organización de las Naciones Unidas

4.2 Gestión de la calidad del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución

4.2.1 Gestionar la calidad

La gestión de la calidad del proyecto se llevó a cabo a partir del plan de gestión de calidad previamente descrito y se ejecutaron las siguientes actividades.

Tabla 41. *Actividades de calidad realizadas*

Ítem	Actividad
1	Se revisó y analizó integralmente la información presentada y aportada por el Metro de Medellín Ltda., del proyecto Generación Solar Fotovoltaica.
2	Se diligenció formato de verificación de actividades realizadas.
3	Se llevó registro y trazabilidad de las asesorías y reuniones realizadas.
4	Se realizó seguimiento al cronograma del proyecto y se informó periódicamente al director del trabajo él % de avance.
5	Se realizó oportunamente los ajustes y correcciones al TFM sugeridos por el director de trabajo de grado.
6	Se realizo panel de socialización del TFM presentación Pitch Deck y se adaptan sugerencias recibidas.
7	Se participó en el Taller CRAI Normas APA y Proceso Repositorio Digital TG
8	Se validó la integridad y autenticidad de la producción intelectual del TFM a través de la herramienta Turnitin de la Universidad.

4.3 Gestión de los recursos del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución

4.3.1 Adquirir recursos

Este proceso no se llevó a cabo toda vez que el proyecto no demandó adquisición de bienes y servicios para la ejecución de las actividades propuestas. Para ejecutar el trabajo del proyecto sólo se utilizó los recursos preasignados, articulación de esfuerzos por parte del talento humano y disponer de un computador, elementos de escritorio y papelería, que cada integrante adquirió por cuenta propia.

4.3.2 Desarrollar el equipo

Este proceso no fue desarrollado, teniendo en cuenta que el proyecto fue de corta duración, un alcance con productos finales de baja complejidad y con un número reducido de personas. No obstante, se reconoce la importancia de aplicar herramientas y técnicas tales como habilidades interpersonales, capacitación, reconocimientos y recompensas para "mejorar las competencias, la interacción de los miembros del equipo y el ambiente general del equipo para lograr un mejor desempeño del proyecto" (PMI, 2017, p. 336).

4.3.3 Dirigir al equipo

El proceso de seguimiento al desempeño de los miembros del equipo no aplica para este proyecto, en razón a que por su naturaleza y características el equipo del proyecto sólo estaba conformado por el director del proyecto, el director del trabajo de grado, el profesional del Metro de Medellín Ltda. y los profesores de Seminario 2 y Trabajo de Grado, quienes asumieron el rol y responsabilidades a su cargo acorde con el vínculo laboral existente con la Universidad Santo Tomás y la Empresa Metro de Medellín Ltda. No obstante, existió armonía y colaboración entre los integrantes del equipo a fin de optimizar el desempeño en el trabajo del proyecto.

4.4 Gestión de las comunicaciones del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución

4.4.1 Gestionar las comunicaciones

La gestión de las comunicaciones del proyecto se llevó a cabo a partir del plan de gestión de las comunicaciones previamente descrito, garantizando la recopilación, gestión y distribución de la siguiente información.

Tabla 42. *Información gestionada y distribuida*

Ítem	Información	Idioma	Descripción
1	Plan para la Dirección del Proyecto	Español	Se envió por correo al director de trabajo de grado para revisión y aprobación el plan de la dirección del proyecto.
2	Derecho de petición	Español	Se envió por correo electrónico derecho de petición al DNP para resolver inquietudes respecto a la metodología de evaluación ex post de programas y proyectos de inversión.
3	Análisis componente Evaluación Ex Ante	Español	Se presentó avance con el diagnóstico del componente Evaluación Ex Ante del proyecto.
4	Análisis componente Evaluación de Seguimiento	Español	Se presentó avance con el diagnóstico del componente Evaluación de Seguimiento del proyecto.
5	Análisis componente Evaluación Ex Post	Español	Se presentó avance con el diagnóstico del componente Evaluación Ex Post del proyecto y los resultados de la Evaluación Ex Post.
6	Análisis componente Lecciones Aprendidas	Español	Se presentó avance con los resultados del componente Lecciones Aprendidas del proyecto.
7	Análisis componente Cierre	Español	Se presentó avance con los resultados del componente Cierre del proyecto.
8	Presentación Pitch Deck	Español	Se envió presentación con avance e información relevante del proyecto.
9	Lecciones aprendidas	Español	Se envió documento con lecciones aprendidas identificadas y documentadas.
10	Plan de Mejora	Español	Se envió documento que contiene acciones de mejoramiento propuestas.

4.5 Gestión de los riesgos del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución

Durante la ejecución del proyecto no se materializó ninguno de los riesgos identificados, razón por la cual no se implementó o ejecutó los planes acordados de respuesta a los riesgos.

4.6 Gestión de las adquisiciones del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución

El proceso de efectuar las adquisiciones, no se llevó a cabo, toda vez que el proyecto no demandó adquisición de bienes y servicios para la ejecución de las actividades planeadas. El

proyecto solo requirió los recursos preasignados, articulación de esfuerzos por parte del talento humano y disponer de un computador, elementos de escritorio y papelería, que cada integrante adquirió por cuenta propia.

4.7 Gestión de los interesados del proyecto – Grupo de Procesos de Ejecución

4.7.1 Gestionar la participación de los interesados

Dentro de la gestión realizada con los interesados del proyecto, se desarrolló una comunicación y trabajo articulado con la Universidad a través del director del trabajo de grado y los profesores de Seminario 2 y Trabajo de grado, y con el Metro de Medellín a través del profesional de enlace asignado, logrado de esta forma atender las necesidades y expectativas de cada uno de ellos. Es de anotar que durante el desarrollo del trabajo no se presentó ningún tipo de incidente con los interesados del proyecto.

4.8 Grupo de procesos de monitoreo y control

Para llevar a cabo los distintos procesos de monitoreo y control se recopiló, midió y evaluó a largo de todo el proyecto diferentes medidas y tendencias que se registraron en formatos y gráficos de control, logrando con ello el monitoreo y control al trabajo del proyecto, al alcance, al cronograma, la calidad, las comunicaciones y los riesgos.

En el apéndice I del trabajo se incorpora los formatos y gráficos correspondientes.

4.9 Grupo de procesos de cierre

Para finalizar todas las actividades del proyecto, se procedió a realizar reunión entre el director del proyecto y el director de trabajo de grado y a la suscripción de un Acta de Recibo, en la que se da aprobación del informe final. En el apéndice J del trabajo, se incorpora el Acta de Recibo.

Así mismo se dio cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos definidos para este trabajo, teniendo en cuenta que:

1. Se formuló un modelo de evaluación ex post que incluyó las variables a ser evaluadas en el proyecto, el cual fue coherente con el diagnóstico de la situación inicial tal como se describió en el subcapítulo 2.1 Marco Conceptual del presente trabajo.
2. Se implementó la evaluación ex post de corto plazo evaluando el proyecto desde los lineamientos del PMI, lo que permitió la obtención de resultados consecuentes, tal como lo evidencia los capítulos 3. Áreas de Conocimiento y 4. Resultados, desarrollados en el trabajo.
3. Se establecieron lecciones aprendidas generadas como resultado de la evaluación, que derivaron en recomendaciones a la empresa para la mejora en los procesos de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente, tal como se describe en los subcapítulos 4.1.1.4 y 4.1.1.5.

Finalmente en los apéndices K, L, M, N, O, P, Q del trabajo, se incorpora cada uno de los siete (7) entregables definidos en el Acta de Constitución del proyecto, que corresponden a:

- Informe ejecutivo etapa pre-inversión Proyecto Generación Solar Fotovoltaica.
- Informe ejecutivo etapa inversión Proyecto Generación Solar Fotovoltaica
- Documento resumen Planificado /Lo Logrado

- Documento resumen Antes Vs Después del proyecto
- Documento con resultados de la evaluación ex post de corto plazo
- Documento Lecciones Aprendidas
- Documento Plan de Mejoramiento propuesto

5. Discusión

Desarrollar el estudio propuesto adaptando las buenas prácticas contenidas en el PMBOK® Sexta edición, proporcionó dirección, control y permitió cumplir con los objetivos del proyecto, además de que se logró realizar un completo análisis de la gestión pública del Metro de Medellín Ltda., respecto al proyecto Generación Solar Fotovoltaica desde su formulación hasta su terminación, para obtener resultados exitosos llevando a cabo los procesos y actividades básicas categorizadas en las 10 áreas del conocimiento de la Dirección de Proyectos.

Además, el modelo de evaluación ex post formulado y aplicado se llevó a cabo con base en los lineamientos dados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en el documento Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión – Versión oficial de 2004. En este sentido el modelo se enfocó en la observación, indagación, revisión y análisis de los procesos ejecutados y costos incurridos durante cada una de las etapas pre-inversión, inversión y operación del ciclo de vida del proyecto evaluado; lo que permitió desarrollar los tres (3) módulos, citados a continuación:

Identificación del Proyecto: Se incluyó la información general del proyecto, tales como objetivos del proyecto, estudio legal, estudio del mercado, información técnica, efecto ambiental, localización, entre otros.

Evaluación físico – financiera del proyecto: se tuvieron en cuenta las variables físico y financieras desarrolladas por el Metro de Medellín Ltda. en la evaluación ex ante, durante la evaluación de seguimiento a la inversión y sobre las variables identificadas que hicieron parte de la evaluación ex post del proyecto en su etapa de operación tales como la eficiencia, eficacia, huella de carbono evitada, ahorro de energía. Además en este módulo se revisaron y analizaron los costos de la etapa pre-inversión, costos de la etapa de inversión, costos de la etapa de operación, ingresos y beneficios del proyecto, análisis al cronograma, análisis de la programación de metas de los indicadores del proyecto, entre otros.

Seguimiento cualitativo: se recolectó la información de carácter cualitativo más relevante extraído de los análisis y evaluación realizada que conllevaron a establecer lecciones aprendidas, para dar recomendaciones a la empresa en pro de mejorar los procesos de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente.

Adicionalmente, a partir de los resultados obtenidos en la evaluación ex post se puede inferir que el proyecto evaluado resultó ser efectivo al cumplir con el propósito para el cual fue diseñado, generando un ahorro al Metro de Medellín Ltda., en el consumo energético desde la red de servicio público de la ciudad, además de que está generando un impacto positivo al medio ambiente en la medida que contribuye al cumplimiento del objetivo mundial No 7 de desarrollo sostenible, definido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como “Energía asequible y no contaminante”.

Por otra parte, es importante mencionar que teniendo en cuenta que el proyecto generación solar fotovoltaica terminó ejecución el 20 de noviembre de 2020, la evaluación ex post de corto plazo se realizó pasado un tiempo razonable de la etapa de operación de la iniciativa de inversión, analizando los resultados e impacto del proyecto a diciembre 2021, destacando que si bien para la

vigencia 2021 se había estimado generar 169.932 kWh con un ahorro de $61.239.644, los cinco sistemas fotovoltaicos en operación sólo alcanzaron a generar 124.241 kWh con un ahorro de $59.173.110. Lo anterior debido a que se presentó un daño en los paneles solares del sistema fotovoltaico instalado en la sede administrativa de la empresa, implicando con ello que varios circuitos eléctricos quedaran deshabilitados por esta situación y por consiguiente se presentó la reducción en la generación de energía solar fotovoltaica. No obstante, los sistemas de generación solar fotovoltaica instalados en las cuatro estaciones del Metrocable, no presentaron fallas en la vigencia 2021 y tuvieron una eficiencia mayor a la esperada al generar 21% más energía a la estimada.

Además, los 124.241 kWh de energía generada en la vigencia 2021 por los cinco sistemas fotovoltaicos instalados en la sede administrativa y las cuatro estaciones del Metrocable, implica que se dejó de emitir 42,21 toneladas de CO2, lo que equivale a la cantidad de dióxido de carbono que absorben 1939 árboles o a chatarrizar 10,11 carros o dejar de quemar 4922 galones de gasolina; reflejando con ello el impacto positivo sobre el medio ambiente.

Finalmente, el estudio realizado también evidenció una adecuada planeación y ejecución del proyecto Generación Solar Fotovoltaica por parte del Metro de Medellín Ltda., ya que, si bien se presentaron algunas dificultades debido a la contingencia sanitaria del COVID 19 y por la necesidad de ejecutar cantidades adicionales requeridas y actividades extras no contempladas en la planeación inicial, ello no implicó una afectación considerable a la consecución de los resultados y objetivos del proyecto. Lo anterior se refleja en el cumplimiento de metas físicas y de recursos asignados al proyecto, y los resultados de los indicadores de eficiencia y eficacia que se presentaron en la tabla 35 del trabajo. Además de que se observó buenas prácticas de la dirección

de proyectos aplicadas por el Metro de Medellín Ltda., en armonía con los procesos descritos en la Guía del PMBOK®.

Como aspectos a fortalecer, los cuales se presentan dentro del plan de mejoramiento propuesto en el subcapítulo 4.1.1 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto, se enfocan principalmente en la necesidad de que la empresa adapte e implemente un documento "caso de negocio" que contenga los resultados de los estudios realizados en la etapa de pre-inversión que determinan la viabilidad al proyecto; contemplar la necesidad de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales de los proyectos (realizar un análisis cuantitativo), para apoyar la toma de decisiones; organizar y sistematizar el registro y consulta buenas prácticas y lecciones aprendidas; y finalmente implementar y adoptar un modelo de evaluación ex post para evaluar los resultados e impactos de los programas y proyectos.

6. Conclusiones y recomendaciones

Con el trabajo desarrollado se logró destacar la importancia y relevancia de llevar a cabo una evaluación ex post a los proyectos de inversión formulados y desarrollados por el Metro de Medellín Ltda., ya que esta evaluación permitió conocer los resultados e impactos frente a los programados, generar conclusiones y correcciones para proyectos o programas nuevos. Además de que es necesario incentivar la cultura de evaluación ex post, que aporte a una inversión pública más eficiente.

Teniendo en cuenta que la evaluación ex post se efectúa, luego de terminada la ejecución de una iniciativa de inversión y tras haber avanzado un tiempo razonable en su fase de operación, para el caso de estudio se realizó un año después de iniciada la etapa de operación del proyecto

Generación Solar Fotovoltaica, y para ello se contó con información valiosa generada durante la etapa de pre-inversión, inversión, operación y mantenimiento.

Gestionar el conocimiento del proyecto debe ser un proceso que se lleve a cabo oportunamente a lo largo de todo el proyecto, en el que se logre gestionar adecuadamente el conocimiento tácito como el explicito. Este proceso es beneficioso en el sentido de que es posible provechar el conocimiento organizacional previo para producir o mejorar los resultados del proyecto y el nuevo conocimiento que se genera puede ser utilizado para apoyar las operaciones de la empresa y los futuros proyectos o fases. Es así que, por la cantidad, la magnitud de los recursos invertidos y la importancia de los proyectos que desarrolla el Metro de Medellín Ltda., resulta relevante para la empresa gestionar adecuadamente el conocimiento del proyecto.

El estudio también demostró que los sistemas de generación solar fotovoltaica son una alternativa eficiente de autogeneración para atender las necesidades energéticas de la empresa, ya que en su primer año de operación los sistemas instalados en las cuatro estaciones del Metrocable presentaron buen desempeño al generar 21% más energía a la estimada. Además, en Colombia los costos de generación continúan disminuyendo, en el mercado se ofrecen paneles solares con mayor potencia, el Metro de Medellín Ltda. dispone de amplios espacios para su instalación y es posible acceder a más de 4.0 – 4,5 horas/día en promedio de radiación solar, por la posición geográfica de la sede administrativa y estaciones de la empresa.

El proyecto en operación generó en el año 2021 un impacto positivo al medio ambiente, al dejar de emitir 42,21 toneladas de CO2, lo que equivale a la cantidad de dióxido de carbono que absorben 1939 árboles o a chatarrizar 10,11 carros o dejar de quemar 4922 galones de gasolina; reflejando con ello el impacto positivo sobre el medio ambiente y a su vez contribuye al

cumplimiento del objetivo mundial No 7 de desarrollo sostenible, definido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como “Energía asequible y no contaminante”.

La evaluación ex post realizada aportó a la mejora continua de gestión de proyectos públicos amigables con el medio ambiente, formulados, planeados y gestionados por el Metro de Medellín Ltda., toda vez que se identificaron algunos aspectos a fortalecer en las etapas de pre-inversión, inversión y operación de los proyectos, descritos en el Plan de Mejoramiento del subcapítulo 4.1.1 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto.

Se alcanzaron los objetivos del proyecto teniendo en cuenta que se formuló un modelo de evaluación expost a partir de la articulación de las buenas prácticas de la Dirección de Proyectos del *Project Management Institute (PMI)* con los lineamientos que presenta el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en su metodología de evaluación de programas y proyectos de inversión versión oficial. Es de anotar que el modelo formulado se enfocó en la observación, indagación, revisión y análisis de los procesos ejecutados y costos incurridos durante cada una de las etapas pre-inversión, inversión y operación del ciclo de vida del proyecto evaluado; lo que permitió desarrollar los módulos Identificación del Proyecto, Evaluación físico – financiera del proyecto y Seguimiento Cualitativo, descritos en el capítulo 4 Resultados.

Se aplicó el modelo propuesto, analizando toda la información disponible que fue extraída de consultas realizadas a diferentes fuentes de información y la aportada por el Metro de Medellín Ltda., respecto a las etapas de pre-inversión, inversión y operación del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, obteniendo resultados consecuentes.

Se establecieron lecciones aprendidas generadas como resultado de la evaluación ex post que derivaron en recomendaciones a la empresa para mejorar los procesos de gestión de proyectos

públicos amigables con el medio ambiente, las cuales se describen en el plan de mejoramiento propuesto.

Aplicar una metodología o en este caso un estándar para la dirección de proyecto, como lo es la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) Sexta edición, proporcionó dirección, control y ejecutar el proyecto de manera eficaz y eficiente.

El proyecto evaluado contribuyó al logro del objetivo estratégico 1.2 del plan estratégico Metro de Medellín Ltda 2016 – 2020, definido como "objetivo 1.2 Contribuir al cuido y mejoramiento del medio ambiente", razón por la cual es importante que los proyectos que se formulen, aprueben y ejecuten, estén alineados con la estrategia de la empresa para que contribuyan a logro de los objetivos de la organización y para mantener la ventaja competitiva.

El proyecto caso de estudio fue gestionado adecuadamente, toda vez que se entregó dentro del presupuesto y plazo programado teniendo en cuenta las tolerancias admitidas, y porque cumplió con los requisitos establecidos en el alcance del proyecto, siendo estas restricciones las que se consideran más importantes en la dirección de proyectos.

Durante el desarrollo del trabajo el director del proyecto empleó competencias para la dirección de proyectos, correspondientes a habilidades técnicas relacionadas con conocimientos y capacidades de la dirección de proyectos; habilidades de gestión estratégica y de negocio como conocimientos entorno a la contratación pública, control fiscal, de la estrategia, el negocio y la operación del Metro de Medellín Ltda.; y habilidades de liderazgo como la comunicación, pensamiento crítico; competencias que son cada vez más requeridas para la dirección de programas y proyectos de inversión públicos.

Como principales recomendaciones para el Metro de Medellín Ltda. que se originaron durante el desarrollo del trabajo se mencionan las siguientes:

En la etapa de pre-inversión, se recomienda que los resultados de los análisis y estudios técnicos, legales, ambientales, económicos y sociales realizados que respaldan la iniciativa de inversión, se consoliden y presenten en un documento caso de negocio del proyecto, el cual es de gran utilidad para determinar la viabilidad económica de un proyecto y como instrumento de apoyo para realizar una evaluación ex post.

Llevar a cabo la estructuración y adopción de un modelo de evaluación ex post para los programas y proyectos de inversión que lidere el Metro de Medellín Ltda., toda vez que ello va a permitir conocer los impactos y resultados frente a los programados, generar conclusiones y correcciones para programas o proyectos nuevos y tomar decisiones en pro de una inversión pública más eficiente.

Continuar con nuevas implementaciones de sistemas de generación fotovoltaica en otros espacios del Metro de Medellín Ltda. como lo son las vías 104 y 105 del taller de mantenimiento, toda vez que el sistema demostró ser una buena alternativa de autogeneración para atender las necesidades energéticas de la empresa y por el impacto positivo que genera al medio ambiente.

Recomendaciones en lo que concierne a la Dirección y Gestión de Proyectos:

Aplicar el estándar para la dirección de proyectos definido en el PMBOK V6 del PMI para proyectos grandes y complejos, en donde el alcance, el tiempo y el costo del proyecto se ha determinado en las fases tempranas del ciclo de vida, es decir proyectos con un ciclo de vida predictivo o también llamado ciclo de vida en cascada, como generalmente ocurre en los proyectos de inversión públicos.

Para efectos académicos resulta formativo, describir los procesos, las herramientas y técnicas que se aplican en el desarrollo del proyecto, no obstante, en un sentido práctico se

recomienda solo describir y presentar las salidas y los resultados de los procesos del PMBOK que se consideren pertinentes y apropiados, acorde a las necesidades del proyecto.

Referencias

Alcaldía de Medellín. (2018). Agenda 2030. Objetivos de Desarrollo Sostenible para Medellín. https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=contenido/7029-Agenda-2030-Objetivos-de-Desarrollo-Sostenible-para-Medellin

Área Metropolitana Valle de Aburrá. (2019). SITVA Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá. https://www.metropol.gov.co/la-movilidad/transporte-p%C3%BAblico/sitva

Asturias Corporación Universitaria. (s.f.). Realizar análisis cuantitativo de riesgos. Consultado el 14 de junio de 2022. https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/dgp_gestion_riesgos/clase5_pdf1.pdf

Banco de Desarrollo de América Latina - CAF (2017, 20-22 de noviembre). Desafíos para la implementación de la evaluación expost en un SNIP [Ponencia]. I Congreso Internacional de Evaluación Social de Proyectos, CEPAL, Santiago de Chile, Chile. http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/ciesp/02_PRESENTACIONES/LUNES%2020%20Noviembre/Panel%204/Diego%20Zauner.pdf

Banco Interamericano de Desarrollo – BID. (2017, 9 de mayo). Abre los ojos: América Latina necesita gastar mejor. https://blogs.iadb.org/gestion-fiscal/es/eficiencia-en-la-gestion-de-la-inversion-publica/

Banco Interamericano de Desarrollo – BID. (2019, septiembre). Fortaleciendo la gestión de las inversiones en América Latina y el Caribe: lecciones aprendidas del apoyo operativo del BID a los Sistemas Nacionales de Inversión Pública (SNIP). http://dx.doi.org/10.18235/0001952

Congreso de la República de Colombia. (1993, 22 de diciembre). Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la

gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. DO. 41146. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html

Congreso de la República de Colombia. (1994, 15 de julio). Ley 152 de 1994. Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo. DO. 41450. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0152_1994.html

Congreso de Colombia. (2014, 13 de mayo). Ley 1715 de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. DO. 49.150. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

Contraloría General de Medellín CGM. (2021). Informe Definitivo Auditoría de Cumplimiento Expansión Transmisión y Distribución Empresas Públicas de Medellín. https://www.cgm.gov.co/cgm/Paginaweb/IP/Paginas/Informes-de-Auditor%C3%ADa.aspx

Contraloría General de Medellín CGM. (2022). Misión. https://www.cgm.gov.co/cgm/Paginaweb/IC/Paginas/Mision-y-Vision.aspx

Contraloría General de la República - CGR. (2019). Guía de Auditoría Territorial – GAT, en el marco de las normas internacionales ISSAI. https://www.contraloria.gov.co/en/control-fiscal/control-fiscal-micro-proceso-auditor/sinacof/guia-de-auditoria-territorial

Contraloría General de la República - CGR. (2020). Riesgos y hechos en el ciclo de las regalías 2019 y perspectivas 2020. Informe al Congreso de la República. https://www.contraloria.gov.co/en/search?q=Riesgos+y+hechos+en+el+ciclo+de+las+regal%C3%ADas+2019+y+perspectivas+2020

Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2022, 16 de mayo). Documento CONPES 4083. Fortalecimiento del uso y la institucionalidad de las evaluaciones para la toma de decisiones en Colombia. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/4083.pdf

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2004). Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20pblicas/Metodolo_evaluacion_Expost_de_prog_proys_inv.pdf

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2017, 8 de noviembre). DNP detecta 382 proyectos financiados con regalías en estado crítico. [Comunicado de prensa]. https://www.dnp.gov.co/Paginas/DNP-alerta-sobre-nuevos-proyectos-cr%C3%ADticos-financiados-con-recursos-de-regal%C3%ADas.aspx

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2018). ABC de la viabilidad. ISBN: 978-958-5422-11-7. https://isbn.cloud/9789585422117/abc-de-la-viabilidad/

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2020). Lineamiento para la formulación y seguimiento de acciones preventivas, correctivas y de mejora. Anexo 2. Glosario de Términos y Definiciones del Manual del Sistema Integrado de Calidad. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/DNP/AP-L01%20Lineamiento%20APCM.Pu.pdf?

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2021, 21 de septiembre). DNP presenta Caja de Herramientas actualizada para intervenciones resilientes. [Comunicado de prensa]. https://www.dnp.gov.co/Paginas/DNP-presenta-Caja-de-Herramientas-actualizada-para-intervenciones-resilientes.aspx

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2021). Guía Metodológica para la Implementación de la Evaluación Ex Post de la Regulación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/ModernizacionEstado/EReI/Guia_Metodológica_Evaluación_ExPost.pdf

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2021). Manual de evaluación a las inversiones del sistema general de regalías. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/DNP/SIG/M-SP-01%20Manual%20de%20Seguimiento%20y%20Evaluación%20a%20las%20Inversiones%20del%20SGR.Pu.pdf

Departamento Nacional de Planeación - DNP (2022, 18 de febrero). Colombia avanza en más del 72% de cumplimiento de los ODS. [Comunicado de prensa]. https://www.dnp.gov.co/Paginas/Colombia-avanza-en-mas-del-72-de-cumplimiento-de-los-ODS.aspx

Departamento Nacional de Planeación - DNP (2022). Respuesta solicitud radicada 20226630253612.

Departamento Nacional de Planeación - DNP (s.f.). Gestión Pública Efectiva. Consultado el 8 de marzo de 2022. https://www.dnp.gov.co/DNP/gestion/buen-gobierno/Paginas/gestion-publica-efectiva.aspx

Departamento Nacional de Planeación - DNP (s.f.). Qué son las BPLA ?. Consultado el 8 de marzo de 2022. https://www.dnp.gov.co/DNP/gestion/sistema-integrado-gestion/Paginas/BPLA.aspx

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (s.f.). Glosario. Consultado el 30 de marzo de 2022. https://www.dnp.gov.co/atencion-al-ciudadano/glosario/Paginas/P.aspx

Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC) (2021, 09 de agosto). Comunicado de Prensa del IPCC. El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando. [Comunicado de prensa]. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022, 30 de marzo). Data & Statistics. https://irena.org/Statistics

Metro de Medellín Ltda. (2019). Generación Solar Fotovoltaica en instalaciones de la empresa para autoabastecimiento energético. Proyecto 002672. Contrato 002672C-19. https://webmetro.suplos.com

Metro de Medellín Ltda. (2019, 9 de agosto). Ratificamos nuestro compromiso con los ODS. Nuestro METRO – No 206. [Comunicado de prensa]. https://www.metrodemedellin.gov.co/al-dia/noticias/ratificamos-nuestro-compromiso-con-los-ods

Metro de Medellín Ltda. (2020). Historia. Consultado el 08 de marzo de 2022. https://www.metrodemedellin.gov.co/quienes-somos/historia

Metro de Medellín Ltda. (2020). Estructura organizacional. Consultado el 08 de marzo de 2022. https://www.metrodemedellin.gov.co/quienes-somos/estructura

Metro de Medellín Ltda. (2020). Negocios METRO. Consultado el 08 de marzo de 2022. https://www.metrodemedellin.gov.co/negocios-metro

Metro de Medellín Ltda. (2021). Direccionamiento estratégico 2021 – 2025. Consultado el 08 de marzo de 2022. https://www.metrodemedellin.gov.co/quienes-somos/direccionamiento-estrategico

Ministerio de Minas y Energía. (2018, 26 de febrero). Resolución 030 de 2018. Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. https://www.minenergia.gov.co/normatividad

Ministerio de Minas y Energía. (2022). Fuentes No Convencionales de Energía Renovable – FNCER. https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fncer/

Organización de las Naciones Unidas (ONU) . (2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html

Organización de las Naciones Unidas (ONU) . (2022). La promesa de la energía solar: Estrategia energética para reducir las emisiones de carbono en el siglo XXI. https://www.un.org/es/chronicle/article/la-promesa-de-la-energia-solar-estrategia-energetica-para-reducir-las-emisiones-de-carbono-en-el

PMOinformatica. (2018, 23 de mayo). Para que se utilizan las lecciones aprendidas en los proyectos. Lecciones aprendidas según el PMBOK 6. http://www.pmoinformatica.com/2018/05/lecciones-aprendidas-pmbok-6.html

Project Management Institute PMI. (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. (Guía del PMBOK®)Sexta edición. Edición. Atlanta. EE.UU. 765 p.

Restrepo Betancur, L. F. y Peña Serna ,C. (2019). Cambio climático en la ciudad de Medellín - Colombia, en un periodo de cincuenta años (1960-2010). DYNA, vol. 86, núm. 209, pp. 312-318, 2019

Sistema Nacional de Inversiones. (2020). ¿Qué es Evaluación Ex Post?. Evaluación Ex Post de Corto Plazo. http://sni.gob.cl/que-es-evaluacion-ex-post

Unidad De Planeación Minero Energética. (2020, 04 de septiembre). Resolución 000203 de 2020. Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para acceder a los beneficios tributarios en inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE). DO. 51.427. https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_upme_0203_2020.htm

Unidad De Planeación Minero Energética. (2021, 02 de noviembre). Resolución 382 de 2021. Por la cual se actualiza el factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional del año 2020 para inventarios de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y proyectos de mitigación de GEI. https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/calculo-factor-de-emision-de-Co2-del-SIN.aspx

Universidad Santo Tomás. (2019). Reglamento General de Postgrados Política y Lineamientos. https://unidadposgrados.usta.edu.co/images/Reglamento_general_posgrados_INT_2_compressed.pdf

Universidad Santo Tomás. (2016, 24 de noviembre). Acuerdo Nº 002 de 2016. Por el cual se reglamentan los criterios para otorgar distinciones académicas en los programas de postgrado de la Seccional Bucaramanga, 1 – 7.

Unión Temporal COINSI-HERSIC. (2020, 29 de enero). Informe evaluativo. Proyecto de Energía Solar. Contrato 002672C-19. https://webmetro.suplos.com

Apéndices

Apéndice A. *Acta de Formalización de Trabajo de Grado*

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
BUCARAMANGA
VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES: 1705

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL DE ALTA CALIDAD MULTICAMPUS

ACTA DE FORMALIZACION DE TRABAJO DE GRADO BAJO LA MODALIDAD PROYECTO DE EXTENSION

Entre los suscritos a saber, Gabriel Andrés Plata Rueda, mayor de edad, identificado con C.C número 13.743.312 en mi condición de estudiante de la V cohorte de la Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga, quién se denominará El ESTUDIANTE por una parte; y por otra, Jorge Mario Restrepo García, mayor de edad, identificado con C.C número 18.560.095, actuando en calidad de Representante Legal Suplente de la Empresa Metro de Medellín Ltda., quien se denominará LA EMPRESA, por medio de la presente dejamos constancia de lo siguiente.

1) Que EL ESTUDIANTE pertenece a la Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos, en la que debe realizar y aprobar un trabajo de grado como requisito para la obtención del correspondiente título.
2) Que EL ESTUDIANTE desarrollará su trabajo de grado en la modalidad "proyecto de extensión" que consiste en la aplicación de los conceptos de dirección y gestión de proyectos, orientados a requerimientos empresariales, requerimientos de unidades especializadas de la Universidad o del sector externo.

Hechas las anteriores aclaraciones, se deja constancia de la suscripción de la presente acta de formalización de trabajo de grado, teniendo en cuenta las siguientes clausulas:

Primero: La Empresa permitirá al ESTUDIANTE la realización de su trabajo de grado bajo la modalidad proyecto de extensión, facilitando la información que éste requiera para la consolidación del mismo, previo la suscripción de un Acuerdo de Confidencialidad.

Segundo: Los derechos patrimoniales que se deriven de la producción del trabajo de grado pertenecerán a los autores, de conformidad con lo señalado en la Ley 23 de 1982, la Decisión Andina 351 y demás normas concordantes y complementarias.

Tercero: El ESTUDIANTE deberá citar en la "producción de documentos, artículos, referencias y demás" tanto a la USTA como a la Empresa.

Como constancia de lo anterior, se firma en la ciudad de Medellín a los 9 días del mes de febrero del año 2022.

Gabriel Andrés Plata R
EL ESTUDIANTE
DI: 13.743.312

Jorge Mario Restrepo G
LA EMPRESA
DI: 18.560.095

Apéndice B. *Diccionario de la EDT/WBS*

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
1.1	Project Charter
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Autorizar formalmente la existencia del proyecto y conferir al director de proyecto la autoridad para aplicar los recursos de la organización a las actividades del proyecto.
Descripción del Paquete de Trabajo:	Documento que contiene el título del proyecto, descripción del proyecto, problema, recursos preasignados, supuestos, restricciones, objetivo medible.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Revisión y análisis de los documentos e información disponible. Investigación documental. Reunión con el director del TFM.
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del Proyecto. Participa: Apoya: Docente Seminario 2. Revisa: Director del TFM Aprueba: Director del TFM Da información: Metro de Medellín Ltda.
Fechas Programadas:	Inicio:01/03/2022 Fin:14/03/2022 Hitos importantes:
Criterio de Aceptación:	Estar diligenciado de manera completa
Supuestos:	Aprobación del Acta de Constitución del Proyecto
Riesgos:	Retrasos en la entrega y aprobación del Acta de Constitución del P.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Después del PDT: Plan para la dirección del proyecto

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
1.2	Plan para la dirección del proyecto
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Describir el modo en que el proyecto será ejecutado, monitoreado y controlado, y cerrado.
Descripción del Paquete de Trabajo:	Documento que contiene los planes de gestión subsidiarios y la información y procesos de las áreas del conocimiento que se van a aplicar en el proyecto.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Revisión y análisis de los documentos e información disponible. Investigación documental. Reunión con el director del TFM. Presentar avance del TFM.
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Profesional Metro de Medellín Ltda. Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:15/03/2022 Fin:25/04/2022 Hitos importantes: Presentar informe de avance del TFM
Criterio de Aceptación:	Informe de avance de TFM ajustado acorde a observaciones del director de TFM.
Supuestos:	Aprobación del Plan de Dirección del Proyecto

Riesgos:	Retrasos en la entrega y aprobación del plan de dirección del proyecto
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Project Charter Después del PDT: Fase de Pre inversión

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
2.1	Revisión de fuentes de información
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Disponer de información de la fase de pre-inversión del proyecto Generación Solar Fotovoltaica para su análisis y valoración.
Descripción del Paquete de Trabajo:	Consultar la información disponible de la evaluación ex ante llevada a cabo por el Metro de Medellín respecto al proyecto Generación Solar Fotovoltaica.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Gestionar con el Metro de Medellín la información requerida de la fase de pre-inversión del proyecto Generación Solar Fotovoltaica. Consultas sistemas de información.
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Profesional Metro de Medellín Ltda. Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio: 09/05/2022 Fin: 10/05/2022 Hitos importantes:
Criterio de Aceptación:	Cumplir con las actividades dentro de las fechas programadas.
Supuestos:	El Metro de Medellín Ltda. facilita la información requerida.
Riesgos:	Acceso limitado a la información relevante del proyecto objeto de estudio. Demoras en la respuesta y/o información incompleta aportada por el profesional del Metro
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina. Profesional Metro.
Dependencias:	Antes del PDT: Dirección del proyecto Después del PDT: Factibilidad del proyecto

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
2.2	Factibilidad del proyecto
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Realizar un diagnóstico de la fase de pre-inversión del proyecto Generación Solar Fotovoltaica para conocer los argumentos que determinaron la viabilidad de ejecutar el proyecto.
Descripción del Paquete de Trabajo:	Evaluar los criterios tenidos en cuenta por el Mero de Medellín Ltda. para determinar la factibilidad del proyecto.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Analizar la información Sintetizar la información.
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Revisa: Director de TFM.

	Aprueba: Director de TFM. Da información:
Fechas Programadas:	Inicio: 11/05/2022 Fin: 16/05/2022 Hitos importantes:
Criterio de Aceptación:	Cumplir con las actividades dentro de las fechas programadas.
Supuestos:	
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Revisión de fuentes de información Después del PDT: Variables a medir

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
2.3	Variables para medir
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Identificar las variables para medir en la evaluación ex post y presentar el informe de avance de la fase de pre-inversión.
Descripción del Paquete de Trabajo:	Identificar las variables relacionadas con los resultados y el impacto del proyecto objeto de estudio
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Identificar variables para medir. Construir informe ejecutivo Presentar informe de avance. Asesoría. Realizar ajustes al informe
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:17/05/2022 Fin:02/06/2022 Hitos importantes: Presentar informe de avance
Criterio de Aceptación:	Cumplir con las actividades dentro de las fechas programadas.
Supuestos:	
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Factibilidad del proyecto Después del PDT: Fase de inversión

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
3.1	Revisión de fuentes de información
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Revisar las fuentes de información disponible de la fase de inversión del proyecto
Descripción del Paquete de Trabajo:	Gestionar con el Metro de Medellín la entrega de información generada durante la fase de inversión del proyecto generación solar fotovoltaica.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Gestionar la información requerida. Realizar visita a instalaciones Metro.

Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Profesional Metro de Medellín Ltda. Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:03/06/2022 Fin:07/06/2022 Hitos importantes:
Criterio de Aceptación:	Información entregada
Supuestos:	El Metro de Medellín Ltda. facilita la información requerida
Riesgos:	Acceso limitado a la información relevante del proyecto objeto de estudio. Demoras en la respuesta y/o información incompleta aportada por el profesional del Metro
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Después del PDT: Procesos desarrollados

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
3.2	Procesos Desarrollados
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Identificar los procesos desarrollados y salidas generadas por el Metro de Medellín en la fase de inversión del proyecto generación solar fotovoltaica.
Descripción del Paquete de Trabajo:	Analizar la información disponible de la fase de inversión para presentar informe ejecutivo.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Analizar información Sintetizar la información Construir informe ejecutivo Presentar informe de avance Asesoría Realizar ajustes al informe
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:08/06/2022 Fin:13/07/2022 Hitos importantes: Presentar informe de avance
Criterio de Aceptación:	Cumplir con las actividades dentro de las fechas programadas.
Supuestos:	
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Después del PDT:

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
4.1	Planificado Vs Logrado

Objetivo del Paquete de Trabajo:	Comparar las metas programadas con las logradas.
Descripción del Paquete de Trabajo:	Realizar el análisis de información que permita comparar lo logrado (resultados) vs lo programado (lo esperado).
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Realizar comparativo Diligenciar cuadro
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Profesional Metro de Medellín Ltda. Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:14/07/2022 Fin:19/07/2022 Hitos importantes:
Criterio de Aceptación:	Cuadro comparativo diligenciado
Supuestos:	Se dispone de información fidedigna para realizar el comparativo.
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Fase de Inversión Después del PDT: Antes Vs Después del Proyecto

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
4.2	Antes Vs Después del Proyecto
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Confrontar la situación “sin proyecto” con la situación “con proyecto”
Descripción del Paquete de Trabajo:	Realizar el análisis de información que permita comparar la situación antes del proyecto vs después del proyecto
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Realizar comparativo Diligenciar cuadro
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:14/07/2022 Fin:19/07/2022 Hitos importantes:
Criterio de Aceptación:	Cuadro comparativo diligenciado
Supuestos:	Se dispone de información fidedigna para realizar el comparativo.
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Planificado Vs Logrado Después del PDT: Formatos diligenciados

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
4.3	Formatos Diligenciados

Objetivo del Paquete de Trabajo:	Diligenciar los formatos adaptados a partir de la Metodología de Evaluación Ex Post de Programas y Proyectos de Inversión del DNP.
Descripción del Paquete de Trabajo:	Analizar, adaptar y diligenciar los formatos propuestos por el DNP que sean aplicables al proyecto.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Analizar formatos. Adaptar formatos Diligenciar formatos
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya:. Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:20/07/2022 Fin:01/08/2022 Hitos importantes:
Criterio de Aceptación:	Formatos completamente diligenciados
Supuestos:	
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Antes Vs Después del Proyecto Después del PDT: Análisis de variables

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
4.4	Análisis de Variables
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Analizar las variables identificadas en la fase de pre-inversión
Descripción del Paquete de Trabajo:	Realizar un análisis de las variables identificadas en la fase de pre-inversión que permitan construir el indicador para su interpretación.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Examinar los resultados Construir indicador
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya:. Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:02/08/2022 Fin:05/08/2022 Hitos importantes:
Criterio de Aceptación:	Consolidado de indicadores por cada resultado
Supuestos:	
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Formatos diligenciados Después del PDT: Resultados

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**

4.5	Resultados
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Consolidar la información analizada de la fase de operación para la presentación del informe
Descripción del Paquete de Trabajo:	Recopilar y construir documento que contenga los análisis y resultados de la fase de operación.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Construir documento. Presentar informe de avance Asesoría Realizar ajustes al informe
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:08/08/2022 Fin:22/08/2022 Hitos importantes: Presentar informe
Criterio de Aceptación:	Informe presentado
Supuestos:	
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Análisis de variables Después del PDT: Lecciones aprendidas

Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
5.1	Identificación
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Identificar las lecciones aprendidas
Descripción del Paquete de Trabajo:	Reflexionar y analizar los factores que pueden haber afectado positiva o negativamente el proyecto objeto de estudio.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Identificar lecciones aprendidas
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Profesional Metro de Medellín Ltda. Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:23/08/2022 Fin:24/08/2022 Hitos importantes:
Criterio de Aceptación:	Lecciones aprendidas identificadas por temáticas.
Supuestos:	
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Fase de Operación Después del PDT: Registro

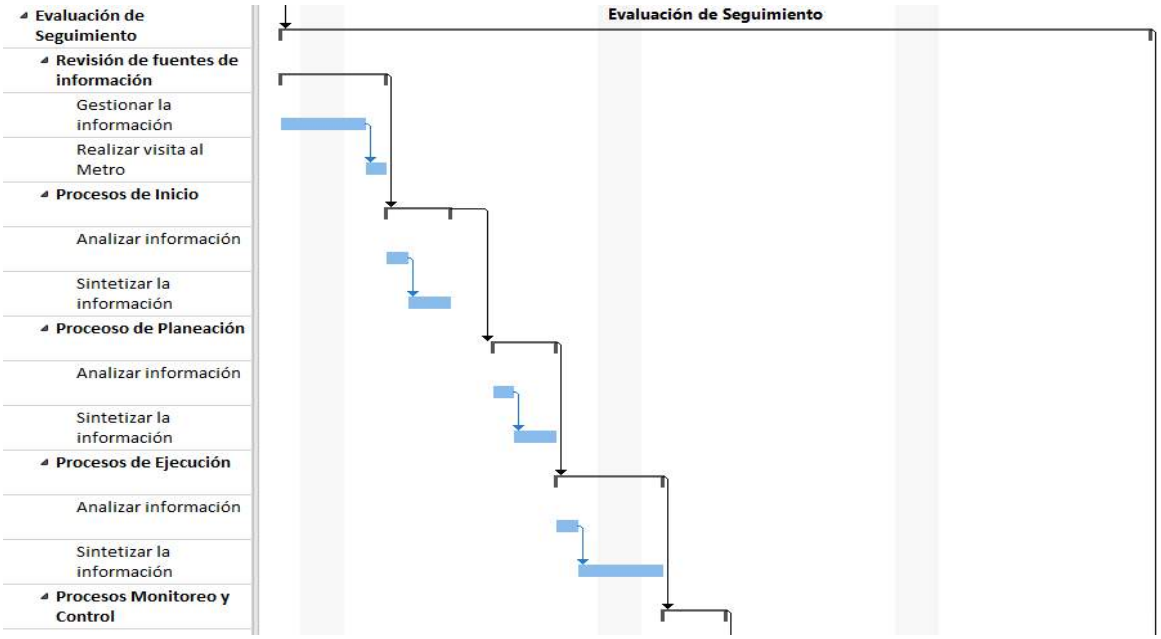
Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
5.2	Registro
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Documentar las lecciones aprendidas identificadas
Descripción del Paquete de Trabajo:	Realizar el registro de las lecciones aprendidas y presentación del informe de la etapa lecciones aprendidas.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Registrar lecciones aprendidas Presentar informe de avance Asesoría Realizar ajustes al informe
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información:
Fechas Programadas:	Inicio:25/08/2022 Fin:06/09/2022 Hitos importantes: Presentación del informe
Criterio de Aceptación:	Informe presentado
Supuestos:	
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Identificación Después del PDT: Cierre

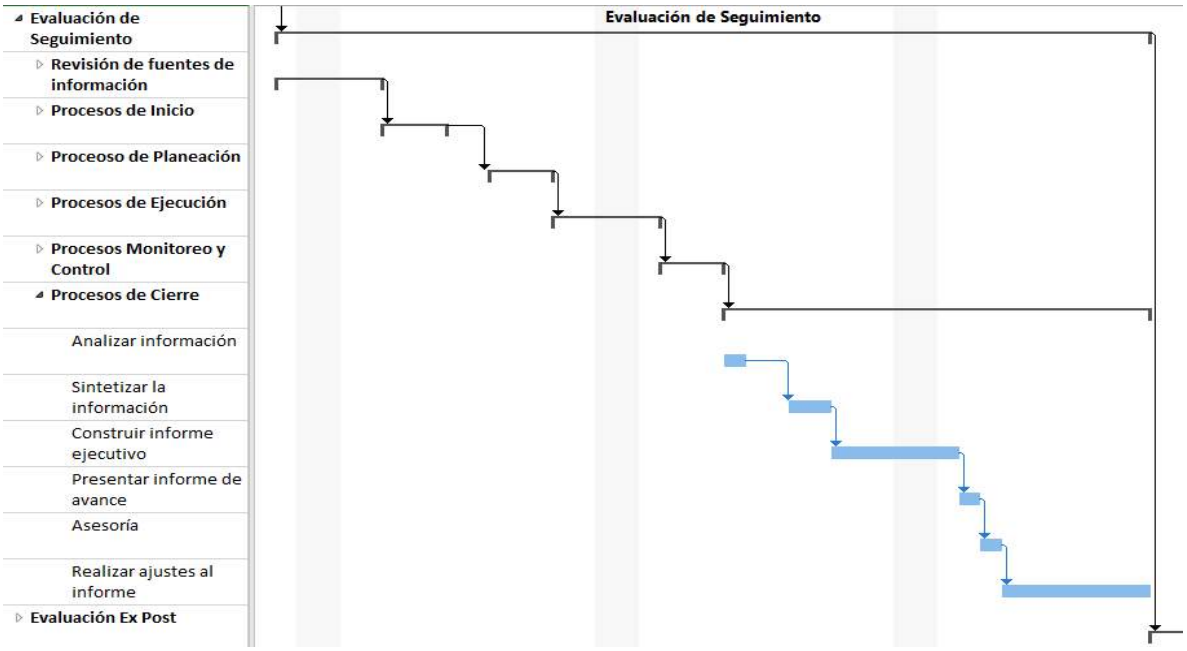
Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
6.1	Plan de Mejoramiento
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Proponer acciones de mejora para la gestión de proyectos amigables con el medio ambiente.
Descripción del Paquete de Trabajo:	Documento plan de mejoramiento que contiene las acciones propuestas.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Diseñar Formular
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Profesional Metro de Medellín Ltda. Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:07/09/2022 Fin:12/09/2022 Hitos importantes:
Criterio de Aceptación:	Presentación de plan de mejoramiento
Supuestos:	
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Lecciones aprendidas Después del PDT: Informe final

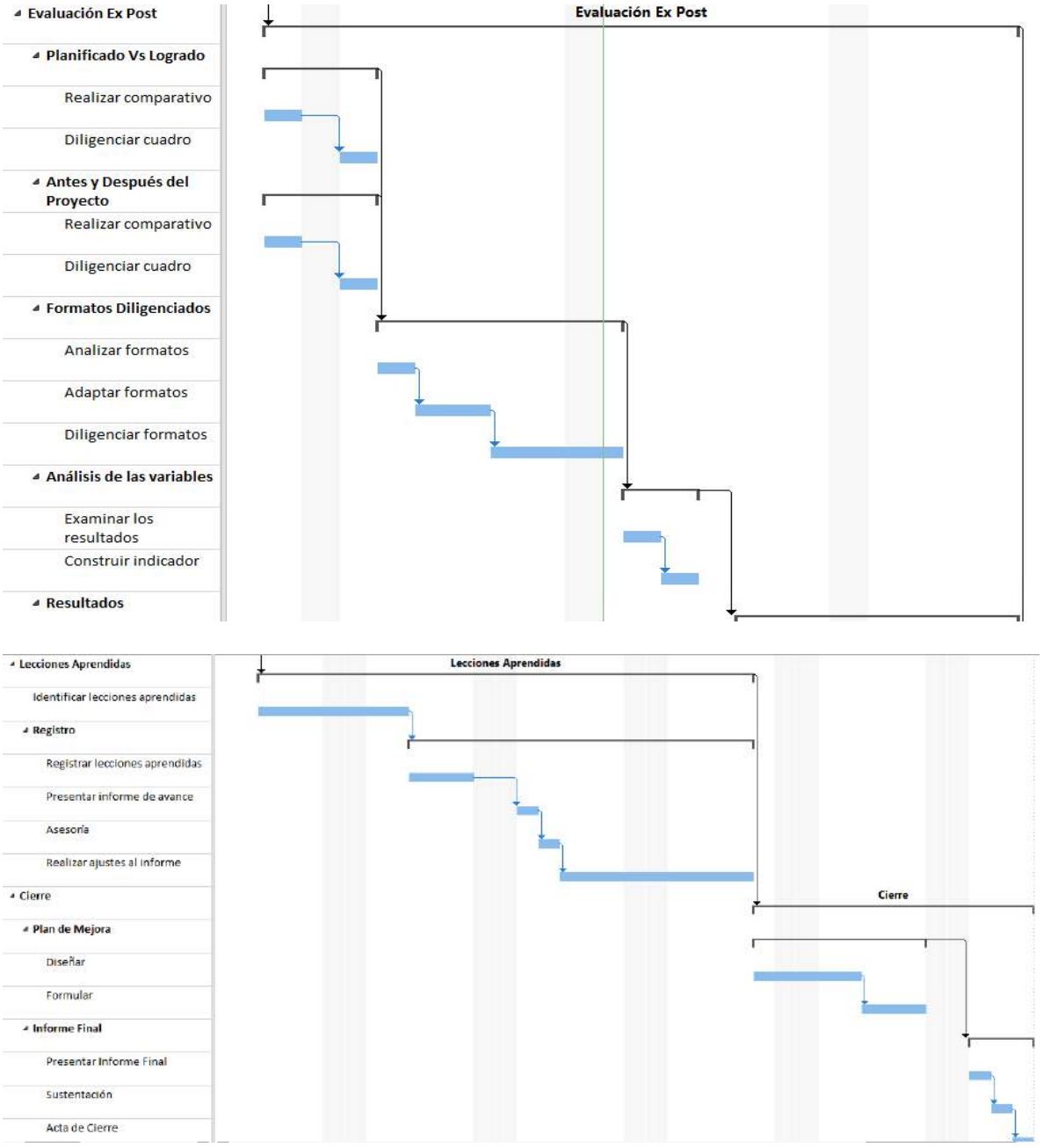
Código del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT	**Nombre del Paquete de Trabajo (PDT): Según el EDT**
6.2	Informe Final
Objetivo del Paquete de Trabajo:	Presentación del informe final de TFM para finalizar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto.
Descripción del Paquete de Trabajo:	Documento que contiene el consolidado de todos los análisis y resultados.
Descripción del Trabajo a Realizar (actividades):	Presentar informe Final Sustentación Acta de Cierre
Asignación de Responsabilidades:	Responsable: Director del proyecto Participa: Apoya: Revisa: Director de TFM. Aprueba: Director de TFM. Da información: Metro de Medellín LTDA.
Fechas Programadas:	Inicio:13/09/2022 Fin:15/09/2022 Hitos importantes: Presentación de informe
Criterio de Aceptación:	Presentación de informe con los ajustes sugeridos por el director de TFM.
Supuestos:	
Riesgos:	Retrasos en el cumplimiento de las actividades.
Recursos Asignados y Costos:	Director del proyecto. Director del TFM. Kit de elementos de oficina.
Dependencias:	Antes del PDT: Plan de Mejoramiento Después del PDT: Acta de Cierre

Nota: Elaboración propia 2022

Apéndice C. *Secuencia de las actividades*







Nota: Elaboración propia 2022

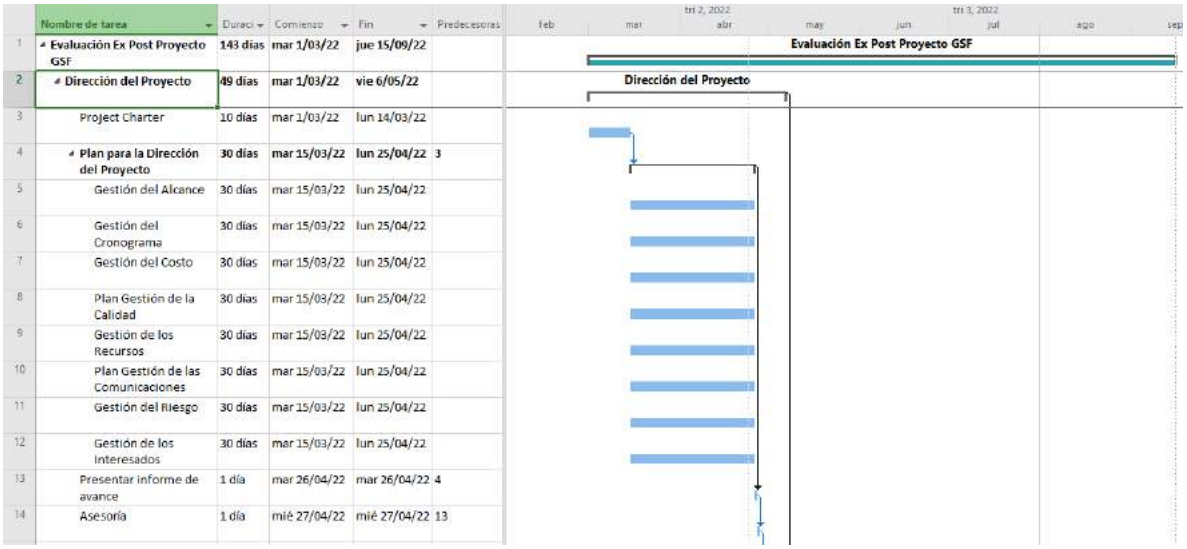
Apéndice D. *Duración de las actividades del proyecto*

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Evaluación Ex Post del Proyecto GSF	**143 días**	**1/03/22**	**15/09/22**
Dirección del Proyecto	**49 días**	**1/03/22**	**6/05/22**
Project Charter	10 días	1/03/22	14/03/22
Plan para la Dirección del Proyecto	30 días	15/03/22	25/04/22
Gestión del Alcance	30 días	15/03/22	25/04/22
Gestión del Cronograma	30 días	15/03/22	25/04/22
Gestión del Costo	30 días	15/03/22	25/04/22
Plan Gestión de la Calidad	30 días	15/03/22	25/04/22
Gestión de los Recursos	30 días	15/03/22	25/04/22
Plan Gestión Comunicaciones	30 días	15/03/22	25/04/22
Gestión del Riesgo	30 días	15/03/22	25/04/22
Gestión de los Interesados	30 días	15/03/22	25/04/22
Presentar informe de avance	1 día	26/04/22	26/04/22
Asesoría	1 día	27/04/22	27/04/22
Realizar ajustes al informe	7 días	28/04/22	6/05/22
Evaluación Ex Ante	**19 días**	**9/05/22**	**02/06/22**
Revisión de fuentes de información	2 días	9/05/22	10/05/22
Gestionar información requerida	2 días	9/05/22	10/05/22
Consultas sistemas información	2 días	9/05/22	10/05/22
Factibilidad del Proyecto	4 días	11/05/22	16/05/22
Analizar la información	2 días	11/05/22	12/05/22
Sintetizar la información	2 días	13/05/22	16/05/22
Variables a medir	13 días	17/05/22	02/06/22
Identificar variables a medir	2 días	17/05/22	18/05/22
Construir informe ejecutivo	4 días	19/05/22	24/05/22
Presentar informe de avance	1 día	25/05/22	25/05/22
Asesoría	1 día	26/05/22	26/05/22
Realizar ajustes al informe	5 días	27/05/22	02/06/22
Evaluación de Seguimiento	**29 días**	**03/06/22**	**13/07/22**
Revisión de fuentes de información	3 días	03/06/22	07/06/22
Gestionar información requerida	2 días	03/06/22	06/06/22
Realizar visita al Metro	1 día	07/06/22	07/06/22
Procesos de Inicio	3 días	08/06/22	10/06/22
Analizar información	1 días	08/06/22	08/06/22
Sintetizar la información	2 días	09/06/22	10/06/22
Proceoso de Planeación	3 días	13/06/22	15/06/22
Analizar información	1 días	13/06/22	13/06/22
Sintetizar la información	2 días	14/06/22	15/06/22
Procesos de Ejecución	3 días	16/06/22	20/06/22
Analizar información	1 días	16/06/22	16/06/22
Sintetizar la información	2 días	17/07/22	20/06/22
Procesos Monitoreo y Control	3 días	21/06/22	23/06/22
Analizar información	1 días	21/06/22	21/06/22
Sintetizar la información	2 días	22/06/22	23/06/22
Procesos de Cierre	14 días	24/06/22	13/07/22
Analizar información	1 días	24/06/22	24/06/22
Sintetizar la información	2 días	27/06/22	28/06/22
Construir informe ejecutivo	4 días	29/06/22	04/07/22
Presentar informe de avance	1 día	05/07/22	05/07/22
Asesoría	1 día	06/07/22	06/07/22

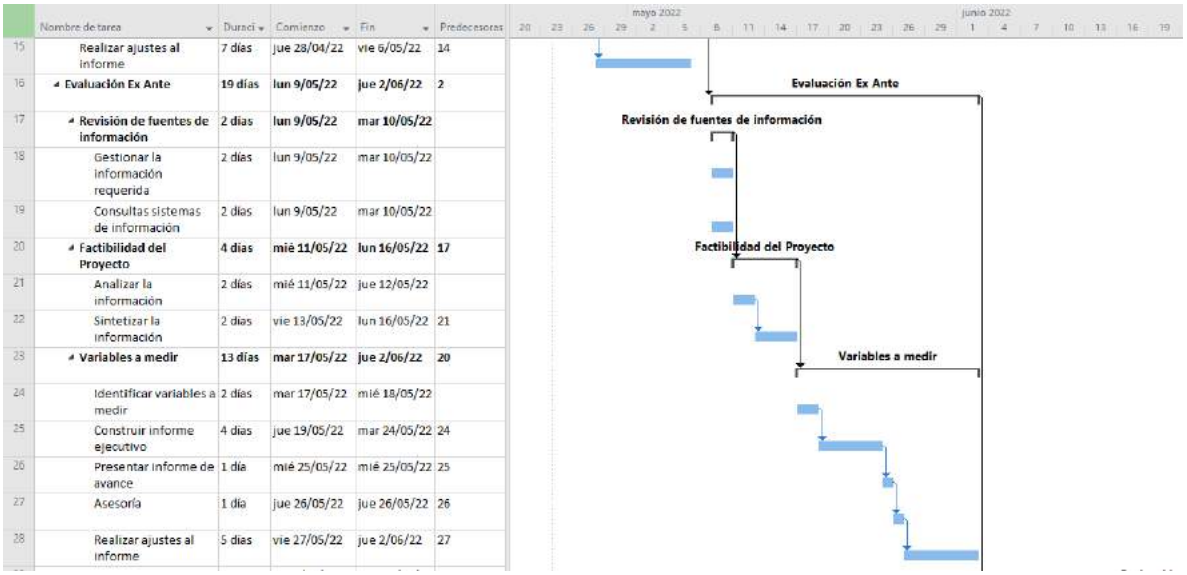
Realizar ajustes al informe	5 días	07/07/22	13/07/22
Evaluación Ex Post	**28 días**	**14/07/22**	**22/08/22**
Planificado Vs Logrado	6 días	8/08/22	15/08/22
Realizar comparativo	3 días	8/08/22	10/08/22
Diligenciar cuadro	3 días	11/08/22	15/08/22
Antes y Después del Proyecto	6 días	8/08/22	15/08/22
Realizar comparativo	3 días	8/08/22	10/08/22
Diligenciar cuadro	3 días	11/08/22	15/08/22
Formatos Diligenciados	13 días	16/08/22	1/09/22
Analizar formatos	3 días	16/08/22	18/08/22
Adaptar formatos	3 días	19/08/22	23/08/22
Diligenciar formatos	7 días	24/08/22	1/09/22
Análisis de las variables	6 días	2/09/22	9/09/22
Examinar los resultados	3 días	2/09/22	6/09/22
Construir indicador	3 días	7/09/22	9/09/22
Resultados	12 días	12/09/22	27/09/22
Construir documento	5 días	12/09/22	16/09/22
Presentar informe de avance	1 día	19/09/22	19/09/22
Asesoría	1 día	20/09/22	20/09/22
Realizar ajustes al informe	5 días	21/09/22	27/09/22
Lecciones Aprendidas	**11 días**	**23/08/22**	**06/09/22**
Identificar lecciones aprendidas	2 días	23/08/22	24/08/22
Registro	9 días	25/08/22	06/09/22
Registrar lecciones aprendidas	2 días	25/08/22	26/08/22
Presentar informe de avance	1 día	29/08/22	29/08/22
Asesoría	1 día	30/08/22	30/08/22
Realizar ajustes al informe	5 días	31/08/22	06/09/22
Cierre	**7 días**	**07/09/22**	**15/09/22**
Plan de Mejora	**4 días**	**07/09/22**	**12/09/22**
Diseñar	2 días	07/09/22	08/09/22
Formular	2 días	09/09/22	12/09/22
Informe Final	**3 días**	**13/09/22**	**15/09/22**
Presentar Informe Final	1 día	13/09/22	13/09/22
Sustentación	1 día	14/09/22	14/09/22
Acta de Cierre	1 día	15/09/22	15/09/22

Nota: Elaboración propia 2022

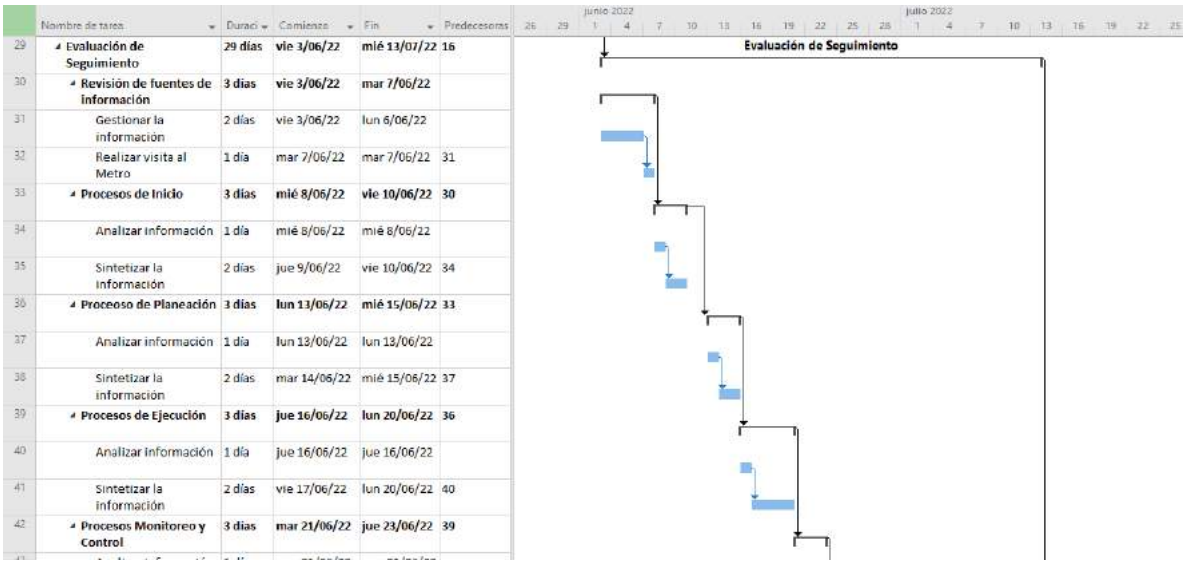
Apéndice E. *Cronograma del proyecto*



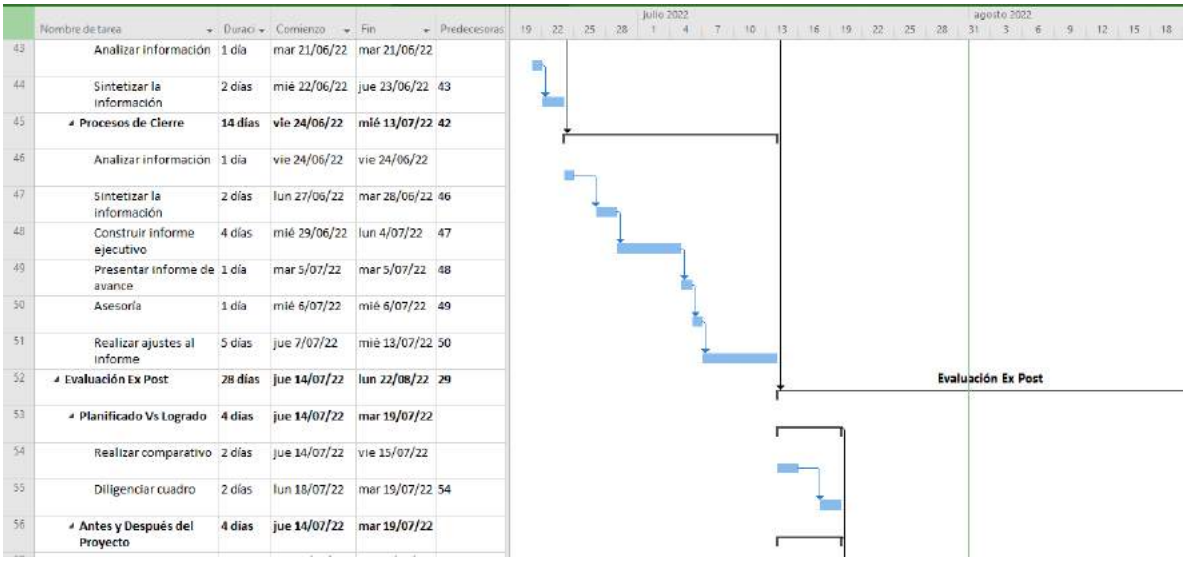
	Nombre de tarea	Duraci	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	**Evaluación Ex Post Proyecto GSF**	**143 días**	**mar 1/03/22**	**jue 15/09/22**	
2	**Dirección del Proyecto**	**49 días**	**mar 1/03/22**	**vie 6/05/22**	
3	Project Charter	10 días	mar 1/03/22	lun 14/03/22	
4	**Plan para la Dirección del Proyecto**	**30 días**	**mar 15/03/22**	**lun 25/04/22**	3
5	Gestión del Alcance	30 días	mar 15/03/22	lun 25/04/22	
6	Gestión del Cronograma	30 días	mar 15/03/22	lun 25/04/22	
7	Gestión del Costo	30 días	mar 15/03/22	lun 25/04/22	
8	Plan Gestión de la Calidad	30 días	mar 15/03/22	lun 25/04/22	
9	Gestión de los Recursos	30 días	mar 15/03/22	lun 25/04/22	
10	Plan Gestión de las Comunicaciones	30 días	mar 15/03/22	lun 25/04/22	
11	Gestión del Riesgo	30 días	mar 15/03/22	lun 25/04/22	
12	Gestión de los Interesados	30 días	mar 15/03/22	lun 25/04/22	
13	Presentar informe de avance	1 día	mar 26/04/22	mar 26/04/22	4
14	Asesoría	1 día	mié 27/04/22	mié 27/04/22	13



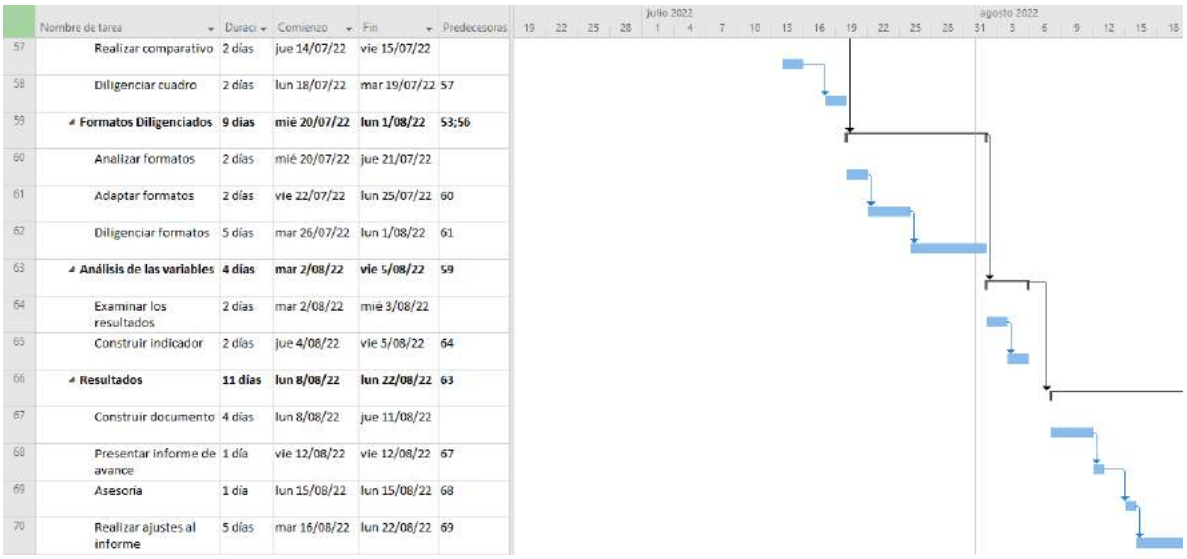
	Nombre de tarea	Duraci	Comienzo	Fin	Predecesoras
15	Realizar ajustes al informe	7 días	jue 28/04/22	vie 6/05/22	14
16	**Evaluación Ex Ante**	**19 días**	**lun 9/05/22**	**jue 2/06/22**	2
17	**Revisión de fuentes de información**	**2 días**	**lun 9/05/22**	**mar 10/05/22**	
18	Gestionar la información requerida	2 días	lun 9/05/22	mar 10/05/22	
19	Consultas sistemas de información	2 días	lun 9/05/22	mar 10/05/22	
20	**Factibilidad del Proyecto**	**4 días**	**mié 11/05/22**	**lun 16/05/22**	17
21	Analizar la información	2 días	mié 11/05/22	jue 12/05/22	
22	Sintetizar la información	2 días	vie 13/05/22	lun 16/05/22	21
23	**Variables a medir**	**13 días**	**mar 17/05/22**	**jue 2/06/22**	20
24	Identificar variables a medir	2 días	mar 17/05/22	mié 18/05/22	
25	Construir informe ejecutivo	4 días	jue 19/05/22	mar 24/05/22	24
26	Presentar informe de avance	1 día	mié 25/05/22	mié 25/05/22	25
27	Asesoría	1 día	jue 26/05/22	jue 26/05/22	26
28	Realizar ajustes al informe	5 días	vie 27/05/22	jue 2/06/22	27



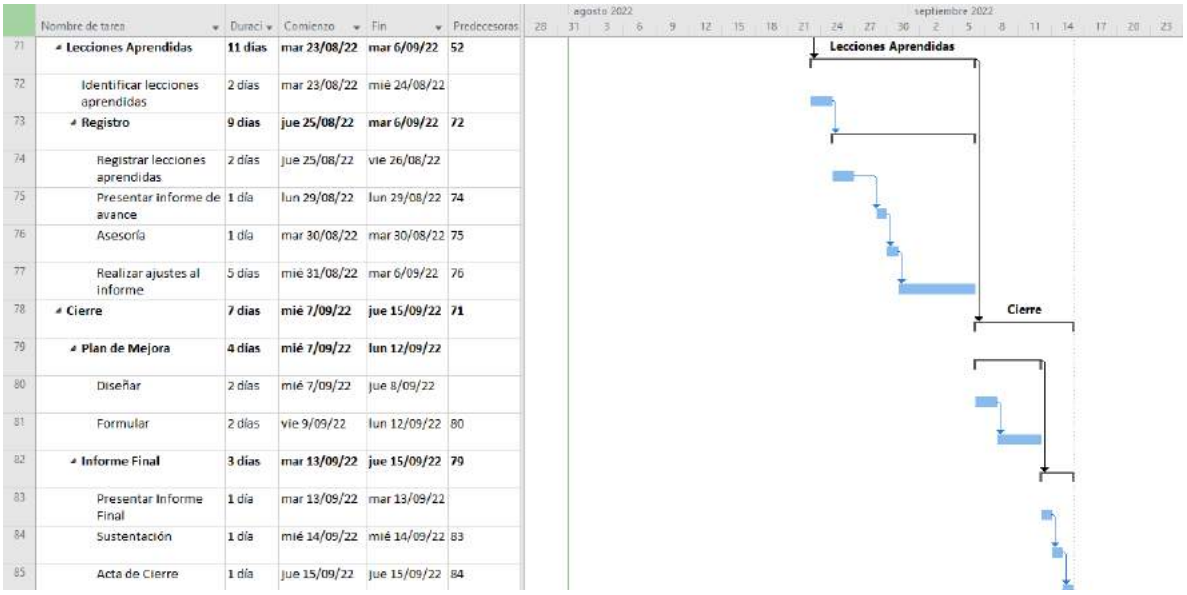
	Nombre de tarea	Duraci	Comienzo	Fin	Predecesoras
29	**Evaluación de Seguimiento**	**29 días**	**vie 3/06/22**	**mié 13/07/22**	**16**
30	**Revisión de fuentes de información**	**3 días**	**vie 3/06/22**	**mar 7/06/22**	
31	Gestionar la información	2 días	vie 3/06/22	lun 6/06/22	
32	Realizar visita al Metro	1 día	mar 7/06/22	mar 7/06/22	31
33	**Procesos de Inicio**	**3 días**	**mié 8/06/22**	**vie 10/06/22**	**30**
34	Analizar información	1 día	mié 8/06/22	mié 8/06/22	
35	Sintetizar la información	2 días	jue 9/06/22	vie 10/06/22	34
36	**Proceoso de Planeación**	**3 días**	**lun 13/06/22**	**mié 15/06/22**	**33**
37	Analizar información	1 día	lun 13/06/22	lun 13/06/22	
38	Sintetizar la información	2 días	mar 14/06/22	mié 15/06/22	37
39	**Procesos de Ejecución**	**3 días**	**jue 16/06/22**	**lun 20/06/22**	**36**
40	Analizar información	1 día	jue 16/06/22	jue 16/06/22	
41	Sintetizar la información	2 días	vie 17/06/22	lun 20/06/22	40
42	**Procesos Monitoreo y Control**	**3 días**	**mar 21/06/22**	**jue 23/06/22**	**39**



	Nombre de tarea	Duraci	Comienzo	Fin	Predecesoras
43	Analizar información	1 día	mar 21/06/22	mar 21/06/22	
44	Sintetizar la información	2 días	mié 22/06/22	jue 23/06/22	43
45	**Procesos de Cierre**	**14 días**	**vie 24/06/22**	**mié 13/07/22**	**42**
46	Analizar información	1 día	vie 24/06/22	vie 24/06/22	
47	Sintetizar la información	2 días	lun 27/06/22	mar 28/06/22	46
48	Construir informe ejecutivo	4 días	mié 29/06/22	lun 4/07/22	47
49	Presentar informe de avance	1 día	mar 5/07/22	mar 5/07/22	48
50	Asesoría	1 día	mié 6/07/22	mié 6/07/22	49
51	Realizar ajustes al informe	5 días	jue 7/07/22	mié 13/07/22	50
52	**Evaluación Ex Post**	**28 días**	**jue 14/07/22**	**lun 22/08/22**	**29**
53	**Planificado Vs Logrado**	**4 días**	**jue 14/07/22**	**mar 19/07/22**	
54	Realizar comparativo	2 días	jue 14/07/22	vie 15/07/22	
55	Diligenciar cuadro	2 días	lun 18/07/22	mar 19/07/22	54
56	**Antes y Después del Proyecto**	**4 días**	**jue 14/07/22**	**mar 19/07/22**	



	Nombre de tarea	Duraci	Comienzo	Fin	Predecesoras
57	Realizar comparativo	2 días	jue 14/07/22	vie 15/07/22	
58	Diligenciar cuadro	2 días	lun 18/07/22	mar 19/07/22	57
59	**Formatos Diligenciados**	**9 días**	**mié 20/07/22**	**lun 1/08/22**	**53;56**
60	Analizar formatos	2 días	mié 20/07/22	jue 21/07/22	
61	Adaptar formatos	2 días	vie 22/07/22	lun 25/07/22	60
62	Diligenciar formatos	5 días	mar 26/07/22	lun 1/08/22	61
63	**Análisis de las variables**	**4 días**	**mar 2/08/22**	**vie 5/08/22**	**59**
64	Examinar los resultados	2 días	mar 2/08/22	mié 3/08/22	
65	Construir indicador	2 días	jue 4/08/22	vie 5/08/22	64
66	**Resultados**	**11 días**	**lun 8/08/22**	**lun 22/08/22**	**63**
67	Construir documento	4 días	lun 8/08/22	jue 11/08/22	
68	Presentar informe de avance	1 día	vie 12/08/22	vie 12/08/22	67
69	Asesoria	1 día	lun 15/08/22	lun 15/08/22	68
70	Realizar ajustes al informe	5 días	mar 16/08/22	lun 22/08/22	69



	Nombre de tarea	Duraci	Comienzo	Fin	Predecesoras
71	**Lecciones Aprendidas**	**11 días**	**mar 23/08/22**	**mar 6/09/22**	**52**
72	Identificar lecciones aprendidas	2 días	mar 23/08/22	mié 24/08/22	
73	**Registro**	**9 días**	**jue 25/08/22**	**mar 6/09/22**	**72**
74	Registrar lecciones aprendidas	2 días	jue 25/08/22	vie 26/08/22	
75	Presentar informe de avance	1 día	lun 29/08/22	lun 29/08/22	74
76	Asesoría	1 día	mar 30/08/22	mar 30/08/22	75
77	Realizar ajustes al informe	5 días	mié 31/08/22	mar 6/09/22	76
78	**Cierre**	**7 días**	**mié 7/09/22**	**jue 15/09/22**	**71**
79	**Plan de Mejora**	**4 días**	**mié 7/09/22**	**lun 12/09/22**	
80	Diseñar	2 días	mié 7/09/22	jue 8/09/22	
81	Formular	2 días	vie 9/09/22	lun 12/09/22	80
82	**Informe Final**	**3 días**	**mar 13/09/22**	**jue 15/09/22**	**79**
83	Presentar Informe Final	1 día	mar 13/09/22	mar 13/09/22	
84	Sustentación	1 día	mié 14/09/22	mié 14/09/22	83
85	Acta de Cierre	1 día	jue 15/09/22	jue 15/09/22	84

Nota: Elaboración propia 2022

Apéndice F. *Ahorro proyectado de energía por generación fotovoltaica en $ anual.*

Años	Generación PV en kWh Anual Sede Administrativa	Costo kWh	Generación PV en $kWh/ Anual
1	94.020,00	263,71	24.794.014
2	92.139,60	273,73	25.221.373
3	91.199,40	284,13	25.912.486
4	90.259,20	294,93	26.620.146
5	89.319,00	306,14	27.344.119
6	88.378,80	317,77	28.084.131
7	87.438,60	329,85	28.841.622
8	86.498,40	342,38	29.615.322
9	85.558,20	355,39	30.406.529
10	84.618,00	368,9	31.215.580
11	83.991,20	382,91	32.161.070
12	83.364,40	397,46	33.134.014
13	82.737,60	412,57	34.135.052
14	82.110,80	428,24	35.163.129
15	81.484,00	444,52	36.221.268
16	80.857,20	461,41	37.308.321
17	80.230,40	478,94	38.425.548
18	79.603,60	497,14	39.574.134
19	78.976,80	516,03	40.754.398
20	78.350,00	535,64	41.967.394
21	77.723,20	556	43.214.099
22	77.096,40	577,13	44.494.645
23	76.469,60	599,06	45.809.879
24	75.842,80	621,82	47.160.570
25	75.216,00	645,45	48.548.167
TOTAL Generación PV en KW	**2.083.483,20**	**TOTAL Generación PV en $kWh**	**876.127.009**
Inversión	**-458.399.200**	**TIR**	**5,0%**

Años	Generación PV en kWh Anual Estación 13 de Noviembre	Costo kWh	Generación PV en $kWh/ Anual
1	21.330,00	480,11	10.240.746
2	20.903,40	498,35	10.417.209
3	20.690,00	517,29	10.702.730
4	20.476,80	536,95	10.995.018
5	20.263,50	557,35	11.293.862
6	20.050,20	578,53	11.599.642
7	19.836,90	600,52	11.912.455
8	19.623,60	623,34	12.232.175
9	19.410,30	647,02	12.558.852
10	19.197,00	671,61	12.892.897
11	19.054,80	697,13	13.283.673
12	18.912,60	723,62	13.685.536
13	18.770,40	751,12	14.098.823
14	18.628,20	779,66	14.523.662
15	18.486,00	809,29	14.960.535

16	18.343,80	840,04	15.409.526
17	18.201,60	871,96	15.871.067
18	18.059,40	905,1	16.345.563
19	17.917,20	939,49	16.833.030
20	17.775,00	975,19	17.334.002
21	17.632,80	1012,25	17.848.802
22	17.490,60	1050,72	18.377.723
23	17.348,40	1090,64	18.920.859
24	17.206,20	1132,09	19.478.967
25	17.064,00	1175,11	20.052.077
TOTAL Generación PV en KW	**472.672,70**	**TOTAL Generación PV en $kWh**	**361.869.432**
Inversión	**-$73.444.348**	**TIR**	**15,9%**

Años	**Generación PV en kWh Anual Estación El Pinal**	**Costo kWh**	**Generación PV en $kWh/ Anual**
1	20.610,00	480,11	9.895.067
2	20.197,80	498,35	10.065.574
3	19.991,70	517,29	10.341.506
4	19.785,60	536,95	10.623.878
5	19.579,50	557,35	10.912.634
6	19.373,40	578,53	11.208.093
7	19.167,30	600,52	11.510.347
8	18.961,20	623,34	11.819.274
9	18.755,10	647,02	12.134.925
10	18.549,00	671,61	12.457.694
11	18.411,60	697,13	12.835.279
12	18.274,20	723,62	13.223.577
13	18.136,80	751,12	13.622.913
14	17.999,40	779,66	14.033.412
15	17.862,00	809,29	14.455.538
16	17.724,60	840,04	14.889.373
17	17.587,20	871,96	15.335.335
18	17.449,80	905,1	15.793.814
19	17.312,40	939,49	16.264.827
20	17.175,00	975,19	16.748.888
21	17.037,60	1012,25	17.246.311
22	16.900,20	1050,72	17.757.378
23	16.762,80	1090,64	18.282.180
24	16.625,40	1132,09	18.821.449
25	16.488,00	1175,11	19.375.214
TOTAL Generación PV en KW	**456.717,60**	**TOTAL Generación PV en $kWh**	**349.654.480**
Inversión	**-$72.577.912**	**TIR**	**15,58%**

Años	**Generación PV en kWh Anual Estación Villa Sierra**	**Costo kWh**	**Generación PV en $kWh/ Anual**
1	8.603,00	480,11	4.130.386
2	8.430,94	498,35	4.201.559
3	8.344,91	517,29	4.316.738
4	8.258,88	536,95	4.434.606

5	8.172,85	557,35	4.555.138
6	8.086,82	578,53	4.678.468
7	8.000,79	600,52	4.804.634
8	7.914,76	623,34	4.933.586
9	7.828,73	647,02	5.065.345
10	7.742,70	671,61	5.200.075
11	7.685,35	697,13	5.357.688
12	7.627,99	723,62	5.519.766
13	7.570,64	751,12	5.686.459
14	7.513,29	779,66	5.857.812
15	7.455,93	809,29	6.034.010
16	7.398,58	840,04	6.215.103
17	7.341,23	871,96	6.401.259
18	7.283,87	905,1	6.592.631
19	7.226,52	939,49	6.789.243
20	7.169,17	975,19	6.991.303
21	7.111,81	1012,25	7.198.930
22	7.054,46	1.050,72	7.412.262
23	6.997,11	1090,64	7.631.328
24	6.939,75	1.132,09	7.856.422
25	6.882,40	1175,11	8.087.577
TOTAL Generación PV en KW	**190.642,48**	**TOTAL Generación PV en $kWh**	**145.952.328**
Inversión	**-$58.579.984**	**TIR**	**7,51%**

Años	**Generación PV en kWh Anual Estación Las Torres**	**Costo kWh**	**Generación PV en $kWh/ Anual**
1	25.352,00	480,11	12.171.749
2	24.844,96	498,35	12.381.486
3	24.591,44	517,29	12.720.906
4	24.337,92	536,95	13.068.246
5	24.084,40	557,35	13.423.440
6	23.830,88	578,53	13.786.879
7	23.577,36	600,52	14.158.676
8	23.323,84	623,34	14.538.682
9	23.070,32	647,02	14.926.958
10	22.816,80	671,61	15.323.991
11	22.647,79	697,13	15.788.454
12	22.478,77	723,62	16.266.088
13	22.309,76	751,12	16.757.307
14	22.140,75	779,66	17.262.257
15	21.971,73	809,29	17.781.501
16	21.802,72	840,04	18.315.157
17	21.633,71	871,96	18.863.730
18	21.464,69	905,1	19.427.691
19	21.295,68	939,49	20.007.078
20	21.126,67	975,19	20.602.517
21	20.957,65	1.012,25	21.214.381
22	20.788,64	1.050,72	21.843.040
23	20.619,63	1.090,64	22.488.593
24	20.450,61	1.132,09	23.151.931
25	20.281,60	1.175,11	23.833.111

TOTAL Generación PV en KW	**561.800,32**	**TOTAL Generación PV en $kWh**	**430.103.851**
Inversión	**-$74.849.244**	**TIR**	**18,43%**

Nota: Adaptado de informe Unión Temporal COINSI-HERSIC 2020

Apéndice G. *Acta de constitución del proyecto Generación Solar Fotovoltaica*

	Acta de constitución
Título del proyecto	Generación Solar Fotovoltaica en instalaciones de la empresa para autoabastecimiento energético.
Descripción del proyecto	Diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en instalaciones de la empresa para autoabastecimiento energético.
Problema	La Empresa utiliza desde el inicio de sus operaciones principalmente energía eléctrica para la tracción de sus sistemas de transporte; este tipo de energía evita emisiones de gases nocivos a la atmósfera; contribuyendo a la mejora de la calidad del aire en la ciudad, además de brindar a los ciudadanos confort y comodidad durante el viaje. El consumo de energía eléctrica en La Empresa está cerca de los 80GWh/año. Con los planes rectores de expansión planificados para la red de transporte eléctrico se prevé aumento del consumo de energía. Por lo anterior, se exploran estrategias relacionadas con la generación de energía eléctrica, dentro de los cuales se ha considerado la autogeneración para atender parte de las propias necesidades energéticas, utilizando el recurso solar disponible en la región.
Recursos preasignados	Para la ejecución del proyecto se estimó un presupuesto oficial de $757.425.219, según Certificados de Disponibilidad (CDP) Nos. 30012759 y 30012760 y Registro Presupuestal No 4700043672 y 4700043673 para el diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en cubierta en parqueadero de Sede administrativa y (4) cuatro estaciones de Metrocable: El Pinal, Trece de Noviembre, Villa Sierra y Las Torres, por valor de $737.850.668 (incluido IVA y AU). El recurso humano asignado al proyecto está integrado por: **Contratista:** Unión Temporal COINSI-HERSIC encargado de la ejecución de las obras. **Sponsor:** El Gerente de Planeación del Metro de Medellín Ltda., quién asume el rol de ordenador del gasto. **Jefe de I+D+I:** Jefe del área que lidera el proyecto. **Líderes del proyecto:** Profesionales del Metro de Medellín asignados para realizar el seguimiento y supervisión del proyecto y los contratos que se suscriban. **Profesional PMO:** Profesional del Metro de Medellín adscrito a la oficina PMO quién da orientación respecto a buenas prácticas para la dirección del proyecto. **Gestión del Cambio:** Profesional del Metro encargado de aprobar cambios que se requieran durante la ejecución del proyecto. **Usuario Final:** Área de Infraestructuras, encargada de la operación del proyecto.
Interesados	• Metro de Medellín Ltda. • Alcaldía de Medellín Ltda. • Contraloría General de Medellín • Área Metropolitana del Valle de Aburrá • Equipo del proyecto

Breve Descripción de los productos /entregables	1. Diseño Parqueadero Sede Administrativa. 2. Diseño - Estaciones Metrocable 3. Suministro- Parqueadero Sede Administrativa 4. Suministro - Estaciones de Metrocable 5. Montaje - Parqueadero Sede administrativa 6. Montaje - Estaciones Metrocable 7. Pruebas – Parqueadero Sede Administrativa 8. Pruebas - Estaciones de Metrocable 9. Puesta en servicio - Parqueadero Sede administrativa 10. Puesta en servicio - Estaciones Metrocable 11. Documentación- Parqueadero Sede Administrativa 12. Documentación -Estaciones metrocable
Supuestos	• Equipo de proyecto comprometido con el desarrollo de las actividades dentro del tiempo establecido. • Contar con los equipos necesarios y suficientes para la realización de los montajes en las diferentes instalaciones. • Que el recurso humano para la ejecución del proyecto sea el adecuado desde el punto de vista técnico y administrativo. • Obtener la generación estimada para cada instalación por condiciones climáticas.
Restricciones	• Clima favorable para trabajos de montaje del sistema como estructura y paneles solares. • Condiciones sociales favorables en la zona de influencia de las estaciones del cable donde se realizarán los montajes. • Demoras en el proceso de nacionalización de equipos en caso de que el contratista seleccionado no posea stock.
Objetivo medible proyecto	• Realizar el diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en cubierta en parqueadero de Sede administrativa y (4) cuatro estaciones de Metrocable: El Pinal, Trece de Noviembre, Villa Sierra y Las Torres. para autoabastecimiento energético.

Apéndice H. *Formatos diligenciados de la metodología evaluación ex post DNP*

FORMATO EE - 01: IDENTIFICACION DEL PROYECTO			
Nombre del Proyecto	Generación Solar Fotovoltaica		
Código del Proyecto	En el Plan Estratégico I.1907. En ADPROS 002672.		
Localización Geográfica	Instalaciones Metro de Medellín Ltda. - Antioquia		
Proceso	**Nombre responsable y entidad**	**Fecha**	
		Inicial	**Final**
Información de la Evaluación Ex-ante			
Formular	Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación	01/07/2019	22/08/2019
Viabilizar	Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación	23/08/2019	02/10/2019
Información de la Evaluación de Seguimiento			
Seguimiento Preinversión	Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación	03/10/2019	27/11/2019
Seguimiento Ejecución	Supervisor Metro de Medellín	12/12/2019	20/11/2020
Seguimiento Operación	Director de Proyecto	01/01/2021	31/12/2021
Información de la Evaluación Expost			
Evaluación Expost	Gabriel Andrés Plata Rueda - Director de Proyecto - Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga	10/03/2022	20/09/2022

FORMATO EE-02 OBJETIVO Y SITUACION ACTUAL DEL PROYECTO				
Objetivos	**Descripción Objetivos**	**Indicador**	**Metas**	
			Iniciales *	**Finales**
1. Objetivo General del proyecto	Diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en instalaciones de la empresa para autoabastecimiento energético.	P3.2.21.18 Avance de actividades de investigación y desarrollo de productos	100%	100%
2. Objetivos Específicos del proyecto	Llevar a cabo el diseño e implementación del sistema de generación solar fotovoltaica, con capacidad de mínimo 128 kWp distribuidos en las cubiertas del Parqueadero de la Sede administrativa y las cuatro estaciones de los Metrocables de las líneas H y M: El Pinal, Trece de Noviembre, Las Torres y Villa Sierra.	Potencia sistema	128 KWh	128 KWh
	Generar un ahorro de energía durante la vida útil del proyecto de acuerdo con los costos de energía de las facturas emitidas por el operador de red para la instalación.	Ahorro de energía $ por año	61.239.644	61.239.644
	Aportar a la disminución de C02 según la huella de carbono evitada por generación del sistema fotovoltaico.	Toneladas de CO2 evitada por año	57,73 C02	57,73 C02
3.Descripción del proyecto	Ingeniería conceptual y de detalle. Suministro de paneles solares, inversores, estructura de soporte y otros componentes para el proyecto. Instalación de equipos, estructuras y accesorios. Pruebas y puesta en servicio. Capacitación y documentación.			

FORMATO EE - 03 COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN DEL PROYECTO			
SITUACIÓN SIN PROYECTO		SITUACIÓN CON PROYECTO	
ACTUAL	ESPERADA	ULTIMO INFORME DE SEGUIMIENTO	ACTUAL O AL INICIO EVALUACIÓN
1. Zona objetivo a atender con el proyecto.		**1. Zona atendida con proyecto.**	**1. Zona atendida con proyecto.**
Parqueadero sede administrativa y estaciones metrocable El Pinal, Trece de Noviembre, Villa Sierra y Las Torres		Parqueadero sede administrativa y estaciones metrocable El Pinal, Trece de Noviembre, Villa Sierra y Las Torres	Parqueadero sede administrativa y estaciones metrocable El Pinal, Trece de Noviembre, Villa Sierra y Las Torres
2. Describa la situación existente en relación con el problema o necesidad.	**2. Describa la situación esperada en relación con el problema o necesidad.**	**2. Describa la situación actual en relación con el problema o necesidad.**	**2. Describa la situación actual en relación con el problema o necesidad.**
Consumo de energía de la red eléctrica para operar los sistemas de transporte y las instalaciones de la empresa. Cambio climático en la ciudad de Medellín. Deterioro de la calidad del aire.	Autogeneración de energía eléctrica para para atender sus propias necesidades energéticas utilizando el recurso solar disponible en la región. Contribuir a la mejora de la calidad del aire en la ciudad.	Disminución de consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico por generación del sistema fotovoltaico. Ahorro de energía por operación del sistema fotovoltaico de acuerdo con los costos de energía de las facturas emitidas por el operador de red para la instalación. Disminución de C02 según la huella de carbono evitada por generación del sistema fotovoltaico.	Disminución de consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico por generación del sistema fotovoltaico. Ahorro de energía por operación del sistema fotovoltaico de acuerdo con los costos de energía de las facturas emitidas por el operador de red para la instalación. Disminución de C02 según la huella de carbono evitada por generación del sistema fotovoltaico.
3. Establezca cuál es la causa principal del problema y cómo evolucionará la situación si no se toma alguna medida para solucionarlo.		**4. Establezca respecto a la causa principal del problema su evolución después de implantar el proyecto.**	**4. Establezca respecto a la causa principal del problema su evolución después de implantar el proyecto.**
Aumento en el consumo de energía eléctrica por expansión de la red de transporte eléctrico.		Disminución de consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico por generación del sistema fotovoltaico. Ahorro de energía por operación del sistema fotovoltaico de acuerdo con los costos de energía de las facturas emitidas por el operador de red para la instalación.	Disminución de consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico por generación del sistema fotovoltaico. Ahorro de energía por operación del sistema fotovoltaico de acuerdo con los costos de energía de las facturas emitidas por el operador de red para la instalación.
4. Describa en qué condiciones se está prestando el servicio actualmente y/o se están produciendo los bienes.		**4. Describa en qué condiciones se está prestando el servicio y/o se están produciendo los bienes después de implantar el proyecto.**	**4. Describa en qué condiciones se está prestando el servicio y/o se están produciendo los bienes después de implantar el proyecto.**
Los sistemas de transporte y las instalaciones de la empresa utilizan la energía proveniente de la red de energía de servicio público de la ciudad.		La sede administrativa y 4 estaciones del Metrocable operan con energía proveniente de la red de energía de servicio público de la ciudad y la generada por el sistema fotovoltaico.	La sede administrativa y 4 estaciones del Metrocable operan con energía proveniente de la red de energía de servicio público de la ciudad y la generada por el sistema fotovoltaico.
5. Indicadores Iniciales. ¿Cuál es la magnitud del problema actualmente? Consumo Energía promedio anual sistema eléctrico (kWh)	**5. Indicadores esperados con proyecto. ¿Qué resultado se espera en la mitigación del problema? Consumo estimado de energía promedio anual sistema eléctrico (kWh)**	**5. Indicadores Actuales. ¿Cuál es la magnitud del problema actualmente? Consumo real de energía promedio anual sistema eléctrico (kWh)**	**5. Indicadores Actuales. ¿Cuál es la magnitud del problema actualmente? Consumo real de energía promedio anual sistema eléctrico (kWh)**
710.856	540.924	488.755	483.130
6. Indicadores sin proyecto. ¿Qué pasaría si no se implementa el proyecto en el próximo futuro?.			
Se prevé a futuro un consumo eléctrico mayor, implicando con ello un mayor costo de energía.			

FORMATO EE-04 COMPONENTE LEGAL DEL PROYECTO						
	EVALUACIÓN EXANTE			EVALUACIÓN EXPOST		
MARCO LEGAL	TITULO o NUMERO	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN PROYECTO	¿HUBO AJUSTES, CUALES?	¿POR QUÉ?	COMENTARIOS
Plan maestro 2006-2030	Confianza en el Futu	Instrumento de planificación que permite prever el desarrollo y el ordenamiento de la Empresa en el futuro		No		
Plan estratégico 2020 - 2023	Aprobado en la sesión de Junta Directiva del 25 de noviembre de 2020	Proyecto de inversión I.1907 Generación Fotovoltaica en cubierta Sede Administrativa	5.2 Fortalecer el ecosistema de innovación	No		No se realizó ajuste por COVID 19
Contrato	002672C-19	Contrato suscrito con Unión Temporal COINSI-HERSIC.	Contratista encargado del "Diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en instalaciones de la Empresa para autoabastecimiento energético	Si, 3 modificaciones	Suspensión de 56 días por el COVID 19, reinicio de actividades, adición al valor del contrato en $34.091.069 y ampliación de 45 días	
Resolución de Junta Directiva	151 de 2017	Manual de contratación del Metro de Medellín Ltda	Contiene las disposiciónes generales para gestionar y ejecutar el proyecto	No		
Ley	1715 de 2014	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional	Exención del pago de los Derechos Arancelarios de importación de paneles solares e inversores. Exclusión del impuesto a las ventas (IVA) en la adquisición de bienes y servicios para el desarrollo de proyectos de generación y gestión eficiente de la energía.	No		

FORMATO EE-05 COMPONENTE DE MERCADO DEL PROYECTO.				
EVALUACIÓN EXANTE				
PROYECCIÓN DE LA OFERTA DEL BIEN Y/O SERVICIO (EN CANTIDADES)				
PERIODO DE EVALUACIÓN (en años).	18/10/2019			
NOMBRE DEL BIEN O SERVICIO:	Proceso de contratación 002672R			
UNIDAD DE MEDIDA (para el bien o servicio)	COP	COP	COP	COP
DESCRIPCIÓN	Oferta 1	Oferta 2	Oferta 3	Oferta 4
Diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en instalaciones de la empresa para autoabastecimiento energético.	615.018.518	709.619.748	743.623.618	737.850.668

FORMATO EE-06 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO			
	EVALUACIÓN EXANTE	**EVALUACIÓN EXPOST**	
	Describir	**¿Hubo variación, cual y porqué?**	**Comentarios**
ZONA (UBICACIÓN):	Instalaciones del Metro de Medellín Ltda.	No	
DEPARTAMENTO:	Antioquia	No	
MUNICIPIO – DISTRITO:	Bello	No	
FACTOR ANALIZADO	**COMENTARIOS**	**¿Hubo variación, cual y porqué?**	**Comentarios**
1. Medios y costos de transporte.	EL CONTRATISTA será responsable de la entrega de todos los materiales, equipos, herramientas, entre otros, que sean necesarios para la ejecución del contrato, desde el sitio de origen hasta el sitio de las obras o instalación. EL CONTRATISTA transportará por sus medios o contará con una empresa de transporte el cargue, descargue y bodegaje de los elementos. Para el efecto, contará con todas las pólizas que aseguren los bienes objeto del contrato	No	
2. Disponibilidad y costo de mano de obr	El contratista es responsable del personal requerido para ejecutar los trabajos, entre ellos el profesional en ingeniería eléctrica responsable de la instalación solar fotovoltaica y profesional en ingeniería responsable de los diseños de la instalación solar fotovoltaica.	No	
3. Cercanía de fuentes de abastecimiento.	Los paneles solares e inversores son importados y nacionalizados por el contratista.	No	
4. Factores ambientales.	Condiciones climáticas desfavorables	No	
5. Cercanía del mercado.	Cercanía a clientes y a los mercados	No	
6. Disponibilidad de servicios públicos domiciliarios (Agua, energía y otros).	En los puntos de instalación se dispone de servicios públicos domiciliarios, agua energía.	No	
7. Comunicaciones.	Facilidad de acceso y uso de las Tecnologías de la información y las Comunicaciones (TICs)	No	
8. Aspectos administrativos y políticos.	Obtención de los beneficios de la ley 1715	No	
9. Orden público.	Los trabajos se realizan dentro de las instalaciones de la empresa, razón por la cual hay poca probabilidad de que el orden público afecte la ejecución del proyecto.	No	

FORMATO EE-08 COMPONENTE INSTITUCIONAL DEL PROYECTO			
EVALUACIÓN EXANTE		EVALUACIÓN EXPOST	
ENTIDAD	FUNCIONES, RESPONSABILIDAD Y ROLES	Ajustes	Comentarios
ETAPA DE PREINVERSIÓN			
Area de Investigación, Desarrollo e Innovación - Metro de Medellín Ltda.	Encargados de realziar los estudios de mercado y de viabilidad del proyecto	No	
ETAPA DE INVERSIÓN			
Gerente de Planeación - Metro de Medellín Ltda.	Sponsor del proyecto	No	
Profesional supervisor - Metro de Medellín Ltda.	Encargado de llevar a cabo la supervisión del proy	No	
Unión Temporal COINSI-HERSIC	Encargado del diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en instalaciones de la empresa para autoabastecimiento energético.	No	
ETAPA DE OPERACIÓN Y/O MANTENIMIENTO			
Área de Infraestructura - Metro de Medellín Ltda.	Encargada de la operación y mantenimiento del proyecto	No	

FORMATO EE-09 COMPONENTE EFECTO AMBIENTAL DEL PROYECTO		
EVALUACIÓN EXANTE		EVALUACIÓN EXPOST
		¿Se dieron cambios?, Comente.
¿Se requiere Licencia Ambiental?	No	No
¿Se requiere Diagnóstico Ambiental de Alternativas?	Si. Cálculo de la huella de carbono emitida y evitada según consumo de energía.	No
¿Se requiere Plan de Manejo Ambiental?	No	No
¿Se requieren otros permisos ambientales (vertimientos, emisiones, ruido, etc.)?	Si. Permisos de conexión a la red y demás trámites exigidos para instalaciones solares fotovoltaicas; tales como permiso de construcción de modificación y adecuación de obras sin cambio de elementos estructurales.	No
	Número de resolución	**Fecha**
Licencia Ambiental	No aplica	
Diagnóstico Ambiental	774 de la UPME	2018
Plan de Manejo Ambiental	No aplica	
Otros permisos Ambientales.		
De acuerdo con los estudios previos:		
Describa los recursos naturales renovables que se pretenden usar, aprovechar o afectar para el desarrollo del proyecto, obra o actividad.	Radiación solar	No
Identifique los impactos ambientales que puede ocasionar el proyecto, obra o actividad, indicando cuáles pueden prevenirse, corregirse o compensarse.	En este caso es un impacto positivo, con la disminución de CO2 emitido al medio ambiente.	No
Describa las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales negativos que pueda ocasionar el proyecto en el medio ambiente durante las fases de construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación del proyecto, obra o actividad.	EL CONTRATISTA será el responsable de realizar la disposición final de los residuos según la normatividad vigente para ello.	No

FORMATO EE - 12: INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO.			
Componente en análisis	**Descripción evaluación exante**	**Descripción del seguimiento**	**Descripción de la evaluación expost**
Mano de obra calificada	Profesional en ingeniería eléctrica responsable de la instalación solar fotovoltaica y profesional en ingeniería responsable de los diseños de la instalación solar fotovoltaica. Personal para pruebas, puesta en operación y capacitación.	Se vincularon al proyecto 19 empleados por parte del contratista para ejejuctar los trabajos.	La operación del proyecto está a cargo de profesionales y técnicos del Área de Infraestructura del Metro de Medellín Ltda.
Elementos y equipos	Paneles solares	350 paneles	
	Inversores	6 inversores	
	Medidor de radiación solar		
	Medidor de energía bidireccional		
	Estructura de parqueadero para instalación de paneles		
	Estructura de soporte de paneles		
	Cajas de conexión		
	Fusibles		
	Gabinetes		
	Transformador (donde aplique)		
	Cableado solar		
	Cableado de panel a inversor		
	Cable de potencia para conexión a S/E		
	Tuberia IMC		
	Tuberia PVC		
	Sistema de Apantallamiento y puesta a tierra del sistema		
	Dispositivos de seccionamiento y protección		
	Dispositivo de control, monitoreo, seguimiento y comunicación		
	Accesorios (cableado, grapas, tornilleria, etc…)		
Servicios	Diseño	5	
	Capacitación	60 horas	
Componentes de obra	Instalación		
	Pruebas y puesta en servicio		

FORMATO EEF-02 COSTOS DE LA ETAPA DE INVERSIÓN DEL PROYECTO						
Precios del año						
ITEMS	Valores totales de la evaluación exante o solicitados (A)	Valores totales asignados o programados (B) 1	Valores totales contratados o desembolsados (C) 2	Indicador de relación entre valores asignados o programados vs **solicitados** IAPp = (B/A * 100) (D)	Indicador de relación entre valores contratados o desembolsados vs **solicitados** ICPp = (C/A * 100) (E)	Indicador de relación entre valores contratados o desembolsados vs asignados o programados ICGp = (C/B * 100) (F)
Valor proyecto COP	757.425.219	771.941.737	770.531.491	101,92%	101,73%	99,82%
Indicador < 100% Desfase de las cifras programadas.						
Indicador = 100% Se cumplió con las cifras programadas.						
1. Valor total o suma efectivamente asignada al proyecto (en ley de presupuesto)						
2. Valor total o suma efectivamente gastado, desembolsada en el proyecto (pagos)						

FORMATO EEF-04 INGRESOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO			
Precios del año			
	Valores totales de la evaluación exante (A)	**Valores totales finales (B)**	**Indicador de programado vs ejecutado (C) IPE = (B/A) * 100)**
Vr total de ingresos por ahorro de energía año 2021	$ 61.239.644	$ 59.173.110	96,63%
Vr. Total de los beneficios (ambientales y otros). Ahorro Toneladas CO2 anuales	57,73	42,21	73,11%
VALOR TOTAL INGRESOS Y BENEFICIOS	Desfase de las cifras programadas.		
Indicador < 100% o > 100%	Se cumplieron con las cifras programadas.		

FORMATO EEF-05 ANALISIS DEL CRONOGRAMA DE INVERSIÓN DEL PROYECTO					
Unidad de Tiempo					
COMPONENTE (A)	PE, Plazo estimado en la evaluación exante (B)	PR, Plazo de ejecución (C)	Indicador plazo real vs plazo estimado IPRE = ((1 - C/B)) * 100 (D)	Comentarios (E)	
				IPRE < 0	IPRE > 0
ETAPA DE INVERSIÓN					
Ejecución del proyecto (meses)	8	11,46	-43,25%	El proyecto se ejecutó en un mayor tiempo al estimado debido a la suspensión del contrato 002672C-19 por la contingencia sanitaria del COVID 19 y a la necesidad de ejecutar cantidades adicionales requeridas y actividades extras.	
IPRE, indicador de plazo real vs plazo estimado.					

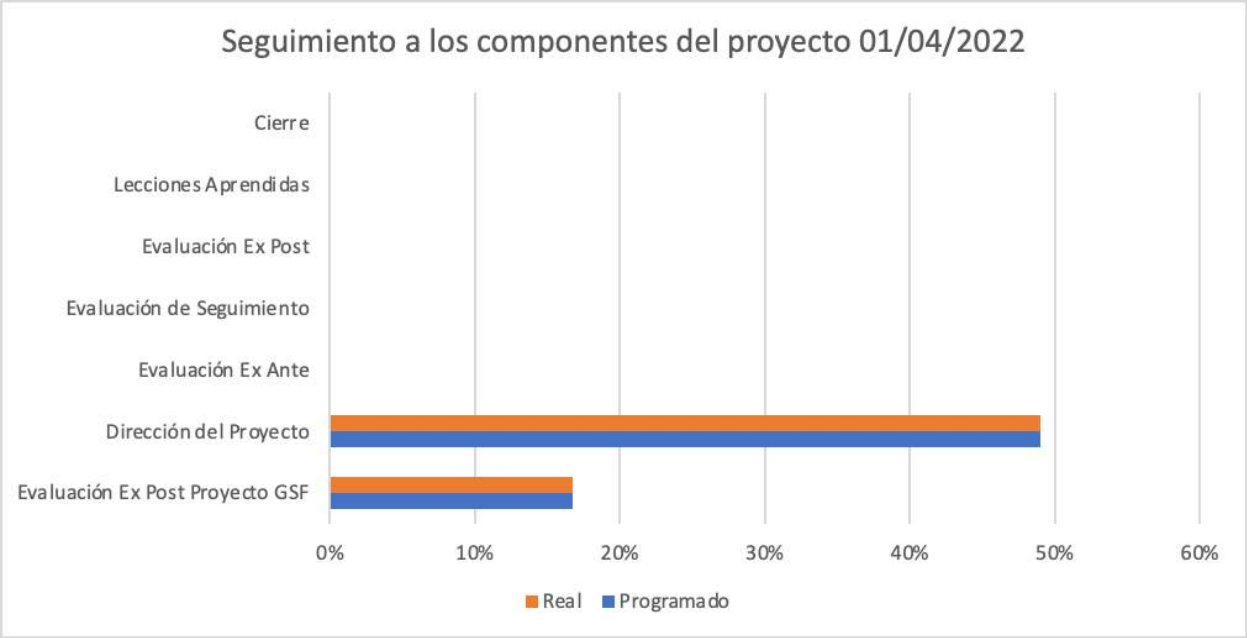
FORMATO EEF-06 PROGRAMACIÓN DE METAS DE LOS INDICADORES DEL PROYECTO								
	Nombre	**Descripción**	**Unidad de medida**	**RP, resultado programado (F)**	**RR, resultado real (G)**	**Variación de metas (H) V = (1 - (G/F)) * 100**	**Comentarios**	
							V<0	V>0
PRODUCTO (potencia mínima requerida kWp)	Sistemas de generación fotovoltaica	Instalación de 5 sistemas de generación fotovoltraica con módulos de 370W c/u	kWp	128	129,5	101,17%		Se instaló una potencia superior a la requerida
IMPACTO	Huella de carbono evitada	Ahorro Toneladas CO2 anuales	Tn	57,73	42,21	73,11%	El ahorro de toneladas de CO2 anuales es un poco inferior al estimado, por cuanto la energía generada por el sistema fotovoltaico instalado en la sede administrativa de la empresa fue menor a la estimada	
GESTIÓN	Cumplimiento	Tiempo de entrega, cantidad solicitada	%	100	100	100,00%		
EFICIENCIA (ejecución presupuestal)	Recursos invertidos	Contrato 002672C-19	COP	771.941.737	770.531.491	99,82%	Quedó un saldo de $1.410.246 que corresponde a menor cantidad de obra ejecutada; dos (2) paneles solares fotovoltaicos no instalados en el parqueadero de la Sede Administrativa	

FORMATO SC - 01: SEGUIMIENTO CUALITATIVO DEL PROYECTO						
PREGUNTAS PROPUESTAS	ALTO		MEDIO		BAJO	
	(8 a 10)	Justificación	(4 a 7)	Justificación	(0 a 3)	Justificación
INFORMACIÓN DE LA EVALUACIÓN EXPOST						
Considera que la información suministrada por la entidad en el módulo de evaluación expost es acorde con la realidad? Si o no,	10	La información aportada es coherente y está debidamente soportada				
OBJETIVOS						
Se cumplieron los objetivos? Si o no, porqué considera esto.	8	Si, aunque se recomienda para próximos proyectos llevar registro y control detallado de las actividades y costos incurridos en la evaluación ex ante.				
Se cumplieron los objetivos con el tiempo de ejecución del proyecto? Si o no, porqué?			7	El proyecto se ejecutó en un mayor tiempo al estimado debido a la suspensión del contrato 002672C-19 por la contingencia sanitaria del COVID 19 y a la necesidad de ejecutar cantidades adicionales requeridas y actividades extras.		
Se cumplieron los objetivos con el presupuesto asignado? Si o no, porqué?	8	Si aunque se debió adicionar el valor del contrato en $34.091.069 para ejecutar cantidades adicionales requeridas y actividades extras.				
El cumplimiento de los objetivos del proyecto solucionaron el problema evidenciado?	9	El proyecto esta constribuyendo a disminuir las emisiones de CO2 y beneficia a la empresa con un ahorro por generación				
RESULTADOS DEL PROYECTO						
Los productos o servicios que se entregaron del proyecto son los esperados por la	10	Se recibieron a satisfacción los bienes y servicios requeridos				
CRONOGRAMA						
Se cumplio con el cronograma del proyecto? Si o no, porqué?			7	Se presentó una suspensión del contrato por por la contingencia sanitaria del COVID 19		
ACCESO A INFORMACIÓN						
Se tuvo acceso a información completa en la etapa de evaluación expost por parte de la entidad ejecutora? Si o no, porqué?	10	La información fue aportada por la empresa de forma completa y diligente				
Se tuvo acceso a información de calidad en la etapa de evaluación expost por parte de la entidad ejecutora? Si o no, porqué?	10	La información aportada es de calidad y reposa en los sistemas de información de la empresa				

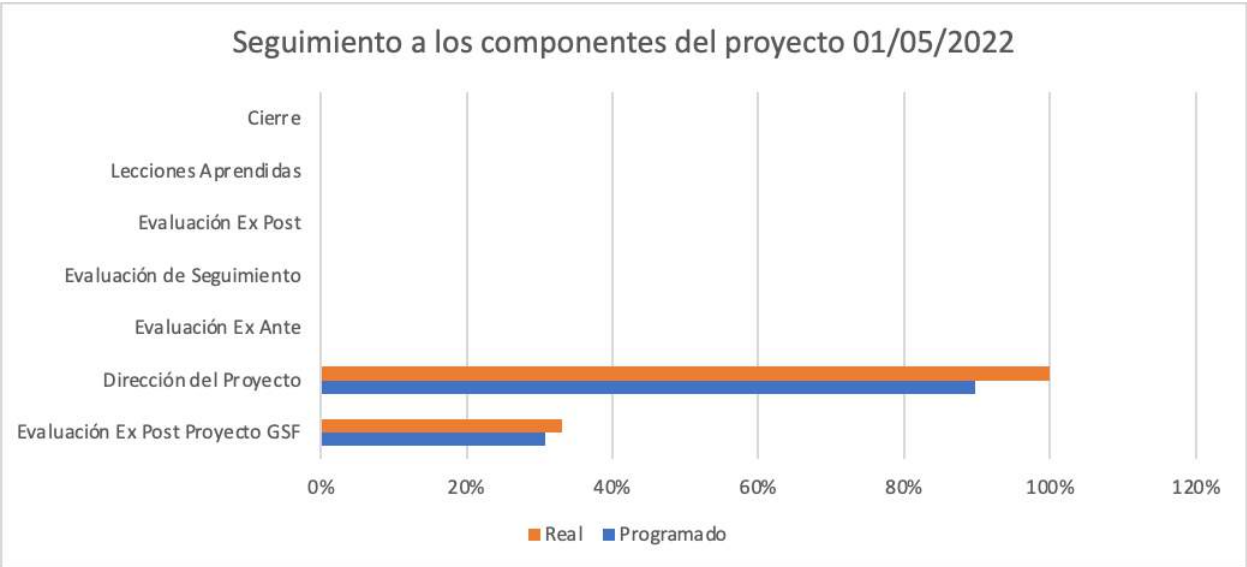
Apéndice I. *Documentos de los procesos de monitoreo y control*

Controlar y validar el alcance del proyecto		
Entregable	**Cumplimiento**	**Comentario**
1. Informe ejecutivo del componente Evaluación Ex Ante, con base en la evaluación ex ante llevada a cabo por la empresa al proyecto Generación Solar Fotovoltaica, identificando las variables que serán abordadas en la evaluación ex post.	100%	Ver capitulo 4.1.1 del TFM Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto - Diagnóstico Etapa Pre-inversión Pags (68-79)
2. Informe ejecutivo del componente Evaluación de Seguimiento, con base en los lineamientos del PMI, identificando la gestión realizada por el Metro de Medellín Ltda., al llevar cabo los procesos de inicio, planeación, ejecución, monitoreo y control, y cierre del proyecto.	100%	Ver capitulo 4.1.1 del TFM Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto - Diagnóstico Etapa Inversión Pags (80-88)
3. Documento resumen que presente la comparación entre lo Planificado / Lo Logrado.	100%	Ver capitulo 4.1.1 del TFM Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto - Etapa de Operación Pags (88-89)
4.Documento resumen que presente la comparación entre Antes / Después de Proyecto.	100%	Ver capitulo 4.1.1 del TFM Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto - Etapa de Operación Pags (89-91)
5.Documento con los resultados de la evaluación ex post de corto plazo focalizada en las variables inicialmente seleccionadas para su análisis y valoración.	100%	Ver capitulo 4.1.1 del TFM Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto - Análisis de ls variables Pags (92-95)
6.Documento con las lecciones aprendidas identificadas y documentadas.	100%	Ver capitulo 4.1.1 del TFM Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto - Lecciones aprendidas Pags (95)
7. Plan de mejora propuesto para el proceso de gestión de proyectos amigables con el medio ambiente.	100%	Ver capitulo 4.1.1 del TFM Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto - Cierre del proyecto Pags (96)
Tiempo	**Cumplimiento**	**Comentario**
La duración del proyecto se estimó en 143 días hábiles, con fecha de inicio 1 de marzo al 15 de septiembre de 2022	100%	El proyecto se ejecutó en 109 días habiles, del 1 de marzo al 31 de julio de 2022, lo que representa un adelanto de 34 días según la duración inicial
Costos	**Cumplimiento**	**Comentario**
Los costos del proyecto se estimaron en $17.740.970.	100%	El costo total del proyecto fue de $17.740.970 según lo estimado en la fase de planeación. Y aunque se entregó anticipadamente el proyecto, adelantando el inicio de varias actividades e incrementando las horas de dedicación al mes del director del proyecto, del asesor de la universidad; esto no implicó un mayor costo del proyecto por concepto de honarios, ya que las mayores horas dedicadas corresponden a las estimadas en el presupuesto para el mes de agosto y septiembre de 2022.

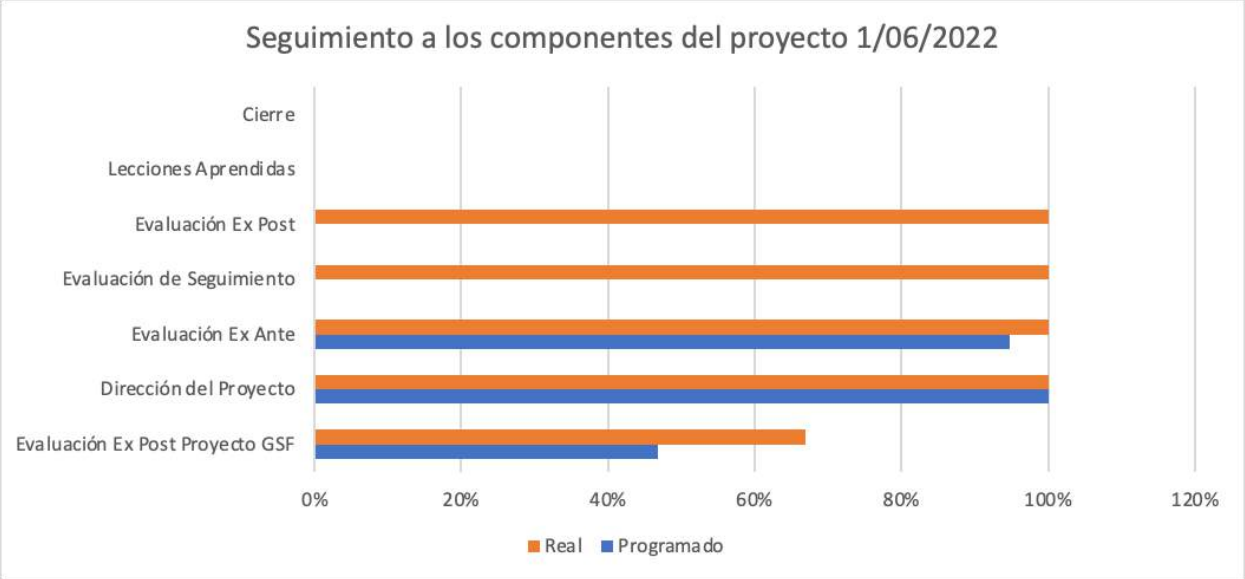
Control al cronograma							
Nombre de tarea	**Duración**	**Comienzo**	**Fin**	**Seguimiento**	**Avance días**	**Programado**	**Real**
Evaluación Ex Post Proyecto GSF	143días	01/03/2022	15/09/2022	01/04/2022	24	17%	17%
Dirección del Proyecto	49 días	01/03/2022	06/05/2022	01/04/2022	24	49%	49%
Evaluación Ex Ante	19 días	09/05/2022	02/06/2022	01/04/2022	0	0%	0%
Evaluación de Seguimiento	29 días	03/06/2022	13/07/2022	01/04/2022	0	0%	0%
Evaluación Ex Post	28 días	14/07/2022	22/08/2022	01/04/2022	0	0%	0%
Lecciones Aprendidas	11 días	23/08/2022	06/09/2022	01/04/2022	0	0%	0%
Cierre	7 días	07/09/2022	15/09/2022	01/04/2022	0	0%	0%



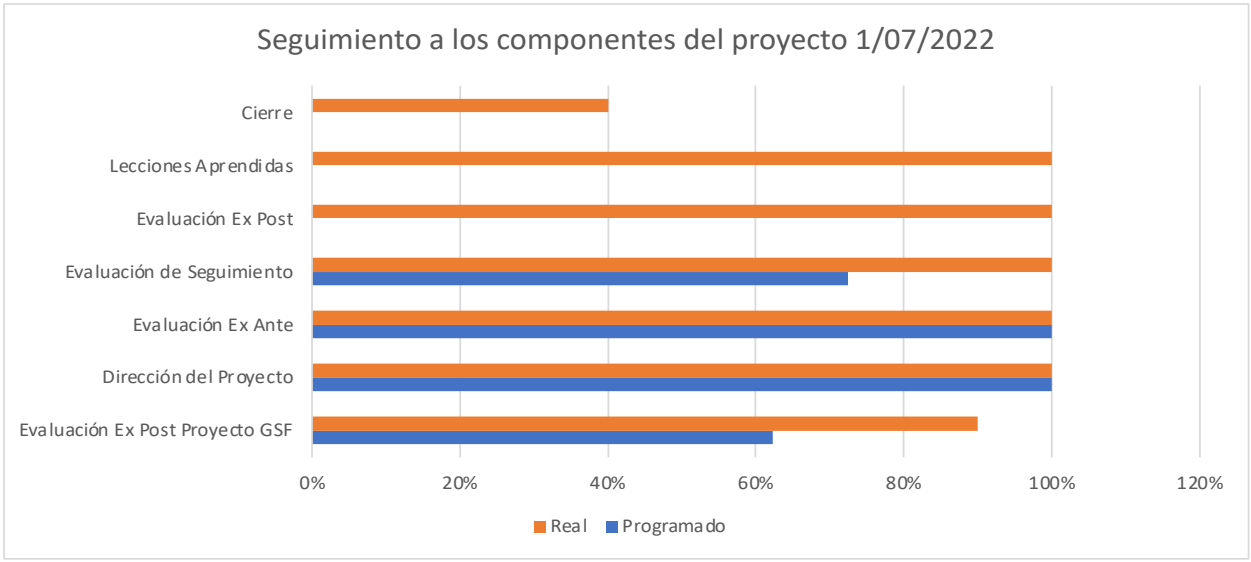
Control al cronograma							
Nombre de tarea	**Duración**	**Comienzo**	**Fin**	**Seguimiento**	**Avance días**	**Programado**	**Real**
Evaluación Ex Post Proyecto GSF	143días	01/03/2022	15/09/2022	01/05/2022	44	31%	33%
Dirección del Proyecto	49 días	01/03/2022	06/05/2022	01/05/2022	44	90%	100%
Evaluación Ex Ante	19 días	09/05/2022	02/06/2022	01/05/2022	0	0%	0%
Evaluación de Seguimiento	29 días	03/06/2022	13/07/2022	01/05/2022	0	0%	0%
Evaluación Ex Post	28 días	14/07/2022	22/08/2022	01/05/2022	0	0%	0%
Lecciones Aprendidas	11 días	23/08/2022	06/09/2022	01/05/2022	0	0%	0%
Cierre	7 días	07/09/2022	15/09/2022	01/05/2022	0	0%	0%



Control al cronograma							
Nombre de tarea	**Duración**	**Comienzo**	**Fin**	**Seguimiento**	**Avance días**	**Programado**	**Real**
Evaluación Ex Post Proyecto GSF	143días	01/03/2022	15/09/2022	01/06/2022	67	47%	67%
Dirección del Proyecto	49 días	01/03/2022	06/05/2022	01/06/2022	67	100%	100%
Evaluación Ex Ante	19 días	09/05/2022	02/06/2022	01/06/2022	18	95%	100%
Evaluación de Seguimiento	29 días	03/06/2022	13/07/2022	01/06/2022	0	0%	100%
Evaluación Ex Post	28 días	14/07/2022	22/08/2022	01/06/2022	0	0%	100%
Lecciones Aprendidas	11 días	23/08/2022	06/09/2022	01/06/2022	0	0%	0%
Cierre	7 días	07/09/2022	15/09/2022	01/06/2022	0	0%	0%



Control al cronograma							
Nombre de tarea	**Duración**	**Comienzo**	**Fin**	**Seguimiento**	**Avance días**	**Programado**	**Real**
Evaluación Ex Post Proyecto GSF	143días	01/03/2022	15/09/2022	01/07/2022	89	62%	90%
Dirección del Proyecto	49 días	01/03/2022	06/05/2022	01/07/2022	89	100%	100%
Evaluación Ex Ante	19 días	09/05/2022	02/06/2022	01/07/2022	40	100%	100%
Evaluación de Seguimiento	29 días	03/06/2022	13/07/2022	01/07/2022	21	72%	100%
Evaluación Ex Post	28 días	14/07/2022	22/08/2022	01/07/2022	0	0%	100%
Lecciones Aprendidas	11 días	23/08/2022	06/09/2022	01/07/2022	0	0%	100%
Cierre	7 días	07/09/2022	15/09/2022	01/07/2022	0	0%	40%


Seguimiento a los componentes del proyecto 1/07/2022
Cierre
Lecciones Aprendidas
Evaluación Ex Post
Evaluación de Seguimiento
Evaluación Ex Ante
Dirección del Proyecto
Evaluación Ex Post Proyecto GSF
0%
20%
40%
60%
80%
100%
120%
Real
Programado

Control a la calidad		
Actividad de control	**Fecha**	**Descripción**
Revisión de la información aportada por el Metro de Medellín Ltda.	11/03/2022	Se revisó y analizó integralmente la información relacionada con la etapa de preinversión del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, y se indagó con la empresa si cuenta con una metodología de evaluación Ex post
	19/04/2022	Se revisó y analizó integralmente la información relacionada con los estudios iniciales y resultados obtenidos que determinaron la viabilidad técnica y financiera del proyecto, la estructuración del proyecto y erstudios de mercado.
	24/05/2022	Se realizó reunión para aclarar inquietudes respecto a los resultados y operación del proyecto.
	26/05/2022	Se revisó y analizó información relacionada con la propuesta y oferta presentada por el contratista que ejecutó los trabajos.
	3/06/2022	Se revisó y analizó información relacionada con el ahorro de energía y la huella de carbono evitada.
Actividades realizadas	1/03/2022	Se realizó el Plan de Dirección del proyecto con base en los lineamientos contenidos en el PMBOK, describiendo el proceso desarrollado y las herramientas y técnicas utilizadas.
	1/04/2022	Se realizó un dignóstico a la fase de pre inversión del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, teniendo en cuenta criterios de objetividad y pertinencia.
	1/05/2022	Se realizó un dignóstico a la fase de inversión del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, teniendo en cuenta los procesos y procedimientos contemplados en el manual de contratación del Metro de Medellin Ltda.
	1/06/2022	Se realizó la evaluación ex post en la fase de operación del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, teniendo en cuenta lineamientos del DNP.
	15/06/2022	Se realizó el registro de lecciones aprendidas, con base en las experiencias adquiridas a través del proyecto. Para ello se definió una clasificación, se realizó descripión y se presentó recomendación.
	20/06/2022	Se formuló un plan de mejoramiento, con base en las lecciones aprendidas y teniendo en cuenta los aspectos a fortalecer, acciones a implementar, fechas para llevar a cabo las acciones y la meta alcanzar.
Registro y trazabilidad de asesorías	1/03/2022	Se realizó reunión de asesoría con el director de trabajo de grado
	19/04/2022	Se realizó reunión de asesoría con el director de trabajo de grado
	31/05/2022	Se realizó reunión de asesoría con el director de trabajo de grado
	6/03/2022	Se realizó acompañamiento y orientación por parte del profesor de Seminario 2
	20/03/2022	Se realizó acompañamiento y orientación por parte del profesor de Seminario 2
	16/05/2022	Se realizó acompañamiento y orientación por parte del profesor de Trabajo de Grado
	23/05/2022	Se realizó acompañamiento y orientación por parte del profesor de Trabajo de Grado
	13/06/2022	Se realizó acompañamiento y orientación por parte del profesor de Trabajo de Grado
Ajustes y correcciones al TFM	23/02/2022	Se realizó ajustes a la ficha de propuesta del TFM con base en las observaciones del diurector de trabajo de grado
	9/03/2022	Se realizó ajustes al TFM con base en las observaciones del diurector de trabajo de grado
	5/04/2022	Se realizó ajustes al TFM con base en las observaciones del diurector de trabajo de grado
	2/06/2022	Se realizó ajustes al TFM con base en las observaciones del diurector de trabajo de grado

Código	Riesgo	Monitoreo a los riesgos					
		30/03/2022	30/04/2022	30/05/2022	30/06/2022	30/07/2022	30/08/2022
R1	Retrasos en la revisión de avances y del producto final.	No	No	No	No	No	No
R2	Demoras en la respuesta y/o información incompleta aportada por el profesional del Metro	No	No	No	No	No	No
R3	Entrega del producto final sin la calidad esperada.	No	No	No	No	No	No
R4	Acceso limitado a la información relevante del proyecto objeto de estudio	No	No	No	No	No	No
R5	Retrasos en la entrega de informes de avance y producto final.	No	No	No	No	No	No
Nota 1: No se materializó ninguno de los riesgos identificados Nota 2: No se identifcaron nuevos riesgos.							

Monitoreo a las comunicaciones				
Fecha	**De**	**Para**	**Asunto**	**Medio**
26/01/2022	Director Proyecto	Director TFM	Revisión Ficha TFM	Email
02/02/2022	Director Proyecto	Profesional Metro	Suscripción de documentos	Email
04/02/2022	Director de TFM	Director de Proyecto	Comentarios y Sugerencias	Email
07/02/2022	Director de TFM	Director de Proyecto	Comentarios y Sugerencias	Email
03/02/2022	Director Proyecto	Director TFM	Revisión Ficha TFM con ajustes 1	Email
03/02/2022	Director Proyecto	Director TFM	Revisión Ficha TFM con ajustes 2	Email
11/02/2022	Director Proyecto	Director TFM	Revisión Ficha TFM con ajustes 3	Email
12/02/2022	Director Proyecto	Director TFM	Revisión Ficha TFM con ajustes 4	Email
12/02/2022	Director Proyecto	Profesor Seminario 2	Revisión Ficha TFM con ajustes 4	Email
12/02/2022	Director de TFM	Director de Proyecto	Comentarios y Sugerencias	Email
14/02/2022	Director Proyecto	Universidad USTA	Acta de Formalización	Email
23/02/2022	Director Proyecto	Director TFM	Solicitud de información	Email
23/02/2022	Director de TFM	Director de Proyecto	Comentarios y Sugerencias	Email
01/03/2022	Director Proyecto	Director TFM	Avance de TFM	Email
01/03/2022	Director de TFM	Director de Proyecto	Asesoría	Microsoft Teams
07/03/2022	Director Proyecto	DNP	Derecho de Petición No 20226630253612	Email
08/03/2022	Director Proyecto	Profesional Metro	Solciitud de información	Email
04/03/2022	Director Proyecto	Director TFM	Plan de Trabajo y Avance de TFM	Email
09/03/2022	Director Proyecto	Director TFM	Avance de TFM	Email
09/03/2022	Director de TFM	Director de Proyecto	Comentarios y Sugerencias	Email
11/03/2022	Profesional Metro	Director de Proyecto	Respuesta solicitud de información	Email
22/03/2022	Director Proyecto	Director TFM	Avance de TFM	Email
31/03/2022	Director Proyecto	Director TFM	Avance de TFM	Email
04/04/2022	Director Proyecto	Profesional Metro	Solcitud de información	Email
04/04/2022	DNP	Director de Proyecto	Respuesta Derecho Petición No 20226630253612	Email
05/04/2022	Director de TFM	Director de Proyecto	Comentarios y Sugerencias	Email
19/04/2022	Profesional Metro	Director de Proyecto	Respuesta solicitud de información	Email
19/04/2022	Director de TFM	Director de Proyecto	Asesoría	Microsoft Teams
19/05/2022	Director Proyecto	Director TFM	Avance de TFM	Email
24/05/2019	Profesional Metro	Director de Proyecto	Respuesta solicitud de información	Email
26/05/2022	Profesional Metro	Director de Proyecto	Respuesta solicitud de información	Email
31/05/2022	Director Proyecto	Director TFM	Avance de TFM	Email
31/05/2022	Director de TFM	Director de Proyecto	Asesoría	Microsoft Teams
01/06/2022	Director Proyecto	Director TFM	Orientaciones PITCH	Email
02/06/2022	Director de TFM	Director de Proyecto	Comentarios y Sugerencias	Email
03/06/2022	Profesional Metro	Director de Proyecto	Respuesta solicitud de información	Email
09/06/2022	Director Proyecto	Profesional Metro	Solciitud de información	Email
10/06/2022	Profesional Metro	Director de Proyecto	Respuesta solicitud de información	Email

Apéndice J. *Acta de recibo a satisfacción*

ACTA DE ENTREGA A SATISFACCION

Fecha de elaboración	Día	Mes	Año
	10	08	2022

Proyecto:	Evaluación Ex post al proyecto Generación Solar Fotovoltaica desarrollado por el Metro de Medellín Ltda. desde los lineamientos del PMI
Código:	TFM-C5-16
Valor:	$17.740.970
Duración:	6,5 meses
Director del Proyecto:	Gabriel Andrés Plata Rueda
Director de Trabajo de Grado:	Yenifer Patricia Hernández Viña

El presente documento se elabora para dejar constancia del cumplimiento de todas las actividades contempladas dentro del plan de dirección del proyecto, así como de la entrega a satisfacción de los productos descritos en el Acta de Constitución del proyecto, razón por la cual se suscribe el acta de recibo a satisfacción de los mismos.

Por lo anterior, se deja constancia de que se realizó un trabajo cumpliendo con los estándares de calidad de la Universidad Santo Tomás, con la orientación del director de trabajo de grado asignado lo que permitió gestionar satisfactoriamente el proyecto y alcanzar los objetivos propuestos.

Los entregables recibidos a entera satisfacción son:

1. Informe ejecutivo del diagnóstico de la etapa de pre-inversión, con base en la evaluación ex ante llevada a cabo por la empresa al proyecto Generación Solar Fotovoltaica, identificando las variables que serán abordadas en la evaluación ex post.
2. Informe ejecutivo del diagnóstico de la etapa de inversión, con base en los lineamientos del PMI, identificando la gestión realizada por el Metro de Medellín Ltda., al llevar cabo los procesos de inicio, planeación, ejecución, monitoreo y control, y cierre del proyecto.
3. Documento resumen que presente la comparación entre lo Planificado / Lo Logrado.
4. Documento resumen que presente la comparación entre Antes / Después de Proyecto.
5. Documento con los resultados de la evaluación ex post de corto plazo focalizada en las variables inicialmente seleccionadas para su análisis y valoración.
6. Documento con las lecciones aprendidas identificadas y documentadas.
7. Plan de mejora propuesto para el proceso de gestión de proyectos amigables con el medio ambiente.

Para constancia se firma la presente acta por quienes en ella intervinieron.

Gabriel Andrés Plata Rueda — **Director del Proyecto**

Yenifer Patricia Hernández Viña — **Director de Trabajo de Grado**

Apéndice K. *Informe ejecutivo etapa pre-inversión Proyecto Generación Solar Fotovoltaica*

De acuerdo con la evaluación ex ante realizada por el Metro de Medellín Ltda., durante la etapa de pre-inversión del proyecto *Generación Solar Fotovoltaica,* se destacan las siguientes consideraciones técnicas, económicas, legales y ambientales analizadas en el ejercicio de análisis de viabilidad del proyecto.

El Metro de Medellín Ltda., durante la vigencia 2019 actualizó estudios técnicos, económicos, legales y ambientales para determinar la viabilidad del proyecto. Lo anterior teniendo en cuenta que desde el año 2014, la empresa inició exploración respecto a la viabilidad de implementar sistemas de generación solar fotovoltaica en las instalaciones del Metro de Medellín.

Como resultado de los nuevos estudios realizados por el área de Investigación, Desarrollo e Innovación del Metro de Medellín Ltda., se determinó que:

- A nivel mundial se presenta una reducción del costo de las tecnologías renovables y una inclusión de la energía solar fotovoltaica.
- El mercado nacional presenta interés para el desarrollo de proyectos de energía solar fotovoltaica en cubiertas, aprovechando el potencial de radiación solar con el que cuenta Colombia, además de que se ofrecen paneles solares con potencia que oscila entre 340W a 400W.
- El gobierno nacional ha expedido leyes y normas que otorgan beneficios tributarios que incentivan la transición energética a fuentes no convencionales de energía, lo cual resulta favorable para llevar a cabo el proyecto.
- Los proyectos de generación solar fotovoltaica, son amigables con el medio ambiente y por consiguiente contribuye al cumplimiento del objetivo mundial No 7 de desarrollo sostenible, definido como Energía asequible y no contaminante.

Port otra parte, el Metro de Medellín Ltda., realizó estudio de mercado de carácter no vinculante con 10 empresas para el diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica en cubiertas de instalaciones de la empresa, y de acuerdo con la disponibilidad de recursos se tomó la decisión de realizar el proyecto, en una primera fase, que comprende una zona del parqueadero de la Sede Administrativa y 4 estaciones del Metrocable. Para ello, se estimó un presupuesto oficial para la contratación de COP 757.425.219 y una cantidad mínimo de 306 paneles solares y 128 kWp.

Otro aspecto que se consideró para tomar la decisión de llevar a cabo el proyecto fue por la posición geográfica del Parqueadero Sede Administrativa Bello y las cuatro estaciones Metrocable del Metro de Medellín Ltda., que permite acceder a más de 4.0 – 4.5 horas/día en promedio de radiación. Aun, en condiciones de cierta nubosidad, los paneles solares están recogiendo energía (Unión Temporal COINSI, 2020, p.3)

Además, los paneles solares cuentan con una garantía de 25 años por eficiencia, razón por la cual para el año 25, su capacidad de generación estará alrededor de un 80%.

Dado el anterior contexto, y teniendo en cuenta que el proyecto generación solar fotovoltaica entró en operación a finales del año 2020, la evaluación ex post a corto plazo se realizó a diciembre de 2021, analizando y evaluando las siguientes variables:

- Ahorro de energía proyectado vs real para el año 2021, por generación fotovoltaica en $ anual.
- Huella de carbono evitada proyectada vs real para el año 2021, por generación fotovoltaica en CO2.
- Eficacia del proyecto, teniendo en cuenta que se “debe cumplir los objetivos planteados y lograr los resultados previstos” (Contraloría General de la República, 2019, p. 119).

- Eficiencia del proyecto, teniendo en cuenta que se debe optimizar “los recursos e insumos utilizados frente a los resultados obtenidos al menor costo en igualdad de condiciones de calidad y oportunidad” (Contraloría General de la República, 2019, p. 240).

Apéndice L. *Informe ejecutivo etapa inversión Proyecto Generación Solar Fotovoltaica*

En correlación con el grupo de procesos de inicio, planeación, ejecución, monitoreo y control, y cierre del PMBOK® Sexta edición, el Metro de Medellín Ltda., desarrolló la etapa de inversión del proyecto Generación Solar Fotovoltaica, destacando los siguientes hechos relevantes.

Se aprobó el presupuesto oficial para la contratación de COP 757.425.219 amparado con los Certificados de Disponibilidad Presupuestal (CDP) Nos. 30012759 y 30012760.

Publicó el 9 de octubre de 2019 en la página web de la Empresa el proceso de contratación 002672R y sus documentos regulatorios.

Se recibieron 4 ofertas, las cuales, al ser evaluadas se decidió el 27 de noviembre de 2019 aceptar la oferta mercantil más favorable presentada por el oferente Unión Temporal COINSI-HERSIC para el "Diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en instalaciones de la Empresa para autoabastecimiento energético", por un valor estimado de $737.850.668 (incluido IVA y AU) y un plazo de ejecución de 8 meses.

Se acordó la suscripción e inicio del contrato el 12 de diciembre de 2019, fijando como fecha de terminación el 12 de agosto de 2020.

La recopilación de los requisitos del proyecto se definió en el documento especificaciones técnicas que hace parte integral del contrato 02672C-19 suscrito el 27 de noviembre de 2019 con Unión Temporal COINSI-HERSIC.

El alcance del proyecto quedó definido en 21 ítems dentro de la minuta de contrato, y comprende el diseño, suministro, instalación, pruebas y puesta en operación de sistemas de generación solar fotovoltaica en instalaciones de LA EMPRESA para autoabastecimiento energético, con capacidad de mínimo 128 kWp distribuidos en las cubiertas del Parqueadero de la

Sede administrativa y las cuatro estaciones de los Metrocables de las líneas H y M: El Pinal, Trece de Noviembre, Las Torres y Villa Sierra.

El proyecto presentó un valor inicial con IVA de $737.850.668 e inicio ejecución a partir del 12 de diciembre de 2019 con fecha estimada de finalización el 12 de agosto de 2020. No obstante, se presentaron 3 modificaciones al contrato 002672C-19 suscrito con Unión Temporal COINSI-HERSIC. La primera modificación suscrita el 1 de abril de 2020, para autorizar una suspensión de la ejecución del contrato debido a la contingencia sanitaria del COVID 19. La segunda modificación suscrita el 26 de mayo de 2020, para reanudar la ejecución del contrato de acuerdo con la solicitud efectuada por el contratista, quedando como nueva fecha de terminación el 6 de octubre de 2020. Y la tercera modificación suscrita el 6 de octubre de 2020, con el fin de adicionar el valor del contrato en la suma de $34.091.069 y ampliar el plazo de ejecución en cuarenta y cinco (45) días calendario, contados a partir del 7 de octubre de 2020, quedando como nueva fecha de terminación el 20 de noviembre de 2020.

Durante la ejecución del proyecto se realizó un seguimiento mensual administrativo, técnico, financiero y legal, lo que implicó la presentación de informes de seguimiento que reposan en el sistema de información Adpros, la verificación de pagos al sistema de seguridad social por parte del contratista, la verificación y control de las actividades del proyecto, la verificación y control de los pagos realizados al contratista , atención de reclamaciones y la revisión y actualización de las garantías del proyecto.

El Metro de Medellín suscribió el 14 de diciembre de 2020 con el contratista Unión Temporal Coinsi – Hersic el Acta de Recibo Final, en la cual se indicó entre otros aspectos que las actividades contractuales fueron llevadas a cabo dentro de los plazos de ejecución del contrato y sus prórrogas. Así mismo el diseño final de los sistemas de generación solar fotovoltaica en cada

una de las instalaciones determinó la siguiente cantidad de paneles y potencia total instalada, cumpliéndose con la capacidad de mínimo 128 kWp exigida en el contrato.

Tabla. *Diseño final de los sistemas de generación solar fotovoltaica*

Ubicación	Cantidad de paneles	Potencia instalada (kWp)
Parqueadero Sede Administrativa	198	73,3
Estación Las Torres	46	17,0
Estación Villa Sierra	18	6,7
Estación Trece de Noviembre	44	16,3
Estación El Pinal	44	16,3
Cantidad Total	350	129,5

Nota: Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda., 2019.

Así mismo el 28 de mayo de 2021, se suscribió el Acta de Liquidación del contrato 002672C-19, previamente aprobados y recibidos a satisfacción por parte de la Empresa, los bienes y servicios objeto del contrato; así como por parte del Contratista, los pagos generados por los mismos. Además, se declaró estar a paz y salvo por todo concepto, así como que el contrato cuenta con las garantías con los amparos vigentes y post contractuales (Metro de Medellín Ltda., 2021).

Tabla. *Balance financiero general del proyecto*

Ítem	Balance financiero general	Valores	Valores
1	Valor inicial contrato	$737.850.668	
2	Valor adiciones	$34.091.069	
3	Valor total del contrato (1+2)	$771.941.737	
4	Pagos realizados	$770.531.491	
5	Saldo por pagar del contrato		$0
6	Saldo no ejecutado y no pagado (a liberar)		$1.410.246

Nota: Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda., 2019

Apéndice M. *Documento resumen Planificado /Lo Logrado*

Al comparar la inversión planeada vs la ejecutada, el número de módulos estimados vs los instalados y la potencia del sistema requerida vs la instalada se observa que el proyecto terminó costando $34.091.069 más de lo presupuestado, ya que la inversión inicial fue de $737.850.688 y se destinaron recursos por $771.941.757. Lo anterior en parte a que se instalaron 4 módulos de 370W adicionales según lo planeado y se pasó de una potencia requerida de 128 kWp a 129,5 kWp instalada, como se observa en el cuadro siguiente.

Tabla. *Planificado Vs Logrado*

Ubicación	Inversión Planeada $	Inversión Ejecutada $	No de módulos de 370 W planeados	No de módulos de 370 W instalados	Potencia sistema instalar (kWp)	Potencia sistema instalada (kWp)
Parqueadero Sede Administrativa	458.399.200	492.490.269	194	198	71,78	73,3
Estación Metrocable 13 Noviembre	73.444.348	73.444.348	44	44	16,3	16,3
Estación Metrocable El Pinal	72.577.912	72.577.912	44	44	16,3	16,3
Estación Metrocable Villa Sierra	58.579.984	58.579.984	18	18	6,7	6,7
Estación Metrocable Las Torres	74.849.244	74.849.244	46	46	17,0	17,0
Total	**737.850.688**	**771.941.757**	**346**	**350**	**128**	**129,5**

Nota: Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda., 2019.

Es de anotar que, respecto a la duración del proyecto, en la fase de planeación es estimó una duración de 8 meses; no obstante, la duración real fue de 11,46 meses, debido a la suspensión del contrato 002672C-19 por la contingencia sanitaria del COVID 19 y a la necesidad de ejecutar cantidades adicionales requeridas y actividades extras.

Apéndice N. *Documento resumen Antes Vs Después del proyecto*

Comparativo de la situación del proyecto antes de su implementación, la esperada y la actual al momento de la evaluación, que para este caso se realiza a diciembre de 2021, tomando como referencia el consumo de energía de la red de servicio público de la ciudad en cada uno de los puntos donde se realizó la instalación del sistema fotovoltaico. Es decir, fue posible comparar el consumo de energía proveniente desde la red interconectada antes de implementar el sistema fotovoltaico, con el consumo de energía que se estimó al llevar a cabo el proyecto y con el consumo real con el sistema fotovoltaico en operación, como se presenta a continuación.

Tabla. *Comparativo entre Antes y Después del proyecto*

Instalación Metro	**Situación sin proyecto**	**La esperada**	**Situación con proyecto**	**Comparativo**		
	Consumo Energía promedio anual sistema eléctrico (kWh)	Consumo estimado de energía promedio anual sistema eléctrico (kWh)	Consumo real de energía promedio anual sistema eléctrico (kWh)	% Disminución de consumo energía sin P. vs la Esperada	% Disminución de consumo energía Sin P. vs Con proyecto	% Disminución de consumo energía Esperada vs Con proyecto
Sede Administrativa	510.096	416.076	322.237	18,43%	36,83%	22,55%
Estación Metrocable 13 Noviembre	38.580	17.244	27.873	55,30%	27,75%	-61,64%
Estación Metrocable El Pinal	50.556	29.940	39.995	40,78%	20,89%	-33,58%
Estación Metrocable Villa Sierra	60.636	52.032	53.633	14,19%	11,55%	-3,08%
Estación Metrocable Las Torres	50.988	25.632	39.392	49,73%	22,74%	-53,68%
Total	**710.856**	**540.924**	**483.130**	**23,91%**	**32,04%**	**10,68%**

Nota: Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda., 2019.

Como se observa en el cuadro anterior, con la implementación y puesta en operación del sistema de generación solar fotovoltaica en instalaciones del Metro de Medellín Ltda., para autoabastecimiento energético, en el año 2021 se redujo en un **32,04%** el consumo de energía de la red de servicio público de la ciudad, lo que representa un ahorro de **$59.173.110**, calculado con base en la generación anual en el año 2021 por el sistema fotovoltaico y el valor promedio anual de la energía en kWh en cada punto de instalación, como se presenta en el cuadro siguiente.

Tabla. *Ahorro de energía en el año 2021 por generación del sistema fotovoltaico*

Instalación Metro	Generación real anual (kWh)	Promedio anual energía kWh 2021	Ahorro real 2021 por generación PV en $kWh/ Anual
Sede Administrativa	34.149	390,87	13.347.820
Estación Metrocable 13 Noviembre	25.317	508,65	12.877.365
Estación Metrocable El Pinal	26.702	508,65	13.581.972
Estación Metrocable Villa Sierra	11.278	508,65	5.736.555
Estación Metrocable Las Torres	26.795	508,65	13.629.399
Total	**124.241**		**59.173.110**

Nota: Adaptado de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda., 2019.

Apéndice O. *Documento con resultados de la evaluación ex post de corto plazo*

Como parte de los resultados de la evaluación ex post de corto plazo al proyecto Generación Solar Fotovoltaica, se presenta:

Formatos adaptados y diligenciados de la Metodología Evaluación Ex post de Programas y Proyectos de inversión del DNP, que se incorporan en el apéndice H del trabajo.

Análisis de las variables Eficiencia, Eficacia, Ahorro de energía y Huella de Carbono Evitada, en correlación con la información que se presenta en las tablas siguientes.

Tabla. *Eficiencia y Eficacia del proyecto Generación Solar Fotovoltaica*

Cumplimiento de Metas Físicas			**Cumplimiento de Recursos Asignados al Proyecto (pesos)**			**Eficiencia**	**Eficacia**
Meta Programada %	Meta Cumplida %	Resultado %	Programados	Ejecutados	Resultado %		
100	100	100,00	737.850.668	770.531.491	104,43	1,04	1,00

Nota: Análisis de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda.

Tabla. *Ahorro de energía en $ por generación solar fotovoltaica*

Instalación Metro	**Generación real anual (kWh)**	**Promedio anual energía kWh 2021**	**Ahorro real 2021 por generación PV en $kWh/ Anual**
Sede Administrativa	34.149	390,87	13.347.820
Estación Metrocable 13 Noviembre	25.317	508,65	12.877.365
Estación Metrocable El Pinal	26.702	508,65	13.581.972
Estación Metrocable Villa Sierra	11.278	508,65	5.736.555
Estación Metrocable Las Torres	26.795	508,65	13.629.399
Total	**124.241**		**59.173.110**

Nota: Análisis de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda.

Tabla. *Huella de carbono evitada por generación solar fotovoltaica*

Instalación Metro	**Generación real anual (kWh)**	**Ahorro Toneladas CO2 anuales**	**Equivalencia arboles anuales**	**Equivalencia carros chatarrizados**	**Equivalencia galones de gasolina**	**Equivalencia galones de diesel**
Sede Administrativa	34.149	11,60	533	2,78	1353	1143

Estación Metrocable 13 Noviembre	25.317	8,60	395	2,06	1003	847
Estación Metrocable El Pinal	26.702	9,07	417	2,17	1058	893
Estación Metrocable Villa Sierra	11.278	3,83	176	0,92	447	377
Estación Metrocable Las Torres	26.795	9,10	418	2,18	1062	897
Total	**124.241**	**42,21**	**1939**	**10,11**	**4922**	**4157**

Nota: Análisis de los documentos del proyecto 002672 Metro de Medellín Ltda.

Apéndice P. *Documento Lecciones Aprendidas*

Tabla. *Registro de lecciones aprendidas*

Categoría	Descripción	Recomendación
Etapa pre-inversión	Si bien en la etapa de pre-inversión el Metro de Medellín Ltda., realiza diferentes estudios para determinar la viabilidad del proyecto, no se consolida dicha información en un documento "Caso de negocio" que contenga los aspectos generales, descripción, antecedentes, alineamiento estratégico, los estudios realizados (entorno, mercado, técnicos, ambientales, jurídicos y financiero) entre otros.	Definir un procedimiento que contemple la implementación y estandarización del documento caso de negocio del proyecto.
Etapa de pre-inversión	El Metro de Medellín Ltda. realizó un adecuado y objetivo proceso de selección del contratista responsable de ejecutar los trabajos del proyecto, estableciendo requisitos habilitantes de orden legal, técnico, de seguridad y salud en el trabajo, financiero, lo que permitió la selección de la oferta más favorable de un contratista confiable y con trayectoria en el mercado.	Continuar realizando procesos de selección ajustados a la norma garantizando un juicioso estudio de planeación.
Etapa de inversión	El Metro de Medellín Ltda. efectuó la publicación del proceso contractual asociado al proyecto en todas sus etapas en la página web https://webmetro.suplos.com, acorde a los lineamientos establecidos por Colombia Compra Eficiente.	Mantener la confiabilidad y suficiencia de la información y documentos publicados de los procesos contractuales en todas sus etapas, en cada uno de los módulos habilitados en la página https://webmetro.suplos.com,
Etapa de inversión	Si bien el Metro de Medellín Ltda., realiza permanente la gestión de sus riesgos a través del análisis cualitativo de riesgos, no se evidencia que se lleve a cabo un análisis cuantitativo.	Determinar la conveniencia y los casos en que es factible realizar un análisis cuantitativo de riesgos de los proyectos.
Etapa de inversión	Si bien el Metro de Medellín Ltda., dentro de la gestión del conocimiento realiza la documentación de lecciones aprendidas, no se encuentra sistematizado dónde consultar, quién registra, cuándo se registra y cómo registrar lecciones aprendidas.	Estudiar la viabilidad de implementar un buscador tanto para las Buenas Prácticas como para las Lecciones Aprendidas.
Etapa de inversión	Durante la etapa de inversión del proyecto se presentó una suspensión de los trabajos del proyecto debido a la contingencia sanitaria del COVID 19, siendo esto un factor de riesgo no previsto dentro del análisis de riesgos que realizó la empresa.	Contemplar y tener en cuenta dentro del análisis riesgos que realiza la empresa a sus proyectos y contratos, los posibles riesgos asociados a epidemias y pandemias.
Etapa de inversión	El Metro de Medellín Ltda. realizó un adecuado proceso de monitoreo y control, respecto a los trabajos ejecutados y sobre la recepción y entrega de los bienes contemplados en el alcance del proyecto.	Seguir implementando buenas prácticas para realizar la supervisión o interventoría, de los proyectos, los contratos o convenios celebrados por la empresa en armonía con los procedimientos establecidos por el

Categoría	Descripción	Recomendación
		Metro de Medellín Ltda. en su documento BS006.
Etapa de inversión	Aunque el proyecto presentó un retraso de 101 días debido a la contingencia sanitaria COVID 19 y a la necesidad de realizar trabajos extras, se puede concluir que los resultados se lograron de manera oportuna y guardaron relación con sus objetivos y metas.	Mantener la buena práctica de incluir claramente en el alcance de los contratos que suscriba el Metro de Medellín Ltda., todas las actividades necesarias para cumplir con los requisitos del proyecto, trasladando el riesgo de ejecución al contratista, así como todos los costos directos e indirectos que deba incurrir para dicha ejecución, pactando la modalidad de pago a precio global en los procesos de contratación que lo permitan.
Etapa de Operación	No se tiene implementado un modelo de Evaluación Ex post de proyectos.	Llevar a cabo la estructuración y adopción de un modelo de evaluación ex post para los programas y proyectos de inversión.
Etapa de Operación	El proyecto Generación Solar Fotovoltaica está generando un impacto ambiental positivo y un ahorro económico para la Empresa en cuanto al consumo de energía de la red de servicio público de la ciudad.	Continuar con nuevas implementaciones de sistemas de generación fotovoltaica en otros espacios del Metro de Medellín Ltda. como lo son las vías 104 y 105 del taller de mantenimiento.
Etapa de Operación	Los bienes adquiridos están cumpliendo con los fines inicialmente previstos en la etapa precontractual y son necesarios dentro de los objetivos del proyecto.	Seguir formulando y estructurando proyectos alineados con la estrategia de la empresa, que atiendan una necesidad específica o den solución a un problema identificado.

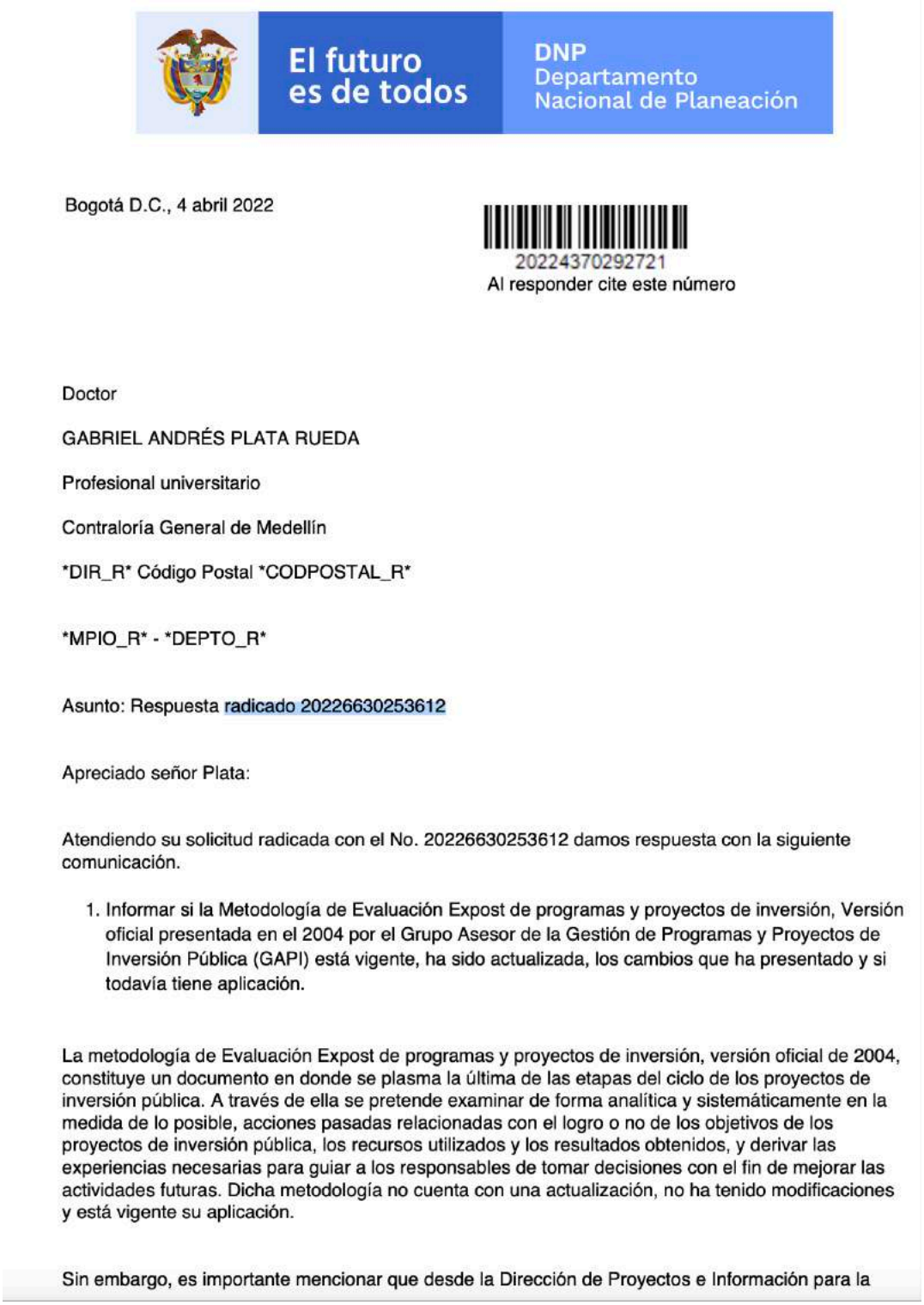
Nota: Elaboración propia a partir de la evaluación ex post realizada.

Apéndice Q. *Documento Plan de Mejoramiento propuesto*

Tabla. *Plan de Mejoramiento* propuesto para el Metro de Medellín Ltda.

Aspectos para fortalecer	Acciones para implementar	Fecha inicial	Fecha final	Meta
Evaluación Ex Ante	Revisar los procedimientos definidos por el Metro en la etapa de pre-inversión.	01-09-2022	31-12-2022	Disponer de un documento general que contenga los resultados de los estudios realizados y justifique un proyecto propuesto.
	Definir, estructurar e implementar formato y directrices para Caso de Negocio.	01-09-2022	31-12-2022	
Gestión de riesgos en proyectos	Determinar la necesidad y la viabilidad de realizar análisis cuantitativo de riesgos.	01-09-2022	31-12-2022	Analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto, para apoyar la toma de decisiones con la finalidad de reducir la incertidumbre del proyecto (Asturias Corporación Universitaria, s.f.)
	Determinar la conveniencia de adquirir una herramienta de software especializada en riesgos.	01-09-2022	01-03-2023	
	Definir para que tipo de proyectos y/o riesgos se podría llevar a cabo el análisis cuantitativo.	01-09-2022	31-12-2022	
Registro de lecciones aprendidas	Realizar un estudio de viabilidad para el diseño e implementación de aplicación para el registro de lecciones aprendidas.	01-09-2022	01-03-2023	Disponer de una aplicación en línea que permita registrar y consultar buenas prácticas y lecciones aprendidas.
	Realizar una recopilación de las lecciones aprendidas y buenas prácticas del Metro de Medellín Ltda., y definir criterios para estandarizar el registro.	01-09-2022	01-03-2023	
Evaluaciones Ex Post	Realizar un estudio para definir los criterios y parámetros a tener en cuenta para realizar una evaluación ex post.	01-09-2022	01-03-2023	Implementar y adoptar un modelo de evaluación ex post para evaluar los resultados e impactos de los programas y proyectos.
	Construir documento que contenga los lineamientos para llevar a cabo la evaluación ex post de programas y proyectos.	01-09-2022	01-03-2023	
Proyectos desarrollo sostenible	Formular y presentar nuevas propuestas para continuar con la implementación de nuevos sistemas de generación solar fotovoltaica.	01-09-2022	01-03-2023	Seguir generando impactos ambientales positivos a partir del C02 dejado de emitir y generar ahorro en el consumo energético desde la red eléctrica.

Apéndice R. *Respuesta del DNP radicado 20226630253612*



El futuro es de todos

DNP
Departamento
Nacional de Planeación

Bogotá D.C., 4 abril 2022

20224370292721
Al responder cite este número

Doctor

GABRIEL ANDRÉS PLATA RUEDA

Profesional universitario

Contraloría General de Medellín

DIR_R Código Postal *CODPOSTAL_R*

MPIO_R - *DEPTO_R*

Asunto: Respuesta radicado 20226630253612

Apreciado señor Plata:

Atendiendo su solicitud radicada con el No. 20226630253612 damos respuesta con la siguiente comunicación.

1. Informar si la Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión, Versión oficial presentada en el 2004 por el Grupo Asesor de la Gestión de Programas y Proyectos de Inversión Pública (GAPI) está vigente, ha sido actualizada, los cambios que ha presentado y si todavía tiene aplicación.

La metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión, versión oficial de 2004, constituye un documento en donde se plasma la última de las etapas del ciclo de los proyectos de inversión pública. A través de ella se pretende examinar de forma analítica y sistemáticamente en la medida de lo posible, acciones pasadas relacionadas con el logro o no de los objetivos de los proyectos de inversión pública, los recursos utilizados y los resultados obtenidos, y derivar las experiencias necesarias para guiar a los responsables de tomar decisiones con el fin de mejorar las actividades futuras. Dicha metodología no cuenta con una actualización, no ha tenido modificaciones y está vigente su aplicación.

Sin embargo, es importante mencionar que desde la Dirección de Proyectos e Información para la

Inversión Pública del DNP se está trabajando en una actualización de dicha metodología, la cual será publicada el próximo año una vez entre en funcionamiento la Plataforma Integrada de Inversión Pública -PIIP.

1. Informar a partir de qué momento (fecha) y las consideraciones que se tuvieron en cuenta para adoptar la Guía Metodológica para la Implementación de la Evaluación Ex post de la Regulación.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos en su documento Recomendación del consejo sobre política y gobernanza regulatoria (OECD, 2012), señaló que la evaluación ex post de la regulación es una herramienta que se viene utilizando recientemente en algunos países y su importancia radica en que permite establecer si la regulación cumplió con los objetivos para los cuales fue diseñada y si ellos contribuyen a mejorar el diseño de las regulaciones, a la vez que estima sus efectos sobre la economía y la sociedad, propiciando el desarrollo de soluciones costo efectivas a problemas públicos. Adicionalmente, en el informe sobre política regulatoria de 2018, la OCDE indica que el número de países que está adoptando mecanismos para la evaluación ex post de la regulación ha crecido, pero todavía se limita a menos de 20 países (OECD, 2018b).

Dado la adhesión del país a la OCDE, se decide elaborar una guía metodológica para el desarrollo de evaluaciones ex post de la regulación, la cual tiene como objetivo generar las capacidades que faciliten el desarrollo de evaluaciones de la regulación, promover su implementación en las entidades con facultades regulatorias y mejorar la efectividad del marco regulatorio colombiano.

La Guía Metodológica para la Implementación de la Evaluación Ex post de la Regulación se publicó en el 2021.

1. Informar si la Guía Metodológica para la Implementación de la Evaluación Ex post de la Regulación reemplazó la Metodología de Evaluación Expost de programas y proyectos de inversión 2004, y si la metodología que presenta la guía es aplicable para proyectos de inversión de todas las entidades del estado.

La Guía Metodológica para la Implementación de la Evaluación Ex post de la Regulación no reemplaza la Metodología de Evaluación Ex post de programas y proyectos de inversión, ya que su ámbito de aplicación y sus objetivos son diferentes. La Guía Metodológica para la Implementación de la Evaluación Ex post de la Regulación es un análisis que permite establecer si la regulación cumplió con los objetivos para los cuales fue diseñada y si existe problemas asociados a la regulación que implique realizar modificaciones y/o ajustes.

Mientras que la evaluación expost de proyectos de inversión pública constituye la última de las etapas del ciclo del proyecto de inversión, y pretende conocer la eficiencia del programa o proyecto, precisar el logro de los resultados y el cumplimiento de objetivos, evaluar si el beneficio alcanzó la dimensión programada y analizar la capacidad institucional para identificar, llevar a cabo y hacer seguimiento.

Ahora bien, todas las regulaciones pueden ser objeto de evaluación ex post de regulación. Como "Regulación" se entiende una norma regulatoria individual o a un régimen regulatorio compuesto por un conjunto de normas relacionadas entre sí. La Metodología de Evaluación Ex post de programas y proyectos de inversión es aplicable a todos los proyectos de inversión pública, indistintamente de su fuente de financiación.

Cordialmente,

Yasmin Durán Bobadilla

Subdirectora de Proyectos

Anexos: Uno (cuatro hojas), (diligencie si los hay, de lo contrario borre)

Copia: (si lo requiere de lo contrario borre)

Preparó: Onis Johanna Fierro Hernandez

Revisó: Nombre Completo

NOTA: Si la comunicación tiene más de una página debe encabezarla de la siguiente forma: Doctor (Señor, Ingeniero, etc.) Nombre completo

Frente al presente acto proceden los recursos previstos en la Ley 1437 de 2011[1]

[1] Por la cual se expide el Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo.

Si quieres calificar nuestro servicio ingresa a www.dnp.gov.co/califiquenos
Tu opinión es importante para el DNP