UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Viabilidad Técnica, Económica y Ambiental Del Aumento En La Capacidad Del Sistema Fotovoltaico De La Empresa Gran Américas Usme S.A.S.

Autor

Nicolas Sarmiento Moreno – Juan Andrés Sánchez García

Tutor

Guillermo Enrique Real Florez

Ingeniero Industrial

Especialista en Gerencia de Producción

Magister en Ingeniería Industrial

Universidad Distrital Francisco José De Caldas

Especialización en Gestión de Proyectos de Ingeniería

Facultad de Ingeniería

Bogotá, Colombia

noviembre de 2023

CONTENIDO

RESUMEN 6

PALABRAS CLAVE 11

INTRODUCCIÓN 12

1. CONTEXTO E IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO 14

1.1 ALCANCE. 14

1.2 IDENTIFICACIÓN 14

1.2.1 DIAGNOSTICO INTERNACIONAL 16

1.2.2 DIAGNOSTICO NACIONAL 19

1.2.3 DIAGNOSTICO LOCAL 21

1.3 ÁRBOL DEL PROBLEMA 28

1.4 ÁRBOL DE SOLUCIONES 30

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 32

1.7 FACTORES IN-OUT 32

1.8 BENEFICIOS 36

1.9 RESPONSABLES 39

1.10 A QUIEN SE ENTREGA 40

1.11 MARCO REFERENCIAL 40

1.12 MARCO CONCEPTUAL 43

1.12.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO: 43

1.12.2 VIABILIDAD TÉCNICA: 43

1.12.3 VIABILIDAD ECONÓMICA: 44

1.12.4 VIABILIDAD AMBIENTAL: 44

1.12.5 TAMAÑO DE LA INSTALACIÓN 44
1.12.6 CAPACIDAD INSTALADA 44
1.12.7 UBICACIÓN DEL PROYECTO 44
1.13 MARCO NORMATIVO 45
1.13.1 LEY 1715 DE 2014. 45
1.13.2 DECRETO 2143 DE 2015 45
1.13.3 RESOLUCIÓN 1283 DE 2016 45
1.13.4 REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS- RETIE 46
1.13.5 RESOLUCIÓN 143 DE 2016 46
2. ANÁLISIS DEL MERCADO 47
2.1 OFERTA Y DEMANDA 47
2.2 MERCADO OBJETIVO 57
2.3 MEDICIÓN DE SATISFACCIÓN 58
2.4 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO 59
2.5 CARACTERIZACIÓN COMPETENCIA POLÍTICAS Y PRECIOS 62
2.6 TÉCNICAS Y FORMAS DE ANÁLISIS 65
2.6 CAPACIDAD DEL PROYECTO 66
2.7 PLAN DE CUBRIMIENTO 69
3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO 74
3.1 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS 74
3.1.1 OBJETIVO GENERAL: 74
3.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 74
3.2 ÁRBOL DE OBJETIVOS 75
3.3 ACCIONES PARA ABORDARLO. 77
3.4 LIMITANTES DE LOS OBJETIVOS 77
3.5 RIESGOS Y COMO SE VAN A MITIGAR 79

3.6 POLÍTICA DE CALIDAD 83
3.7 POLÍTICA DE SALUD 84
3.8 POLÍTICA DE AMBIENTAL 85
3.9 RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL 86
4. INGENIERIA DEL PROYECTO 87
4.1 EJECUCIÓN DEL PROYECTO 87
4.2 REDISEÑO 95
4.2.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO ACTUAL 95
4.2.1 REDISEÑO PROPUESTO 100
4.3 DIAGRAMAS DE PROCESO 108
4.3.1 PROCESO DE DISEÑO TÉCNICO 108
4.3.1 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍA 109
4.3.1 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN 110
4.3.1 PROCESO DE OPERACIÓN 111
4.4 TAMAÑO DEL SISTEMA 112
4.5 RECURSOS 114
4.5.1 RECURSOS TECNOLÓGICOS 117
4.6 MATERIALES 118
4.7 MACRO LOCALIZACIÓN 119
4.8 MICRO LOCALIZACIÓN 121
4.9 RESULTADOS. 124
5. ESTUDIO ADMINISTRATIVO 126
5.1 MISIÓN 126
5.2 VISIÓN 126
5.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL 126
5.4 COMPETENCIAS 128

5.5 INFORMACIÓN 132
5.6 IMPACTO LABORAL 133
6. ESTUDIO ECONÓMICO - FINANCIERO 134
6.1 SUPUESTOS 134
6.2 COSTOS 135
6.3 INGRESOS 136
6.4 FLUJO DE CAJA 138
6.5 ESCENARIOS 141
6.6 RECURSOS HUMANOS 142
6.7 INFRAESTRUCTURA FÍSICA 147
6.8 EQUIPOS 147
6.9 MATERIALES 148
6.10 INVERSIONES 149
6.11 APALANCAMIENTO 150
6.1 COSTO CAPITAL 153
6.2 PLATAFORMA DE INGRESOS 154
6.3 VPN, TIR, PAYBACK 155
6.4 ANALISIS DE SENSIBILIDAD 156
7. EVALUACIÓN AMBIENTAL 160
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 167
9. REFERENCIAS 168
ANEXOS 172

aprvse

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Proyectos energía solar Bogotá y Cundinamarca 22
Tabla 2 Matriz de partes interesadas-Stakeholders 25
Tabla 3 Matriz de beneficios de los Stakeholders 36
Tabla 4 Promedio consumo energético centro de operaciones el "El Uval" 48
Tabla 5 Comparativa de paneles solares 54
Tabla 6 Características técnicas relevantes para la ampliación de un sistema fotovoltaico en Bogotá 56
Tabla 7 Variación del precio kWh en Colombia 2022-2023 64
Tabla 8 Histórico de excedentes. 71
Tabla 9 Limitantes de los objetivos 78
Tabla 10 Matriz de riesgo del proyecto. 80
Tabla 11 Metodología de evaluación de riesgos 82
Tabla 12 Ruta crítica fase 1 87
Tabla 13 Ruta crítica fase 2 91
Tabla 14 Recurso solar disponible zona Usme. 96
Tabla 15 Dimensionamiento De Los Paneles Solares 98
Tabla 16 Especificaciones técnicas paneles solares actuales 98
Tabla 17 Dimensionamiento Del Inversor Interconectado 100
Tabla 18 Cálculo de cantidad de equipos a usar 102
Tabla 19 Cálculo de cantidad de equipos a usar para los Escenarios 1-2 103
Tabla 20 Cálculo de tramos específicos. 105
Tabla 21 Área de instalación sistema fotovoltaico 112
Tabla 22 Talento humano requerido en las dos fases del proyecto 115
Tabla 23 Recursos tecnológicos necesarios para las dos fases del proyecto 118
Tabla 24 Caracterización predial 120
Tabla 25 Caracterización predial interna centro de operaciones "El Uval" 121
Tabla 26 Competencias 128
Tabla 27 Especificaciones administrativas 132
Tabla 28 Resumen costos totales del proyecto 136

Tabla 29 Pronostico de valor reconocido por kWh. 137
Tabla 30 Ingresos Proyectados por Exportación Anual (2023-2032)..... 137
Tabla 31 Flujo de caja escenario base..... 139
Tabla 32 Costo de sueldos de nómina mensual..... 143
Tabla 33 Total neto a pagar para la cantidad total de personal..... 144
Tabla 34 Cargos posterior a la proyección..... 144
Tabla 35 Total recurso humano proyectado..... 146
Tabla 36 Costo Infraestructura física. 147
Tabla 37 Costo de equipos 148
Tabla 38 Costo de materiales. 149
Tabla 39 Escenario 2 Financiamiento externo (50% de apalancamiento) 151
Tabla 40 Escenario 3 Financiamiento externo (100% de apalancamiento) 153
Tabla 41 Costo capital 154
Tabla 42 Ingresos por venta de excedentes energéticos 155
Tabla 43 Indicadores financieros 156
Tabla 44 Aumento del 5% de ingresos 157
Tabla 45 Disminución del 5% de ingresos 158
Tabla 46 Disminución del 10% de ingresos 158
Tabla 47 Identificación de aspectos e impactos ambientales..... 161
Tabla 48 Metodología de identificación de aspectos e impactos ambientales..... 162
Tabla 49 Priorización de aspectos e impactos ambientales 165
Tabla 50 Escala de valoración 165

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 MAPA DE RADIACIÓN DE AMÉRICA LATINA..... 18
ILUSTRACIÓN 2 PARTES INTERESADAS..... 24
ILUSTRACIÓN 3 ESTRUCTURA SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED..... 60
ILUSTRACIÓN 4 ILUSTRACIÓN 4 DIAGRAMA PERT FASE1..... 90
ILUSTRACIÓN 5 DIAGRAMA PERT FASE 2 94
ILUSTRACIÓN 6 ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS ZONA USME. 96
ILUSTRACIÓN 7 DISPOSICIÓN DEL SISTEMA ACTUAL. 97
ILUSTRACIÓN 8 DIMENSIONES(MM) PANEL SOLAR SERIE ZXM6-NHLD144..... 99
ILUSTRACIÓN 9 CALIBRE MÍNIMO DEL CONDUCTOR DE CONTINUIDAD DE TIERRA PARA DUCTERÍAS Y EQUIPOS (NORMA NTC 2050..... 106
ILUSTRACIÓN 10 PROCESO DE DISEÑO TÉCNICO..... 108
ILUSTRACIÓN 11 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍA..... 109
ILUSTRACIÓN 12 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN 110
ILUSTRACIÓN 13 PROCESO DE OPERACIÓN..... 111
ILUSTRACIÓN 14 INFORMACIÓN PREDIAL INFRAESTRUCTURA DE SOPORTE "EL UVAL"..... 123
ILUSTRACIÓN 15 ORGANIGRAMA..... 127

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 ÁRBOL DE EFECTOS..... 28
FIGURA 2 ÁRBOL DE CAUSAS..... 29
FIGURA 3 ÁRBOL DE SOLUCIONES 31
FIGURA 4 DIAGRAMA DE FACTORES IN-OUT. 33
FIGURA 5 CONSOLIDADO GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL AÑO 2023. 66
FIGURA 6 CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INFRAESTRUCTURA DE SOPORTE "EL UVAL". DE LOS AÑOS 2022-2023. 67
FIGURA 7 EXCEDENTES GENERADOS POR EXPORTACIÓN DE ENERGÍA A LA RED. 70
FIGURA 8 ÁRBOL DE OBJETIVOS 76
FIGURA 9 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO..... 114

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Generación de energía eléctrica Bogotá- Cundinamarca..... 23
Gráfico 2 Participación de fuentes de generación de energía en el centro de operaciones “El Uval”..... 49
Gráfico 3 Proyección demanda energética Centro de operaciones “El Uval" 51

apryse

RESUMEN

El sector transporte en Colombia es una de las industrias que generan más contaminación en la calidad del aire por el uso de combustibles fósiles en su operación. Adicionalmente se debe abordar problemáticas de uso energético en sus actividades administrativas y operacionales estáticas. Algunos de los impactos ambientales generados por el uso de energía proveniente de fuentes convencionales, es la generación de gases efectos invernadero como CO^2 causantes del fenómeno definido como calentamiento global. Dentro del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá se han adelantado varias iniciativas que tienen como objetivo disminuir este impacto ambiental implementando energías más limpias dentro de sus actividades. Adicionalmente el gobierno colombiano está comprometido en mejorar la matriz energética de la región, fomentando la generación de proyectos que ofrezcan energía por métodos no convencionales.

Gran Américas Usme S.A.S. es una de las empresas adscritas al SITP pionera en la implementación de este tipo de tecnologías dentro de sus actividades internas. Con la instalación de 121 paneles fotovoltaicos, fue uno de los primeros concesionarios interesados en la transición energética de su funcionamiento operacional.

Comprometidos con el ambiente y el desarrollo económico de la organización, se han propuesto desarrollar un estudio técnico, económico y ambiental en el que se permita definir una viabilidad para la ampliación del sistema fotovoltaico actual y poder satisfacer la demanda energética operacional por medio de esta fuente.

En el presente documento se desarrollan diferentes metodologías las cuales demuestran que la ejecución de esta iniciativa puede ser ejecutada con éxito abordando las variables técnicas, económicas y ambientales que afectan la operación de la organización.

PALABRAS CLAVE

Energías renovables, Sistema fotovoltaico, SITP, Transporte público, Bogotá.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las actividades industriales realizadas en el Colombia varios estudios han determinado que el sector transporte es uno de los principales generadores de gases de efecto invernadero como el CO^2 los cuales tienen afectaciones importantes en variables ambientales y en la salud de las personas. Adicionalmente son tecnologías que han presentado baja eficiencia en comparación a las nuevas tecnologías de generación de energía eléctrica. En Colombia las fuentes primarias de generación de energía eléctrica provienen de hidroeléctricas y plantas termoeléctricas. Para enfrentar las consecuencias del cambio climático el gobierno nacional y los gobiernos locales han propuesto cambios en el matriz energética de las actividades industriales; puntualmente en la ciudad de Bogotá la alcaldía mayor ha requerido implementar sistemas de energías no convencionales en el transporte público de la ciudad, esto con el fin de disminuir los impactos ambientales negativos sobre la calidad del aire.

El presente proyecto tiene como objetivo establecer un estudio técnico, económico y ambiental donde se presentan condiciones para la ampliación del sistema de generación de energía fotovoltaica, ubicado en la empresa Gran Américas Usme S.A.S. la cual es dedicada al transporte masivo de pasajeros en la ciudad de Bogotá, puntualmente en la localidad de Usme. La finalidad es generar un aporte a las iniciativas ambientales y económicas de la organización, optimizando el uso de la energía eléctrica en las actividades internas de administración y mantenimiento de los vehículos. Adicionalmente mejorar la rentabilidad de la compañía aprovechando la disminución de costos fijos de operación y el acceso a diferentes beneficios tributarios ofrecidos por el gobierno nacional.

Los métodos utilizados en el presente estudio para la identificación de la oferta y la demanda están argumentados bajo el uso de información suministrada por la UPME y analizados mediante regresiones lineales.

Las limitaciones del proyecto principalmente se establecen por la cantidad de paneles requeridas y el espacio disponible para su instalación, adicionalmente se tiene en cuenta las condiciones climáticas óptimas para el cumplimiento de la demanda interna del centro de operaciones.

El estudio logró determinar las características técnicas, económicas y ambientales necesarias para dar correcto cumplimiento al objetivo del proyecto, analizando variables tecnológicas, oferta de mercado, espacio requerido, ventas e indicadores financieros relacionados a su viabilidad como TIR, VPN, PayBack.

El contenido del documento se configura de la siguiente manera: En el capítulo 1 se realiza la contextualización e identificación del proyecto, donde se determina el alcance, los involucrados, factores internos y externos, responsables, marco legal, marco conceptual y marco referencial. En el capítulo 2 se realiza el estudio de mercado con el fin de identificar la oferta y la demanda del proyecto, el mercado objetivo, características técnicas del sistema fotovoltaico, y el plan de cubrimiento. En el capítulo 3 se aborda el desarrollo de todas políticas relacionas al proyecto como lo son de calidad, medioambiente, seguridad y salud en el trabajo y responsabilidad social empresarial. En el capítulo 4 se aborda la ingeniería del proyecto, el cual describe el diseño de la propuesta, los procesos para tener en cuenta, el tamaño del sistema, los recursos necesarios y variables de ubicación. En capítulo 5 se aborda el estudio administrativo del proyecto el cual se enfoca en la estructura organizacional, obteniendo de este organigramas, misión y visión del proyecto. En el capítulo 6 se realiza el estudio financiero el cual indica los métodos de financiación, los costos, los ingresos, apalancamientos, análisis de sensibilidad e indicadores financieros.

Finalmente se generan conclusiones del estudio y se plantean algunas recomendaciones derivadas del proyecto.

1. CONTEXTO E IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el contexto de la creciente demanda energética y el compromiso con la sostenibilidad, se aborda la evaluación de viabilidad técnica, económica y ambiental de la ampliación del sistema fotovoltaico de Gran Américas Usme S.A.S. El proyecto tiene como objetivo generar un documento estratégico para abastecer de manera eficiente la demanda energética de la empresa. No se incluirán detalles de implementación. En este capítulo se exploran aspectos como el diagnóstico, los involucrados, el problema, los factores, los beneficios, los responsables y la normativa. Este capítulo sienta las bases para la evaluación completa del proyecto en los siguientes capítulos.

1.1 ALCANCE.

El proyecto pretende determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la propuesta de ampliación del sistema de generación de energía fotovoltaica en la empresa Gran Américas Usme S.A.S. Por otro lado, presentar una estrategia de inversión para poder abarcar la demanda energética de la organización de manera eficiente, todo esto mediante la generación y entrega de un documento en el cual se describen las condiciones anteriormente mencionadas.

Es importante resaltar que este documento solo plasmará la información necesaria para su posible implementación, más no abarcará un módulo de implementación o de ingeniería detallada.

Subsanar la demanda energética total de la infraestructura de soporte estará sujeta a las condiciones actuales de la red eléctrica y estructuras de los patios.

1.2 IDENTIFICACIÓN

Las empresas concesionarias del transporte público masivo de pasajeros en Bogotá deben presentar avances tecnológicos en materia energética cada vez más exigentes. De acuerdo con el plan de transición energética del Distrito capital, las empresas deben mejorar sus

prácticas en materia de consumo energético, ya sea implementando energías limpias en los vehículos utilizados para la explotación del servicio de transporte de pasajeros, o, por otro lado, en sus procesos internos. La empresa Gran Américas Usme S.A.S. implementó un sistema de energía fotovoltaica para abastecer el área de mantenimiento, sector de la compañía de más alto consumo energético.

La empresa ha visto el potencial del proyecto piloto, pero no ha iniciado una expansión masiva a toda la infraestructura de soporte por factores técnicos y estructurales, situación que puede generar pérdida de valor en la compañía por no dar aprovechamiento total al recurso fotovoltaico, teniendo en cuenta los resultados generados por el sistema actual.

Con base en el historial de datos del sistema de celdas fotovoltaicas ya implementado, el presente proyecto pretende destacar la importancia de esta iniciativa innovadora en un sector tradicionalista como el transporte. Esta iniciativa puede fortalecer la posición de la compañía y otorgarle un peso aún más relevante al proyecto, al proporcionar las bases técnicas, económicas y financieras para su posible ampliación.

Con la implementación a largo plazo de este proyecto, el gobierno nacional concede el acceso a beneficios tributarios que se encuentran estipulados en la ley 1715 de 2014. La cual tiene como objeto promover el desarrollo y utilización de energías no convencionales, mediante la integración al sistema energético nacional (Yineth & Ballesteros, n.d.)

Los beneficios dispuestos por la ley son los siguientes: deducción especial en la determinación del impuesto sobre la renta, depreciación acelerada, exclusión de bienes y servicios de IVA (aplica para la compra de bienes y servicios relacionados a la transición energética), exención de gravámenes arancelarios (aplica únicamente para maquinaria y equipo exclusivas para labores relacionadas en la inversión de proyectos de energías alternativas) (Congreso de la República de Colombia, 2014)

Esta es una situación para la empresa, que presenta un requerimiento contractual como una fortaleza. Ya que la implementación de este tipo de sistemas de generación de energía no convencional se convierte en una oportunidad para ser más competitivo en el mercado; al demostrar estrategias reales de reducción de emisiones y eficiencia energética

(Rodríguez et al., 2019) La organización se podría posicionar como un concesionario más competitivo dentro del mercado ofertado para la concesión de rutas de transporte público.

Ambientalmente este se convierte en un distintivo en materia de RSE (Responsabilidad Social Empresarial) muy valioso para la organización. Ya que este no solo representará un beneficio interno, este se verá reflejado en cada una de las partes interesadas que se encuentra relacionadas con la actividad económica de la organización. (Hernández et al., 2010)

1.2.1 DIAGNOSTICO INTERNACIONAL

La generación de energía por medio de tecnologías alternativas como la fotovoltaica en grandes y bajas escalas ha presentado un crecimiento exponencial desde hace más 20 años atrás. Los países lideres en la implementación de estas metodologías son de origen europeo y claramente el país Norte Americano. El interés ante el desarrollo de estas tecnologías es consecuencia de la formulación nuevas políticas ambientales y la preocupación derivada de impactos ambientales; como lo son el cambio climático, generación de residuos, destrucción de ecosistemas, contaminación del recurso hídrico y de más afectaciones al medio ambiente.(Fernando et al., 2016)

De manera global se han formulado diferentes tratados y protocolos presentados en las cumbres ambientales desde el siglo pasado, donde los más relevantes son la firma del protocolo de Kioto y la Cumbre de Río; estos dos eventos han ratificado la necesidad de implementar una transición energética a nivel mundial con el fin de disminuir las emisiones de CO_2 y la dependencia a los combustibles fósiles. La tecnología de abastecimiento de energía mediante celdas fotovoltaicas ha presentado beneficios sociales y económicos para las organizaciones y gobiernos que la han implementado. A eso se le debe sumar la carrera tecnológica que se presenta a nivel global, situación que favorece este tipo de métodos de generación de energía, ya que cada vez la tecnología es más fácil de adquirir, es más eficiente, tiene mejor rendimiento y es aceptada por la mayoría de la sociedad global.(Fernando et al., 2016)

En Latino América el contexto es mucho más diferente; el crecimiento en este lugar del continente ha tenido un proceso mucho más ralentizado comparándolo con el norte.

Consecuencia del bajo nivel de investigación y desarrollo presentado en el presente espacio geográfico, se deben adaptar las ideas, políticas, regulaciones y tecnología a las necesidades y recursos ofrecidos por los países latinoamericanos, todo esto extraído de las sociedades más experimentadas en el tema.(Fernando et al., 2016)

La oferta del recurso solar en América Latina presenta un gran potencial para el desarrollo de las tecnologías de celdas fotovoltaicas. Como se puede evidenciar en la ilustración 1 extraída del Solar Gis Maps of Global Horizontal Irradiation Latin America, todo el espacio comprendido desde Centro América hasta Sur América se encuentra beneficiado por la oferta de radiación consecuente a su cercanía a la línea del ecuador.

apryse

Ilustración 1 Mapa de radiación de américa latina



Fuente: Solar Gis Maps of Global Horizontal Irradiation Latin America

Como se puede observar en la ilustración número 1, la mayoría de los países latinoamericanos cuenta con una media de 1800 kWh/m^2 de radiación en sus territorios; el aprovechamiento de esta energía es indispensable para conseguir un crecimiento económico, social y ambiental en los países que se encuentran en vía de desarrollo. El

continente americano ofrece un elemento que no necesita de grandes inversiones para su captación y utilización, factor que se ha ido aprovechando por los países interesados en innovar y generar un cambio en sus matrices energéticas.

A continuación, se presentará el contexto de algunos países centro americanos en materia energética.

México: Este país presenta grandes avances en materia normativa, técnica y regulación en temas como la generación, transporte, transformación, almacenamiento, distribución, importación y exportación de energía. Esto aplicado tanto al sector privado como al sector público.

El país centro americano presenta una matriz de generación energética muy variada, sin embargo, prima el uso de recursos no renovables para la generación de energía eléctrica; donde aproximadamente el 85% de su abastecimiento depende de este tipo de fuentes. Esta problemática ya ha tenido relevancia en los gobiernos de turno, los cuales han incentivado la generación de electricidad mediante el uso de energías renovables, esto mediante políticas de beneficios; adicionalmente se debe saber que existen empresas mexicanas que tienen gran experiencia en el área de interés.(Fernando et al., 2016)

Guatemala: Este país durante los últimos años ha presentado gran interés y se encuentra impulsando la generación de energía eléctrica por medio de fuentes no convencionales. La cooperación del gobierno y la empresa privada ha generado un gran avance en la transición energética dentro del territorio. Adicionalmente la inversión extranjera dedicada a la formulación y ejecución de este tipo de proyectos es alta, apoyada en la ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energías renovables.(Fernando et al., 2016)

El interés principal del gobierno es madurar en el sector de abastecimiento eléctrico mediante el uso de energías no convencionales con el objetivo de mejorar la calidad de vida de sus pobladores y aumentar la inversión extranjera. (Fernando et al., 2016)

1.2.2 DIAGNOSTICO NACIONAL

La implementación de proyectos de generación de energía fotovoltaica inició su implementación en el sector rural, esto en consecuencia de los altos costos asumidos por

administrar energía eléctrica originada de combustibles fósiles, los mantenimientos y operación de los sistemas necesarios. La energía fotovoltaica se presentó como una alternativa de bajo costo por sus mantenimientos, operación y fuente de adquisición de energía.(Rodríguez Murcia, 2009)

Los proyectos que promovieron este tipo de tecnologías en el territorio colombiano surgieron con el programa de telecomunicaciones rurales de Telecom a comienzos de los años 80, en acompañamiento técnico de la Universidad Nacional de Colombia. La finalidad del proyecto era abastecer de energía económica a los radioteléfonos instalados en zonas rurales del territorio nacional, para mediados de 1983 se habían instalado alrededor de 2950 sistemas fotovoltaicos.(Rodríguez Murcia, 2009)

Este sistema fue adoptado por varias empresas de telecomunicaciones, debido a su gran éxito en materia de economía, accesibilidad y facilidad de instalación. Estudios realizados indican que en el periodo de 1985 a 1994 se importaron al país 48499 unidades de celdas fotovoltaicas con la finalidad de abastecer de energía solar a proyectos de diferentes corrientes, en el sector militar, tecnológico, telefonía y otros más.(Rodríguez Murcia, 2009)

Para esta época la totalidad de los proyectos analizados en el estudio, presentaban una funcionabilidad total del 56%, el 37% funcionaba con problemas y el ultimo 8% no tenía función alguna, esto debido a la falta de mantenimiento, suministro de repuestos.(Rodríguez Murcia, 2009)

Colombia cuenta con una ubicación geográfica privilegiada, ya que gran parte de su territorio recibe perpendicularmente los rayos solares, esto definido en un promedio de 4.5kWh/m^2, siendo la Guajira el área de más abundancia con 6kWh/ m^2; la pertinencia de aprovechar este recurso se vuelve una oportunidad y necesidad del estado, ya que es muy oportuno exportar la energía solar a otros países y abastecer la demanda interna de la nación. (Suarez Andrade, 2015)

Con base en diferentes sucesos en transformación y transición energética el gobierno nacional decide en el año de 2010 ingresar a la Agencia internacional de Energías Renovables, con la finalidad de ratificar su interés en aportar como país de desarrollo en

tecnologías limpias y eficientes, sustentado en el desarrollo sostenible.(Suarez Andrade, 2015)

Para el año 2015 Colombia cuenta con aproximadamente 78000 paneles solares instalados en todo el territorio; más de la mitad de su capacidad es destinada para el desarrollo rural, la otra mitad se encuentra destinada para el abastecimiento energético de redes telefónicas y soluciones de tránsito terrestre.(Suarez Andrade, 2015)

Se debe tener en cuenta el contexto de predominancia de generación energética en Colombia, la cual se basa en el aprovechar la energía hidráulica producida en ecosistemas naturales intervenidos, llamados embalses, los cuales representan un 70% de participación. (Suarez Andrade, 2015)

Los registros históricos y de desarrollo que ha tenido esta tecnología a nivel local promueven un futuro más sostenible, ya que su principal objetivo es obtener energía mediante la implementación de un método más limpio y duradero en el tiempo; el cual tenga una armonía con las comunidades, el ambiente y la economía. La energía solar se configura como un recurso gratuito, renovable y limpio, dando facilidades en el desarrollo de abastecimiento a poblaciones rurales e industria emergente.(Márquez Lagos, 2021)

1.2.3 DIAGNOSTICO LOCAL

En la plataforma informativa de la UPME (Sistema de información de energía colombiano) se encuentra información relacionada a los proyectos que se han ido adelantando a nivel nacional y regional. Dentro de los datos estadísticos se indica que en Colombia se han adelantado 282 proyectos de generación de energía fotovoltaica de los cuales 11 de ellos se encuentran ubicados en la ciudad de Bogotá y el departamento de Cundinamarca. (UPME, 2023)

En la tabla número 1 se encuentran los proyectos que se encuentran vigentes en la base de datos de la UPME

Tabla 1 Proyectos energía solar Bogotá y Cundinamarca

NOMBRE DEL PROYECTO	TECNOLOGÍA
UBATÉ PSR1	FOTOVOLTAICA
SOLAR PUERTA DE ORO	FOTOVOLTAICA
SISTEMA FOTOVOLTAICO PLANTA GASEOSAS LUX	FOTOVOLTAICA
SISTEMA FOTOVOLTAICO PLANTA CORONA MADRID	FOTOVOLTAICA
SISTEMA FOTOVOLTAICO PLANTA CENTRAL CERVECERA	FOTOVOLTAICA
PUBENZA PSR 2	FOTOVOLTAICA
PROYECTO FOTOVOLTAICO JEQUES	FOTOVOLTAICA
PROYECTO FOTOVOLTAICO CONDOR	FOTOVOLTAICA
PARQUE SOLAR JOSÉ MARÍA CÓRDOVA	FOTOVOLTAICA
DOMENICA	FOTOVOLTAICA
BARZALOSA 100 MW	FOTOVOLTAICA

Fuente: Elaboración propia basada en upme 2023

En la tabla número 1 se nombran los proyectos de generación de energía fotovoltaica ubicados en la ciudad de Bogotá y Cundinamarca. En esta información se logra observar que grandes industrias están utilizando el recurso energético de manera más eficiente, ya que están aprovechando la energía más abundante. El interés por este tipo de generación ha crecido durante la última década ya que en el país han aumentado de manera drástica los proyectos relacionados al aprovechamiento de la energía solar.

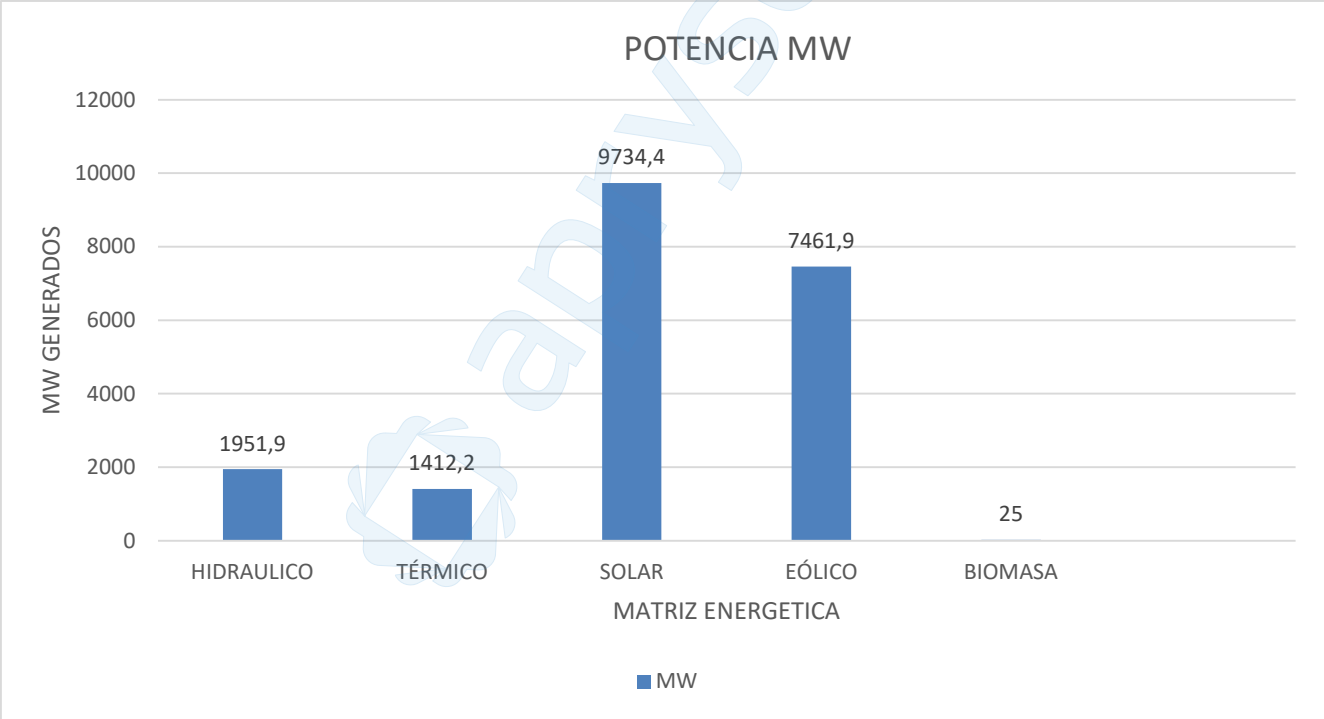
En el caso de la ciudad de Bogotá por el momento se han implementado 46 proyectos de aprovechamiento de energía solar, de los cuales tienen vigencia solo 2 para la fecha más actualizada de la base de datos. (UPME, 2023)

Es importante destacar que Bogotá no cuenta con fuentes de generación eléctrica dentro de la ciudad, sino que depende de la generación en otras regiones del país. La electricidad

se transporta a través de una red de transmisión y distribución para abastecer la demanda de la ciudad.(UPME, 2023)

Ahora bien, al tener en cuenta el comportamiento de la generación de energía no convencional a nivel nacional, se debe hacer referencia a las diferentes metodologías por las cuales se abastece normalmente la ciudad. Bogotá se abastece de energía hidráulica generada en municipios aledaños, en caso de desabastecimiento se propende por el uso de otras tecnologías para suplir la demanda energética. En el gráfico número 1 se mostrará los niveles de generación energética de mediante diferentes tecnologías a nivel departamental.

Gráfico 1 Generación de energía eléctrica Bogotá- Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia basada en upme 2023

El departamento de Cundinamarca actualmente se caracteriza por su metodología de generación de energía. En el gráfico número 1 se puede identificar que la matriz de energía que aporta más al abastecimiento es la solar y la eólica en el periodo de 2021-2023. En el periodo de 2023 la participación en el total de MW generados es mayor para la matriz solar e hidráulica (UPME, 2023). La matriz de energía hidráulica es la más utilizada en el territorio

colombiano, esto con el fin de aprovechar la geología colombiana y sus grandes causes hídricos alrededor de todo el territorio.(Medina Rincón, 2017)

involucrados

Los involucrados (Stakeholders) en la formulación del proyecto de ampliación del sistema fotovoltaico de la empresa Gran Américas Usme S.A.S. se presentan tanto en medios internos como en medios externos. De acuerdo con las necesidades e intereses de cada uno de los actores se identificaron partes internas de la organización como la alta gerencia, los empleados, y los accionistas.

La parte externa cuenta con una diversificación más notable, acogiendo a los entes gubernamentales como TransMilenio y su interventoría, Secretaría Distrital de Ambiente, la CREG Comisión de regulación de Energía y Gas y la UPME Unidad de Planeación Minero-Energética.

Las organizaciones privadas presentan participación interna y externa dentro de la compañía, conformadas por las entidades financieras y los contratistas que desarrollan actividades dentro del centro de operaciones. Finalmente se identificó la comunidad local, el cual es un actor muy importante en el desarrollo de cualquier proyecto liderado por la organización.

Ilustración 2 Partes interesadas



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración número 1 se pueden evidenciar gráficamente las partes interesadas del proyecto, cada una de ellas presenta unas necesidades que se deben satisfacer con la materialización de este. El insumo es muy importante ya que es la base fundamental para la presentación de los beneficios, y como este impacta a cada uno de los stakeholders identificados.

Cada una de las partes interesadas cuenta con unas características; las cuales definen el nivel de influencia que tienen sobre el proyecto evaluando las variables de posición, poder, interés e impacto. Con base en estos atributos, se puede identificar el nivel de importancia y relevancia que tiene cada uno de los actores en la ejecución del proyecto.

Para dar cumplimiento a sus necesidades y expectativas, se deben plantear estrategias de gestión, las cuales den evidencia de los avances, resultados, estadísticas y demás datos de interés que sean de utilidad para la satisfacción de sus requerimientos.

Tabla 2 Matriz de partes interesadas-Stakeholders

Interesados	Posición	Poder	Interés	Impacto	Estrategia de gestión
Alta gerencia	Interna	Alto	Alto	Alto	Presentar los resultados de rendimiento del proyecto de energía fotovoltaica.
					Disminución del consumo energético en las actividades operativas.
Empleados	Interna	Medio	Alto	Medio	Entregar el suministro necesario de energía eléctrica para el cumplimiento de sus actividades.
					Capacitar al personal de infraestructura para la realización de los mantenimientos preventivos.
					Comunicar los impactos ambientales de la implementación del programa.
Transmilenio	Externa	Alto	Alto	Alto	Dar cumplimiento al contrato de concesión 007.

Interesados	Posición	Poder	Interés	Impacto	Estrategia de gestión
Interventoría	Externa	Alto	Alto	Alto	Dar cumplimiento a la normatividad en materia del proyecto; solicitud de permisos, cumplimiento de límites de distribución, demostrar compromiso con la transición energética.
Accionistas	Externa	Alto	Alto	Alto	Demostrar el potencial económico, técnico y ambiental de la implementación del proyecto de paneles solares.
					Dar valor agregado a la empresa que se vea reflejado en el mercado.
					Retornos positivos de la inversión realizada.
Financiadores	Externa	Alto	Bajo	Bajo	Pagar las obligaciones adquiridas para la implementación del proyecto.
Empresas contratistas	Externa	Bajo	Bajo	Alto	Entregar el suministro necesario de energía eléctrica para el cumplimiento de sus actividades.
Comunidad local	Externa	Bajo	Alto	Alto	Implementación de buenas prácticas ambientales y controles que disminuyan las afectaciones al ambiente generadas por las actividades desarrolladas en la organización.
Secretaria distrital de ambiente - sda -corporación autónoma regional - car	Externa	Alto	Alto	Alto	Garantizar el uso eficiente de los recursos naturales
					Actualizar periódicamente, tramites, solicitudes, aprobaciones y conceptos
					Reportar cualquier modificación y/o contingencia que puedan generar una alteración a la calidad ambiental o al desarrollo de la gestión

Interesados	Posición	Poder	Interés	Impacto	Estrategia de gestión
					ambiental por parte de la organización
					Control y/o prevención de impactos ambientales

Fuente: Elaboración propia

En la tabla número 2 se puede observar las partes interesadas del proyecto y su respectiva caracterización referente a la satisfacción de sus necesidades de acuerdo con la implementación. Es importante conocer las necesidades y expectativas de cada uno de los stakeholders, esto con la finalidad de generar correctas estrategias de gestión y dar priorización a los que tienen altos niveles de posición, poder, interés e impacto del proyecto.

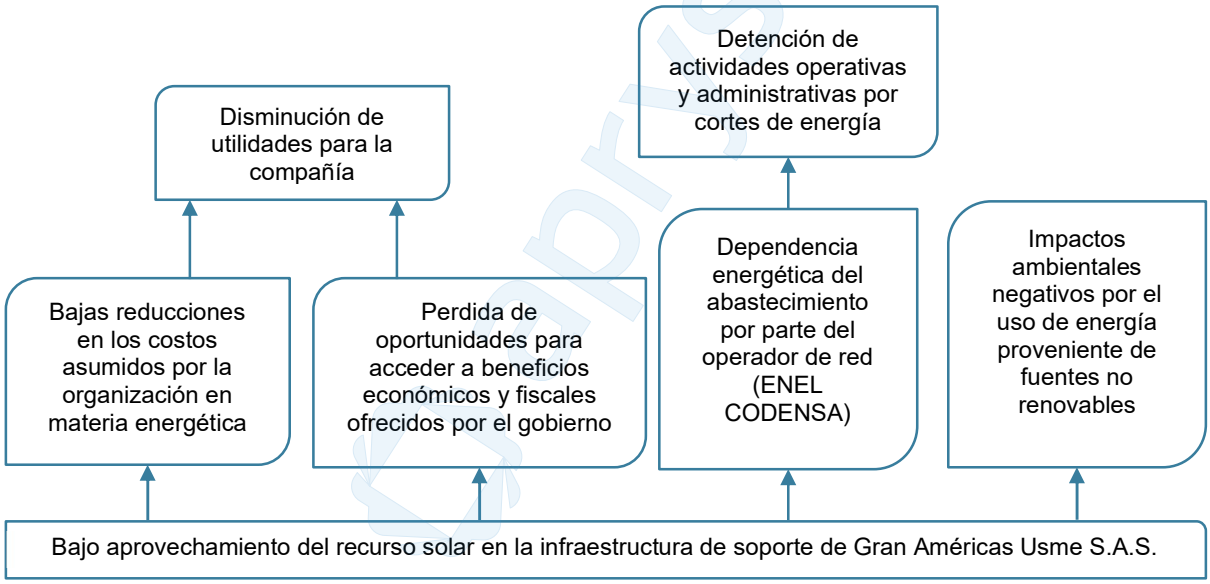
Las partes interesadas internas de la organización y entidades de control son las que presentan los niveles más altos de importancia e interés en la estructuración, planeación y ejecución del proyecto, esto debido a las exigencias legales y contractuales que conlleva la materialización de este. Por otro lado, las expectativas de los accionistas y la gerencia de la empresa en términos financieros, ya que el objetivo de realizar esta gran inversión es generar valor agregado en la prestación del servicio; adicionalmente los colaboradores de la compañía presentan altos niveles de interés dentro del proyecto, ya que este será el insumo necesario para poder ejecutar sus actividades con éxito.

Las partes externas a la organización también presentan resultados de alto valor para la evaluación del proyecto. Como parte interesada de alta relevancia se tiene a la comunidad local, los cuales presentan alto nivel de interés referente a la ejecución de los proyectos de alto impacto. Se espera de ellos varias solicitudes en la comunicación de la información relacionada a los avances del proyecto y los resultados generados después de su implementación.

1.3 ÁRBOL DEL PROBLEMA

La metodología del árbol del problema es una estructura analítica que se caracteriza por su fácil y sencillo uso; es un método muy flexible, su eficacia y eficiencia son altas, y exige participación de un grupo interdisciplinar. La identificación de los efectos y las causas es indispensable para estructurar y formular un proyecto (Ortegón et al., 2005). Para el presente documento este insumo es de gran importancia ya que es la base necesaria para la construcción de los objetivos que se desean alcanzar. Posteriormente la figura número 1 aportará la información necesaria para la estructuración del árbol de objetivos.

Figura 1 Árbol de efectos

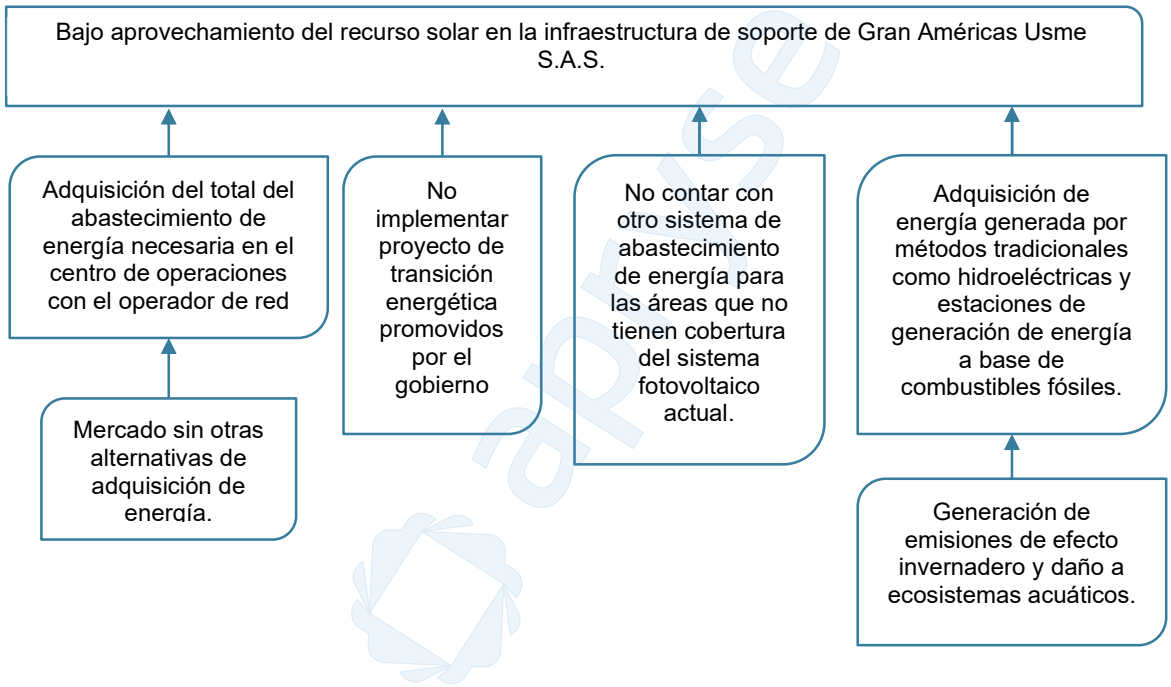


Fuente: Elaboración propia. Basado en la metodología de marco lógico; CEPAL

De acuerdo con la metodología utilizada se facilita la posibilidad de identificar los efectos generados por la problemática inicial. En este caso se relacionan 6 posibles efectos de tipo económico, técnico y ambiental.

La metodología exige la construcción de dos esquemas; ya estructurado el árbol de efectos se continua con la construcción del árbol de causas; el cual muestra las posibles causas que materializan los efectos ya descritos.

Figura 2 Árbol de causas



Fuente: Elaboración propia. Basado en la metodología de marco lógico; (Ortegón, Pacheco, & Prieto, 2005)

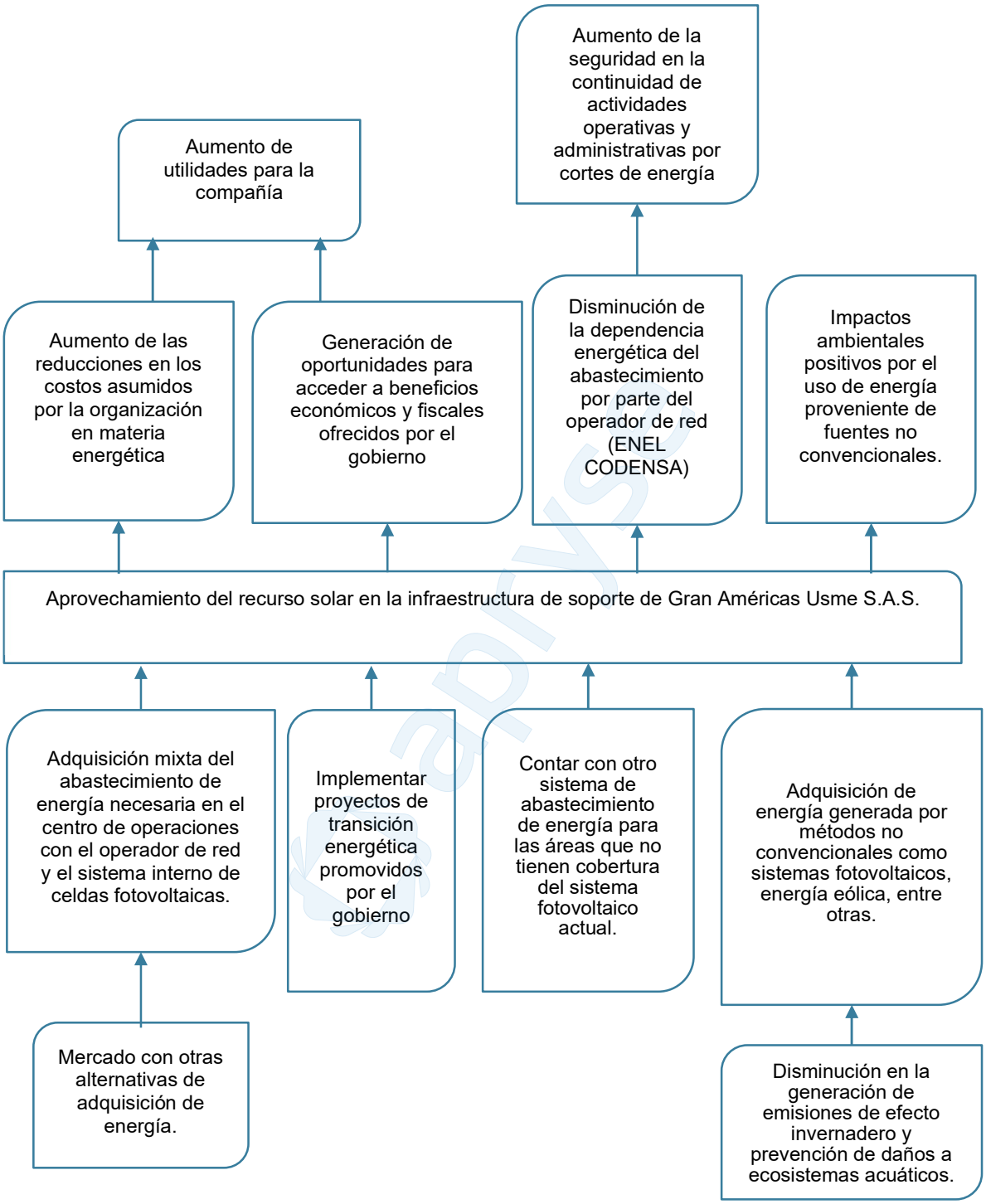
Las causas más relevantes que generan la problemática en análisis se configuran en dos sectores, el primero es la oferta energética del mercado actual, la cual es ofrecida solo por un operador de red el cual utiliza fuentes de generación de energía tradicional para abastecer la ciudad de Bogotá(Lozano et al., 2010). En consecuencia, se generan impactos ambientales negativos por las metodologías de generación de energía nombradas anteriormente.

1.4 ÁRBOL DE SOLUCIONES

El árbol de soluciones es una estructura que se construye con la información recopilada de los dos árboles anteriormente mencionados, donde los datos generados en el árbol de problemas se transforman en los medios y los factores que se identificaron como efectos tomaran el rol de fines. Con respecto al problema central, tendrá una conversión al objetivo central del proyecto. La finalidad de esta herramienta es ofrecer los criterios de evaluación para las diferentes alternativas propuestas para solucionar el problema.(Ortegón et al., 2005)

apryse

Figura 3 Árbol de soluciones



Fuente: Elaboración propia. Basado en la metodología de marco lógico; CEPAL

La finalidad del árbol de soluciones es plantear alternativas para atacar la problemática de manera más eficaz. En este caso es primordial dejar de utilizar fuentes de generación de energía convencional para abastecer la infraestructura de soporte. Implementando la estrategia de generación de energía mediante el uso de celdas fotovoltaicas, se atacan varios factores importantes; el primero es la disminución de emisiones de gases efecto invernadero, segundo se obtiene seguridad energética para la ejecución de actividades administrativas y operativas en el centro de operaciones, ya que no se depende del abastecimiento del operador de red (ENEL CODENSA), tercero la implementación de estos proyectos genera beneficios tributarios con la disminución impuesto de renta (Congreso de la República de Colombia, 2014), cuarto la disminución de costos asumidos por abastecimiento eléctrico disminuyen, y finalmente la unión de las dos últimas genera aumentos en la utilidad de la organización.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

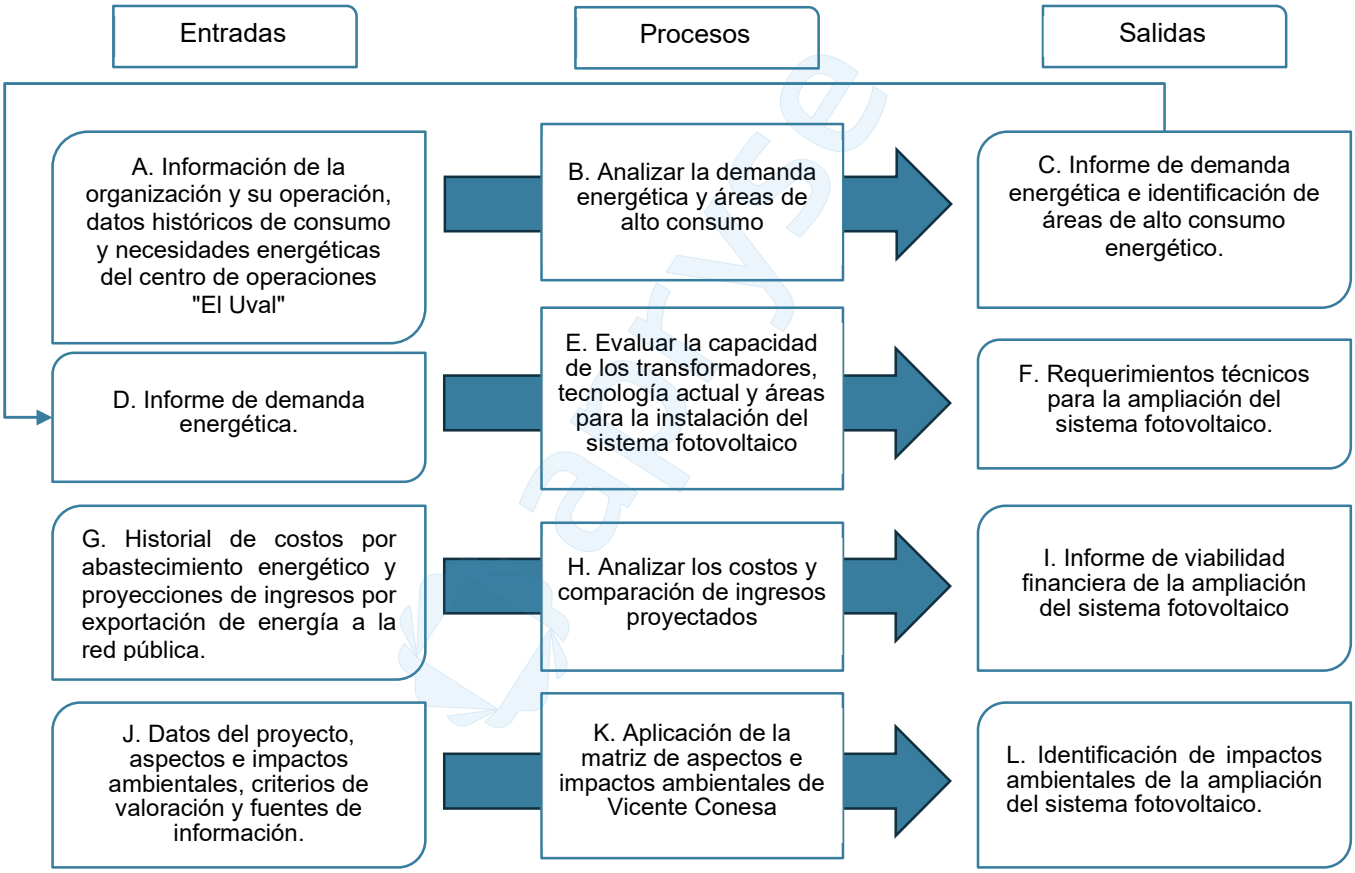
La empresa Gran Américas Usme S.A.S. cuenta con un sistema fotovoltaico el cual es capaz de abastecer el 57% de la demanda energética total del centro de operaciones. Referente a esto, se ha demostrado la eficiencia de este sistema de generación de energía, y no se está aprovechando el total de la oferta de radiación solar recibida en la ubicación geográfica de la planta física de la organización, el cual ofrece beneficios como seguridad energética, disminución de costos, beneficios tributarios en el impuesto de renta e impactos positivos sobre el medio ambiente. De acuerdo con lo anterior, en el presente proyecto se formula la siguiente pregunta: ¿Cómo estructurar la implementación del sistema fotovoltaico de la empresa Gran Américas Usme S.A.S., de forma que satisfaga la demanda energética total y que sea viable técnica, económica y ambientalmente?

1.7 FACTORES IN-OUT

Con el objetivo de llevar a cabo de manera eficiente el proyecto Viabilidad Técnica, Económica y Ambiental del Aumento en la Capacidad del Sistema Fotovoltaico de la Empresa Gran Américas Usme S.A.S., se empleó la metodología propuesta por (Ll.

Cuenca, 2008). Esta metodología se centra en identificar los inputs y outputs en cada objetivo, donde los recursos y elementos que ingresan son transformados y empleados en actividades que generan resultados. Para ilustrar esta interacción, se creó un Diagrama de Factores In-Out el cual se muestra en la Figura 4, que representa de manera concisa los elementos que entran y salen de cada objetivo. Los inputs son los recursos y actividades necesarias para el proyecto, mientras que los outputs son los resultados y entregables obtenidos al finalizar las actividades.

Figura 4 Diagrama de factores In-Out.



Fuente: Elaboración propia. Basado en (Ll. Cuenca, 2008)

En el diagrama de factores In-Out se observa la ruta de desarrollo del proyecto en un formato visual que destaca la relación entre las entradas, procesos y salidas. A continuación, se explica cada uno de los elementos:

A: La primera entrada consiste en la recopilación de información fundamental para el proyecto. Esto incluye datos detallados sobre la organización y su funcionamiento, así como registros históricos de consumo energético y las necesidades específicas de energía del centro de operaciones "El Uval". Esta información proporciona una base para comprender las dinámicas energéticas actuales y futuras de la organización.

B: En este proceso se lleva a cabo el análisis de la demanda energética y la identificación de áreas de alto consumo. Mediante técnicas de evaluación, se examinan los patrones de consumo y se identifican las zonas dentro del centro de operaciones "El Uval" que requieren una mayor cantidad de energía.

C: Como resultado del análisis, se genera un informe de demanda energética que incluye tanto los datos históricos como las áreas de alto consumo identificadas. Este informe proporciona información sobre las necesidades energéticas actuales y también destaca las áreas específicas que requieren una atención especial para mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos.

D: La segunda entrada es el informe de demanda energética generado en el proceso anterior. Este informe contiene los datos y las estimaciones de consumo energético, lo que lo convierte en un insumo para la siguiente etapa del proyecto.

E: En este proceso, se realiza una evaluación de la capacidad de los transformadores, la tecnología actual utilizada y las áreas disponibles para la futura instalación del sistema fotovoltaico. La información proporcionada por el informe de demanda energética se utiliza para determinar los requisitos técnicos que deben cumplirse para garantizar la cobertura energética adecuada en todas las áreas del centro de operaciones.

F: Como resultado de la evaluación, se obtienen los requerimientos técnicos necesarios para la ampliación del sistema fotovoltaico. Estos requerimientos abarcan desde la capacidad de los transformadores hasta las especificaciones tecnológicas requeridas y las áreas de instalación recomendadas. Esta salida establece las bases técnicas para el diseño y la implementación del sistema fotovoltaico.

G: La tercera entrada consiste en el historial de costos por abastecimiento energético y las proyecciones de ingresos por la exportación de energía a la red pública. Estos datos financieros proporcionan una comprensión completa de los aspectos económicos involucrados en el proyecto.

H: En este proceso, los costos históricos de abastecimiento energético son analizados y comparados con las proyecciones de ingresos por la exportación de energía a la red pública. Este análisis financiero busca determinar la viabilidad económica de la ampliación del sistema fotovoltaico y evaluar si los potenciales ingresos superan los costos asumidos.

I: La salida de este proceso es un informe de viabilidad financiera que ofrece una visión de los aspectos económicos del proyecto. Este informe compara los costos y los ingresos proyectados, lo que ayuda a tomar decisiones informadas sobre la viabilidad financiera y la rentabilidad del proyecto.

J: La cuarta entrada abarca los datos del proyecto, los aspectos e impactos ambientales, los criterios de valoración y las fuentes de información disponibles. Esta información es esencial para considerar los aspectos ambientales y sociales del proyecto.

K: En este proceso, se aplica la matriz de aspectos e impactos ambientales de Vicente Conesa. Mediante esta matriz, se evalúan y categorizan los posibles impactos ambientales resultantes de la ampliación del sistema fotovoltaico. Esto implica considerar factores como la sostenibilidad, la mitigación de impactos y la adhesión a criterios ambientales.

L: La identificación de los impactos ambientales de la ampliación del sistema fotovoltaico es la salida de este proceso. Este informe describe los impactos positivos y negativos, permitiendo una toma de decisiones informada y la implementación de medidas para minimizar los efectos adversos en el entorno.

1.8 BENEFICIOS

En la tabla 3 se presentan los beneficios derivados del proyecto para cada una de las partes interesadas (Stakeholders), así como la forma en que se observarán estos beneficios en el desarrollo y resultados del proyecto.

Tabla 3 Matriz de beneficios de los Stakeholders

STAKEHOLDER	BENEFICIO	OBSERVACIÓN
Alta gerencia	Presentación de resultados de rendimiento del proyecto de energía fotovoltaica.	La alta gerencia evaluará el impacto positivo del proyecto en eficiencia energética y reducción de costos. Se observará la disminución del consumo energético en las actividades operativas a través de informes presentados.
Empleados	Suministro necesario de energía eléctrica para actividades.	Los empleados experimentarán una mejora en la disponibilidad constante de energía, mejorando la eficacia en el trabajo. La capacitación del personal de infraestructura les permitirá realizar mantenimientos preventivos. Se comunicarán los impactos ambientales positivos.
Transmilenio	Cumplimiento del contrato de concesión 007.	Transmilenio verá que se cumplen los términos contractuales, asegurando el servicio público. La implementación de energía solar se alinea con su objetivo de transición energética y sustentabilidad.

STAKEHOLDER	BENEFICIO	OBSERVACIÓN
Interventoría	Cumplimiento de la normatividad y compromiso con la transición energética.	La interventoría verá el cumplimiento de regulaciones y permisos, además del compromiso con la transición hacia fuentes de energía más limpias.
Accionistas	Potencial económico, técnico y ambiental del proyecto.	Los accionistas notarán la generación de valor agregado para la empresa mediante la implementación de paneles solares. Verán retornos positivos de inversión reflejados en resultados económicos y ambientales.
Financiadores	Pago de obligaciones para la implementación del proyecto.	Los financiadores recibirán pagos puntuales de las obligaciones asumidas para financiar el proyecto, contribuyendo a la estabilidad financiera y cumplimiento de acuerdos.
Empresas contratistas	Suministro de energía para actividades operativas.	Las empresas contratistas tendrán acceso a un suministro estable de energía, mejorando eficiencia y productividad en sus actividades.
Comunidad local	Implementación de prácticas ambientales y controles.	La comunidad local verá medidas para reducir el impacto ambiental de las actividades organizacionales, mejorando la calidad del entorno.
Secretaría distrital de ambiente (sda) - corporación	Uso eficiente de recursos naturales y control de impactos.	Estas entidades reguladoras observarán una gestión eficiente y sostenible de recursos naturales, con informes periódicos sobre

STAKEHOLDER	BENEFICIO	OBSERVACIÓN
autónoma regional (car)		cumplimiento y medidas para prevenir y corregir impactos ambientales.
Unidad de planeación minero-energética (UPME)	Diversificar la matriz energética	El aumento en la capacidad del sistema fotovoltaico respalda los esfuerzos de la UPME en la promoción de soluciones energéticas sostenibles para el país. Una mayor generación de energía solar contribuiría a diversificar la matriz energética y a disminuir la dependencia de fuentes no renovables
Comisión de regulación de energía y gas (CREG)	Menor emisión de gases de efecto invernadero	El incremento en la generación de energía solar conllevaría a una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, lo que se alinea con los esfuerzos de la CREG para mitigar los impactos ambientales del sector energético.
	Aumento de la generación de energía a partir de fuentes renovables	Contribuiría al aumento de la generación de energía a partir de fuentes renovables, lo que respalda los objetivos regulatorios de fomentar la transición hacia una matriz energética más sostenible y limpia.

Fuente: Elaboración propia

La evaluación de los interesados muestra la importancia de una estrategia de gestión eficaz para para atender sus requerimientos y expectativas. La alta gerencia requiere resultados

de rendimiento y la reducción del consumo energético en las actividades operativas. Los empleados necesitan un suministro de energía constante y capacitación para el mantenimiento preventivo. Transmilenio, la interventoría y los accionistas exigen el cumplimiento de contratos, normativas y demostración de compromiso con la transición energética. Los financiadores deben recibir los pagos acordados, mientras que las empresas contratistas dependen del suministro de energía. La comunidad local busca prácticas ambientales responsables, y las entidades regulatorias exigen el uso eficiente de recursos, actualizaciones periódicas y control de impactos ambientales. En resumen, la estrategia de gestión deberá ser integral y enfocada en atender las necesidades de estos interesados para el éxito del proyecto

1.9 RESPONSABLES

La ejecución exitosa del proyecto depende de la claridad en los roles y responsabilidades de quienes lo llevan a cabo. En este contexto, se han identificado los actores que desempeñarán roles esenciales divididos en dos frentes: los gestores del proyecto y el director de proyecto de grado.

Los gestores del proyecto, Nicolás Sarmiento Moreno y Juan Andrés Sánchez García, asumen la responsabilidad de planificar y ejecutar todas las actividades, incluida la elaboración del informe final. Además, consideran la identificación y mitigación de posibles riesgos durante el proceso de ejecución. Por otro lado, el director de proyecto de grado, el Ingeniero Guillermo Enrique Real, realiza revisiones periódicas del documento y la metodología empleada. Estas revisiones garantizan el cumplimiento adecuado de los objetivos y proporcionan observaciones constructivas para mejorar el proceso. De esta manera, se asegura una supervisión constante que contribuye a lograr los resultados esperados

1.10 A QUIEN SE ENTREGA

El informe final generado a partir del proyecto se entregará mediante una copia digital de este, junto con sus anexos, a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Esta institución desempeña un papel esencial en la evaluación del trabajo realizado, siendo este un componente vital de la investigación y desarrollo necesarios para otorgar a los gestores del proyecto el título de Especialistas en Gestión de Proyectos de Ingeniería.

Además, el informe final se entregará a la propia empresa, Gran Américas Usme S.A.S. Esto permitirá a la organización acceder a los datos, análisis y recomendaciones derivados del proyecto. El contenido del informe brindará a Gran Américas Usme S.A.S. información valiosa para tomar decisiones informadas sobre la viabilidad de la ampliación del sistema fotovoltaico, lo que contribuirá a la planificación estratégica y operativa.

A su vez, el alcance del informe no se limitará a estas partes interesadas directas. El contenido del informe también podría ser de interés y utilidad para otras empresas del sector de generación de energía eléctrica que busquen implementar sistemas fotovoltaicos, así como para individuos interesados en comprender los aspectos técnicos y económicos de este tipo de proyectos. De esta manera, el informe será cargado en el Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (RIUD).

1.11 MARCO REFERENCIAL

El marco referencial del presente proyecto se basa en trabajos similares que abordan proyectos de generación de energía fotovoltaica, así como teorías que respaldan el problema y sus soluciones. Siguiendo el enfoque de exploración de Casos de Estudio en el ámbito de la búsqueda de soluciones energéticas sostenibles y eficientes, se proporcionan perspectivas concretas y ejemplos tangibles que enriquecen la comprensión y enfoque del proyecto.

Casos de Estudio:

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA LA EMPRESA ANNAR DIAGNÓSTICA IMPORT SAS (Gómez, 2020)

El estudio analiza la posibilidad de implementar sistemas de generación de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos en una empresa, con el fin de evaluar su viabilidad técnica y económica.

Este se enfocó en evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar paneles fotovoltaicos en la empresa Annar Diagnóstica Import, considerando un área disponible de 428 m². Se menciona la aplicación de incentivos tributarios establecidos en la Ley 1715 de 2014 para promover la generación de energías renovables. El análisis técnico y financiero se basó en ofertas económicas de proveedores de paneles fotovoltaicos. Se concluyó que el sistema de paneles podría suplir hasta el 10% de la potencia total máxima del edificio según el cuadro de cargas, pero se reconoció que esta estimación es una sobreestimación debido a la falta de datos reales de consumo energético. Además, se destaca la ausencia de sombras en el área propuesta para la instalación de paneles, lo que beneficiaría el rendimiento del sistema.

En el estudio, se concluye que la implementación de un sistema de paneles fotovoltaicos es viable para la empresa Annar Diagnóstica Import, ya que se observa una Tasa Interna de Retorno (TIR) positiva en una de las ofertas evaluadas. A pesar de la viabilidad técnica, la decisión de implementar el proyecto está sujeta a la alta dirección de la empresa, debido a que el retorno de la inversión se extiende hasta 25 años. El análisis indica que la implementación de paneles fotovoltaicos permitiría una reducción significativa en la generación de emisiones de CO2 y tendría un impacto positivo en la gestión ambiental y la reputación de la empresa. Además, se sugiere que la implementación de paneles fotovoltaicos policristalinos es la opción más viable en términos económicos y técnicos.

ESTUDIO DE VIABILIDAD AMBIENTAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES PARA EL MUNICIPIO DEL CANTÓN MONTECRISTI (Solorzano & Guamán Segura, 2022)

Este estudio se basa en una revisión bibliográfica y tiene como objetivo evaluar la viabilidad ambiental de la implementación de paneles solares en el municipio del cantón Montecristi.

El enfoque de investigación se basa en un análisis documental de fuentes bibliográficas, con énfasis en el análisis de contenido y pensamiento crítico. Se consultaron 10 trabajos de investigación y artículos para respaldar las conclusiones. Se destaca que el uso de sistemas de generación de energía solar puede contribuir significativamente a una nueva cultura ambiental al promover mejores prácticas de consumo energético, y fomentar la adopción de energías más limpias. Se subraya la importancia de evaluar y medir el impacto ambiental de los proyectos de inversión ambiental para lograr un desarrollo sostenible, utilizando herramientas como la Matriz de Leopold.

Los resultados y discusión revelan que las células fotovoltaicas son el mecanismo generador de energía más utilizado en el sector rural, particularmente en áreas desconectadas de la red eléctrica convencional debido a los altos costos de conexión. La investigación resalta la importancia de diversificar la generación eléctrica utilizando energías limpias y renovables, como la solar, para abordar los desafíos energéticos y medioambientales. Se menciona que en Ecuador se ha avanzado en la diversificación de la matriz energética, con un alto porcentaje de electricidad generada a partir de fuentes limpias, aunque se señala que aún hay desafíos por enfrentar en términos de implementación de políticas eficaces en el ámbito de las energías renovables.

El análisis también destaca la importancia del dimensionamiento de sistemas autónomos y combinados de energía solar fotovoltaica y térmica. Se menciona que la ubicación geográfica de Ecuador, con altos niveles de radiación solar, es propicia para la instalación de sistemas solares híbridos térmicos-fotovoltaicos. Se enfatiza la necesidad de seguir generando condiciones propicias para invertir en energías renovables en el país, especialmente en sectores con recursos limitados, como parte de los objetivos de desarrollo sostenible y mejora del bienestar social.

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN VIVIENDAS PARTICULARES CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA (Linares, 2021)

En cuanto al estudio realizado por (Linares, 2021), se examina la viabilidad de la instalación de paneles fotovoltaicos en viviendas particulares conectadas a la red eléctrica. Se evalúan resultados económicos y medioambientales, destacando el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) como indicadores de viabilidad económica. La rentabilidad económica se confirma con un VAN positivo y una TIR del 15.44%, indicando que la inversión en autoconsumo fotovoltaico es viable. Además, se valora el impacto medioambiental y social empleando la metodología del Retorno Social de la Inversión (SROI), considerando aspectos como reducción de emisiones de CO2 y retorno económico.

1.12 MARCO CONCEPTUAL

1.12.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico se refiere a la tecnología que convierte directamente la energía solar en electricidad utilizable. Está compuesto por varios componentes clave, incluyendo paneles solares que contienen células fotovoltaicas capaces de generar corriente eléctrica cuando son expuestas a la luz solar. Otros componentes esenciales son los inversores, que convierten la corriente continua producida por los paneles en corriente alterna utilizada en los sistemas eléctricos convencionales. Además, las baterías pueden ser parte del sistema para almacenar el exceso de energía generada durante el día para su uso durante la noche o en momentos de baja generación solar.

1.12.2 VIABILIDAD TÉCNICA

Implica considerar diversos criterios y factores que afectan la implementación exitosa del aumento en la capacidad del sistema fotovoltaico de la empresa. Esto incluye la capacidad de carga del techo o espacio disponible para la instalación de paneles solares adicionales. La eficiencia y vida útil de los paneles solares son variables críticas para garantizar el rendimiento a largo plazo. Además, la compatibilidad con la infraestructura eléctrica existente y la capacidad de gestionar y mantener el sistema son aspectos fundamentales por considerar en esta evaluación.

1.12.3 VIABILIDAD ECONÓMICA

Análisis de los costos y beneficios financieros. Esto incluye los costos de inversión para aumentar la capacidad del sistema fotovoltaico, como la adquisición de paneles solares adicionales y equipos relacionados. Se deben considerar los posibles ahorros en la factura de electricidad a medida que el sistema ampliado genera más energía y reduce la dependencia de fuentes convencionales. Los incentivos fiscales, financiamientos disponibles y el período de retorno de la inversión son elementos clave para determinar la rentabilidad del proyecto.

1.12.4 VIABILIDAD AMBIENTAL

Análisis de los impactos positivos que el aumento en la capacidad del sistema fotovoltaico puede tener en el entorno. La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero al utilizar una fuente de energía renovable es un beneficio ambiental directo. Además, la disminución de la dependencia de fuentes de energía no renovables contribuye a la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

1.12.5 TAMAÑO DE LA INSTALACIÓN

el tamaño de la instalación se refiere a la cantidad adicional de paneles solares y la capacidad de generación de energía fotovoltaica que se busca añadir al sistema existente.

1.12.6 CAPACIDAD INSTALADA

Es la capacidad total de generación de energía que se espera lograr con la ampliación del sistema fotovoltaico de la empresa Gran Américas Usme S.A.S. Este concepto es importante para evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto, así como para calcular los posibles beneficios en términos de producción de energía limpia.

1.12.7 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Es el lugar específico donde se llevará a cabo la ampliación del sistema fotovoltaico en la empresa Gran Américas Usme S.A.S. Esto implica identificar el sitio físico donde se instalarán los nuevos paneles solares y evaluar las condiciones ambientales y técnicas de

la ubicación en términos de disponibilidad de luz solar, espacio disponible, acceso a la red eléctrica, entre otros factores relevantes.

1.13 MARCO NORMATIVO

1.13.1 LEY 1715 DE 2014.

El objeto de la presente ley es promover el uso y desarrollo de las fuentes no convencionales de energía, a la cual se le debe dar un correcto almacenamiento y uso eficiente, su procedencia debe ser principalmente de carácter renovable. Por otro lado busca mejorar la integración de este servicio en el mercado energético, aumentar su presencia en zonas no interconectadas, en la prestación de servicios públicos domiciliarios y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo sostenible, la reducción de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Adicionalmente promociona la gestión eficiente de la energía y la implementación de sistemas de medición inteligentes.

1.13.2 DECRETO 2143 DE 2015

En el presente decreto expedido por el Ministerio de Minas y Energía, en cooperación del Ministerio de Hacienda, Ministerio de Industria y Comercio, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector de Minas y Energía. Dentro de la reglamentación se establecen los lineamientos para la obtención de los beneficios establecidos en la Ley 1715 de 2014. Los beneficios que se pueden encontrar son la deducción de impuesto de renta y demás regulaciones para las personas naturales que deseen iniciar un proyecto de esta índole.

1.13.3 RESOLUCIÓN 1283 DE 2016

La presente resolución establece el procedimiento y requisitos necesarios para la expedición del certificado de beneficio ambiental por realizar nuevas inversiones en proyectos que relacionen el uso de fuentes no convencionales de energías renovables-FNCR y el uso eficiente de energía; con el fin de obtener los beneficios tributarios dispuestos en la Ley 1715 de 2014. La resolución indica la documentación que debe ser

presentada ante la autoridad ambiental ANLA Autoridad Nacional de Licencias Ambientales quien es la encargada de la generación de los certificados.

1.13.4 REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS-RETIE

El presente documento tiene como objetivo definir las medidas necesarias para garantizar la seguridad de las personas, la preservación del medio ambiente, la vida animal y vegetal que se pueda ver afectada; mediante la prevención, minimización y/o eliminación de los riesgos de origen eléctrico. Adicionalmente, indica los requerimientos y especificaciones necesarias que garanticen la calidad, seguridad y adecuado funcionamiento de las instalaciones eléctricas realizadas.

1.13.5 RESOLUCIÓN 143 DE 2016

Esta normatividad modifica el artículo 5 y adiciona requerimientos nuevos a la resolución UPME0520 de 2007; por la cual se establece el Registro de Proyectos de Generación y se adoptan otras disposiciones. El documento ofrece un registro de información mucho más claro para los interesados en iniciar un proyecto de generación de energía; en temas de vigencias para los registros de los proyectos de generación de energía renovable, procedimientos e instructivos.

2. ANÁLISIS DEL MERCADO

En el presente capítulo se realiza una descripción detallada del mercado objetivo abordado por el proyecto. Su contenido documenta la oferta y la demanda del servicio de abastecimiento eléctrico presente en centro de operaciones, caracteriza el mercado objetivo de la ampliación de los paneles solares, se estructuran indicadores de gestión los cuales medirán la satisfacción de los clientes, se construye una definición del producto y sus características técnicas necesarias, caracteriza la competencias, políticas y precios, define las metodologías de las técnicas y formas de análisis, plantea la capacidad del proyecto y finalmente se estructura el plan de ventas.

2.1 OFERTA Y DEMANDA

La oferta del mercado de la energía eléctrica se encuentra diversificado en dos métodos de generación, el más común proviene de la explotación de recursos no renovables y esta se define como generación por fuentes convencionales; por otro lado, se tiene la explotación de los recursos naturales renovables, los cuales se definen como fuentes de generación no convencionales.

El recurso eléctrico es un energético indispensable para el desarrollo, teniendo en cuenta que este no presenta sustitutos en el mercado actual. Productos y servicios derivados de la energía eléctrica como la iluminación, energización de electrodomésticos, fuente de potencia para los motores eléctricos y demás funcionalidades son necesidades de la sociedad actual, que difícilmente se pueden generar por medio de otros medios energéticos.(Ortiz et al., 2013)

La energía eléctrica también compite en otro nicho de mercado como la prestación de servicios para cocción de alimentos y calefacción domestica; pero en este segmento si tiene competidores fuertes como el gas natural y el GLP.(Ortiz et al., 2013)

La demanda energética de la electricidad está en función de variables como el precio, ingreso real, el precio de mercado de bienes sustitutos y los complementarios, la valoración de los precios futuro y el crecimiento poblacional; que mediante la aplicación de indicadores pueden ser medidos de manera efectiva. En contextos macroeconómicos se pueden utilizar fórmulas de indicadores bajo el consumo de energía per cápita y el PIB per cápita.

En medias microeconómicas, se fundamenta en el uso de elementos físicos para la demanda de energía y la representación económica del consumo energético, enfocado en el comportamiento individual. Cuando se habla de elementos físicos se referencia la situación actual de la eficiencia energética de los aparatos electrónicos, desde el 2006 en el territorio colombiano se han presentado mejoras importantes en las actualizaciones tecnológicas de los aparatos electrónicos en términos de eficiencia energética.(Ortiz et al., 2013)

Dando un contexto de las metodologías de abastecimiento de energía en la ciudad de Bogotá es importante mencionar que existen alrededor de 62 empresas autorizadas e interconectadas a la red de distribución distrital pero el operador de red (ENEL CODENSA) se convierte en la única competencia analizada en el proyecto de ampliación del sistema de generación de energía fotovoltaica en la empresa Gran Américas Usme ya que es actual proveedor de energía en la infraestructura de soporte.

Actualmente la compañía Gran Américas Usme S.A.S. cuenta con un sistema de energía fotovoltaica que es capaz de abastecer una importante suma de recurso energético aprovechando la oferta de radiación solar establecida en el área de construcción del centro de operaciones.

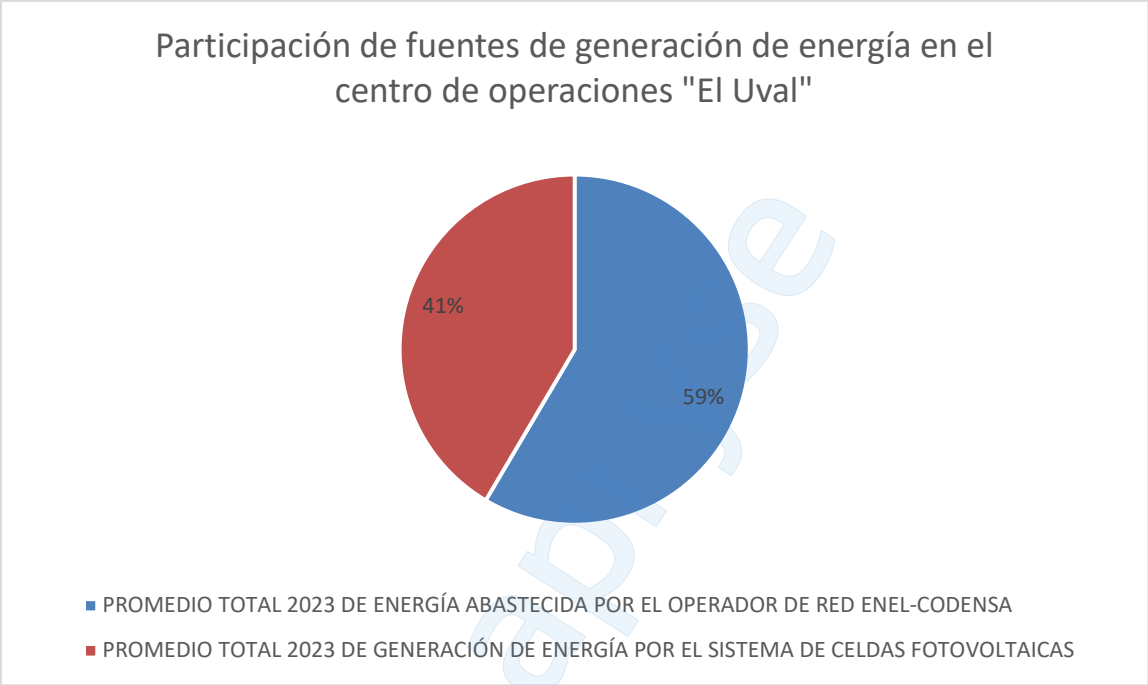
Tabla 4 Promedio consumo energético centro de operaciones el "El Uval"

Promedio total 2023 de energía abastecida por el operador de red ENEL-Codensa	Promedio total 2023 de generación de energía por el sistema de celdas fotovoltaicas	Promedio total de energía utilizada en el centro de operaciones año 2023
13200	6613	19813

Fuente: Elaboración propia basado en histórico de consumos del centro de operaciones “El Uval”

En la tabla número 4 se observa el promedio de los consumos por cada uno de los sistemas de abastecimiento. Es importante caracterizar la matriz energética del centro de operaciones, esto con el fin de identificar los métodos de abastecimiento energético y la importancia de cada uno de ellos dentro de la ejecución de las actividades.

Gráfico 2 Participación de fuentes de generación de energía en el centro de operaciones "El Uval"



Fuente: Elaboración propia. Basado en histórico de consumos del centro de operaciones "El Uval"

En gráfico número 2 se pueden observar los porcentajes de participación referentes a las fuentes de abastecimiento de energía utilizadas en el centro de operaciones "El Uval". El operador de red ENEL- CODENSA en este momento es el encargado de entregar el 59% de la energía necesaria para realizar las actividades correspondientes a la operación del concesionario. Por otro lado, se tiene que el sistema de generación de energía solar abastece el 41% del total de la energía necesaria para la ejecución de actividades, se debe hacer la claridad que este sistema es el encargado de abastecer el área de mantenimiento, la cual necesita abundancia del recurso teniendo en cuenta que las actividades realizadas requieren el uso de herramientas de alto consumo de electricidad.

La información anterior nos ofrece un panorama actual de la demanda energética del centro de operaciones, insumo necesario para establecer los recursos mínimos que abarquen la demanda subsanada por el operador de red ENEL- CODENSA

En referencia a la información de abastecimiento energético histórica de los años 2022 y 2023 en el centro de operaciones “El Uval” se generó un modelo de proyección de demanda energética bajo la metodología de regresión lineal con mínimos cuadrados.

De acuerdo con las políticas de información de la organización solo se mostrará la ecuación resultante y el gráfico de proyección de la demanda del centro de operaciones “El Uval”

Ecuación método de proyección por regresión lineal de mínimos cuadrados:

La ecuación general es:

$$Y = mx + b$$

Donde:

Y es la demanda de energía eléctrica (variable dependiente).
X es el mes (variable independiente).
m es la pendiente de la línea de regresión.
b es la ordenada al origen.

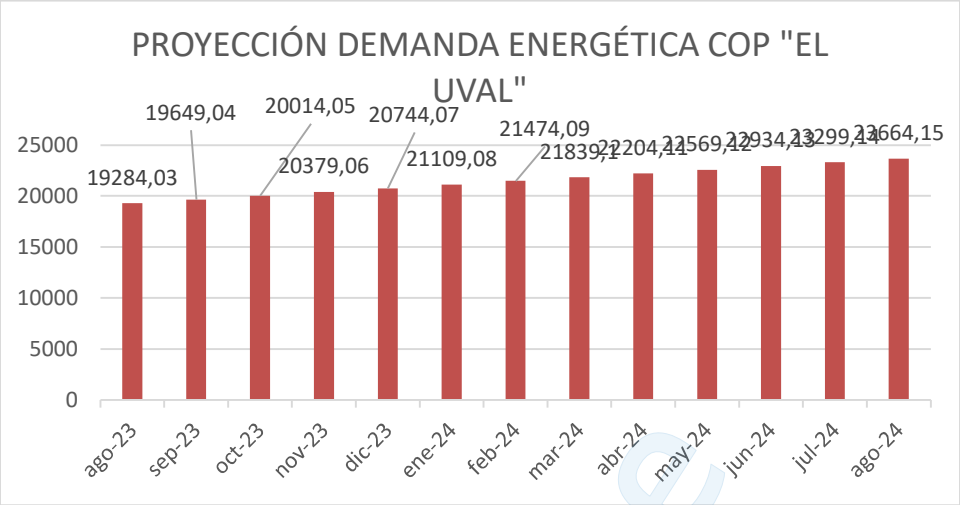
$11983.83 + (365{,}1 * X)$

Con los valores de a y b calculados, podemos usar la ecuación de regresión lineal para proyectar la demanda de energía eléctrica para un mes futuro. Por ejemplo, si deseamos proyectar la demanda para agosto de 2023 (mes 20), podemos usar la fórmula:

$$Demanda\ futura = a + (b * Mes\ futuro)$$

$$Demanda\ futura = 11983.83 + (365.01 * 20) \approx 19284.03\ (aproximadamente)$$

Gráfico 3 Proyección demanda energética Centro de operaciones "El Uval"



Fuente: Elaboración propia. Basado en histórico de consumos del centro de operaciones "El Uval"

En el gráfico número 3 se puede observar la tendencia de crecimiento de la demanda energética en el centro de operaciones de Gran Américas Usme S.A.S. bajo la metodología de regresión lineal de mínimo de cuadrados. La información ingresada en el método se realizó por periodos mensuales, esto debido a la poca información de periodos anuales que se encuentra en las bases de datos de la compañía; para obtener un resultado más preciso se utilizó la información más precisa y abundante recogida en los dos años de operación de la compañía.

Uno de los análisis que se puede dar referente a la tendencia de aumento de consumo energético, es que el centro de operaciones ya cuenta con un nivel de madurez alto en términos de consolidación de actividades, obteniendo un promedio de consumo estable y predecible. Los procesos ya tienen definidas las rutinas diarias de la operación y los cambios a realizar son muy escasos, pero el aumento siempre se va a reflejar al tener en cuenta que la flota de vehículos cada vez necesitará de mantenimientos más recurrentes consecuentes al tiempo de uso.

Es importante tener una percepción del consumo futuro que experimentará el centro de operaciones, ya que mediante esta información se podrá dar un estimado de la capacidad necesaria que debe tener la ampliación del sistema fotovoltaico de la organización para cumplir con las demandas energéticas sin tener el abastecimiento del operador de red.

La capacidad de ofertar energía fotovoltaica en el centro de operaciones está en función del espacio disponible para la instalación de los paneles solares. Por el momento el espacio disponible y adecuado en el centro de operaciones son los techos de los contenedores utilizados como oficinas del personal administrativo.

El modelo referencia que utilizará es el sistema que ya se encuentra instalado actualmente, esto con el fin de obtener datos mucho más precisos al momento de hacer las proyecciones de potencia necesaria, que satisfagan los requerimientos energéticos del centro de operaciones.

Para este ejercicio se calculó el área disponible sobre los techos de los contenedores, con el fin de aprovechar este espacio del cual no se puede hacer otro tipo de ocupación. Por otro lado, las características técnicas de los contenedores indican que soportan un peso máximo de 7 toneladas, peso que evidentemente los paneles solares que se instalen sobre este no sobrepasaran los límites establecidos. Adicionalmente la altura es otro factor que beneficia la ubicación de las celdas, ya que estarán fuera de todo tipo de objetos que generen sombra sobre ellos y también será un condicionante de acceso para los colaboradores de la organización, evitando posibles daños en el sistema y accidentes de tipo laboral.

Las características técnicas de los contenedores utilizados por la organización cuentan con los siguientes atributos:

Contenedores de carga de mercancía adaptados para oficinas de 40 pies.

- ✓ Largo: 12,19 metros.
- ✓ Ancho: 2,44 metros.
- ✓ Alto: 2,59 metros.
- ✓ Capacidad de carga por apilamiento: 7 toneladas (Hapag-Lloyd, 2023).

Las medidas de los paneles solares ya instalados tienen las siguientes características:

- ✓ Largo: 2,25 metros.
- ✓ Ancho: 1.13 metros.
- ✓ Peso: 28,5 kilogramos.

De acuerdo con la información anterior se puede definir la demanda de la organización, de acuerdo con el espacio disponible para atender la demanda energética total de la infraestructura de soporte, utilizando el modelo de paneles solares ya implementado.

Según los cálculos realizados, la demanda de instalación paneles solares dentro del centro de operaciones es de 12 paneles por cada contenedor; dentro de la infraestructura de soporte se encuentran 15 contenedores de oficinas con el espacio disponible para su instalación. En total se demandará la necesidad de instalar 175 paneles con las especificaciones utilizadas en el sistema ya instalado con el fin de satisfacer los requerimientos energéticos del centro de operaciones.

La oferta está en función de las empresas especializadas en realizar este tipo de proyectos. Para su identificación se realizaron las respectivas cotizaciones, en las cuales se especifican los criterios técnicos solicitados, los beneficios de contratar a cada uno de los oferentes, la propuesta de valor de cada uno, los precios de compra e instalación, garantía del producto y calidad del servicio ofrecido.

La tecnología de los paneles solares utilizados en el sistema fotovoltaico propuesto es importante para evaluar su capacidad y eficiencia en la generación de energía. En la actualidad, el mercado de paneles solares está experimentando un crecimiento significativo debido a la creciente conciencia sobre la importancia de las energías renovables y los incentivos gubernamentales disponibles. Se han identificado algunas de las mejores marcas de paneles solares, como JinkoSolar, Trina Solar, LONGi Solar, JA Solar, Canadian Solar y SunPower (E4e Soluciones, 2022). Estas marcas se destacan por ofrecer productos de alta calidad, eficiencia y rendimiento, respaldados por garantías de rendimiento de 25 años. Además de la marca, es esencial considerar factores técnicos como el tamaño de las células solares, el tipo de célula (monocristalino o policristalino), y la tecnología utilizada en la generación de electricidad (Lorenzo, 2023).

En la búsqueda de la tecnología adecuada para el sistema fotovoltaico propuesto, es esencial considerar las marcas líderes en el mercado de paneles solares en 2023. Entre estas marcas se destacan JinkoSolar, Trina Solar, LONGi Solar, Canadian Solar, JA Solar y SunPower, cada una ofreciendo una gama de productos de alta calidad y eficiencia. JinkoSolar, por ejemplo, es reconocido como el mayor fabricante de paneles solares a nivel

mundial, y sus paneles monocristalinos son altamente eficientes. Trina Solar, otro importante fabricante, ofrece una variedad de paneles de alto rendimiento. LONGi Solar se destaca por su enfoque en las células solares monocristalinas, mientras que Canadian Solar es conocido por su calidad y garantía de rendimiento. JA Solar y SunPower también figuran entre las opciones de alta calidad (E4e Soluciones, 2022).

La Tabla 5 presenta detalles sobre algunos paneles solares ofrecidos por empresas en el mercado, cada uno de estos aspectos debe ser evaluado al seleccionar los paneles solares más adecuados para determinar la viabilidad de ampliar la capacidad del sistema fotovoltaico existente. La decisión final dependerá de múltiples factores, incluyendo las ofertas de los proveedores en términos de costos, componentes adicionales, mantenimiento y monitoreo.

Tabla 5 Comparativa de paneles solares

Empresa	Marca	Modelo	Eficiencia	Garantía	Durabilidad	Precio/Unidad	Precio/Solución
Green Col Energy SAS	JinkoSolar	Tiger Pro 72HC Monofacial 540 wp	21.35%	10 años	25 años	$220/panel	$126.960.000 COP
SENERGYSOL - Energía Solar y Paneles Solares	Trina Solar	Vertex S DE09R.05 MBB, 405-425W	21.3%	15 años	25 años	$230/panel	$130.640.000 COP
Energía Solar Ingesolar	LONGi Solar	Hi-MO 5 550W	21.3%	12 años	30 años	$240/panel	$134.320.000 COP
Solartex Colombia	Canadian Solar	CS6W-MS-550	21.5%	12 años	25 años	$225/panel	$138.000.000 COP
Auto Solar Colombia	JA Solar	AM-72S30 530Wp – 555Wp	21.1%	12 años	25 años	$215/panel	$141.680.000 COP

Fuente: Elaboración propia con base en ficha técnica.

Tras el análisis de las especificaciones de los paneles solares ofrecidos por los diferentes proveedores, se pueden obtener algunas observaciones. En primer lugar, JinkoSolar destaca por su eficiencia del 21.35% y una garantía de 10 años, aunque su durabilidad es

de 25 años, lo que lo convierte en una opción sólida en términos de rendimiento a largo plazo. Trina Solar también ofrece una eficiencia del 21.3% y una garantía de 15 años, lo que la hace destacar en términos de seguridad a largo plazo, junto con una durabilidad de 25 años.

Por otro lado, LONGi Solar ofrece una durabilidad notable de 30 años, junto con una garantía de 12 años y una eficiencia del 21.3%, lo que la convierte en una excelente opción para quienes buscan un rendimiento duradero. Canadian Solar ofrece una eficiencia del 21.5% y una durabilidad de 25 años, junto con una garantía de 12 años, lo que la sitúa como una alternativa sólida. Finalmente, JA Solar ofrece una garantía de 12 años, una eficiencia del 21.1%, y una durabilidad de 25 años.

Es evidente que cada uno de ellos ofrece opciones con eficiencia y durabilidad notables. La elección entre estos paneles dependerá no solo de las características técnicas, sino también de las garantías y la durabilidad ofrecidas por cada marca. Estos elementos desempeñan un papel crucial en el rendimiento a largo plazo del sistema fotovoltaico.

Además de los paneles solares, es fundamental considerar otros componentes para un sistema fotovoltaico completo:

- Inversor: El inversor desempeña un papel crucial al convertir la energía de los paneles solares de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), que es la forma de corriente utilizada en las redes eléctricas. La potencia nominal del inversor debe ser igual o superior a la potencia nominal de los paneles solares.
- Estructuras de Soporte para los Paneles Solares: Estas estructuras aseguran que los paneles estén firmemente en su lugar y deben ser resistentes al viento y a la corrosión.
- Cables y Conectores: Los cables y conectores que conectan los paneles solares al inversor deben ser de cobre y tener la sección adecuada para la corriente que transportan.
- Protección contra Sobretensiones: Es fundamental proteger el sistema fotovoltaico de los rayos y otros fenómenos atmosféricos mediante la instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones.

Medidor Bidireccional: Este medidor registra tanto la energía consumida de la red eléctrica como la energía inyectada en la misma, lo que permite un seguimiento preciso de la generación y el consumo.

Tabla 6 Características técnicas relevantes para la ampliación de un sistema fotovoltaico en Bogotá

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	IMPORTANCIA
Rendimiento	La cantidad de energía que los paneles solares producen por unidad de superficie.	Altamente importante para maximizar la generación de energía.
Potencia nominal	La potencia máxima que los paneles solares pueden generar.	Importante para que el sistema pueda cubrir la demanda energética.
Dimensiones	El tamaño de los paneles solares.	Importante para que sean compatibles con la superficie disponible para la instalación.
Peso	El peso de los paneles solares.	Importante para que sean compatibles con la estructura de soporte.
Factor de temperatura	Cómo la temperatura afecta la eficiencia de los paneles solares.	Importante para garantizar un rendimiento óptimo de los paneles solares.
Temperatura nominal de funcionamiento	La temperatura a la que los paneles solares están diseñados para funcionar de manera óptima.	Importante para evitar que los paneles solares se sobrecalienten.
Rendimiento de sombreado	Cómo los paneles solares funcionan cuando están parcialmente sombreados.	Importante para garantizar un rendimiento adecuado en caso de sombra parcial.
Garantía de rendimiento	El porcentaje de rendimiento que los paneles solares deben mantener durante un período de tiempo determinado.	Importante para garantizar la fiabilidad de los paneles solares.

Fuente: Elaboración propia

Con base en la información proporcionada, las características más relevantes para la ampliación del sistema fotovoltaico son el rendimiento, la potencia nominal y las dimensiones. Estas características son importantes para garantizar que el sistema pueda cubrir la demanda energética, que sea compatible con la superficie disponible para la instalación y que sea compatible con la estructura de soporte.

En cuanto a las otras características técnicas mencionadas, el factor de temperatura, la temperatura nominal de funcionamiento y el rendimiento de sombreado pueden ser importantes en función de las condiciones climáticas del lugar de instalación. La garantía de rendimiento es importante para garantizar la fiabilidad del sistema a largo plazo.

2.2 MERCADO OBJETIVO

La población objeto del producto será la empresa Gran Américas Usme S.A.S. La organización tiene esta configuración ya que es el cliente directo del proyecto y será la encargada de la auditar la ejecución, mediate la aplicación de controles administrativos y técnicos sobre el proveedor contratado, también dará el aval del recibido a conformidad cada una de las fases del proyecto.

Por otro lado, la población objeto del proyecto serán los colaboradores de la empresa Gran Américas Usme S.A.S., debido a que la ampliación del sistema fotovoltaico abastecerá el recurso energético de todas las herramientas necesarias para ejecutar sus actividades, asegurará un abastecimiento poco dependiente del operador de red, disminuirá los aspectos e impactos ambientales generados por la organización.

Se espera satisfacer la demanda energética de los 1000 empleados que se encuentran dentro de la infraestructura de soporte durante los turnos operativos rotativos y administrativos estipulados.

2.3 MEDICIÓN DE SATISFACCIÓN

La metodología utilizada para determinar la satisfacción de los clientes finales es mediante el uso de indicadores de gestión, los cuales demostraran la eficacia del sistema fotovoltaico al momento de su implementación.

Los indicadores como herramienta son determinantes en los sistemas de gestión, ya que mediante su estructuración se propone la meta que desea alcanzar y esta debe estar alienada a los objetivos estratégicos de la compañía. De acuerdo con lo anterior, el proceso de gestión ambiental realiza un seguimiento a la generación energética de los paneles solares mediante la implementación de indicadores de eficiencia; la información utilizada en la alimentación de los indicadores es extraída del software ShinePhone, el cual se encarga de trasmitir toda la información pertinente al funcionamiento del sistema de generación de energía fotovoltaica. La información generada es en tiempo real y cuenta con la base datos históricos del sistema que se encuentra en funcionamiento.

Adicional a esto se cuenta con el histórico de consumo energéticos comprados al operador de red ENEL-CODENSA, información de gran importancia para la estructuración de los indicadores.

Los componentes de los indicadores serán los siguientes.

Indicador 1.

Objetivo: Determinar el nivel de eficacia del sistema de generación de energía fotovoltaica estableciendo las metas de abastecimiento energético mediante la comparación de los datos generados por el software ShinePhone y los recibos de consumo de energía en el centro de operaciones “El Uval.

Formula del indicador: (Generación mensual de energía fotovoltaica / consumo de energía proveniente del operador de red ENEL-CODENSA) X 100

Meta: 95%

Fuente de información: Datos del software ShinePhone y facturas del servicio de electricidad.

Mediante la aplicación de este indicador se podrá observar la eficacia del sistema de generación de energía fotovoltaica en términos de porcentajes. Se realiza la comparación entre la energía generada por la organización contra la energía comprada al operador de red, mediante esta operación se puede determinar el nivel de participación de las dos fuentes de abastecimiento energético.

Indicador 2.

Objetivo: Determinar la continuidad del servicio de abastecimiento eléctrico de la infraestructura de soporte estableciendo las metas de corte de energía mínimos mediante las horas en las que no se cuente con servicio eléctrico abastecido por sistema de energía fotovoltaica.

Meta: 5%

Formula: (Número de horas en las que no se abastece la infraestructura de soporte por energía solar/ Número de horas tolerables) X 100

El resultado de este indicador dará como resultado el número de horas que podría estar el centro de operaciones sin abastecimiento energético por parte del sistema. Esta información es de gran importancia ya que se pueden tomar medidas anticipadas en el momento que la radiación solar del sector no sea la suficiente para dar energía a las actividades realizadas por los colaboradores de la organización.

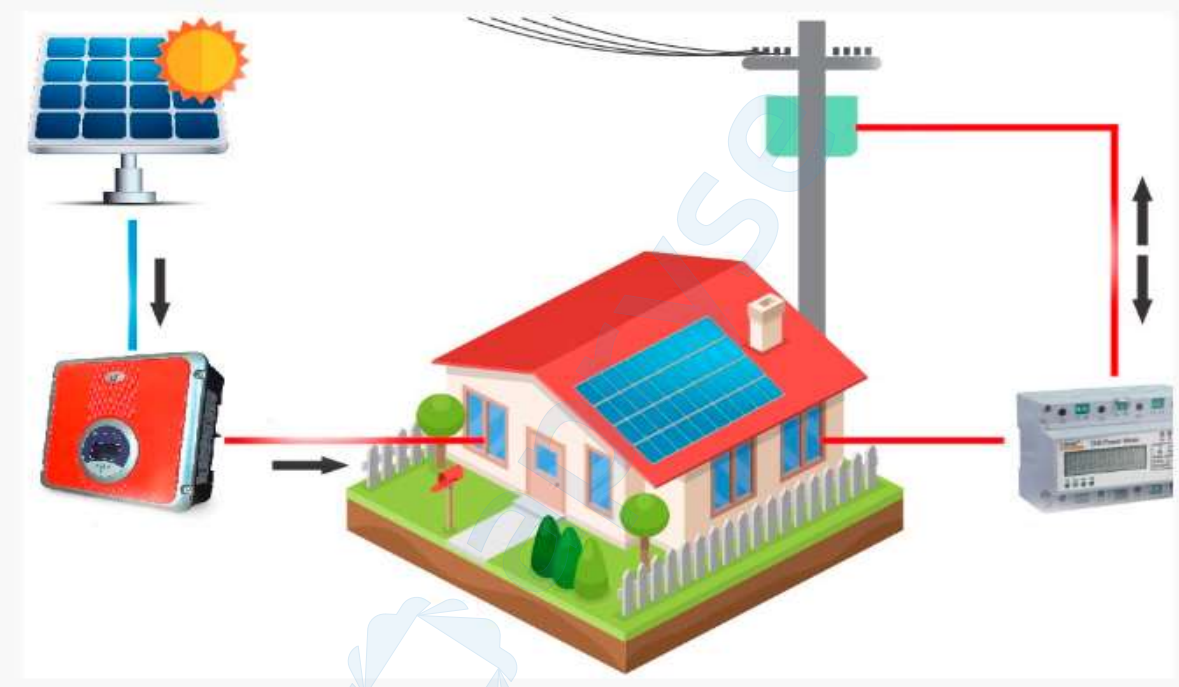
Mediante la aplicación de estos indicadores se puede generar un registro cuantitativo de la calidad del servicio que se está ofreciendo por medio del sistema de generación de energía fotovoltaica.

2.4 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

El sistema fotovoltaico que debe ser implementado debe continuar con su tipología original. Este se caracteriza por ser interconectado a la red; esto quiere decir que el sistema genera energía de autoconsumo y por otro lado exporta excedentes de energía eléctrica a la red local con el fin de distribuirla en la demanda cercana a la instalación del sistema, esto genera una valorización ya que esta es vendida al operador de red. Adicionalmente es

importante aclarar que este no cuenta baterías para el almacenamiento de energía y cuando este pierda contacto con la radiación solar no tendrá la capacidad de generar electricidad dentro del centro de operaciones. Ahora bien, al momento que este pierda capacidad de abastecimiento, se tendrá que obtener energía por parte del operador de red, donde el ideal es que este abastecimiento sea pagado por medio de los excedentes energéticos vendidos en el periodo.

Ilustración 3 Estructura sistema fotovoltaico interconectado a la red



Fuente: GlobalStore

En la ilustración número 3 se puede observar la estructura de manera gráfica a la que se hace referencia al momento de hablar de un sistema interconectado a la red. Mediante la captación y transformación energética de la radiación, el sistema es capaz de abastecer el sistema interno de la organización y al estar conectado a la red puede exportar e importar energía cada vez que sea necesario.(Adriana Layton De La Cruz, 2021)

Normalmente este tipo de sistemas es utilizado en viviendas, industrias y organizaciones que buscan satisfacer su demanda energética mediante el método de autoconsumo y aprovechar los picos de generación para vender sus excedentes al operador de red. Es un

sistema muy eficiente para proyectos de generación de energía a gran escala (Adriana Layton De La Cruz, 2021)

Existen 3 tipos de generación de energía fotovoltaica; en este caso ya se está utilizando en el centro de operaciones la tipología interconectada a la red. Adicionalmente como se explicó anteriormente este método es muy útil para abastecer proyectos a gran escala y este factor es muy importante para satisfacer las necesidades actuales de la infraestructura determinando un alto nivel de adaptación para los requerimientos energéticos de las actividades realizadas en el centro de operaciones. Por otro lado, el no tener sistema de almacenamiento por medio de baterías genera un aprovechamiento más alto de las instalaciones, ya que se debe tener en cuenta que los sistemas que almacenan energía por medio de baterías de gel demandan mucho espacio y las baterías de litio son bastante ligeras y delgadas, pero su implementación conlleva altas inversiones de dinero.

Identificando el sistema más eficiente para esta ampliación, es necesario caracterizar cada uno de los elementos necesarios para esta para la implementación de este. A continuación, se describen cada uno de los componentes que conforman la tipología de un sistema interconectado a la red.

Conductor AC: Es un cable conductor o multi-conductor que tiene la capacidad de trasmitir corriente eléctrica sin sufrir daños o generar fallas en la instalación, este es un elemento esencial para la conexión entre el inversor y los componentes de potencia de la instalación como lo son los transformadores y los tableros de potencia.

Transformador de potencia: Este equipo es el encargado de variar los niveles de potencia de tensión y corriente obtenidos en un sistema eléctrico de corriente alterna, donde su función principal es mantener constante su potencia. Este transformador puede tener la función de aumentar el nivel de tensión de una red eléctrica con el fin de facilitar su transporte y reducir el desperdicio por el efecto de resistencia de otros componentes.

Sistema puesto a tierra: Son los elementos encargados de unir los equipos eléctricos con el suelo, la finalidad de esto es conducir posibles corrientes definidas como falla y trasladarlas al suelo como un método de seguridad, esto es necesario para proteger la vida de los colaboradores y la infraestructura.

Panel fotovoltaico: Es una tecnología compuesta de celdas interconectadas fabricadas de un material semiconductor que es capaz de transformar la energía de radiación en energía eléctrica directa mediante procesos fisicoquímicos.

Inversor: Este es un dispositivo encargado de transformar la electricidad directa en energía alterna, configurando las condiciones del nivel de tensión, del nivel de corriente y el tipo de frecuencia.

Interruptor automático: Es un dispositivo de seguridad que cumple con la función de proteger al sistema de sobre cargas. Este actúa de manera automática por medio de detección de fallas dentro del sistema.

Fusibles fotovoltaicos: Son fusibles especiales, fabricados por materiales semiconductores, caracterizados por bajos puntos de fusión, esto con la finalidad de interrumpir el paso de corrientes con cargas muy altas entre los paneles y el sistema de inversión.

Conductor fotovoltaico: Es un cable conformado por un solo conducto que es capaz de conducir la corriente eléctrica din generar daños en las instalaciones, este es utilizado para realizar conexiones entre los paneles fotovoltaicos y los inversores.

Estructura fotovoltaica: Es la estructura en donde se anclan los paneles solares. Se caracterizan por ser materiales resistentes a las condiciones climáticas, son materiales livianos pero resistentes para soportar el peso de las celdas.

El ciclo de vida para el proyecto de ampliación del sistema fotovoltaico se analiza con base en el tiempo de duración de la concesión (8 años). La proyección del ciclo de vida se hizo durante ese periodo de tiempo ya que después de que se termine el contrato con el ente gestor todos los equipos e instalaciones deben ser retiradas del predio

2.5 CARACTERIZACIÓN COMPETENCIA POLÍTICAS Y PRECIOS

El mercado de la energía fotovoltaica se crea por medio de las leyes 142 y 143 de 1994 en Colombia, el cual es regulado por la CREG. Este se configura como un mercado competitivo en donde se encuentran diferentes actores como los generadores, distribuidores, comercializadores y otros identificados como grandes consumidores que aún no se

encuentran regulados. Este mercado tiene una división en dos segmentos, uno es el mercadeo de la energía por medio de contratos bilaterales entre actores como generadores, comercializadores y grandes consumidores, que tienen una connotación a largo plazo, por otro lado, se tiene el negocio de la energía valuada día a día en la bolsa de energía.

La bolsa de energía es un mercado en el que se comercializa la energía eléctrica durante las 24 horas, done todos los generadores que cumplan con los requerimientos de la CREG deben participar. Los precios presentan variaciones según el tipo de contrato establecido; ya sea el en termino bilateral o en corto plazo. Los grandes comercializadores o más conocidos como operadores de red son los encargados de la facturación y el cobro a los usuarios de hogares y comercio bajo el establecimiento de precios regulados. También existe la venta de energía a usuario no regulados y poder establecer precios de venta sin la necesidad de la intervención del estado.

Durante el año 2017 se planea e implementa el mecanismo de subasta de energía por parte del gobierno nacional, este establecido como un lineamiento de participación para entrar en el mercado energético nacional de los proyectos emergentes relacionados a la generación de energía renovable, bajo la modalidad de contratos bilaterales a largo plazo; este crecimiento se dio en consecuencia de la implementación de la ley 1715 de 2014 que tiene como finalidad promover la generación de proyectos de generación de energía por medios no convencionales.

Con la implementación de otras normativas relacionadas a la comercialización de energía no convencionales se logró establecer un costo promedio ponderado de asignación valuado en $ 95,65 pesos kilovatio hora, este bajo cerca de $50 pesos por debajo del promedio actual asignado a los costos de generación en la contratación bilateral, llegando a establecer a este valor como el tope máximo de venta de energía con proyectos de generación de energía no convencional.

La competencia se define en las metodologías de generación de energía convencionales, que en este caso para Bogotá son las térmicas y las hidroeléctricas, donde su precio de venta a los usuarios finales regulados es realizado bajo los parámetros de la bolsa de energía encontrados en la resolución 026 de 2001 y 051 de 2009.

La competencia dentro de este sector es más fuerte, ya que se clasifica de acuerdo con la tecnología utilizada y su oferta tiene tres componentes que se deben cumplir; el primero se trata de ofrecer el precio en la moneda nacional que es el peso colombiano por kWh, el segundo factor a cumplir es tener una disponibilidad para cada hora del día siguiente y finalmente se tiene los costos de inicio de operación y parada en las centrales térmicas. Al recibir todos estos datos, el gobierno cuenta con un algoritmo encargado de definir las cantidades de despacho de acuerdo con la tecnología utilizada y los precios a los cuales se podrá vender en cada hora del día.

De acuerdo con datos generados por la empresa XM administradora del mercado energético en Colombia indica que para el mes de enero del año 2023 el precio de venta del kWh en el mercado regulado (hogares e industria) fue de 283,49 COP/kWh y para la industria no regulada fue de 273,43 COP/kWh. La variación de precios durante el año 2022 y 2023 tienden al crecimiento en porcentajes importantes. Esta variación se puede observar en la tabla número 7

Tabla 7 Variación del precio kWh en Colombia 2022-2023

Mercado	Enero 2022	Enero 2023	Crecimiento
Regulado	257.97	283.49	9.89%
No regulado	240.94	273.43	13.48%

Fuente: XM

En la tabla número 7 se puede observar que el crecimiento en un solo año para el valor del mercado regulado es del 9,89% afectando de gran manera los costos de los hogares e industrias que se encuentran bajo el método de costeo de este mercado. La organización Gran Américas Usme S.A.S. se encuentra dentro de este grupo, donde anualmente el precio de la energía es mucho más costoso.

El conocer esta dinámica ayuda a percibir mejor el panorama de la competencia y la oportunidad que se presenta por el uso del abastecimiento energético por medio de fuentes generadoras no convencionales, como lo es la energía fotovoltaica.

2.6 TÉCNICAS Y FORMAS DE ANÁLISIS

En cada una de las secciones del capítulo, se presentan y describen los diversos métodos y técnicas estadísticas empleados en el análisis de mercado. Para la proyección de la demanda, en el apartado oferta y demanda se generó un modelo de proyección de demanda energética bajo la metodología de regresión lineal con mínimos cuadrados. Este método estadístico permite analizar y modelar la relación entre una variable dependiente (Y) y una o más variables independientes (X1, X2, ..., Xn). Su objetivo principal es establecer una ecuación lineal que describa cómo las variables independientes están relacionadas con la variable dependiente. La ecuación utilizada generalmente se representa como:

$$Y = mx + b$$

Donde:
Y es la demanda de energía eléctrica (variable dependiente).
X es el mes (variable independiente).
m es la pendiente de la línea de regresión.
b es la ordenada al origen.

El proceso de cálculo implica determinar los valores óptimos de la pendiente (m) y la ordenada al origen (b) que minimizan la suma de los cuadrados de los errores. Estos valores se obtienen mediante las fórmulas:

$$m = \Sigma((xi - \bar{x}) * (yi - \bar{y})) / \Sigma((xi - \bar{x})\text{^}2)$$
$$b = \bar{y} - m * \bar{x}$$

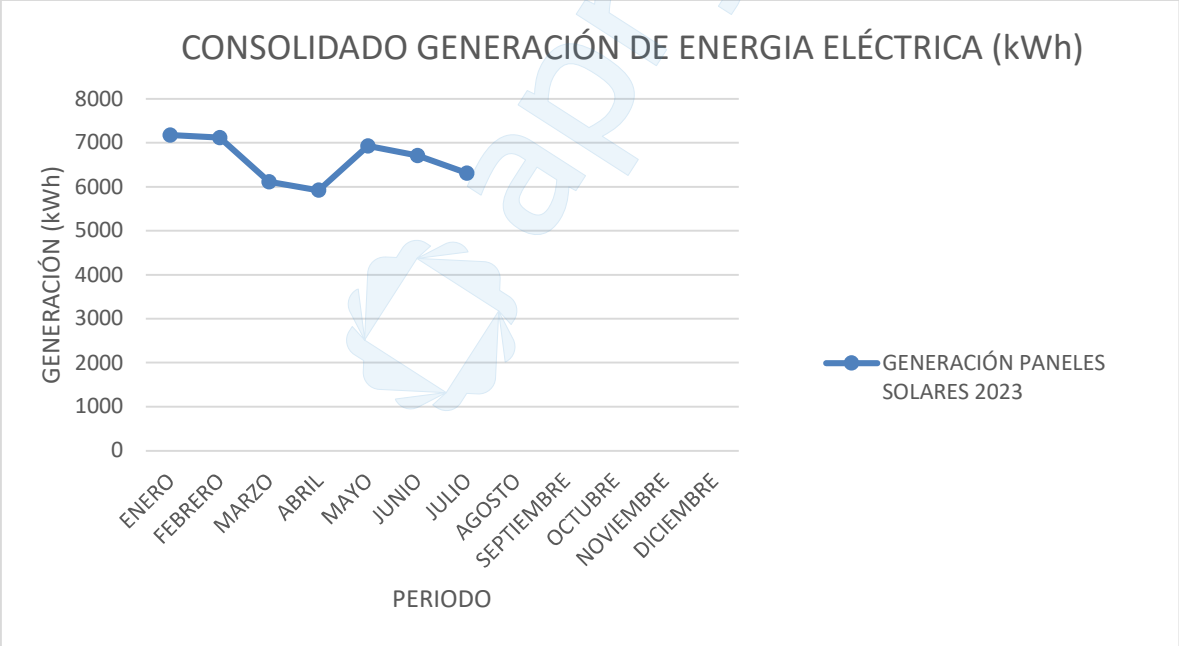
Una vez calculados los valores de m y b, se puede utilizar la ecuación $Y = mx + b$ para proyectar la demanda de energía eléctrica para futuros meses, basándose en la tendencia lineal observada en los datos históricos.

2.6 CAPACIDAD DEL PROYECTO

En este apartado, se examina la capacidad del proyecto propuesto para determinar la viabilidad de ampliar el sistema fotovoltaico de la empresa Gran Américas Usme S.A.S. Se consideran factores técnicos como la potencia del sistema, la superficie disponible para la instalación de paneles solares y se explora la posibilidad de llevar a cabo el proyecto en dos fases, evaluando sus ventajas y desventajas.

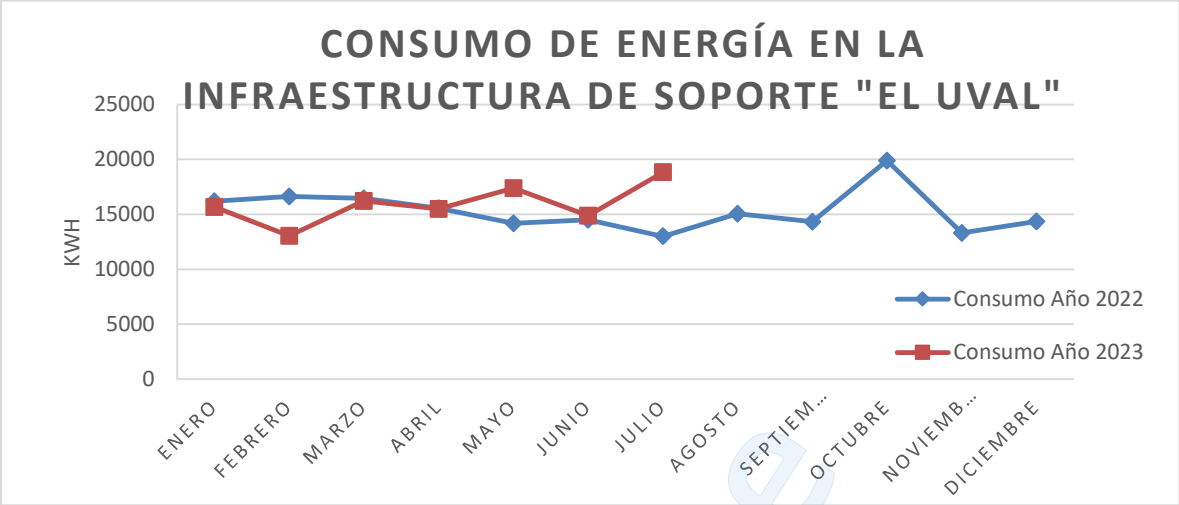
En la actualidad, la empresa dispone de un sistema fotovoltaico que ha logrado un rendimiento promedio de 6,613 kWh al mes en el último año, como se ilustra en la Figura 5, y una demanda energética promedio de 15,937 kWh al mes, tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 5 Consolidado generación de energía eléctrica del año 2023.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6 Consumo de energía en la infraestructura de soporte "el uval". De los años 2022-2023.



Fuente: Elaboración Propia.

Con el sistema actual, se abastece el 41.49% de la demanda, lo que sirve como referencia para la propuesta de ampliación del sistema. El objetivo principal es que esta expansión permita cubrir el 58.51% restante de la demanda energética total de la empresa, alcanzando así el 100% de abastecimiento de la demanda energética total, que asciende actualmente a 191249 kWh/año.

La potencia del sistema fotovoltaico propuesto es de 110000 kWh/año, suficiente para cubrir el 58.51% restante de la demanda energética total de la empresa.

Se ha evaluado la superficie disponible considerando la presencia de 15 contenedores metálicos adaptados para oficinas de 40 pies, cada uno con dimensiones de 12.19 metros de largo, 2.44 metros de ancho y 2.59 metros de alto. Estas dimensiones se han calculado para mejorar la colocación de los paneles solares, que miden 2.25 metros de largo y 1.13 metros de ancho. Con estos parámetros, estimamos que la superficie permitirá la instalación de aproximadamente 175 paneles solares de 585W cada uno, acercándonos significativamente a la capacidad propuesta para el proyecto y representando una importante oportunidad para la generación de energía renovable en nuestras instalaciones.

Adicionalmente para alcanzar la capacidad del proyecto se plantea una propuesta de ampliación del sistema fotovoltaico en dos fases

Fase 1: Abordando el 60% de la Demanda Faltante: La primera fase de la ampliación del sistema fotovoltaico tiene como objetivo cubrir el 60% de la demanda energética faltante para alcanzar el 100% de abastecimiento de energía. Basándose en la potencia actualmente generada (6,613 kWh/mes) y la demanda total de la empresa (191,249 kWh/año), se propone la instalación de un sistema fotovoltaico adicional con una capacidad de 64,224 W. Esta fase se completaría siguiendo los siguientes pasos:

1. Evaluación Técnica: Se realizará una evaluación técnica detallada, considerando la orientación y la inclinación de los paneles solares, así como el factor de pérdida de energía, para maximizar la eficiencia de generación.
2. Diseño y Adquisición: Se diseñará un sistema fotovoltaico que se ajuste a la superficie disponible (446 m²) y se adquirirán los paneles solares monocristalinos de alta eficiencia, con un factor de eficiencia del 22%.
3. Monitoreo y Ajustes: Se implementará un sistema de monitoreo para mejorar el rendimiento y se realizarán ajustes según sea necesario.

Fase 2: Cubriendo el 40% Restante de la Demanda: La segunda fase completará el objetivo de cubrir el 100% de la demanda energética. Se instalará un sistema adicional con una capacidad de 45,776 W, que cubrirá el 40% restante de la demanda. Esta fase incluirá:

Evaluación de la Fase 1: Se revisará el rendimiento y la eficacia de la fase 1, realizando ajustes si es necesario.

1. Diseño y Adquisición Adicionales: Se diseñará un sistema adicional compatible con el sistema existente la fase posterior.
2. Integración y Ajustes: El sistema debe integrarse con la primera fase para garantizar un funcionamiento sin problemas.
3. Verificación y Monitoreo Continuo: Se verificará el rendimiento del sistema expandido y se mantendrá un monitoreo continuo para maximizar la generación de energía.

Ventajas de la Opción en Dos Fases:

Reducción de Costos Iniciales: La instalación de sistemas de menor tamaño en dos fases puede ser más rentable inicialmente en comparación con un sistema fotovoltaico único de gran tamaño.

Flexibilidad en la Implementación: La empresa puede gestionar el aumento de capacidad en una segunda fase, lo que permite una adaptación gradual a las necesidades energéticas.

Desventajas de la Opción en Dos Fases:

Mayor Duración del Proyecto: La instalación de dos sistemas fotovoltaicos puede prolongar el tiempo necesario para alcanzar el 100% de la demanda.

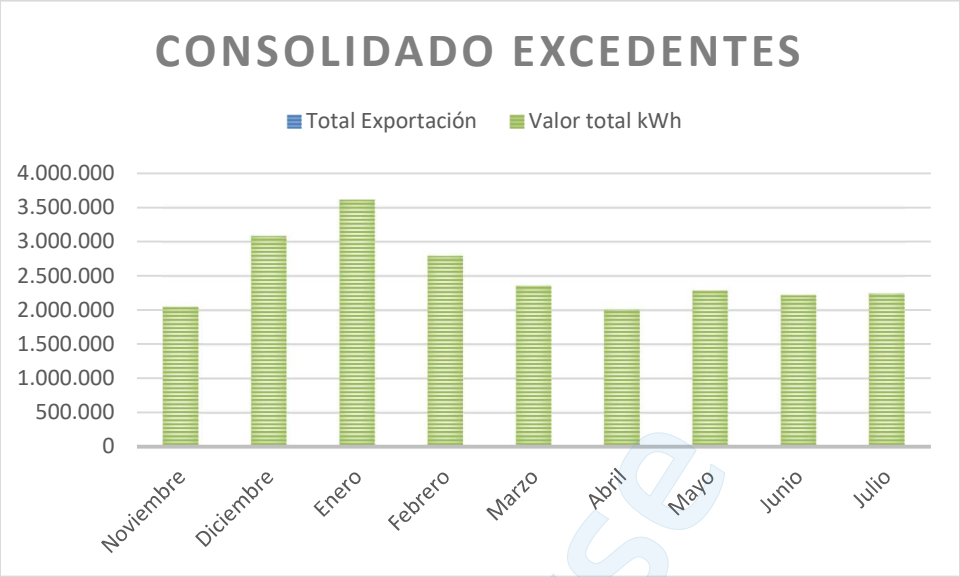
Mayor Complejidad de Gestión: La administración de dos sistemas puede requerir una gestión más detallada y coordinada.

Esta propuesta busca proporcionar una estrategia eficiente y adaptable para la expansión del sistema fotovoltaico, permitiendo a la empresa avanzar hacia su objetivo de cubrir el 100% de su demanda energética con fuentes renovables.

2.7 PLAN DE CUBRIMIENTO

El objetivo principal de este plan de cubrimiento es maximizar la generación y comercialización de excedentes de energía solar generados por la ampliación del sistema fotovoltaico de la empresa Gran Américas Usme S.A.S. Esta estrategia se basa en la regulación colombiana establecida por la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) que permite la venta de excedentes de energía a la red eléctrica como se muestra en la Figura 7.

Figura 7 Excedentes generados por exportación de energía a la red.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis datos mensuales de exportación, generación y consumo de energía eléctrica es necesario para evaluar la eficiencia y el desempeño de un sistema fotovoltaico. En la tabla 7, se recopilan los registros correspondientes a los meses de noviembre de 2022 hasta julio de 2023, ofreciendo una visión completa de cómo ha evolucionado la producción y el uso de energía durante este período. Estos datos son esenciales para tomar decisiones informadas en el proceso de ampliación del sistema fotovoltaico de la empresa. A través de este análisis, se busca identificar patrones, tendencias y relaciones clave que respaldarán la propuesta de expansión y permitirán una gestión más eficiente de los recursos energéticos.

La tabla 8 proporciona información valiosa sobre la capacidad de generación de energía solar en la empresa. Se ha observado un patrón constante de generación de excedentes de energía en los últimos meses. Estos excedentes son una oportunidad para generar ingresos adicionales mediante su venta a la red eléctrica.

Tabla 8 Histórico de excedentes.

Mes	Año	Exportación total	Generación total	Consumo total	Consumo reportado en el mes (factura)	Consumo real total	Valor unitario reconocido	Valor total kWh
Noviembre	2022	2.295	5.775	3.480	6.246	9.726	888	2.037.777
Diciembre	2022	3.280	7.155	3.874	8.371	12.245	938	3.076.865
Enero	2023	3.225	7.180	3.955	9.146	13.101	1.121	3.614.604
Febrero	2023	3.366	7.120	3.754	7.430	11.184	829	2.789.252
Marzo	2023	2.392	6.118	3.726	9.945	13.671	982	2.348.186
Abril	2023	2.330	5.923	3.593	8.517	12.110	857	1.997.403
Mayo	2023	2.587	6.932	4.345	9.963	14.308	879	2.274.818
Junio	2023	2.512	6.708	4.196	7.923	12.119	879	2.209.189
Julio	2023	2.116	6.309	4.192	12.008	16.200	1.056	2.234.817

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos mensuales de exportación, generación y consumo de energía eléctrica se observa un patrón constante de generación de excedentes de energía en los últimos meses. Estos excedentes son una oportunidad para generar ingresos adicionales mediante su venta a la red eléctrica. Durante el período analizado, se observa que la exportación de energía varía mensualmente, alcanzando su punto máximo en febrero de 2023, con 3,366 kWh exportados, y disminuyendo en julio de 2023, con 2,116 kWh exportados. A pesar de estas variaciones, el porcentaje promedio de exportación en relación con la generación se mantiene en alrededor del 40.73%, lo que indica una consistencia en la capacidad de exportación del sistema.

Por otro lado, el consumo real total de energía se incrementa gradualmente, alcanzando su punto máximo en julio de 2023, con 16,200 kWh consumidos. Esto sugiere un aumento en la demanda energética de la empresa a lo largo del tiempo. La propuesta de ampliación del sistema se basa en abordar esta creciente demanda, cubriendo el 60% en la primera fase y el 40% restante en la segunda fase.

El análisis de estos datos respalda la viabilidad del proyecto y destaca la importancia de una gestión eficiente de la energía para garantizar un suministro sostenible y rentable. La

proyección de exportación posterior a la ampliación del sistema fotovoltaico demuestra el potencial de generar excedentes significativos, contribuyendo a la sostenibilidad energética de la empresa. Seguido se propone una estrategia de ventas para cumplir con el objetivo de este plan.

Estrategia de cobertura:

- Negociación con la Empresa: Establecer un acuerdo sólido con la empresa Gran Américas Usme S.A.S. para la venta de excedentes de energía a la red eléctrica, garantizando una tarifa favorable para ambas partes.
- Promoción de la Sostenibilidad: Destacar los beneficios ambientales de la energía solar y la contribución de la empresa hacia la reducción de su huella de carbono.
- Capacitación y Concienciación: Proporcionar capacitación a los colaboradores sobre el uso eficiente de la energía y cómo pueden contribuir al éxito del proyecto.
- Monitoreo en Tiempo Real: Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para rastrear la generación y venta de excedentes, garantizando transparencia y control.
- Publicidad y Comunicación: Comunicar de manera efectiva los logros y beneficios del proyecto a través de medios internos y externos, resaltando los ahorros económicos y ambientales.

El plan de cobertura se centra en la comercialización de excedentes de energía solar generados por la ampliación del sistema fotovoltaico de la empresa Gran Américas Usme S.A.S. Este enfoque busca maximizar los beneficios económicos y ambientales, cumpliendo con la regulación colombiana y contribuyendo al desarrollo sostenible de la empresa y su comunidad.

Para hacer una proyección del proyecto de ampliación del sistema fotovoltaico, podemos utilizar el porcentaje de exportación actual para estimar la cantidad de energía que se exportará una vez que se complete el proyecto en dos fases.

Datos:
Demanda energética total actual de la empresa: 191,249 kWh/año.
Generación promedio mensual actual del sistema fotovoltaico: 6,613 kWh/mes.

Porcentaje de exportación promedio actual: 40.73%.

Proyección para la Fase 1 (Abordando el 60% de la Demanda Faltante):

Demanda energética faltante: 100% - 41.49% = 58.51% de 191,249 kWh/año = 111,881 kWh/año.
Generación anual adicional necesaria (Fase 1): 60% de 111,881 kWh/año = 67,128 kWh/año.
Estimación de exportación para la Fase 1:

Porcentaje de exportación (promedio actual): 40.73%.
Exportación anual esperada en la Fase 1: 40.73% de 67,128 kWh/año = 27,364 kWh/año.

Proyección para la Fase 2 (Cubriendo el 40% Restante de la Demanda):

Demanda energética faltante después de la Fase 1: 111,881 kWh/año - 67,128 kWh/año = 44,753 kWh/año.
Generación anual adicional necesaria (Fase 2): 40% de 44,753 kWh/año = 17,901 kWh/año.

Estimación de exportación para la Fase 2:

Porcentaje de exportación (promedio actual): 40.73%.
Exportación anual esperada en la Fase 2: 40.73% de 17,901 kWh/año = 7,296 kWh/año.
Proyección de exportación total después de completar ambas fases:

Exportación total anual esperada: Exportación Fase 1 + Exportación Fase 2 = 27,364 kWh/año + 7,296 kWh/año = 34,660 kWh/año.

Esta proyección sugiere que una vez completadas ambas fases del proyecto de ampliación del sistema fotovoltaico, la empresa podría exportar aproximadamente 34,660 kWh/año de energía excedente a la red eléctrica. Esto representa una estimación conservadora basada en el porcentaje de exportación actual y la demanda energética actual. La cifra real podría variar según varios factores, como la eficiencia del sistema y la variabilidad de la generación solar.

3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo, se aborda la planificación integral del proyecto con el propósito de presentar de manera clara los objetivos definidos y detallar las etapas y actividades diseñadas para su ejecución. Asimismo, se identifican los riesgos y limitaciones asociados al proyecto, estableciendo estrategias de control. Al término de este análisis, se resumen de manera concisa el árbol de objetivos y la matriz de riesgos elaborada para el proyecto, ofreciendo una visión amplia de la planificación estratégica.

3.1 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

3.1.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental para la ampliación de la capacidad del sistema fotovoltaico que satisfaga la demanda energética total de la empresa Gran Américas Usme S.A.S.

3.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Analizar la demanda energética de la organización Gran Américas Usme S.A.S. para identificar las áreas de mayor consumo energético a partir de un estudio de mercado en el centro de operaciones "El Uval".

2. Evaluar los requerimientos técnicos necesarios de la ampliación del sistema de celdas fotovoltaicas, que aseguren la cobertura energética a cada una de las áreas de la organización, a partir del análisis de demanda energética obtenido en el estudio de mercado aplicado en el centro de operaciones “El Uval”.

3. Evaluar la viabilidad financiera de la ampliación del sistema fotovoltaico, comparando los costos de abastecimiento por parte del operador de red (ENEL CODENSA) y la inversión necesaria para aumentar la cobertura, a partir de la demanda energética identificada en el centro de operaciones “El Uval”

4. Evaluar los impactos ambientales consecuentes de la ampliación del sistema de energía fotovoltaica instalado en la empresa Gran Américas Usme S.A.S.

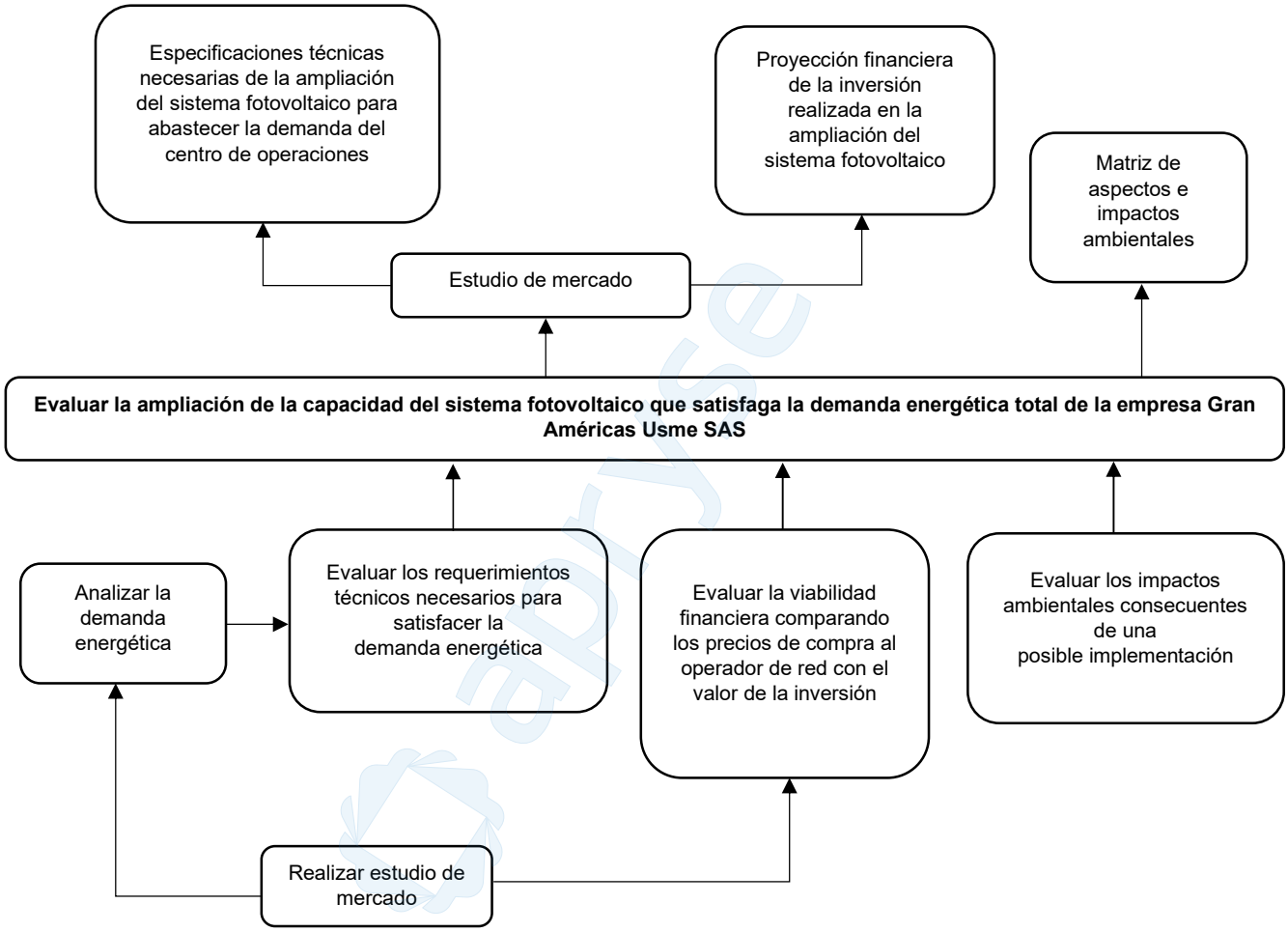
3.2 ÁRBOL DE OBJETIVOS.

De acuerdo con la metodología delineada en el marco lógico (Ortegón, Pacheco, & Prieto, 2005), se ha estructurado el árbol de objetivos, el cual muestra de manera gráfica la relación de las actividades planeadas para la ejecución del proyecto. Este árbol se compone de medios y fines; los medios hacen referencia a las acciones que se tomarán para abordar el problema central, mientras que los fines representan los resultados de la materialización de las actividades planificadas.

La estructura del árbol de objetivos para el presente proyecto se realizó con base en las necesidades principales del proyecto. El cual busca establecer una viabilidad técnica, económica y ambiental de la ampliación del sistema fotovoltaico ubicado en la empresa Gran Américas Usme S.A.S.

En la Figura No. 8 se muestra la estructura gráfica del árbol de objetivos.

Figura 8 Árbol de objetivos



Fuente: Elaboración propia con base en (Ortegón, Pacheco, & Prieto, 2005)

El centro del árbol está estructurado con el objetivo general del proyecto, soportado por las raíces que hacen referencia a los objetivos específicos los cuales serán el recurso para dar solución a la problemática inicial.

El principal insumo de este proyecto será determinar la demanda del mercado dentro de la organización, con el fin de poder identificar la tecnología necesaria para abastecer cada una de las áreas del centro de operaciones. Por otro lado, determinar la viabilidad financiera del proyecto y dar un plan de inversión para su posterior implementación. Finalmente

realizar una evaluación del impacto ambiental generado por la ampliación del sistema fotovoltaico, con el fin de justificar los beneficios de esta tecnología.

3.3 ACCIONES PARA ABORDARLO.

Las actividades programadas para el cumplimiento de los objetivos se dan en el marco del cronograma abarcado en el periodo del segundo semestre del año 2023. La ejecución de esta programación generará entregables de acuerdo con los avances presentados. Este insumo servirá como indicador de progreso para el proyecto, ya que este representará la correcta materialización de las actividades establecidas y su aprobación.

El cronograma para ejecutar se puede consultar en el anexo 1.

3.4 LIMITANTES DE LOS OBJETIVOS

Identificar las limitaciones de un proyecto es de vital importancia para tener un panorama de las potenciales amenazas que pueden afectar la materialización de este.

La identificación de las limitaciones de los objetivos se realizó mediante la consulta a profesionales de diferentes áreas que están a cargo de actividades operativas. De acuerdo con este ejercicio se estructuró la tabla número 9, en la cual se consolidaron las limitantes más significativas para el cumplimiento de los objetivos.

Tabla 9 Limitantes de los objetivos

OBJETIVO	LIMITANTES
Analizar la demanda energética de la organización Gran Américas Usme S.A.S. para identificar las áreas de mayor consumo energético a partir de un estudio de mercado en el centro de operaciones "El Uval".	El acceso a la información puede conllevar a limitaciones. Al ser un documento en el cual se reflejan costos asumidos por la organización, la consulta de este puede presentar complicaciones.
	Dentro de los predios existe un contador que presentó fallas durante un periodo extenso, el cual reporto datos erróneos del consumo energético de la operación. Estos datos pueden generar desviaciones al momento de generar el consolidado de consumos y su respectivo análisis.
Evaluar los requerimientos técnicos necesarios de la ampliación del sistema de celdas fotovoltaicas, que aseguren la cobertura energética a cada una de las áreas de la organización, a partir del análisis de demanda energética obtenido en el estudio de mercado aplicado en el centro de operaciones “El Uval”.	La infraestructura de soporte del centro de operaciones no cuenta con áreas ni estructuras disponibles apropiadas para la instalación de nuevas celdas fotovoltaicas.
	Los transformadores del sector no cuentan con la capacidad suficiente para iniciar un proceso de abastecimiento de energía fotovoltaica a la red pública.
	Las condiciones climáticas del sector pueden causar alteraciones en el abastecimiento de energía fotovoltaica, ya que en estaciones invernales las celdas fotovoltaicas pierden capacidad de generación
Evaluar la viabilidad financiera de la ampliación del sistema fotovoltaico, comparando los costos de abastecimiento por parte del operador de red (ENEL CODENSA) y la inversión necesaria para aumentar la cobertura, a partir de la demanda energética identificada en el centro de operaciones “El Uval”	Al ser un proyecto de tipo ambiental, las prioridades de inversión son bajas de acuerdo con las necesidades mayores de la operación.
	Los tiempos de ejecución de las fases del proyecto, en materia de flujos de caja y recepción de recursos.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla número 9 se identificó las limitantes más importantes para el proyecto. Este ejercicio marca el punto de partida para la estructuración de controles e indicadores de gestión del riesgo, factor de indispensable para dar ejecución exitosa a la planeación de las actividades.

De acuerdo con las limitaciones identificadas, se estructurará el insumo necesario para el tratamiento y prevención de riesgos del proyecto.

3.5 RIESGOS Y COMO SE VAN A MITIGAR

En este apartado, se han transformado las limitaciones previamente identificadas en la Tabla 1 Limitantes de los objetivos en riesgos concretos, aplicando para su análisis la elaboración de la matriz de riesgos. Este enfoque sistemático permite evaluar cada riesgo en función de su gravedad, probabilidad y potencial impacto, proporcionando así una base sólida para la implementación de medidas de control efectivas.

La creación de la plantilla de matriz de riesgos siguió una metodología específica. En primer lugar, Se definió una escala de gravedad, que se alineó en las columnas de la matriz. Esta escala categoriza las consecuencias de cada riesgo en cinco niveles, desde "Muy Bajo" hasta "Muy Alto". Paralelamente, se estableció una escala de probabilidad que se ubicó en las filas de la plantilla, evaluando la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo en cinco niveles, desde "Muy improbable" hasta "Muy probable".

Al posicionar cada riesgo en la matriz en función de su probabilidad y gravedad, se determinó su nivel de impacto, codificado por colores que van desde verde hasta rojo, y clasificado en una escala del 1 al 25. Esta categorización en impacto de riesgo ayudó a priorizar los riesgos según su nivel.

Para aplicar esta matriz de riesgos al proyecto, se siguieron los siguientes pasos:

1. Se identificaron los riesgos del proyecto, considerando los objetivos, alcance, cronograma, presupuesto, recursos y restricciones. Se utilizaron técnicas de lluvia de ideas como mapas mentales para enumerar riesgos potenciales.

2. Se determinó la gravedad de los riesgos, utilizando los criterios establecidos en la escala de gravedad. Cada riesgo se evaluó según su impacto negativo potencial, su capacidad de causar daños y su dificultad de recuperación.

3. Se identificó la probabilidad de ocurrencia de los riesgos, haciendo preguntas sobre la ocurrencia pasada, la similitud con riesgos previos y la posibilidad de ocurrencia futura. La colaboración en equipo fue clave para comprender riesgos similares en proyectos anteriores.

4. Se calculó el impacto de los riesgos multiplicando la probabilidad por la gravedad. Esta ecuación proporcionó una medida numérica del nivel de riesgo para cada riesgo identificado.

$$Probabilidad\ x\ gravedad\ =\ impacto\ del\ riesgo$$

Mediante este proceso, las limitaciones fueron transformadas en riesgos y se aplicó una metodología sólida para evaluar y priorizar estos riesgos. La matriz de riesgos resultante, junto con las medidas de control propuestas en la Tabla 2, proporciona una guía clara para abordar y mitigar los riesgos en cada etapa del proyecto.

Tabla 10 Matriz de riesgo del proyecto.

RIESGO	GRAVEDAD	PROBABILIDAD	IMPACTO	NIVEL DEL RIESGO	MEDIDA DE CONTROL
El acceso a la información puede tener restricciones, ya que el documento que refleja los costos asumidos por la organización en materia energética se encuentra bajo custodia de otro proceso.	2	2	**4**	**BAJO**	Formalizar las solicitudes de acceso a la información en las áreas correspondientes.

RIESGO	GRAVEDAD	PROBABILIDAD	IMPACTO	NIVEL DEL RIESGO	MEDIDA DE CONTROL
Dentro de las instalaciones, hay un contador que experimentó fallas prolongadas, lo que resultó en datos incorrectos sobre el consumo energético de la operación. Estos datos incorrectos podrían provocar desviaciones en el proceso de consolidación y análisis de consumos correspondiente.	3	3	**9**	**MEDIO**	Incrementar la frecuencia de captura de datos del medidor para detectar fallos oportunamente.
La infraestructura de soporte del centro de operaciones, que consiste en contenedores, carece de áreas o estructuras adecuadas para instalar nuevas celdas fotovoltaicas.	3	4	**12**	**MEDIO**	Realizar un análisis de carga utilizando la ficha técnica del contenedor para verificar su capacidad de soportar el peso adicional de las celdas fotovoltaicas y equipo, e implementar refuerzos si es necesario.
Los transformadores del sector no cuentan con la capacidad suficiente para iniciar un proceso de abastecimiento de energía fotovoltaica a la red pública.	2	2	**4**	**BAJO**	Mantener una supervisión constante para asegurar que la ampliación de los transformadores cumpla con el cronograma y los estándares establecidos. Realizar revisiones técnicas periódicas para garantizar que la ampliación cumple con las especificaciones necesarias para gestionar la generación de energía fotovoltaica.
Las condiciones climáticas del área pueden afectar el suministro de energía fotovoltaica, ya que durante el invierno las celdas fotovoltaicas disminuyen su capacidad de generación.	3	2	**6**	**BAJO**	Explorar la adopción de tecnologías de generación de energía fotovoltaica altamente eficientes, capaces de producir energía incluso en situaciones de baja luminosidad.

RIESGO	GRAVEDAD	PROBABILIDAD	IMPACTO	NIVEL DEL RIESGO	MEDIDA DE CONTROL
Dado que el proyecto se enmarca en un contexto ambiental, las prioridades de inversión tienden a ser limitadas en comparación con las necesidades primordiales de la operación.	3	2	**6**	**BAJO**	Evaluar y cuantificar los beneficios tributarios derivados de la ejecución del proyecto.
Los plazos de ejecución de las fases del proyecto, incluyendo flujos de efectivo y recepción de recursos, están influenciados por la volatilidad en los precios de venta de la energía fotovoltaica debido a la falta de regulación en el mercado.	4	1	**4**	**BAJO**	Realizar un análisis histórico de los excedentes económicos generados por la venta de energía fotovoltaica en cumplimiento con las regulaciones vigentes.

Fuente: Elaboración propia con base en (asana, 2022)

Leyenda:

Tabla 11 Metodología de evaluación de riesgos

PROBABILIDAD ⇩ / GRAVEDAD ⇨	1	2	3	4	5
1	BAJO 1	BAJO 2	BAJO 3	BAJO 4	BAJO 5
2	BAJO 2	BAJO 4	BAJO 6	MEDIO 8	MEDIO 10
3	BAJO 3	BAJO 6	MEDIO 9	MEDIO 12	ALTO 15
4	BAJO 4	MEDIO 8	MEDIO 12	ALTO 16	ALTO 20
5	BAJO 5	MEDIO 10	ALTO 15	ALTO 20	ALTO 25

Fuente: Elaboración propia con base en (asana, 2022)

Tras la elaboración de la matriz de riesgos, se analizaron los riesgos específicos que podrían afectar la ejecución del proyecto y se generaron medidas de control concretas para mitigar su posible impacto.

Desde el manejo del acceso a la información hasta la adaptación a las cambiantes condiciones climáticas, se han diseñado estrategias precisas para prevenir y afrontar eficientemente los problemas. El riesgo identificado con mayor impacto es la infraestructura de soporte del centro de operaciones, que carece de áreas adecuadas para instalar nuevas celdas fotovoltaicas. Para mitigar este riesgo, se propone la estrategia de realizar un análisis de carga utilizando la ficha técnica del contenedor, verificando su capacidad para soportar el peso adicional de las celdas fotovoltaicas y equipo, e implementar refuerzos si es necesario.

Esta medida de control asegura que la infraestructura esté adecuadamente preparada para soportar la instalación de las nuevas celdas fotovoltaicas, minimizando el riesgo de que la falta de áreas adecuadas afecte el proceso de expansión del sistema. Esta estrategia garantiza una evaluación técnica adecuada y una adaptación efectiva de la infraestructura existente, asegurando la seguridad y eficiencia en la instalación de las celdas fotovoltaicas y el equipo asociado. Por último, esta medida protege el desarrollo del proyecto y contribuye a la consecución de los objetivos establecidos.

3.6 POLÍTICA DE CALIDAD

En el contexto del proyecto de Evaluación de la Viabilidad Técnica, Económica y Ambiental del Aumento en la Capacidad del Sistema Fotovoltaico de la Empresa Gran Américas Usme S.A.S., se establece la siguiente política de calidad:

El proyecto se compromete a mantener altos estándares de calidad en todas las etapas de la evaluación de viabilidad del sistema fotovoltaico, con el fin de cumplir con los objetivos planteados y asegurar la obtención de resultados confiables y relevantes para la toma de decisiones informadas. Para lograrlo, se implementarán los siguientes principios:

- Se asegurará que todas las actividades realizadas estén alineadas de manera precisa con los objetivos generales y específicos del proyecto. Esto incluye la

correcta ejecución del análisis de la demanda energética, la evaluación de los requerimientos técnicos, la viabilidad financiera y la evaluación de impactos ambientales.

- Se garantizará la competencia y calificación del equipo de trabajo para llevar a cabo las tareas requeridas en cada etapa del proyecto respaldados por expertos en gerencia, evaluación y formulación de proyectos de ingeniería. Asegurando resultados fiables en cada fase del proyecto.
- Se llevará a cabo una gestión efectiva del tiempo para asegurar la puntualidad de las entregas en cada etapa del proyecto y que estas se completen de acuerdo con el cronograma establecido.
- Asegurar la calidad en todos los procedimientos, en conformidad con los estándares técnicos de instalaciones eléctricas, así como los requisitos económicos y ambientales, buscando la mejora continua en todos los aspectos.

  Todas las actividades se llevarán a cabo con integridad y transparencia, respetando los principios éticos en la obtención, manejo y análisis de la información relevante para el proyecto.

.

3.7 POLÍTICA DE SALUD

La política de salud diseñada para el desarrollo del presente proyecto promueve los hábitos de autocuidado bajos los siguientes lineamientos:

- Cumplir con los requisitos legales vigentes que aplican a la seguridad y salud en el trabajo en Colombia, con el objetivo de proteger a los encargados de la formulación y documentación del presente proyecto garantizando ambientes laborales seguros y saludables.
- Mantener los puestos de trabajo ordenados y aseados Se realizarán revisiones periódicas de los escritorios y oficinas donde se realicen actividades y se llevará un registro de cada trabajador.
- Durante el desarrollo del proyecto se realizarán pausas activas para fomentar el bienestar de todos los involucrados y prevenir los efectos adversos del trabajo

prolongado, estas pausas activas se deberán realizar de acuerdo con el tiempo laborado, si el colaborador ejecuta actividades durante dos horas seguidas deberá realizar 10 minutos de ejercicios y será obligatorio cumplimiento.

- Proporcionar herramientas ergonómicas adecuadas y personalizadas para asegurar una postura saludable durante la realización de las actividades.
- Asegurar la salud visual de los colaboradores mediante la promoción de pausas visuales regulares y directrices para la configuración adecuada de pantallas. Se fomenta la desconexión digital para facilitar el descanso visual y mental.

3.8 POLÍTICA DE AMBIENTAL

La política ambiental diseñada para el desarrollo del presente proyecto promueve el uso eficiente de recursos naturales y gestión de residuos bajo los siguientes lineamientos:

Los residuos generados deberán ser dispuestos bajo una correcta separación en la fuente siguiendo el código de colores vigente (Resol. 2184 de 2019), esto aplica para residuos de insumos de papelería, comida y aseo.

Es de obligatorio cumplimiento desconectar de las fuentes de energía los equipos de cómputo y apagar las luces de las oficinas al finalizar la jornada de trabajo. Si se debe ausentar del puesto de trabajo los computadores deben permanecer en modo suspendido hasta que regrese a continuar con sus actividades.

El uso de papel debe ser minimizado en la mayor medida posible para la ejecución de las actividades, se debe propender el uso de documentación digital, y su comunicación por medios digitales como correo, nube o USB.

El uso del recurso hídrico para actividades de esparcimiento, aseo y alimentación debe ser de manera responsable haciendo uso de la mínima cantidad posible.

3.9 RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL

La política de responsabilidad social empresarial diseñada para el presente proyecto promueve la transparencia en las actividades e información que se presentará a la comunidad local.

Al finalizar el documento se presentarán los resultados a la comunidad local, con el fin de compartir y divulgar las acciones a tomar de acuerdo con los resultados arrojados por el proyecto.

Se tomarán en cuenta las opiniones y discusiones generadas por la comunidad en el espacio de divulgación y las que generen posteriormente.

apryse

4. INGENIERIA DEL PROYECTO

El presente capitulo tiene la finalidad de documentar el rediseño de producto, describiendo sus atributos, características y las actividades asociadas a su implementación. Dentro del contenido se definieron las condiciones técnicas del sistema de generación de energía fotovoltaica. Adicionalmente se hizo el planteamiento del escenario, definiendo la duración y formulación de actividades, lugar de ejecución, su tamaño, el número de recurso humano y equipos necesarios para el desarrollo del proyecto.

4.1 EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Como se ha definido anteriormente, el proyecto será desarrollado bajo la metodología de fases, las cuales se encuentran divididas en dos momentos, fase número 1 y fase número dos. Para estos dos espacios del proyecto se formularán las rutas críticas de cada una de las fases relacionando las actividades y tiempos necesarios para su respectiva ejecución.

- **FASE NÚMERO 1**

De acuerdo con el planteamiento realizado en el plan de cobertura, la implementación de la primera fase se proyecta abordar el 60% de la demanda de la energía faltante.

Para ejecutar de manera exitosa este planteamiento se formulan las siguientes actividades:

Tabla 12 Ruta crítica fase 1

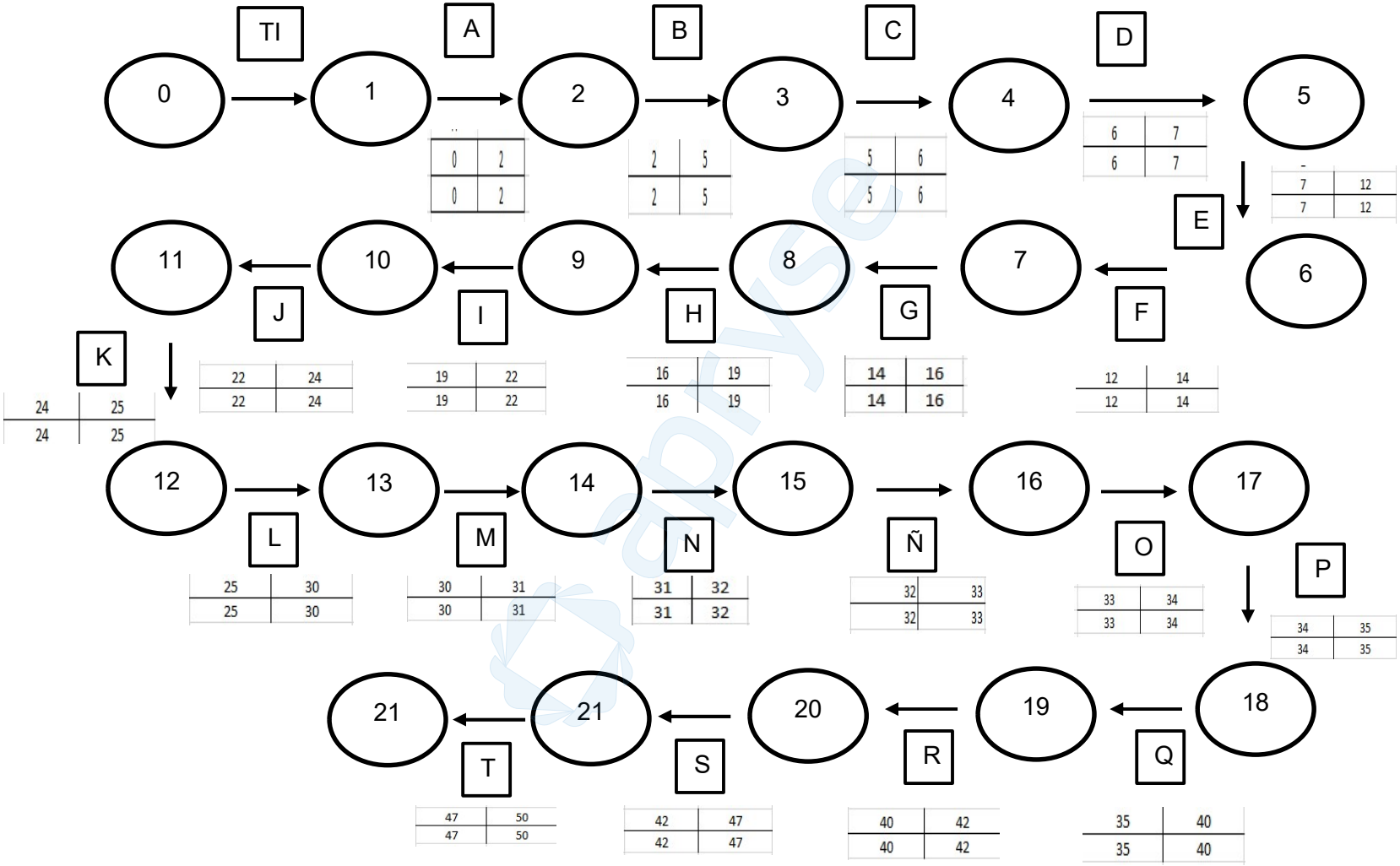
Letra	Actividad	Tiempo (días)	Precede
A	Definir la capacidad de W a instalar. Realizando las memorias de calculo	2	TI
B	Realizar las medidas de los espacios disponibles en los contenedores	3	A

Letra	Actividad	Tiempo (días)	Precede
	destinados para la instalación de paneles		
C	Entregar al proceso de infraestructura los requerimientos necesarios: adquisición de tecnología, y revisión de los contenedores para la instalación.	1	B
D	Sustentar las necesidades del proyecto en el comité de infraestructura frente a la dirección.	1	C
E	• Búsqueda de proveedores • Solicitud de cotizaciones • Evaluación de proveedores • Aceptación de propuesta comercial • Generación de orden de compra	5	D
F	• Contratación de proveedor • Solicitud de documentación para ingresos de personal y herramienta necesaria. • Solicitud de documentación para el ingreso de los insumos para el montaje del sistema fotovoltaico.	2	E
G	Alistamiento del containers	2	F
H	Perforación de containers para la instalación de soportes de paneles	3	G
I	Armado de soportes de paneles	3	H
J	Instalación de celdas fotovoltaicas	2	I
K	Instalación de portacables	1	J

Letra	Actividad	Tiempo (días)	Precede
L	Instalación del cableado	5	K
M	Instalación de protecciones	1	L
N	Instalación de inversores	1	M
Ñ	Instalación de tablero	1	N
O	Instalación de transformador de potencia	1	Ñ
P	Instalación del punto de conexión a la red	1	O
Q	Instalación de centro de control y mando	5	P
R	Acopio de residuos	2	Q
S	Verificación del funcionamiento del sistema	5	R
T	Autorización del inicio de operación	3	S
	Total, duración de la primera fase	50	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4 Ilustración 4 Diagrama PERT fase1



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración número 4 se puede observar la representación gráfica del proyecto. En este se plasma la ruta crítica de la fase número 1, indicando que su duración será de 50 días. Dentro de esta planeación se realizan los trabajados durante los 7 días de la semana, buscando la mayor celeridad en la terminación.

La ruta crítica del proyecto no tendrá desviaciones u otra ruta, ya que como se puede observar la dependencia de actividades es totalmente lineal.

- **FASE NÚMERO 2**

Dentro de la planeación se estructuró una segunda fase, la cual busca abarcar el 40% restante de la demanda energética de la infraestructura de soporte.

Tabla 13 Ruta crítica fase 2

Letra	Actividad	Tiempo (días)	Precede
A	Definir la capacidad de W a instalar. Realizando las memorias de calculo	2	TI
B	Realizar las medidas de los espacios disponibles en los contenedores destinados para la instalación de paneles	2	A
C	Entregar al proceso de infraestructura los requerimientos necesarios: adquisición de tecnología, y revisión de los contenedores para la instalación.	1	B
D	Sustentar las necesidades del proyecto en el comité de infraestructura frente a la dirección.	1	C
E	• Búsqueda de proveedores • Solicitud de cotizaciones • Evaluación de proveedores • Aceptación de propuesta comercial	3	D

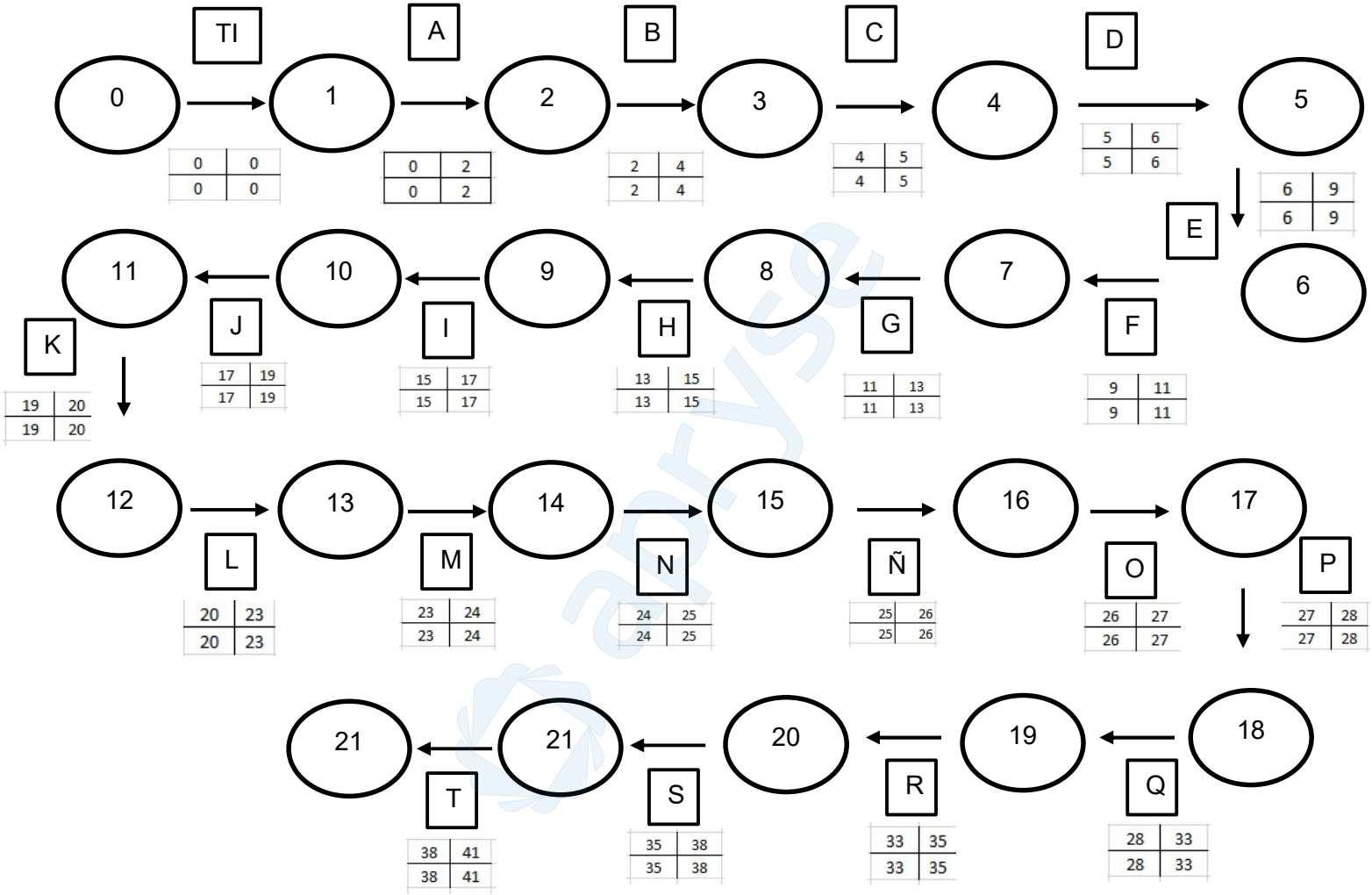
Letra	Actividad	Tiempo (días)	Precede
	• Generación de orden de compra		
F	• Contratación de proveedor • Solicitud de documentación para ingresos de personal y herramienta necesaria. • Solicitud de documentación para el ingreso de los insumos para el montaje del sistema fotovoltaico.	2	E
G	Alistamiento del containers	2	F
H	Perforación de containers para la instalación de soportes de paneles	2	G
I	Armado de soportes de paneles	2	H
J	Instalación de celdas fotovoltaicas	2	I
K	Instalación de porta cables	1	J
L	Instalación del cableado	3	K
M	Instalación de protecciones	1	L
N	Instalación de inversores	1	M
Ñ	Instalación de tablero	1	N
O	Instalación de transformador de potencia	1	Ñ
P	Instalación del punto de conexión a la red	1	O
Q	Instalación de centro de control y mando	5	P

Letra	Actividad	Tiempo (días)	Precede
R	Acopio de residuos	2	Q
S	Verificación del funcionamiento del sistema	3	R
T	Autorización del inicio de operación	3	S
	Total, duración de la segunda fase	41	

Fuente: Elaboración propia

apryse

Ilustración 5 Diagrama PERT fase 2



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración número 5 se puede observar la representación gráfica de la fase 2 del proyecto; en la cual se abordará el 40% de la demanda restante. Esta tiene una duración de 41 días, reduciendo los tiempos a comparación de la fase número 1, en consecuencia, de que las actividades de instalación tendrán que abordar un menor número de paneles y adecuaciones de infraestructura.

La configuración de esta fase cuenta con la misma metodología de la fase número 1, donde sus actividades se ejecutan de forma lineal, y solo cuenta con una ruta crítica.

4.2 REDISEÑO

Este apartado tiene como objetivo describir el sistema fotovoltaico actual de la empresa Gran Américas Usme S.A.S. y presentar el rediseño propuesto para ampliar su capacidad y satisfacer la demanda energética total de la compañía. Además, se destacarán las ventajas y las mejoras significativas que se esperan lograr a través de esta iniciativa.

4.2.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO ACTUAL

La demanda energética actual de la empresa se basa en el promedio de los últimos 6 meses, que asciende a 13,265 kWh/mes en un esfuerzo por reflejar con precisión las fluctuaciones de la demanda que pueden estar relacionadas con la expansión de la operación o variaciones en la demanda de los servicios ofrecidos. Por otro lado, la oferta actual de energía proviene del promedio de generación del sistema fotovoltaico durante ese mismo período, lo que equivale a 6,580 kWh/mes.

El sistema fotovoltaico actual cubre el 41.49% de la demanda energética de la empresa, generando anualmente 78,960 kWh/año. Esta cifra se ha calculado con base en los datos obtenidos en el plan de cubrimiento del proyecto. A continuación, se presentará la información utilizada para el dimensionamiento de la configuración actual, así como una descripción de los componentes clave que componen el sistema fotovoltaico en funcionamiento.

- **Recurso solar disponible:** Para evaluar el recurso solar disponible en la zona de Usme, se consultaron los datos del Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM

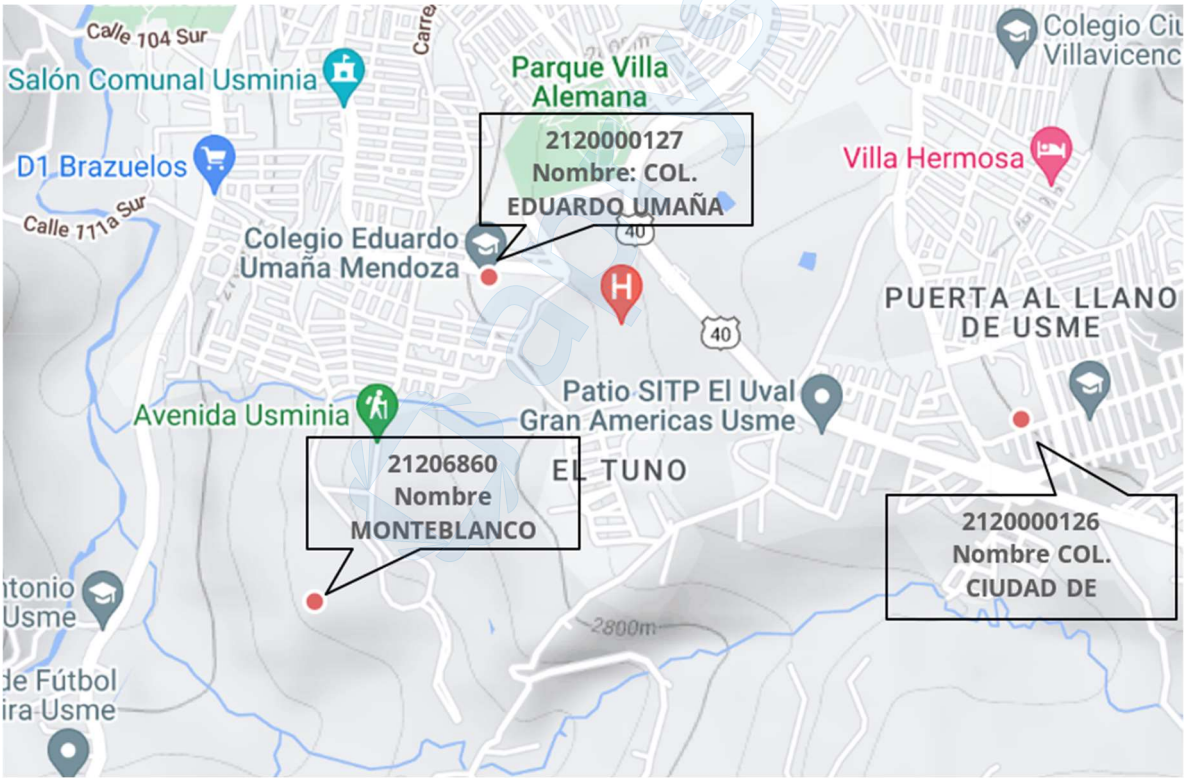
(Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) y se utilizaron las estadísticas del Atlas Interactivo del IDEAM. Estos recursos proporcionan información fundamental sobre la radiación solar promedio en la región, lo que es esencial para el diseño y dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico.

Tabla 14 Recurso solar disponible zona Usme.

VARIABLE	VALOR
Radiación solar en superficie, promedio anual	3,62 Kwh/m2/día
Horas de brillo solar disponible, promedio	4 - 5 horas
Horas de brillo solar mínimas	3 - 4 horas

Fuente: (ENERCER, 2021)

Ilustración 6 Estaciones hidrometeorológicas zona Usme.



Fuente: (IDEAM, 2019)

De acuerdo con los datos obtenidos, la zona de Usme presenta una radiación solar promedio de 3.6 kWh/m²/día, lo que se traduce en aproximadamente 1314 horas de sol al

año. Esta cifra refleja la cantidad de energía solar incidente que puede aprovecharse para la generación de electricidad a través de paneles solares.

- **Campo Fotovoltaico Centralizado:** Este campo se encuentra instalado sobre una cubierta de 349 m2, diseñada específicamente para su funcionamiento como se observa en la ilustración 1.

Ilustración 7 Disposición del sistema actual.



Fuente: (ENERCER, 2021)

- **Paneles Solares**: El campo fotovoltaico está compuesto por un total de 122 paneles solares de la marca Znshine Solar 9BB HALF-CELL. Estos paneles son de tipo monocristalinos PERC de alta eficiencia y presentan una estructura de doble vidrio que les confiere durabilidad y resistencia. Utilizan la tecnología 9BB para mejorar la eficiencia de la corriente eléctrica en cada célula solar. Son ligeros y respaldados por una garantía de producto de 12 años, así como una garantía de potencia de 30 años. Los paneles solares se encuentran instalados sobre una robusta estructura de aluminio que asegura tanto su estabilidad como su eficiencia. Para conocer en detalle la cantidad de paneles necesarios, se presenta la información utilizada en la Tabla 2, la cual se empleó en el proceso de dimensionamiento del sistema.

Tabla 15 Dimensionamiento De Los Paneles Solares

DESCRIPCIÓN	VALOR
Consumo diario de energía (kW-h/día)	297,37
Factor pérdidas del sistema - FP (%)	15%
Consumo diario de energía ajustado FP (kW-h/día)	341,97
Porcentaje del consumo a cubrir	58%
Consumo requerido diario a cubrir (kW-h/día)	198,34
Capacidad requerida de paneles solares (W)	54.841,54
Potencia del panel (W)	**445**
Voltaje trabajo paneles solares (V)	24
Tipo del panel	Monocristalino
Cantidad de paneles requeridos para cobertura deseada	**124**
Cantidad de paneles a instalar	**122**

Fuente: (ENERCER, 2021)

A continuación, se proporcionan más detalles de las especificaciones técnicas de estos paneles solares:

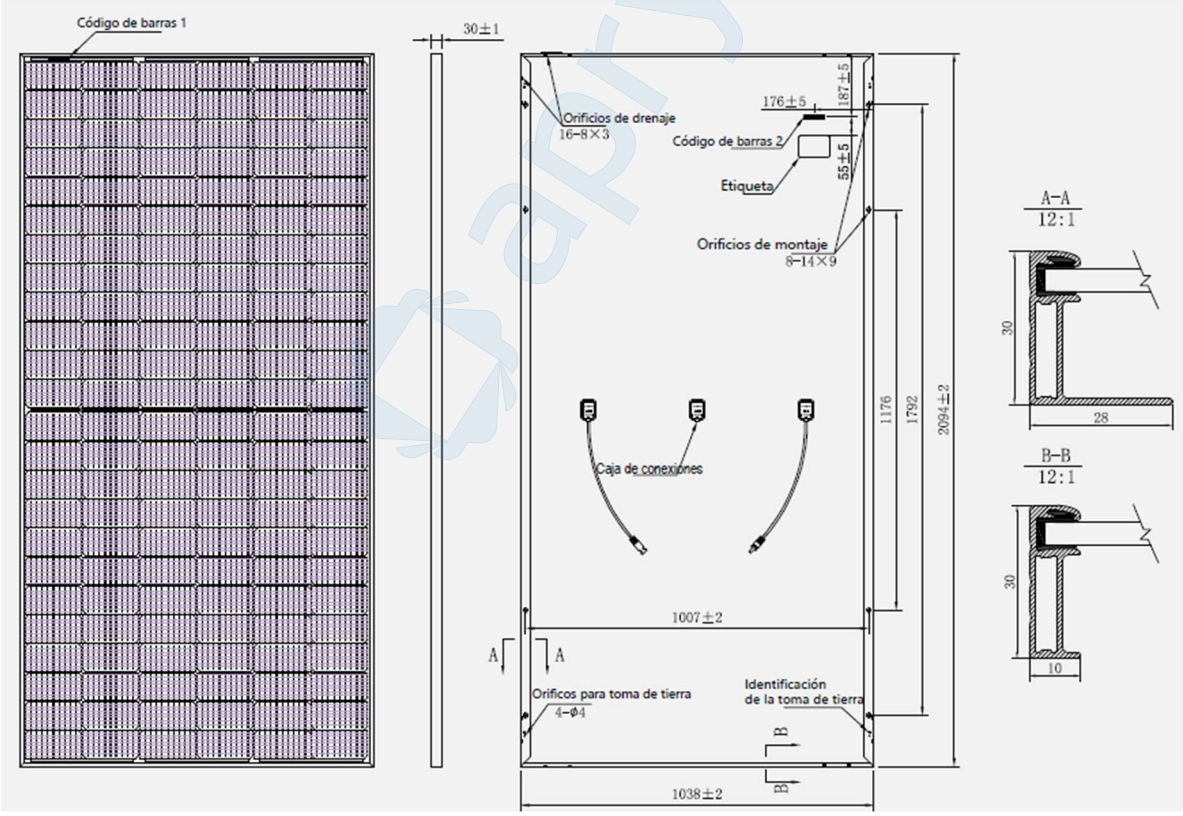
Tabla 16 Especificaciones técnicas paneles solares actuales

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	VALOR
Potencia nominal	445 W
Tensión máxima de potencia	31,25 V
Corriente máxima de potencia	14,2 A
Tensión de circuito abierto	45,0 V
Corriente de cortocircuito	14,5 A
Eficiencia del módulo	19,50%
Tolerancia de potencia	+/- 3%
Número de células	144
Tipo de célula	Monocristalino PERC
Dimensiones	1950 x 992 x 40 mm
Peso	20,5 kg
Marco	Aluminio anodizado
Vidrio	Doble vidrio

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	VALOR
Conector	MC4
Clasificación de resistencia al impacto	IK08
Clasificación de resistencia a la carga de viento	2400 Pa
Clasificación de resistencia a la carga de nieve	5400 Pa
Temperatura de funcionamiento	-40 °C a 85 °C
Coeficiente de temperatura de potencia	-0,35%/°C
Coeficiente de temperatura de tensión	+0,05%/°C
Coeficiente de temperatura de corriente	-0,05%/°C
Certificaciones	IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, TUV NORD, CE, RoHS

Fuente: (ZNSHINESOLAR)

Ilustración 8 Dimensiones(mm) Panel solar Serie ZXM6-NHLD144



Fuente: (ZNSHINESOLAR)

- **Inversor:** La conversión de la energía solar en electricidad se lleva a cabo mediante un inversor de 50 kWp (kilovatios-pico). Este dispositivo es esencial para transformar la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna utilizable, que alimenta las instalaciones eléctricas de la empresa.
  En la tabla 17, se presentan los valores y parámetros que se han tenido en cuenta durante el proceso de dimensionamiento del inversor interconectado. Estos datos son fundamentales para asegurar un rendimiento óptimo y la compatibilidad adecuada entre el sistema fotovoltaico y la red eléctrica existente.

Tabla 17 Dimensionamiento Del Inversor Interconectado

DESCRIPCIÓN	VALOR
Potencia máxima de demanda (kW)	54,29
Factor seguridad	10%
tensión máxima de entrada (VDC)	500
Salida AC	Trifásico
Nivel de tensión	277-480
Potencia optima inversor (kW)	59
Capacidad del inversor (kW)	50
Cantidad de inversores	1

Fuente: (ENERCER, 2021)

El siguiente apartado se adentrará en los detalles de los escenarios de rediseño propuestos para abordar esta necesidad y lograr un sistema energético más eficiente y sostenible.

4.2.1 REDISEÑO PROPUESTO.

La propuesta de rediseño del sistema fotovoltaico se basa en el análisis de los requisitos necesarios para cumplir con la demanda energética total de la empresa Gran Américas Usme S.A.S. La necesidad de este rediseño surge debido a que el sistema actual no logra satisfacer la totalidad de la demanda energética de la empresa, dejando un 58.51% restante, equivalente a 111,881 kWh/año, por cubrir.

- **Escenario 1**: En este escenario, se busca generar una capacidad adicional de 6,747 kWh al mes con el objetivo de cubrir el 58.51% restante de la demanda actual. El

sistema actual cuenta con una potencia nominal de 122 paneles de 445 W, lo que equivale a una potencia nominal de 54.09 kW. Dado que el sistema está generando un promedio de 6,518 kWh al mes, podemos calcular la eficiencia del sistema dividiendo la generación mensual por la potencia nominal:

$$Eficiencia\ del\ Sistema\ = \frac{Generación\ Mensual(6{,}518\ kWh)}{Potencia\ Nominal\ (54.09\ kW)} \approx\ 120.8 \frac{kWh}{kW}$$

Por lo tanto, se requiere una potencia adicional de 6,747 kWh / 120.8 kWh/kW ≈ 56.2 kW para cumplir con el objetivo de cubrir el 58.51% adicional de la capacidad actual.

Para obtener esta potencia adicional, se necesitan 56,2 kW / 550 W = 102 paneles. Se requiere otro inversor con las mismas características del actual, la potencia total del sistema será de 54,09 kW + 56,2 kW = 110,29 kW.

Tabla 18 Cálculo de cantidad de equipos a usar.

Ítem	Dato de entrada	
Marca Panel	Canadian Solar	
Modelo Panel	CS6W-MS-550	
Potencia del sistema	56,2	kW
Potencia Inversor	50	kW
Eficiencia Inversor	98%	
Marca Inversor	Growatt	
Modelo Inversor	MIN50K-X	
Potencia Panel	550	W
Tensión de circuito abierto Panel	49,5	V
Corriente de corto circuito Panel	11,5	A
Número de MPPT por inversor	3	
Número de entradas por MPPT	4	
Total, número de string por inversor	3	
Máxima Corriente de entrada por MPPT	8,33	A
Número de inversores	1	
Número de paneles	102	
Número de paneles por string	34	
Corriente total por MPPT	25	A

Fuente: Elaboración propia.

- **Escenario 2**: En este escenario, se busca cubrir el 58.51% de la demanda energética restante de la empresa en dos fases:

Fase 1: Se busca cubrir el 30% de la demanda adicional, equivalente a 33,567 kWh/año.
Fase 2: Se busca cubrir el 28.51% de la demanda adicional, equivalente a 38,314 kWh/año.

Fase 1:
Para cubrir el 30% de la demanda adicional, se requiere una potencia adicional de 33,567 kWh / 120.8 kWh/kW ≈ 27.9 kW. Para obtener esta potencia adicional, se necesitan 27.9 kW / 550 W = 51 paneles. La potencia total del sistema después de la fase 1 será de 54.09 kW + 27.9 kW = 82.09 kW.

Fase 2:

Para cubrir el 28.51% de la demanda adicional, se requiere una potencia adicional de 38,314 kWh / 120.8 kWh/kW ≈ 31.9 kW. Para obtener esta potencia adicional, se necesitan 31.9 kW / 550 W = 57 paneles. La potencia total del sistema después de la fase 2 será de 82.09 kW + 31.9 kW = 114.09 kW.

Tabla 19 Cálculo de cantidad de equipos a usar para los Escenarios 1-2.

Ítem	Escenario 1	Escenario 2
Marca Panel	Canadian Solar	Canadian Solar
Modelo Panel	CS6W-MS-550	CS6W-MS-550
Potencia del sistema	27.9 kW	31.9 kW
Potencia Inversor	50 kW	50 kW
Eficiencia Inversor	98%	98%
Marca Inversor	Growatt	Growatt
Modelo Inversor	MIN50K-X	MIN50K-X
Potencia Panel	550 W	550 W
Tensión de circuito abierto Panel	49,5 V	49,5 V
Corriente de corto circuito Panel	11,5 A	11,5 A
Número de MPPT por inversor	3	3
Número de entradas por MPPT	4	4
Total, número de string por inversor	3	3
Máxima Corriente de entrada por MPPT	8,33 A	8,33 A
Resultados		
Número de inversores	1	0
Número de paneles	51	57
Número de paneles por string	36	36
Corriente total por MPPT	27 A	28 A

Fuente: Elaboración propia.

El escenario 1 consiste en instalar 102 paneles adicionales y un inversor, lo que aumentaría la potencia total del sistema a 110,29 kW. Esta propuesta tiene la ventaja de cubrir la demanda energética restante de forma inmediata, pero tiene el inconveniente de un mayor costo inicial.

El escenario 2 consiste en instalar 51 paneles adicionales y un inversor en la primera fase, y 57 paneles adicionales y un inversor en la segunda fase. Esta propuesta tiene la ventaja de reducir el costo inicial, pero tiene el inconveniente de que se requiere más tiempo para cubrir la demanda energética restante.

Las propuestas de rediseño del sistema fotovoltaico de la empresa Gran Américas Usme S.A.S. traerán consigo las siguientes ventajas y mejoras significativas:

- Reducción de los costos de energía: Al cubrir la totalidad de la demanda energética con energía solar, la empresa dejará de depender de la energía convencional, lo que se traducirá en una reducción de los costos de energía.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero: La energía solar es una fuente de energía renovable y limpia, por lo que el rediseño del sistema fotovoltaico contribuirá a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Incremento de la eficiencia energética: El rediseño del sistema fotovoltaico permitirá mejorar la eficiencia energética de la empresa, lo que se traducirá en un menor consumo de energía.

Estas ventajas y mejoras significativas hacen que el rediseño del sistema fotovoltaico sea una inversión rentable y sostenible para la empresa Gran Américas Usme S.A.S

Selección de Conductor en Corriente Continua (DC) y Protección en DC

En esta sección, se procede a determinar el calibre adecuado del conductor DC que se utilizará para llevar la corriente desde los paneles solares hasta el inversor, junto con la especificación de la protección necesaria para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema fotovoltaico. Para llevar a cabo estos cálculos, se consideran los siguientes datos específicos para cada tramo:

Tabla 20 Cálculo de tramos específicos

Tramo	Máxima Distancia (Metros)	ISC (A)	Tensión de entrada (DC)	Material del conductor	Calibre del conductor	% de caída de tensión	Cumple	Protección
1	157	23,7	17,3	Cobre	4mm	0,43	SI	20 Amp
2	118	20,2	17,3	Cobre	4mm	0,3	SI	20 Amp
3	60	16,7	17,3	Cobre	4mm	0,19	SI	20 Amp

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de los cálculos, se ha determinado que un conductor de calibre 4 mm (12 Awg) es suficiente para establecer la conexión entre los paneles solares y el inversor en cada uno de los tres tramos. Además, se ha constatado que los inversores, como el modelo Growatt MIN50K-X, incluyen protección en corriente. Estos inversores cuentan con un disyuntor incorporado de 20 A de clase 2, diseñado para proteger tanto los conductores como los equipos contra las sobre corrientes.

Selección de conductor de puesta a tierra de equipos

El conductor de puesta a tierra de equipos es un conductor que conecta las partes metálicas de un equipo a una tierra física. Este conductor proporciona una ruta de baja resistencia para que la corriente fluya en caso de una falla eléctrica.

Para seleccionar el conductor de puesta a tierra de equipos adecuado en el caso de los tres string de paneles solares que, propuestos, la corriente nominal del dispositivo de protección es de 20 A. La norma Retie 2013 establece que la resistencia del conductor de puesta a tierra de equipos no debe ser superior a 10. Por lo tanto, el conductor de puesta a tierra de equipos adecuado para los tres string de paneles solares que propones es un conductor de cobre de calibre 10 AWG. Como se muestra en la figura.

Ilustración 9 Calibre mínimo del conductor de continuidad de tierra para ducterías y equipos (norma NTC 2050

Calibre mínimo del conductor de continuidad de tierra para ducterías y equipos (Norma NTC 2050, tabla 250-95)		
Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes del equipo, tubos conduit, etc. (Amperios)	Sección transversal Conductor de cobre N°	
	mm^2	AWG
15	2.08	14
20	3.3	12
30	5.25	10
40	5.25	10
60	5.25	10
100	8.36	8
200	13.29	6
300	21.19	4
400	26.66	3
500	33.62	2
600	42.20	1
800	53.50	1/0
1000	67.44	2/0
1200	85.02	3/0
1600	107.21	4/0

Inversor Growatt

Fuente: (enel codensa, 2019)

Cálculo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

En el proceso de evaluación de las posibles reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que podrían resultar de la implementación del sistema fotovoltaico propuesto, se emplea una metodología basada en los estándares internacionales y las particularidades del contexto energético local. Esta metodología se ajusta a la situación del proyecto y a las características del sistema eléctrico nacional.

En la estimación de las emisiones evitadas, se aplican dos enfoques: el Margen de Operación (MO) y el Margen de Construcción (MC), que tienen en cuenta la operación actual y el desarrollo de nuevas instalaciones, respectivamente.

Para calcular el factor de emisión del Margen de Operación (MO), se considera toda la capacidad de generación actual en el país. Dado que en el contexto colombiano más del 50% de la generación proviene de fuentes de bajo costo marginal, como la hidroeléctrica, eólica y solar, se utiliza un enfoque MO simple ajustado. Esto implica ponderar la energía generada (en MWh) con las emisiones de dióxido de carbono (en tCO2) y un factor que refleja el tiempo en el que estas fuentes marginales suministran energía. Según la metodología de la UPME, este factor se establece en 0.1916, lo que resulta en un valor final de 578 gCO2/kWh.

Por otro lado, el Margen de Construcción (MC) abarca el 20% de la generación en el balance anual e incluye todas las plantas, incluyendo proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Para cada planta, se calcula la emisión de dióxido de carbono por unidad de energía. La UPME ha obtenido un valor de 183 gCO2/kWh para este enfoque.

Además, se introduce un tercer factor (0.5) que refleja la composición predominante de la generación en Colombia, que se basa en fuentes hidráulicas y térmicas.

Cálculo de emisiones evitadas

Para el cálculo de la estimación de las emisiones de CO2 que dejarían de emitirse se utiliza la siguiente ecuación:

$$E = (MO + MC) * 0{,}5 * ESFV$$

Donde:

E: Emisiones de CO2 evitadas (tCO2)

MO: Margen de operación (gCo2/kWh)

MC: Margen de construcción (gCo2/kWh)

ESFV: Energía generada por el sistema fotovoltaico (kWh)

Para el proyecto fotovoltaico planteado, se estima que la energía generada será de 159.185 kWh. Al aplicar la fórmula anterior, las emisiones de CO2 evitadas corresponden a 60.569 toneladas de CO2. (upme, 2014)

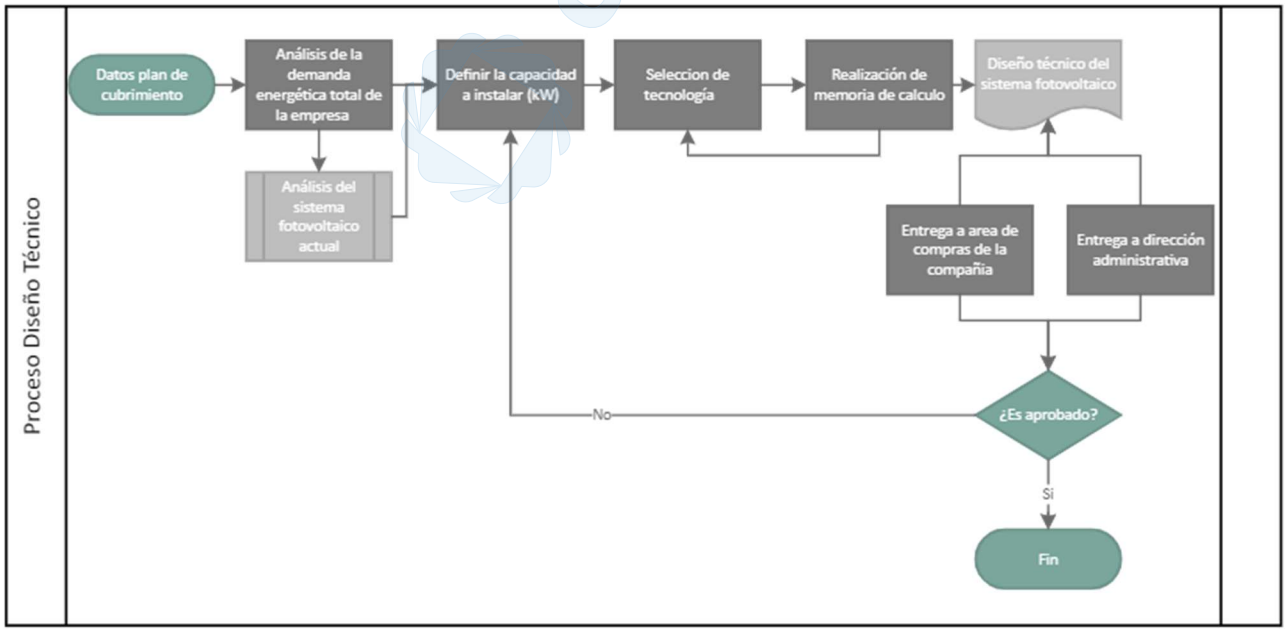
4.3 DIAGRAMAS DE PROCESO

Este apartado se enfoca en los "Diagramas de Proceso" que son esenciales para visualizar de manera clara y concreta el proceso de construcción y rediseño del proyecto. Estos diagramas nos permiten comprender en detalle lo que se planea hacer y cómo se llevará a cabo. Aquí, en este apartado, se plasmarán estos diagramas que representan el enfoque de rediseño para satisfacer la demanda energética de la empresa Gran Américas Usme S.A.S., considerando diferentes escenarios y fases.

4.3.1 PROCESO DE DISEÑO TÉCNICO

El proceso de diseño técnico se genera a partir del análisis del plan de cubrimiento acordado para cumplir con la demanda energética de la empresa Gran Américas Usme S.A.S. En este se define las capacidades requeridas y, una vez establecidas, se procede a la adquisición de la tecnología necesaria para llevar a cabo el proyecto de rediseño. La Ilustración 10 muestra un diagrama del proceso de diseño técnico.

Ilustración 10 Proceso de diseño técnico



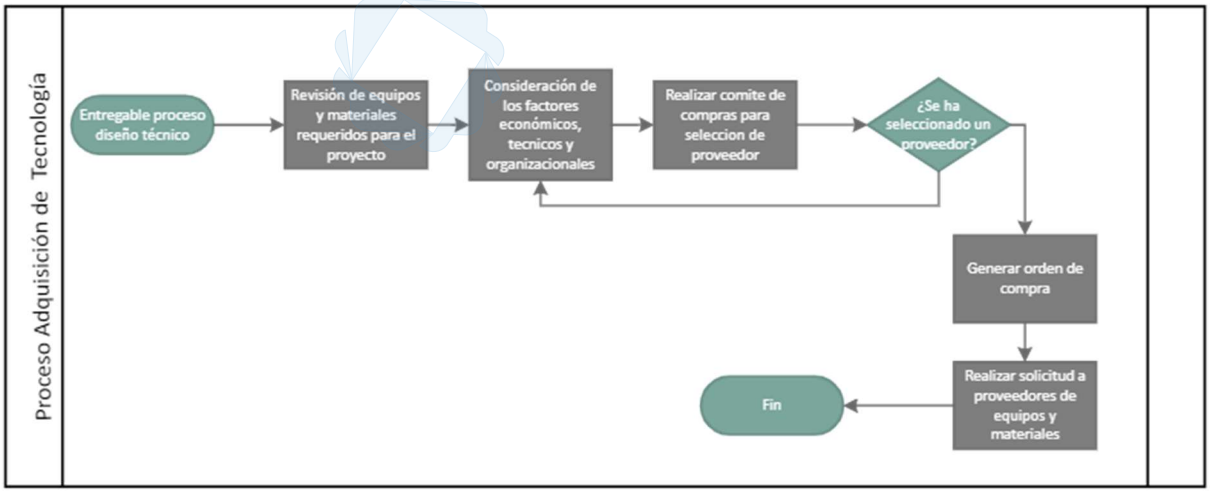
Fuente: Elaboración propia Software: Visio 2023

El proceso de diseño técnico culmina con la entrega del diseño técnico del sistema fotovoltaico. Este documento incluye especificaciones técnicas, cálculos de capacidad y diagramas. Estos elementos son esenciales para garantizar que el proyecto de rediseño del sistema fotovoltaico de Gran Américas Usme S.A.S. se lleve a cabo de manera efectiva y eficiente.

4.3.1 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍA

El proceso de adquisición de tecnología desempeña un rol esencial en la implementación exitosa de los diseños eléctricos previamente desarrollados. Este proceso se encarga de gestionar la obtención de los equipos necesarios, incluyendo conductores, paneles, inversores y otros componentes vitales. Para ello, se desglosa en varias etapas esenciales, comenzando con la identificación de las necesidades específicas para el proyecto. A continuación, se lleva a cabo un análisis de las diversas opciones tecnológicas disponibles para asegurar la elección más adecuada. La selección final de la tecnología se realiza considerando los requisitos planteados en el rediseño propuesto. tal como se muestra en la Ilustración 12.

Ilustración 11 Proceso de adquisición de tecnología



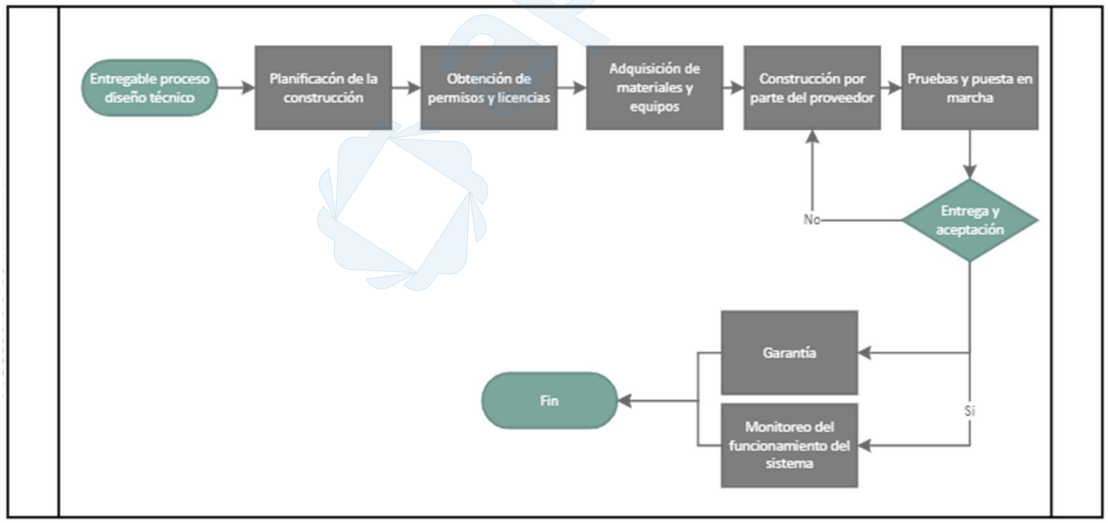
Fuente: Elaboración propia Software: Visio 2023

Al seguir el proceso correctamente, la empresa puede garantizar que el sistema fotovoltaico final sea eficiente, rentable y compatible con los procesos y sistemas de la empresa.

4.3.1 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Este proceso de construcción, que se encuentra representado en la Ilustración 12, abarca una serie de etapas interdependientes que van desde la planificación inicial hasta la entrega final del sistema. En la etapa de planificación de la construcción, se establece un plan que define las actividades y el calendario de la obra, y que debe contar con la aprobación de la empresa antes de iniciar la construcción. A continuación, se gestionan los permisos y licencias esenciales para la ejecución del proyecto. Posteriormente, en la fase de construcción, se llevan a cabo las obras siguiendo los diseños previamente definidos. Una vez finalizada la construcción, se procede a realizar pruebas y puesta en marcha del sistema fotovoltaico. Finalmente, se concreta la entrega y aceptación del sistema, marcando el cierre de este proceso.

Ilustración 12 Proceso de construcción



Fuente: Elaboración propia Software: Visio 2023

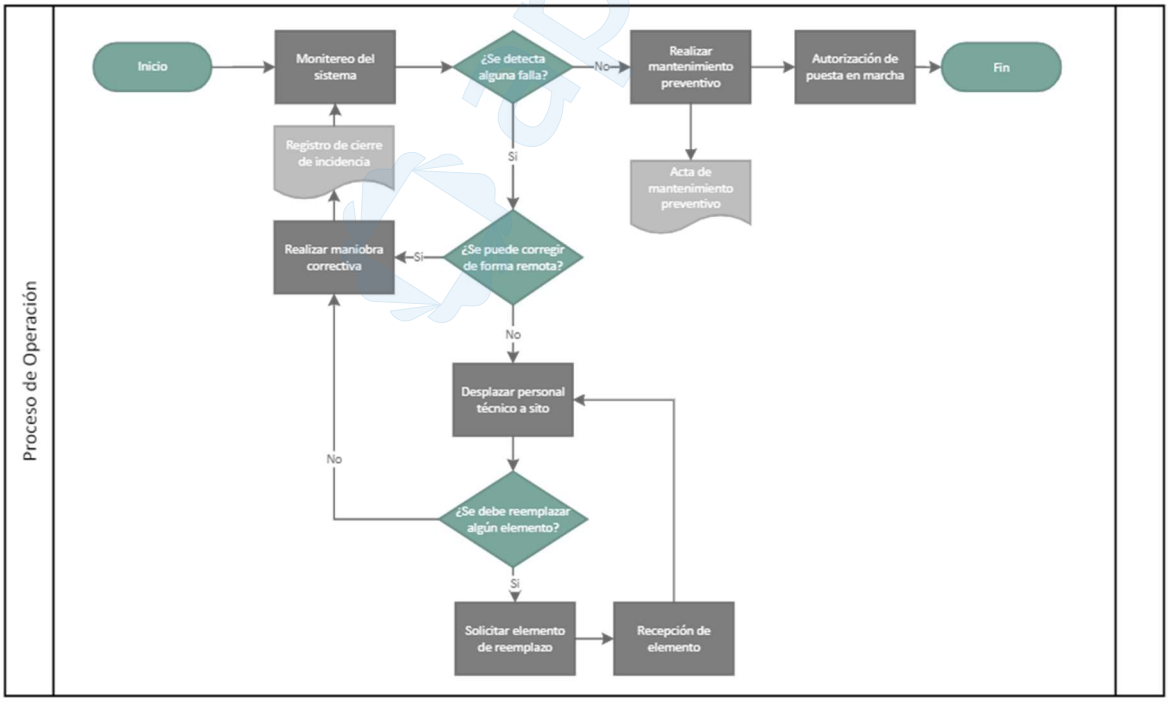
La adaptación de los procesos del diagrama a las necesidades específicas del proyecto, teniendo en cuenta factores como la demanda energética restante, el rendimiento del sistema actual y los requisitos normativos, es fundamental para asegurar el éxito de la

construcción. Este proceso, que implica la coordinación de múltiples actividades y una gestión eficiente, jugará un papel crucial en la implementación efectiva del sistema fotovoltaico rediseñado y en la satisfacción de las necesidades energéticas de la empresa.

4.3.1 PROCESO DE OPERACIÓN

La operación efectiva de un sistema fotovoltaico es esencial para garantizar un suministro de energía confiable y eficiente, como se ilustra en la Figura 13. Este proceso se compone de una serie de etapas definidas. En primer lugar, la etapa de monitoreo del sistema se encarga de supervisar constantemente el rendimiento y los parámetros de funcionamiento para detectar posibles problemas. Una vez que se detecta una incidencia, se registra y se inicia una etapa de maniobra correctiva para resolver el problema. En esta fase, se determina si la corrección puede realizarse de forma remota o si se requiere enviar personal técnico al sitio. En caso de ser necesario, se solicitan los elementos y repuestos necesarios para reemplazar componentes defectuosos y se considera la posibilidad de solicitar garantía al proveedor.

Ilustración 13 Proceso de operación



Fuente: Elaboración propia Software: Visio 2023

Cada uno de estos pasos se adapta a las necesidades del proyecto de rediseño del sistema fotovoltaico, asegurando un funcionamiento óptimo del sistema y cumpliendo con las demandas energéticas de la empresa

4.4 TAMAÑO DEL SISTEMA

Este apartado tiene como objetivo definir el tamaño de las áreas que involucra el proyecto, los elementos que cubre y cómo interactúa cada elemento entre sí. El tamaño del sistema fotovoltaico se definió con base en la potencia del sistema, que se determinó en función de la demanda energética de la empresa. El tamaño del sistema también está influenciado por otros factores, como la ubicación del sistema, el tipo de paneles solares, el tipo de inversor, la longitud del cableado y el tamaño del equipo de monitoreo. Los espacios necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico incluyen espacio para los paneles solares, el inversor, el cableado, el equipo de monitoreo y el mantenimiento.

Cálculo del área de instalación del sistema fotovoltaico

Se define el espacio necesario para la instalación del sistema fotovoltaico.

Tabla 21 Área de instalación sistema fotovoltaico

Ítem	Cantidad	Dimensión individual (mm)	Área Total m²
Panel Fotovoltaico	102	1134X1700X4	196,635
Inversor	1	690X520X290	0,3644
Área Total m² sin factores			196,99
Área de circulación 1,5%			2,9549
Área de mantenimiento 1,5%			2,9549
Área Total m² con factores			202,8997

Fuente: Elaboración propia.

Según los cálculos realizados en el estudio de mercado, se puede concluir que el área disponible en los contenedores es suficiente para alojar el sistema fotovoltaico propuesto. Con un área total requerida de 202,8997 m², y considerando factores como el área de circulación y el área de mantenimiento, que suman un 3% adicional. Esto demuestra que la

instalación del sistema fotovoltaico puede llevarse a cabo sin problemas en el espacio disponible en los contenedores.

Interacción de los elementos del sistema:

En esta sección, se describe cómo los componentes del sistema fotovoltaico trabajan en conjunto para generar, convertir y suministrar energía eléctrica.

Paneles solares: Estos dispositivos capturan la energía solar y la convierten en energía eléctrica a través de células fotovoltaicas, que transforman la luz solar en electricidad.

Inversor: El inversor desempeña un papel clave al convertir la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada en hogares y empresas.

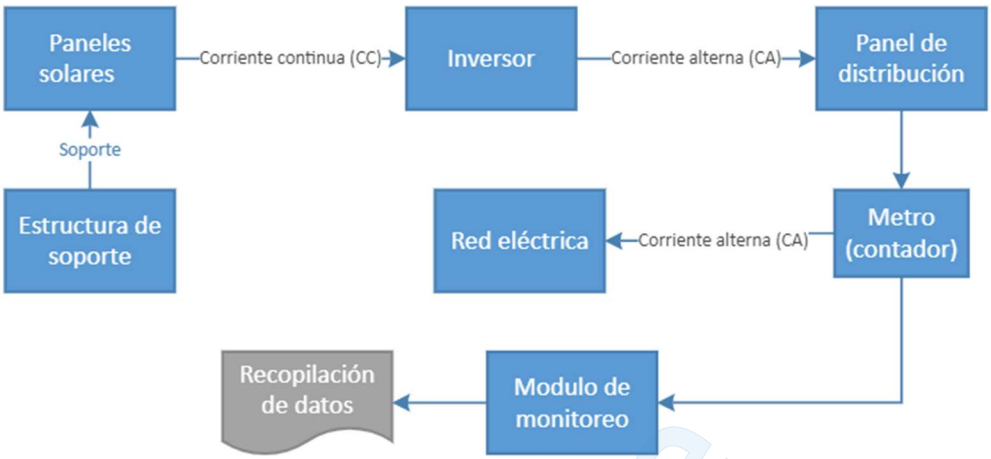
Estructura de soporte: La estructura de soporte tiene la función de mantener los paneles solares en su lugar, asegurándose de que sean lo suficientemente resistentes para soportar el peso de los paneles y las condiciones climáticas adversas.

Los paneles solares generan electricidad en forma de corriente continua (CC), que luego es convertida en corriente alterna (CA) por el inversor. La estructura de soporte asegura la estabilidad de los paneles. Los conectores facilitan la interconexión entre los paneles solares y el inversor. El cableado transporta la energía eléctrica desde los paneles solares al inversor, mientras que el módulo de monitoreo recopila datos cruciales sobre el rendimiento del sistema fotovoltaico.

Módulo de monitoreo: Este componente se encarga de recopilar información sobre el rendimiento del sistema fotovoltaico, lo que permite supervisar su funcionamiento y detectar posibles problemas.

El conjunto de interacciones mencionado se representa en el diagrama de flujo ilustrado en la Figura 9.

Figura 9 Diagrama de interacción entre los elementos del sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia.

Comprender esta interacción es necesario para el diseño, la instalación y el mantenimiento del sistema fotovoltaico.

4.5 RECURSOS

El cálculo de los recursos necesarios para la implementación del proyecto es realizado con base en las adecuaciones de infraestructura y los elementos necesarios del sistema que permitan dar cumplimiento al plan de cobertura planteado anteriormente.

El recurso humano es indispensable para la materialización del proyecto, ya que estos son los especialistas encargados de la instalación y estructuración de los nuevos paneles fotovoltaicos y la estructura necesaria para su ubicación. Dentro de este análisis se dará una propuesta del equipo humano necesario para abordar la ejecución del proyecto; los cuales deben cumplir ciertos requisitos profesionales para asegurar el éxito de la operación.

Ahora bien, es importante resaltar que la ejecución del proyecto será realizada por el proveedor escogido en el análisis de mercados. Este tendrá como obligación contratar al personal más idóneo para la ejecución de las actividades. Esto indica que los responsables de la contratación y escogencia del personal está a cargo del proveedor encargado de ejecutar el proyecto.

De acuerdo con lo anterior, la empresa contratante debe asegurar un correcto seguimiento y control de las actividades realizadas por el proveedor. Asi que dentro de este análisis se generará el personal necesario para ejecutar estas actividades relacionadas a la interventoría del proyecto.

Tabla 22 Talento humano requerido en las dos fases del proyecto

Cargo/ Escenario	Optimista	Realista	Pesimista
Coordinador de infraestructura	1	1	1
Coordinador Ambiental	1	1	1
Interventor del proyecto	2	1	1
Coordinador SST	2	1	1
Auxiliares HSEQ	4	4	2
Gestor de proyecto	2	2	1
Coordinador comercial	1	1	1
TOTAL	13	13	8

Fuente: Elaboración propia

En la tabla número 21 se puede observar el talento humano necesario y disponible dentro de la organización para realizar las actividades de control y gestión de la ejecución del proyecto.

Este equipo se encuentra conformado por un talento humano interdisciplinar con el fin de mejorar la cobertura en las variables que pueden afectar la materialización de este. A continuación, se dará un breve contexto de las funciones a realizar por cada uno de los cargos propuestos.

Coordinador de infraestructura: El líder del proceso de infraestructura es un recurso indispensable para la correcta ejecución del proyecto, teniendo en cuenta que es el encargado de los temas estructurales del centro de operaciones. Este tiene acceso a toda la información pertinente de los mapas eléctricos, mapas de los lotes, fichas técnicas de las estructuras existentes en el centro de operaciones y personal a cargo que se encargará del seguimiento a las adecuaciones locativas y eléctricas realizadas por el proveedor. Este cargo debe estar ocupado por una persona que cumpla con la profesión solicitada en el perfil de cargo, el cual indica que debe ser profesional en ingeniería civil, o arquitectura.

Coordinador ambiental: El líder del proceso ambiental es el encargado de velar la seguridad del patio en materia de riesgos ambientales. Su importancia en el proyecto es indispensable, ya que es uno de los encargados de gestionar los permisos pertinentes ante las entidades regulatorias para la instalación de la ampliación del sistema fotovoltaico. Adicionalmente su personal a cargo tiene la obligación de realizar el seguimiento a los residuos generados por las actividades de obra. Este cargo debe ser ocupado por un profesional en áreas ambientales como administrador o ingeniero ambiental.

Interventor de proyecto: El interventor del proyecto es el encargado de velar por la correcta ejecución del proyecto, esto en términos de requerimientos contractuales, tiempos de ejecución, cumplimiento de requisitos de cargo de las personas encargadas de ejecutar el proyecto, recursos utilizados, y demás variables de importancia para el proyecto que surjan durante su ejecución. Esta persona debe tener experiencia en interventoría de proyectos energéticos o eléctricos, debe contar con certificación de interventor, la profesión en preferencia en áreas de ingeniería.

Coordinador de SST: El coordinador de SST es el encargado de velar por la seguridad de los trabajadores encargados de ejecutar las actividades, adicionalmente debe controlar y vigilar el cumplimiento de los requisitos legales vigentes en el territorio colombiano. El personal a su cargo es el encargado de realizar las inspecciones de obra y velaran por el cumplimiento de los requerimientos de SST necesarios para su ejecución como lo son exigencia de permisos de alturas, uso de EPP´s y demás requisitos contractuales. La persona que este en el cargo debe contar con titulación profesional en materia de seguridad y salud en el trabajo con su respectiva licencia.

Auxiliares HSEQ: Los auxiliares de HSEQ son los encargados de realizar las inspecciones de obra durante la ejecución del proyecto. Estos velaran por el cumplimiento de las normativas de patio en materia de SST y gestión ambiental. La persona encargada de realizar estas actividades deberá cumplir con el perfil de cargo, teniendo como mínimo titulación de tecnólogo y licencia de SST.

Gestores de proyecto: Son los encargados de realizar la logística del proyecto, realizando acompañamiento al proveedor encargado de la ejecución del contrato. Adicionalmente es el encargado de consolidar la información necesaria y pertinente para la formulación y evaluación del proyecto. La formación de esta persona debe ser profesional especialista en gestión de proyectos.

Coordinador comercial: El coordinador comercial es el encargado de realizar las negociaciones con el proveedor asignado para la ejecución del proyecto, este velará por que los presupuestos asignados por la dirección sean los suficientes para la materialización del objetivo del proyecto. Por otro lado, generar los contratos y solicitar a las partes interesadas de la organización la revisión de este. El coordinador debe cumplir con titulación profesional en áreas administrativas.

4.5.1 RECURSOS TECNOLÓGICOS

Los recursos tecnológicos necesarios para la ejecución del proyecto serán designados a los encargados del seguimiento y control de la operación. Los recursos tecnológicos necesarios para la ampliación del sistema fotovoltaico deben ser suministrados por el proveedor encargado de materializar el proyecto.

Dentro del planteamiento, se agregarán las necesidades en hardware y software.

Tabla 23 Recursos tecnológicos necesarios para las dos fases del proyecto

Tipo de elemento	Descripción de elemento	Precio unitario	Cantidades		
			Optimista	Realista	Pesimista
Alquiler de PC	*Equipo PC	$ 150.000	13	4	4
	*Windows 10				
	*Procesador i5				
	*Memoria RAM 8GB				
	*Memoria interna 1 TB				
Servicios de telefonía móvil	* Plan de datos celulares	$ 60.000,00	4	3	1
Servicio de internet	*Servicio de internet corporativo	$ 150.000,00	1	1	1
Alquiler de impresora	*HP Laser Jet Tank 2602sdw	$ 450.000,00	1	1	1
Compra celular corporativo	Samsung A21 S	$ 600.000,00	4	3	1
* Equipos alquilados por mes					

Fuente: Elaboración propia

Las cantidades requeridas de insumos tecnológicos en la tabla número 22 presentan variaciones según el cargo y las necesidades de estos en las actividades a realizar. Se accede por alquilar algunos equipos para la ejecución del proyecto, esto con el objetivo de disminuir los costos de implementación.

4.6 MATERIALES

Para el desarrollo del proyecto se requieren materiales con especificaciones técnicas mínimas que aseguren su correcto funcionamiento. Esto relaciona los componentes mínimos que conforman la estructura de un sistema interconectado a la red; el cual tenga la capacidad de vincularse con la referencia ya implementada.

De acuerdo con los análisis realizados en el apartado del rediseño del sistema, se pudo concluir cuales son los materiales y/o componentes necesarios para la implementación de este. (Ver tabla 19)

Es importante aclarar que los materiales y/o componentes necesarios para la ejecución del rediseño del proyecto, deben ser declarados ante la unidad de planeación minero-energética (UPME) con el fin de oficializar y actualizar el estado de la organización en su caracterización de auto generador de energía a pequeña escala.

Es importante realizar esta declaración, ya que es una parte esencial en materia jurídica y de operación; teniendo en cuenta su característica principal de conectividad a la red pública.

El estimado de estos materiales busca cubrir la demanda energética generada por la infraestructura de soporte. Dentro de los cálculos se tuvo en cuenta variables como: desperdicios, capacidad necesaria de generación, tamaño de las celdas fotovoltaicas, número de inversores, etc. Adicionalmente, se relaciona la marca de los equipos, esto a modo de recomendación, ya que se hizo el respectivo análisis de los beneficios generados al adquirir los equipos con la marca especificada con el fin de generar una correcta relación entre el sistema ya implementado y los accesorios necesarios.

4.7 MACRO LOCALIZACIÓN

La macro localización para este proyecto se definirá mediante los datos de la ciudad y la localidad en donde se encuentran las instalaciones de la empresa Gran Américas Usme. Esto con el objetivo de caracterizar el sector y conocer con más detalle el área de influencia de la organización.

Con el fin de plasmar la información de manera más clara se presenta la tabla de caracterización predial.

Tabla 24 Caracterización predial

Caracterización predial	
Localización	
Ciudad	Bogotá
Localidad	Usme
Barrio	El Uval
Dirección	Calle 110 sur # 5A-45 Este
Limites prediales	
Norte	Predio "El Naranjal"
Sur	Predio "La Enramada"
Oriente	Calle 115 sur
Occidente	Calle 118 B Sur

Fuente: Gran Américas Usme

En la tabla número 23 se hace una descripción generalizada de la localización del centro de operaciones “El Uval” Como se puede observar este pertenece a la localidad de Usme adscrita a la ciudad de Bogotá; esta zona de la ciudad se caracteriza por tener cercanía a predios dedicados a la agricultura y ganadería, esto por su influencia local proveniente de la comunidad de Usme pueblo, el cual se encuentra a menos de 10 kilómetros de la ubicación de la infraestructura de soporte.

Los predios aledaños en su mayoría son utilizados para actividades agrícolas, como el cultivo de hortalizas, frutas, vegetales, ganadería, etc.

De acuerdo con el mapa de radiación de Bogotá, la localidad de Usme cuenta con un promedio histórico de radiación solar diaria cercano a los 4200 Wh/ m^2, situación que favorece a la implementación del proyecto, esto de acuerdo con algunos de los países que ya han adoptado esta tecnología en procesos industriales con éxito teniendo una media más baja que la de Bogotá.

4.8 MICRO LOCALIZACIÓN

Conociendo la localización general en donde se encuentra ubicado el centro de operaciones, es importante caracterizar internamente como se divide y cuáles son las utilidades que se le dan a cada uno de los predios.

Con el fin de transmitir la información con mejor claridad se presenta la tabla de caracterización predial interna del centro de operaciones El Uval.

Tabla 25 Caracterización predial interna centro de operaciones "El Uval"

Caracterización predial interna	
PREDIO "EL GALLINERO" AAA0143HELF	En este predio se realiza el proceso de inspección interna y externa de los vehículos previa a la salida en operación. Adicionalmente, se encuentra la zona administrativa asociada al proceso de operaciones y atención al usuario.
PREDIO "EL NARANJAL" AAA0143MXSY	Este predio cuenta con dos zonas de abastecimiento: 1. Gas Natural Vehicular: Se cuenta con una estación de servicio para suministro de GNV (VANTI) con 3 surtidores dobles y 6 bahías para abastecimiento de combustible. 2. Combustible Líquido: Se cuenta con una estación de servicio para el suministro de combustible Diesel con un (1) tanque de almacenamiento de 5000 Gal, un (1) surtidor doble manguera y un canopy con 4,5 m de alto. La extensión total de la EDS es de 72 m2.
PREDIO "EL TRIUNFO" AAA0143MUFT	En este predio se realiza la operación de lavado de flota, mantenimiento preventivo y correctivo de la flota vehicular adscrita a la Unidad Funcional 14 - Usme III con un total de 239 unidades.
PREDIO "SANTA ANA" AAA0142YONX	Este predio tiene utilidad en el parqueo vehicular ya que dispone de 28 cajones de parqueo para flota, 8 cajones para vehículos particulares y 10 cajones para motocicletas
Área total m2	13.627

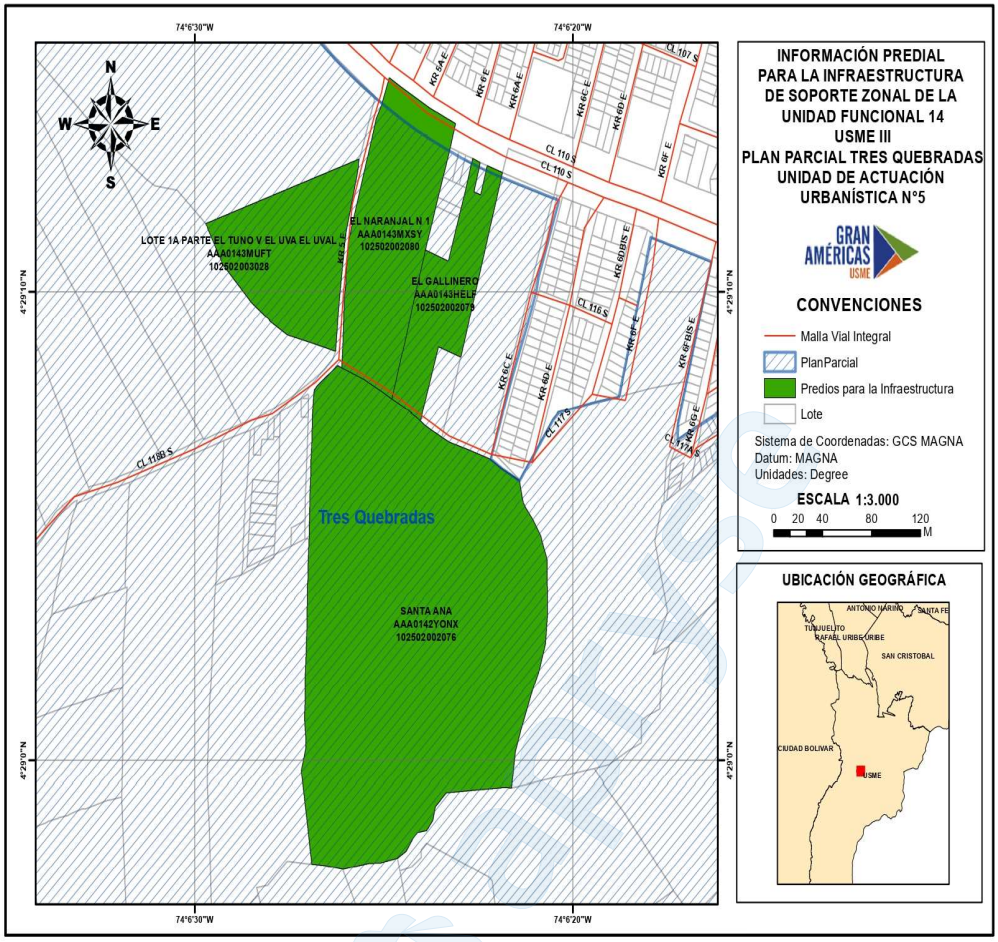
Caracterización predial interna	
GEORREFERENCIACIÓN	La infraestructura de soporte se encuentra ubicada en una zona de proyección agrícola e infraestructura para servicios de transporte urbano. Según el Plan Parcial "Tres Quebradas" (Decreto 438 de 2009) el uso de suelo en la zona establecida pertenece a ***"infraestructura de industria y servicios".***
	Coordenadas:
	Latitud: 4.4860208
	Longitud: -74.1068109

Fuente: Gran Américas Usme

En tabla número 24 se describe más detalladamente las actividades realizadas en los predios que conforman el centro de operaciones; es importante contemplar esta información ya que de manera cualitativa se puede determinar cuál es la demanda energética de cada uno de los predios con base en las actividades descritas anteriormente.

Por otro lado, es importante aclarar que el sistema de generación de energía fotovoltaica actual se encuentra ubicado en el predio “El triunfo”, esto respondiendo a las necesidades de la operación, ya que en este sector es donde se realizan las actividades de mantenimiento, por ende, es donde se utilizan las herramientas de mayor consumo energético.

Ilustración 14 Información predial infraestructura de soporte "El Uval"



Fuente: Gran Américas Usme

En la ilustración número 14 se puede observar la estructura actual del centro de operaciones. Dentro de este plano se pueden distinguir los polígonos que refieren a cada uno de los predios en donde se ejecutan las operaciones de la organización. Dentro de cada uno de los polígonos se realizará la instalación de la ampliación del sistema fotovoltaico, según corresponda el nivel de demanda generada por sus operaciones internas. Es importante aclarar que las fases iniciaran con los predios de mayor consumo, los cuales son gallinero y triunfo. Finalmente, en la fase dos se abordará el predio Santa Ana el cual se caracteriza por ser el sector de menor demanda energética de la infraestructura de soporte.

4.9 RESULTADOS.

La estructuración del apartado de ingeniería arrojo conclusiones necesarias para la ejecución metódica y técnica del proyecto de rediseño. Dentro de su estructura se definieron los equipos y especificaciones necesarias, espacio necesario y disponible dentro del centro de operaciones, recurso humano y tecnológico, para el seguimiento de la ejecución por parte del proveedor seleccionado.

Adicionalmente se establecieron las etapas y duración aproximada del proyecto, con el fin de identificar las actividades críticas y establecer los controles necesarios al momento de realizar el seguimiento al ejecutor de las actividades.

Este cálculo es indispensable para el estudio financiero, en el cual se calculará todos los egresos necesarios que tendrá asumir la compañía para abastecer los recursos necesarios enfocados al cumplimiento de los objetivos del proyecto.

A forma comparativa se establecieron dos alternativas de ejecución donde la número 1 se enfoca en realizar el proyecto de manera inmediata, asumiendo un CAPEX muy alto, motivo de la alta inversión necesaria para la compra y contratación de proveedores; la número 2 trata la ejecución por medio de fases; donde la etapa número uno espera satisfacer el 60% de la demanda faltante, en la etapa número dos se espera completar el 40% restante de la demanda energética no satisfecha, apoyándose en su mayoría en costos distribuidos en por medio de OPEX.

Medición de resultado:

Interventoría: De acuerdo con la finalidad del proyecto, la persona encargada en realizar la interventoría debe velar por el cumplimiento que determinará la viabilidad del proyecto, en relación con lo establecido en la normatividad vigente, los requisitos contractuales y requisitos técnicos mínimos establecidos en el presente documento. Este seguimiento se realizará bajo acta, donde las partes interesadas estarán dando seguimiento a las observaciones y sugerencias realizadas por la interventoría. Este control y seguimiento es indispensable, ya que disminuirá el riesgo de incumplimiento y por ende el riesgo de perdidas en la inversión realizada.

Entidades de control gubernamentales: Entidades como la UPME y la CREG son encargadas de dar el visto bueno a proyectos de esta tipología. Los conceptos técnicos aprobados y la remisión de los elementos utilizados para la materialización del proyecto son indicadores de cumplimiento y aseguramiento en términos de calidad, abastecimiento y cumplimiento legal.

Cronogramas: El cumplimiento de las actividades generadas en la ruta crítica y en cronograma, es un método de control y seguimiento al cumplimiento de los objetivos del proyecto. Adicionalmente el cumplimiento de estos tiempos asegura que los costos nos presenten variaciones representativas y no se incurra en reprocesos.

Presupuesto: Este elemento documental es determinante para dar control y seguimiento a los objetivos del proyecto. La medición de los egresos del presupuesto anticipa posibles alteraciones en las actividades proyectadas por cronograma, el cumplimiento de este genera una importancia sólida para determinar el éxito del proyecto.

Los resultados esperados después del análisis de ingeniería es abordar con éxito las variables técnicas, económicas, financieras y ambientales de la ejecución del proyecto; evitando reprocesos, gastos adicionales, perdida de inversión, y generación nuevos impactos ambientales. Adicionalmente presentar al grupo de inversionistas y gerencia de la empresa Gran Américas Usme, un proyecto viable en el tiempo de la concesión, demostrando la reducción de gastos operativos y el aumento de beneficios tributarios en sus utilidades. Adicionalmente posicionar la empresa de manera competitiva, mediante la implementación de tecnologías limpias que aportan al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

5. ESTUDIO ADMINISTRATIVO

5.1 MISIÓN

Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la ampliación del sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda energética total de la empresa Gran Américas Usme S.A.S. A través de un enfoque centrado en la identificación de áreas de alto consumo energético y el análisis de la demanda en el centro de operaciones 'El Uval', se esfuerza por proporcionar soluciones energéticas sostenibles y eficientes. Su valor agregado radica en la capacidad de ofrecer un enfoque integral que equilibra el impacto ambiental y la viabilidad financiera, promoviendo la generación de energía limpia y prácticas empresariales responsables

5.2 VISIÓN

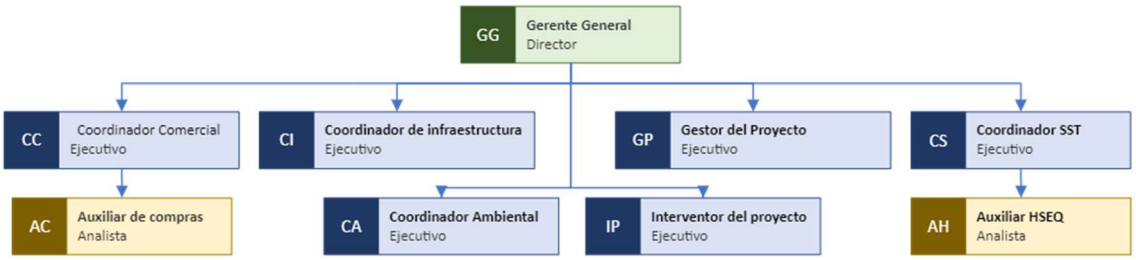
El proyecto busca convertirse en un referente en la implementación exitosa de soluciones energéticas sostenibles y eficientes en el sector de transporte de pasajeros. promoviendo el desarrollo sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la optimización de costos operativos A través de la ejecución exitosa del proyecto de ampliación del sistema fotovoltaico en el centro de operaciones 'El Uval' de la empresa Gran Américas Usme S.A.S., busca destacarse como un ejemplo de la utilización efectiva de energía limpia en el sector. Esta visión se materializa en el mediano plazo, promoviendo la generación de energía renovable en la localidad de Usme, Bogotá, Colombia, y contribuyendo de manera significativa a la sostenibilidad ambiental, económica y financiera.

5.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional del proyecto desglosa los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo. Esta sección presenta una visión general de los cargos, sus funciones

y las competencias requeridas. La organización jerárquica garantiza una ejecución efectiva y coordinada del proyecto.

Ilustración 15 Organigrama



Fuente: Elaboración propia

- **Gerente General:** Como líder máximo del proyecto, el Gerente General es responsable de supervisar y dirigir todas las operaciones y actividades. Esto incluye establecer los objetivos estratégicos, tomar decisiones clave, y representar al proyecto ante otras partes interesadas.
- **Coordinador de Infraestructura:** El Coordinador de Infraestructura planifica y coordina las actividades relacionadas con la ejecución de la obra, garantizando la continuidad del servicio. Además, proporciona información técnica y de infraestructura necesaria y supervisa la construcción y adecuación de la infraestructura metálica.

- **Coordinador Ambiental:** El Coordinador Ambiental se enfoca en el cumplimiento de los aspectos ambientales del proyecto, asegurando que se cuenten con los permisos necesarios. También se encarga de gestionar los permisos requeridos ante las entidades de control y supervisar la disposición adecuada de residuos.

- **Coordinador SST (Seguridad y Salud en el Trabajo):** El Coordinador SST asegura que se cumplan los permisos de trabajo en actividades de riesgo y genera los requerimientos de seguridad laboral. Además, verifica la documentación y el uso de equipos de seguridad en el proyecto.

- **Coordinador Comercial:** El Coordinador Comercial se encarga de la gestión logística en la adquisición de equipos y materiales, la generación de contratos con proveedores, y el seguimiento de los servicios postventa proporcionados por el contratista.

- **Auxiliar de Compras:** En colaboración con el Coordinador Comercial, el Auxiliar de Compras busca, adquiere y gestiona la logística de equipos y materiales, además de ayudar en la gestión de contratos y el seguimiento de servicios postventa.

- **Interventor del Proyecto:** El Interventor del Proyecto supervisa la correcta ejecución del proyecto, incluyendo el cumplimiento del cronograma y los requisitos contractuales, así como el uso adecuado de equipos y materiales según el contrato. Además, realiza el seguimiento de aspectos normativos, como RETIE y legislación en energías renovables.
- **Gestor de Proyecto:** El Gestor de Proyecto planifica, ejecuta, controla y cierra el proyecto, realizando un seguimiento completo a las actividades planificadas y comunicando el estado y avances del proyecto a las partes interesadas.

- **Auxiliares HSEQ (Higiene, Seguridad y Calidad Ambiental):** Los Auxiliares HSEQ realizan inspecciones de campo para verificar el cumplimiento de los requisitos en seguridad, salud en el trabajo y ambiente, además de representar a la organización en aspectos de control y garantizar el cumplimiento normativo.

5.4 COMPETENCIAS

En la tabla número 26 se observa las funciones básicas y las competencias mínimas necesarias para poder realizar las actividades del proyecto con éxito.

Tabla 26 Competencias

Cargo	Función	Competencia
Coordinador de infraestructura	Planear, organizar, dirigir y controlar las actividades relacionadas a la ejecución	Ingeniero civil o arquitecto, con experiencia en construcción y adecuación

Cargo	Función	Competencia
	de la obra. Velando por la continuidad del servicio dentro del centro de operaciones. Adicionalmente será el encargado de entregar la información pertinente en materia de infraestructura como lo son: Planos eléctricos, planos del patio, información técnica de la infraestructura disponible.	de infraestructura metálica. Conocimientos específicos en AutoCAD, Excel, y presupuestos. Habilidades especificas en comunicación asertiva, liderazgo, creatividad, proactividad y trabajo en equipo.
Coordinador Ambiental	Encargado de realizar el seguimiento al contratista en materia ambiental, verificando que se cuenten con todos los permisos y licencias necesarias para realizar el proyecto. Adicionalmente estará encargado de realizar los permisos necesarios para suscribir el proyecto en las entidades de control interesadas (CREG, UPME, ENEL-CODESA) esto con el acompañamiento del equipo dado por el contratista encargado del proyecto. Por otro lado, velara por la correcta disposición y tratamiento de residuos generados en el proyecto.	Administrador ambiental, Ingeniero ambiental o carreras a fines con experiencia en energías renovables, trato con entidades de control, conocimiento en legislación ambiental, generación y control de indicadores. Conocimientos en presupuestos y paquetes ofimáticos. Habilidades especificas en comunicación asertiva, liderazgo, creatividad, proactividad y trabajo en equipo.
Interventor del proyecto	Encargado de velar por la correcta ejecución del proyecto en variables como: cumplimiento de cronograma, uso de equipos y materiales establecidos en el contrato, cumplimiento de requisitos en materia de RETIE, correcto uso del espacio	Ingeniero eléctrico con certificación de interventor, experiencia en seguimiento y control de proyectos de construcción de energías renovables o tradicionales. Conocimientos en presupuestos, control de tiempos, RETIE, paquetes ofimáticos, legislación en

Cargo	Función	Competencia
	disponible para la instalación de los equipos, y otros requisitos que puedan ser materia de seguimiento.	materia de energías renovables. Habilidades especificas en comunicación asertiva, liderazgo, creatividad, proactividad y trabajo en equipo.
Coordinador SST	Encargado de avalar todos los permisos de trabajo generados en las actividades de implementación como: trabajos en alturas y trabajos en caliente. Adicionalmente es el encargado de generar todos los requerimientos en materia de seguridad laboral para poder ejecutar las actividades; será encargado de revisar toda la documentación referente a los equipos de altura y trabajo utilizados en la ejecución del proyecto.	Profesional en seguridad y salud en el trabajo con licencia, curso de alturas básico y coordinador. Experiencia en construcción e intervenciones de redes de alto voltaje. Conocimiento en permisos de trabajo en alturas y trabajo en caliente, legislación de seguridad y salud en el trabajo, paquetes ofimáticos. Habilidades especificas en comunicación asertiva, liderazgo, creatividad, proactividad y trabajo en equipo.
Auxiliares HSEQ	Encargados de realizar todas las inspecciones de campo con el objetivo de verificar el cumplimiento de los requerimientos en materia de seguridad y salud en el trabajo y ambiente. Son los representantes de la organización en materia de control.	Profesional, tecnólogo o técnico en HSEQ con licencia de seguridad y salud en el trabajo y curso de alturas. Experiencia en seguimiento y control de actividades de construcción e intervenciones a equipos eléctricos. Conocimiento en permisos de trabajo en alturas y trabajo en caliente, legislación de seguridad y salud en el trabajo, gestión de residuos, paquetes ofimáticos. Habilidades especificas en comunicación asertiva, liderazgo, creatividad,

Cargo	Función	Competencia
		proactividad y trabajo en equipo.
Gestor de proyecto	Encargado de la planificación, ejecución, control y cierre del proyecto; dentro de sus funciones existe realizar un seguimiento completo a las actividades planificadas, controlar que la ejecución realizada sea bajo los términos esperados. Adicionalmente es el encargado de comunicar el estado y los avances del proyecto a todas las partes interesadas.	Profesional con especialización o maestría en gestión de proyectos. Experiencia en generación de proyectos energéticos, planeación, presupuestos, control de actividades, legislación. Conocimientos en presupuestos, paquetes ofimáticos, Proyect, Power BI. Habilidades especificas en comunicación asertiva, liderazgo, creatividad, proactividad y trabajo en equipo.
Coordinador comercial	Encargado de la logística en búsqueda y contacto del contratista, generación de contratos en acompañamiento de los profesionales jurídicos de la compañía, cumplimiento en tiempos de adquisición y traslado de equipos. Adicionalmente será el encargado de verificar que los equipos comprados sean los exigidos contractualmente, y de dar seguimiento a los servicios postventa prestado por el contratista.	Profesional en áreas financieras, con experiencia en compras y manejo de presupuestos. Conocimientos en búsqueda, tratamiento y logística con proveedores, paquetes ofimáticos, Proyect, Power BI. Habilidades especificas en comunicación asertiva, liderazgo, creatividad, proactividad y trabajo en equipo.

Fuente: Elaboración propia

El objetivo de identificar las funciones y competencias necesarias del personal encargado tiene como objetivo establecer los alcances y responsabilidades de cada uno. Es importante aclarar que los cargos técnicos y especialistas encargados de la construcción y modificación de la estructura técnica, eléctrica y civil son establecidos por el contratista según los requerimientos del contrato.

Es importante que el equipo cuente con ciertas habilidades de comunicación asertiva, conocimiento técnico, trabajo en equipo, liderazgo, respeto y puntualidad, entre otras; esto con el objetivo de generar sinergia entre los integrantes y dar cumplimiento a las metas y objetivos del proyecto con un excelente clima organizacional.

5.5 INFORMACIÓN

El proceso de contratación para la implementación del proyecto será realizado por el proceso de talento humano de la compañía. Es importante aclarar que varios de los cargos mencionados en la tabla 26 ya se encuentran cubiertos por personal de planta. Los cargos que aún no se encuentran cubiertos son: Gestor de proyecto e Interventor del proyecto.

Para esto se solicitará al proceso de talento humano el requerimiento del cargo, el cual tendrá un contrato definido respecto a la duración del proyecto.

Tabla 27 Especificaciones administrativas

Tipo de contrato	Prestación de servicios
Permanencia en el cargo	La duración estará en función a la duración y requerimiento del cargo dentro del proyecto. Se tendrá un periodo de prueba de 3 meses con el fin de identificar la idoneidad de la persona que se encuentra en la ejecución de sus funciones.
Horario	La jornada laboral está establecida en función al cumplimiento de la normativa laboral vigente (48 horas semanales). - Lunes- viernes y Sábados - 7:30 AM- 5:30 PM - Sábados: 8:00 AM- 11:00 AM Si se requieren horas extra, se estipulará en el contrato la disponibilidad y su respectiva remuneración establecida en la normativa.
Disponibilidad de viajar	No.
Disponibilidad cambio de residencia	No.

Fuente: Elaboración propia

5.6 IMPACTO LABORAL

El proyecto no relaciona gran impacto laboral dentro de la organización ni dentro de la zona de influencia. Esto de acuerdo con el tipo de vinculación y la metodología de ejecución. El contratista de contar con una planta especializada en instalaciones eléctricas y fuentes de energía no convencional; lo cual debe ser subsanado directamente por su organización y se desconoce la demanda laboral del contratista que gane la licitación.

Por parte de Gran Américas Usme, se ofertarán las dos vacantes disponibles para la ejecución del contrato, enfocando los esfuerzos de búsqueda dentro la localidad de Usme, con el objetivo de vincular a la comunidad que se encuentra dentro del área de influencia de las actividades realizadas por la organización, con el fin de promover el empleo digno en el territorio.

En el estudio administrativo se determinaron dos importantes factores para la ejecución del proyecto como lo son la visión y la misión. Adicionalmente se establecieron los perfiles y cargos administrativos requeridos para dar control a las actividades realizadas por el contratista. Donde se definieron sus responsabilidades y alcances del cargo que van a ejecutar. La importancia de definir la malla profesional tiene como objetivo unir a un equipo interdisciplinar y comprometido, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos y metas establecidas por el proyecto.

6. ESTUDIO ECONÓMICO - FINANCIERO

Este capítulo evalúa la viabilidad y rentabilidad del proyecto de rediseño del sistema fotovoltaico de la empresa Gran Américas Usme S.A.S., considerando los costos de inversión, operación y mantenimiento, los ingresos, el flujo de caja y el análisis de sensibilidad.

6.1 SUPUESTOS

En el proceso de evaluación económico-financiera de este proyecto, se han considerado una serie de supuestos y factores clave que influyen en los resultados y la viabilidad financiera. Estos supuestos se basan en datos disponibles y proyecciones razonables. A continuación, se detallan los supuestos utilizados:

- El estudio financiero se realiza a lo largo de un horizonte de planeación de 10 años, lo cual corresponde a la duración estimada de los contratos de concesión de TransMilenio en Bogotá. Dado que la duración de estos contratos puede variar, se ha optado por un período de 10 años como base para el análisis financiero.

- Se han aplicado los beneficios tributarios establecidos en La Ley 1715 de 2014 para reducir el costo de inversión en proyectos relacionados con el uso de fuentes no convencionales de energías renovables y la gestión eficiente de la energía. Estos beneficios incluyen la reducción de impuestos durante un período de 15 años a partir del año siguiente a la entrada en operación de la inversión. Además, se establece la depreciación acelerada de los equipos destinados a la generación del sistema solar fotovoltaico en un plazo de 5 años. También se otorga la exoneración del Impuesto al Valor Agregado (IVA) del 19% para los productos relacionados con proyectos de energías renovables y uso eficiente de energía (Ley 1715 de 2014 Colombia).

- La Tasa Representativa del Mercado (TRM) utilizada en el proyecto corresponde al valor promedio en el mes de octubre de 2023, con un promedio de $3.975,09 por dólar. Esta tasa se ha mantenido constante durante el análisis financiero (BANCO DE LA REPÚBLICA | COLOMBIA, 2023).

- El impuesto de renta se ha fijado en un 30% para los años evaluados, desde 2023 hasta 2032, que es el período de análisis financiero.

- Los ingresos generados por el proyecto se han determinado considerando el valor históricamente reconocido por kWh. Se parte del supuesto de que este valor no experimentará variaciones significativas a lo largo del período de 10 años.

- La proyección de los sueldos del personal involucrado en el proyecto se ha estimado año tras año, tomando como base el aumento porcentual de los años anteriores. Se ha calculado un aumento promedio del 8.13% anual.

- En el caso base de análisis, se ha considerado un apalancamiento financiero del 50% de la inversión inicial requerida para el proyecto.

6.2 COSTOS

En esta sección se analizan en detalle los costos del proyecto, tanto directos como indirectos, en relación con el horizonte planeado. Los costos directos incluyen la adquisición de materiales y equipos, los pagos de nómina para el personal involucrado en el proyecto, la compra de terrenos, así como trámites legales como licencias ambientales y permisos. Además, se consideran los costos administrativos y los impuestos relacionados al proyecto. Estos costos se desglosarán en el flujo de caja para cada escenario del estudio financiero.

En la tabla 28 Se resumen los costos totales del proyecto. Es importante destacar que estos costos pueden variar según el período analizado en el estudio financiero, especialmente cuando la fase de ejecución concluye. Por lo tanto, se evaluaron estos costos cuidadosamente en función del horizonte temporal previsto para asegurar la sostenibilidad financiera del proyecto a lo largo de su ciclo de vida.

Tabla 28 Resumen costos totales del proyecto

Concepto	Periodo	Monto Total
Costos Directos		
Equipos	Inversión Inicial	$ 6,050,000.00
Materiales	Inversión Inicial	$152,494,000.00
Costos Indirectos		
Nomina	Ejecución	$ 48,202,424.00
Infraestructura Física	Inversión Inicial	$ 71,400,000.00
Certificaciones	Licenciamiento (5 Años)	$ 12,364,372.00
Servicios Administrativos	10 años	$139,676,895.98
Intereses Financieros	10 años	$200,265,890.11
Mantenimiento Sistema Fotovoltaico	10 años	$139,516,895.98
Total		$611,426,478.06

Fuente: Elaboración propia.

En las secciones posteriores se detallan los costos calculados en este apartado, como equipos, materiales, nomina e infraestructura.

6.3 INGRESOS

Los ingresos del proyecto se originan a través de la venta de energía eléctrica en el mercado interconectado nacional (SIN). Esta fuente de ingresos se basa en el valor establecido por kWh, como se detalla en el capítulo de mercado. El valor se ha calculado teniendo en cuenta el histórico de precios por kWh y utilizando el método de Suavizado Exponencial Simple

para proyectar el valor reconocido por kWh, como se muestra en la Tabla 28. Este valor ha mantenido una relativa estabilidad en los últimos años.

Tabla 29 Pronostico de valor reconocido por kWh.

Año	Pronostico
2023	913
2024	943
2025	974
2026	1.004
2027	1.034
2028	1.065
2029	1.095
2030	1.125
2031	1.156
2032	1.186
2033	1.216

Fuente: Elaboración propia.

Considerando la demanda futura calculada en el capítulo de estudio de mercado y el porcentaje promedio de exportación, que se mantiene en alrededor del 40.73%, según lo calculado en el plan de cubrimiento, multiplicamos estos valores para obtener los ingresos por exportación del sistema. Los valores en la tabla 29 muestran la relación entre la demanda futura, la exportación, el valor unitario reconocido y los ingresos por exportación para cada año:

Tabla 30 Ingresos Proyectados por Exportación Anual (2023-2032)

Año	Demanda Futura	Exportación	Valor Unitario Reconocido	Ingresos por exportación
2024	192790,00	77116,00	$ 943,32	$ 72.744.955
2025	229440,1	91776,04	$ 973,64	$ 89.356.561,37
2026	266090,2	106436,08	$ 1.003,96	$ 106.857.110,72
2027	302740,3	121096,12	$ 1.034,27	$ 125.246.603,02
2028	339390,4	135756,16	$ 1.064,59	$ 144.525.038,25
2029	375040,5	150016,20	$ 1.094,91	$ 164.254.451,85
2030	411690,6	164676,24	$ 1.125,23	$ 185.298.645,54

Año	Demanda Futura	Exportación	Valor Unitario Reconocido	Ingresos por exportación
2031	448340,7	179336,28	$ 1.155,55	$ 207.231.782,16
2032	484990,8	193996,32	$ 1.185,87	$ 230.053.861,72
2033	521640,9	208656,36	$ 1.216,19	$ 253.764.884,23

Fuente: Elaboración propia.

6.4 FLUJO DE CAJA

En la tabla 31 se presenta el flujo de caja realizado con base al horizonte de planeación de 10 años, en él se detallan los rubros tanto en ingresos como en egresos, el apalancamiento financiero correspondiente al 50% del valor de la inversión y los requerimientos de ley, así como los beneficios que se pueden utilizar para el cálculo

Tabla 31 Flujo de caja escenario base

	2023	2024	2025	2026	2027
Ingresos		$ 72.744.954,95	$ 89.356.561,37	$ 106.857.110,72	$ 125.246.603,02
Egresos (-)		-$ 9.494.444,40	-$ 10.282.483,29	-$ 11.135.929,40	-$ 12.060.211,54
Depreciación (-)		-$ 31.708.800,00	-$ 31.708.800,00	-$ 31.708.800,00	-$ 31.708.800,00
Intereses (-)		-$ 14.178.748,93	-$ 13.289.097,73	-$ 12.310.481,41	-$ 11.234.003,46
Flujo de caja antes de impuestos		$ 26.857.406,02	$ 44.358.663,64	$ 62.837.829,31	$ 82.303.799,56
Impuestos		$ 8.997.231,02	$ 14.860.152,32	$ 21.050.672,82	$ 27.571.772,85
Flujo de caja después de impuestos		$ 17.860.175,00	$ 29.498.511,32	$ 41.787.156,49	$ 54.732.026,71
Depreciación (+)		$ 31.708.800,00	$ 31.708.800,00	$ 31.708.800,00	$ 31.708.800,00
Amortización		$ 8.896.512,01	$ 9.786.163,21	$ 10.764.779,53	$ 11.841.257,48
Inversión Inicial	$ 283.574.978,67				
Recuperación del capital de trabajo					
Valor de salvamento					
Flujo de caja neto	-$ 283.574.978,67	$ 40.672.463,00	$ 51.421.148,11	$ 62.731.176,96	$ 74.599.569,22

Fuente: Elaboración propia.

	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Ingresos	$ 144.525.038,25	$ 164.254.451,85	$ 185.298.645,54	$ 207.231.782,16	$ 230.053.861,72	$ 253.764.884,23

Egresos (-)	-$ 13.061.209,10	-$ 14.145.289,45	-$ 15.319.348,47	-$ 16.590.854,40	-$ 17.967.895,31	-$ 19.459.230,62
Depreciación (-)	-$ 31.708.800,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
Intereses (-)	-$ 10.049.877,71	-$ 8.747.339,39	-$ 7.314.547,23	-$ 5.738.475,86	-$ 4.004.797,35	-$ 2.097.750,99
Flujo de caja antes de impuestos	$ 102.766.360,54	$ 155.507.112,46	$ 177.984.098,30	$ 201.493.306,30	$ 226.049.064,37	$ 251.667.133,23
Impuestos	$ 34.426.730,78	$ 52.094.882,68	$ 59.624.672,93	$ 67.500.257,61	$ 75.726.436,56	$ 84.308.489,63
Flujo de caja después de impuestos	$ 68.339.629,76	$ 103.412.229,79	$ 118.359.425,37	$ 133.993.048,69	$ 150.322.627,81	$ 167.358.643,60
Depreciación (+)	$ 31.708.800,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00	$ 0,00
Amortización	$ 13.025.383,23	$ 14.327.921,55	$ 15.760.713,71	$ 17.336.785,08	$ 19.070.463,59	$ 20.977.509,95
Inversión Inicial						
Recuperación del capital de trabajo						$ 5.870.800,00
Valor de salvamento						$ 12.000.000,00
Flujo de caja neto	$ 87.023.046,53	$ 89.084.308,23	$ 102.598.711,66	$ 116.656.263,61	$ 131.252.164,22	$ 164.251.933,65

Fuente: Elaboración propia.

En el flujo de caja del proyecto se consideraron los costos directos e indirectos, incluyendo certificaciones RETIE y mantenimientos para 10 años, y los ingresos estimados de la tabla 30. Esto se ajusta a la Ley 1715 de 2014, diseñada para impulsar proyectos de energía renovable.

A partir del sexto año, se aplican los beneficios tributarios de la Ley 1715 de 2014: hasta un 50% de la inversión realizada en un plazo de máximo 15 años, sin exceder el 50% de la inversión inicial. Además, el Artículo 14 de la misma ley permite la depreciación acelerada de equipos fotovoltaicos en 5 años.

6.5 ESCENARIOS

En función de los escenarios establecidos en mercados y junto con el tamaño del sistema, se han definido dos posibles configuraciones para el proyecto, las cuales se someterán a un estudio financiero detallado para evaluar sus beneficios y desventajas. Cada escenario presenta una estrategia distinta de generación de energía con el objetivo de satisfacer la demanda de manera eficiente. A continuación, se presentan los resultados y análisis financieros de estos dos escenarios:

- Escenario 1: Generación del 100% de la demanda inicial (191,249 kWh/año)

En el primer escenario, se plantea la generación continua del 100% de la demanda anual de 191,249 kWh. Esto implica una operación ininterrumpida con el objetivo de atender toda la demanda desde el principio. Los beneficios radican en ingresos estables a lo largo del año y una amortización más rápida de la inversión inicial. Sin embargo, este enfoque conlleva costos operativos y de mantenimiento continuos a lo largo del proyecto.

- Escenario 2: Generación parcial y posterior fase para el 100% de la demanda (111,881 kWh/año y fase adicional para llegar al 100%)

En el segundo escenario, se opta por una estrategia en dos fases. En la primera fase, se genera el 58.5% de la demanda anual, equivalente a 111,881 kWh, con una operación que comienza con menor capacidad. Esto implica costos iniciales más bajos y una mayor flexibilidad financiera durante la primera fase, pero con ingresos iniciales menores. La segunda fase busca completar la generación para satisfacer el 100% de la demanda, lo que conlleva costos adicionales en términos de generación y operación. La elección entre estos dos escenarios dependerá de las prioridades financieras, la capacidad de inversión y el tiempo del proyecto.

6.6 RECURSOS HUMANOS

En este apartado se presenta una tabla que muestra los cargos necesarios para el proyecto, la cantidad de personas en cada cargo y el costo de los recursos humanos. Los cargos necesarios para el proyecto se basan en la información proporcionada en el estudio administrativo. Los salarios se basan en los valores promedio para cada cargo en Colombia.

Tabla 32 Costo de sueldos de nómina mensual

Cargo	Total, básico	Aux de transporte	Total, Devengado
Gerente de Proyecto	$5,400,000.00	$-	$5,400,000.00
Coordinador de infraestructura	$2,500,000.00	$-	$2,500,000.00
Coordinador Ambiental	$3,500,000.00	$-	$3,500,000.00
Interventor del proyecto	$4,500,000.00	$-	$4,500,000.00
Coordinador SST	$3,000,000.00	$-	$3,000,000.00
Auxiliares HSEQ	$2,000,000.00	$-	$2,000,000.00
Gestor de proyecto	$4,000,000.00	$-	$4,000,000.00
Coordinador comercial	$3,200,000.00	$-	$3,200,000.00
Auxiliar de compras	$2,500,000.00	$-	$2,500,000.00
Ingeniero eléctrico	$3,800,000.00	$-	$3,800,000.00
Diseñador eléctrico	$3,000,000.00	$-	$3,000,000.00
Técnico electricista	$1,800,000.00	$-	$1,800,000.00
Auxiliar electricista	$1,160,000.00	$140,606.00	$1,300,606.00
Auxiliar electricista	$1,160,000.00	$140,606.00	$1,300,606.00
Auxiliar electricista	$1,160,000.00	$140,606.00	$1,300,606.00
Auxiliar electricista	$1,160,000.00	$140,606.00	$1,300,606.00
Técnico electricista	$1,800,000.00	$-	$1,800,000.00
Auxiliares HSEQ	$2,000,000.00	$-	$2,000,000.00
	$ 47,640,000	**$ 562,424**	**$ 48,202,424**

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la nómina del personal, se consideraron los siguientes factores: el auxilio de transporte para los empleados a quienes les aplica este ítem, los pagos de salud y pensión generados tanto por el empleador como por el empleado, los aportes de ARL, Caja de Compensación, cesantías, primas, intereses de cesantías y vacaciones que el empleador debe cubrir. La tabla 31 que se presenta a continuación muestra el total neto a pagar para la cantidad total de personal.

Tabla 33 Total neto a pagar para la cantidad total de personal

Seguridad Social	%	Valor
Salud	8.5%	$ 4,049,400
Fondo de Pensiones	12%	$ 5,716,800
ARL (riesgos laborales)	0.522%	$ 248,681
Total Seguridad Social		**$ 10,014,881**
Parafiscales	**%**	**Valor**
Caja Compensación Familiar	4%	$ 1,905,600
ICBF	3%	$ 1,429,200
SENA	2%	$ 952,800
Total, Parafiscales		**$ 4,287,600**
Provisiones Prest. Soc. y Vac.	**%**	**Valor**
Cesantías	8.33%	$ 4,015,262
Intereses sobre cesantías	1%	$ 40,153
Prima	8.33%	$ 4,015,262
Vacaciones	4.17%	$ 1,986,588
Total prestaciones sociales		**$ 10,057,264**
Total a cargo del empleador		**$ 24,359,745**

Fuente: Elaboración propia.

Estos cargos solo se considerarán en la inversión inicial, ya que están relacionados con la ejecución del proyecto de ampliación. Una vez que el proyecto esté en funcionamiento, se contemplarán únicamente los cargos que se detallan en la tabla 32, los cuales serán proyectados a lo largo de los 10 años del proyecto.

Tabla 34 Cargos posterior a la proyección

Cargo	Total básico	Aux de transporte	Total Devengado
Ingeniero eléctrico	3,800,000 $	-	3,800,000.00 $
Técnico electricista	1,800,000 $	-	1,800,000.00 $
	$ 5,600,000	**$ 0**	**$ 5,600,000**
Seguridad Social	**%**	**Valor**	
Salud	8.5%	$ 4,049,400	
Fondo de Pensiones	12%	$ 5,716,800	
ARL (riesgos laborales)	0.522%	$ 248,681	
Total Seguridad Social		**$ 10,014,881**	
Parafiscales	**%**	**Valor**	

Cargo	Total básico	Aux de transporte	Total Devengado
Caja Compensación Familiar	4%	$ 1,905,600	
ICBF	3%	$ 1,429,200	
SENA	2%	$ 952,800	
Total, Parafiscales		**$ 4,287,600**	
Provisiones Prest. Soc. y Vac.	**%**	**Valor**	
Cesantías	8.33%	$ 4,015,262	
Intereses sobre cesantías	1%	$ 40,153	
Prima	8.33%	$ 4,015,262	
Vacaciones	4.17%	$ 1,986,588	
Total prestaciones sociales		**$ 10,057,264**	
Total a cargo del empleador		**$ 24,359,745**	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35 Total recurso humano proyectado

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	$4,115,400	$4,456,978	$4,826,907	$5,227,541	$5,661,427	$6,131,325	$6,640,225	$7,191,364	$7,788,247	$8,434,671
	$1,949,400	$2,111,200	$2,286,430	$2,476,203	$2,681,728	$2,904,312	$3,145,370	$3,406,435	$3,689,170	$3,995,371
Total Salario	$ 6,064,800	$6,568,178	$7,113,337	$7,703,744	$8,343,155	$9,035,637	$9,785,595	$10,597,799	$11,477,416	$12,430,042
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	$515,508	$558,295	$604,634	$654,818	$709,168	$768,029	$831,776	$900,813	$975,580	$1,056,554
	$727,776	$788,181	$853,600	$924,449	$1,001,179	$1,084,276	$1,174,271	$1,271,736	$1,377,290	$1,491,605
	$316,583	$342,859	$371,316	$402,135	$435,513	$471,660	$510,808	$553,205	$599,121	$648,848
Total Seguridad Social	$ 1,559,867	$1,689,335	$1,829,550	$1,981,403	$2,145,859	$2,323,966	$2,516,855	$2,725,754	$2,951,991	$3,197,007
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	$242,592	$262,727	$284,533	$308,150	$333,726	$361,425	$391,424	$423,912	$459,097	$497,202
	$181,944	$197,045	$213,400	$231,112	$250,295	$271,069	$293,568	$317,934	$344,322	$372,901
	$121,296	$131,364	$142,267	$154,075	$166,863	$180,713	$195,712	$211,956	$229,548	$248,601
Total Parafiscales	$ 545,832	$591,136	$640,200	$693,337	$750,884	$813,207	$880,704	$953,802	$1,032,967	$1,118,704
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	$505,198	$547,129	$592,541	$641,722	$694,985	$752,669	$815,140	$882,797	$956,069	$1,035,422
	$60,648	$65,682	$71,133	$77,037	$83,432	$90,356	$97,856	$105,978	$114,774	$124,300
	$505,198	$547,129	$592,541	$641,722	$694,985	$752,669	$815,140	$882,797	$956,069	$1,035,422
	$252,902	$273,893	$296,626	$321,246	$347,910	$376,786	$408,059	$441,928	$478,608	$518,333
Total prestaciones sociales	$ 1,323,946	$ 1,433,833	$ 1,552,842	$ 1,681,727	$ 1,821,311	$ 1,972,480	$ 2,136,195	$ 2,313,500	$ 2,505,520	$ 2,713,478
Total a cargo del empleador	$ 3,429,644	$ 3,714,305	$ 4,022,592	$ 4,356,467	$ 4,718,054	$ 5,109,653	$ 5,533,754	$ 5,993,055	$ 6,490,479	$ 7,029,189
Total (Provisiones + Salario)	$ 9,494,444	$ 10,282,483	$ 11,135,929	$ 12,060,212	$ 13,061,209	$ 14,145,289	$ 15,319,348	$ 16,590,854	$ 17,967,895	$ 19,459,231

Fuente: Elaboración propia.

6.7 INFRAESTRUCTURA FÍSICA

En esta sección, se aborda la infraestructura necesaria para la implementación del proyecto, que incluye obras civiles y la adquisición de terrenos destinados a albergar al personal administrativo y técnico encargado de su ejecución. Los detalles de estas obras necesarias, como áreas de almacén, áreas de infraestructura y espacios administrativos, se encuentran detallados en la Tabla 34, que presenta los resultados del cálculo basado en el estudio de ingeniería. El valor calculado se obtiene mediante una estimación del costo por metro cuadrado en la localidad de Usme, donde se proyecta que el precio del terreno en zona rural sea de aproximadamente $1,500,000.

Tabla 36 Costo Infraestructura física.

Ítem	Área Total en (m2)	costo
Área Infraestructura	202.8997	$ 304,349,550.00
Área administrativa	8	$12,000,000.00
Área almacén	21.62	$ 32,430,000.00
Área Total	236.5197	$ 354,779,550.00

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la inversión inicial, es importante señalar que no se incluirá el valor correspondiente al área de infraestructura, área administrativa ni área de almacén, ya que se utilizará espacio existente en lugar de adquirir terrenos adicionales. No obstante, se considerará el costo necesario para la adecuación del espacio existente a las necesidades del proyecto, garantizando así que las instalaciones estén listas y operativas para el desarrollo de las actividades planificadas.

6.8 EQUIPOS

En esta sección, se aborda la identificación y cuantificación de los equipos de tecnología necesarios para el proyecto en evaluación. Esta información es importante para el correcto

establecimiento del estudio financiero, ya que permite estimar la inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento del proyecto.

Tabla 37 Costo de equipos

Proceso	Tipo de elemento	Precio unitario
Administrativo	Laptop 1	$ 2,500,000.00
	Laptop 2	$ 2,500,000.00
	Servicios de telefonía móvil	$ 160,000.00
	Impresora	$ 450,000.00
	Celular corporativo	$ 600,000.00
	Total Equipos	$ 6,210,000.00

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, la inversión en equipos se realizará al inicio del proyecto y debe tenerse en cuenta para conceptos del estudio financiero la depreciación de estos. De acuerdo con la tabla 35, el costo total de los equipos es de $6.210.000. Para los equipos eléctricos y maquinaria, se estima una vida útil de 10 años y un porcentaje de depreciación según norma colombiana de 10%. En este caso, el costo de depreciación anual sería de $621. 000.Para los computadores, se estima una vida útil de 5 años y una tasa de depreciación de 20%. En este caso, el costo de depreciación anual sería de $1.242.000.

Por lo tanto, el costo anual de depreciación de los equipos sería de $1.863.000. Este costo debe ser considerado al calcular los flujos de caja del proyecto para reflejar el impacto real de la inversión en los resultados financieros del proyecto.

6.9 MATERIALES

En este apartado, se describe la identificación y cuantificación de los materiales necesarios para el proyecto en evaluación. Se incluirán los materiales necesarios para la construcción, el montaje y el funcionamiento del proyecto.

Tabla 38 Costo de materiales.

Componente	Marca	Especificación	Cantidad	Costo total
Panel fotovoltaico	Canadian Solar	CS6W-MS-550	102 unidades	$ 99,960,000.00
Inversor	Growatt	MIN50K-X	2 unidades	$ 49,864,000.00
Conductor AC	Centelsa	Centelsa 300 THWN/ THW Cu 600-1000V	335 (m)	$ 670,000.00
Conductor fotovoltaico	Centelsa	Centelsa PV fotovoltaico XLPE Cu 90° 4mm 2000V	500 (m)	$ 750,000.00
Conector fotovoltaico	Canadian Solar	MC4	200 unidades	$ 1,250,000.00
Costo total				$152,494,000.00

Fuente: Elaboración propia.

En los demás escenarios, se llevará a cabo un análisis de los flujos de caja en una sección posterior. En estos cálculos, consideraremos la depreciación de los activos correspondiente, así como los descuentos tributarios previstos en la Ley 1715 de 2014, especialmente relevantes para proyectos relacionados con energías renovables. Esto nos permitirá evaluar de manera precisa el impacto financiero y fiscal de cada escenario.

6.10 INVERSIONES

En este capítulo se analizarán las alternativas de financiamiento disponibles para el proyecto. Se considerarán dos escenarios:

Escenario 1: Financiamiento interno
Escenario 2: Financiamiento externo

Escenario 1: Financiamiento interno

En este escenario, la empresa asumirá todo el costo del proyecto con recursos propios. Esto significa que la empresa deberá realizar una inversión inicial del costo total calculado.

La empresa deberá considerar la disponibilidad de recursos propios para realizar esta inversión. Si la empresa no cuenta con los recursos suficientes, deberá buscar otras fuentes de financiamiento, como la emisión de acciones o bonos.

Escenario 2: Financiamiento externo

En este escenario, la empresa buscará financiamiento externo para cubrir el costo del proyecto. El financiamiento externo puede provenir de bancos, instituciones financieras o inversionistas privados.

La empresa deberá comparar las diferentes alternativas de financiamiento disponibles para elegir la que más le convenga. Los factores por considerar al momento de comparar las diferentes alternativas de financiamiento incluyen:

- El monto del financiamiento
- La tasa de interés
- El plazo del financiamiento
- Los requisitos del financiamiento

6.11 APALANCAMIENTO

En este capítulo se analizará el apalancamiento financiero del proyecto. Se evaluarán tres escenarios de financiamiento:

- Escenario 1: Financiamiento interno (0% de apalancamiento)
- Escenario 2: Financiamiento externo (50% de apalancamiento)
- Escenario 3: Financiamiento externo (100% de apalancamiento)

Escenario 1: Financiamiento interno (0% de apalancamiento)

En este escenario, la empresa asumirá todo el costo del proyecto con recursos propios. Esto significa que la empresa deberá realizar una inversión inicial de $ 283,574,978, que es el costo total de los materiales calculado en el capítulo 6.9.

La empresa no tendrá costos financieros, ya que no utilizará deuda para financiar el proyecto.

Escenario 2: Financiamiento externo (50% de apalancamiento)

En este escenario, la empresa buscará financiamiento externo para cubrir el 50% del costo del proyecto. Esto significa que la empresa deberá realizar una inversión inicial de $141,787,489.34, que es el 50% del costo total de los materiales calculado en el capítulo 6.9.

La empresa deberá solicitar un préstamo de $141,787,489.34, que es el 50% del costo total de los materiales menos la inversión inicial. El préstamo tendrá una tasa de interés anual del 10% y un plazo de amortización de 10 años. Esta tasa es preferencial teniendo en cuenta que es una inversión para proyectos de energía no convencional|

Tabla 39 Escenario 2 Financiamiento externo (50% de apalancamiento)

Número de Cuota	CUOTA	INTERÉS	CAPITAL AMORTIZADO	CAPITAL
0				$ 141,787,489.34
1	$ 40,121,521.41	$ 35,928,949.80	$ 4,192,571.61	$ 137,594,917.72
2	$ 40,121,521.41	$ 34,866,552.15	$ 5,254,969.26	$ 132,339,948.46
3	$ 40,121,521.41	$ 33,534,942.94	$ 6,586,578.47	$ 125,753,369.99
4	$ 40,121,521.41	$ 31,865,903.96	$ 8,255,617.45	$ 117,497,752.54
5	$ 40,121,521.41	$ 29,773,930.49	$ 10,347,590.92	$ 107,150,161.62
6	$ 40,121,521.41	$ 27,151,850.95	$ 12,969,670.46	$ 94,180,491.17
7	$ 40,121,521.41	$ 23,865,336.46	$ 16,256,184.95	$ 77,924,306.22
8	$ 40,121,521.41	$ 19,746,019.19	$ 20,375,502.22	$ 57,548,804.00

Número de Cuota	CUOTA	INTERÉS	CAPITAL AMORTIZADO	CAPITAL
9	$ 40,121,521.41	$ 14,582,866.93	$ 25,538,654.48	$ 32,010,149.52
10	$ 40,121,521.41	$ 8,111,371.89	$ 32,010,149.52	$ 0.00

Fuente: Elaboración propia.

Los costos financieros anuales del préstamo serán de $ 40,121,521.

Escenario 3: Financiamiento externo (100% de apalancamiento)

En este escenario, la empresa buscará financiamiento externo para cubrir el 100% del costo del proyecto. Esto significa que la empresa no tendrá que realizar ninguna inversión inicial.

La empresa deberá solicitar un préstamo de $ 283,574,978.67, que es el costo total de los materiales. El préstamo tendrá una tasa de interés anual del 25,34% y un plazo de amortización de 10 años.

Tabla 40 Escenario 3 Financiamiento externo (100% de apalancamiento)

Número de Cuota	CUOTA	INTERÉS	CAPITAL AMORTIZADO	CAPITAL
0				$ 283,574,978.67
1	$ 80,243,042.82	$ 71,857,899.60	$ 8,385,143.23	$ 275,189,835.45
2	$ 80,243,042.82	$ 69,733,104.30	$ 10,509,938.52	$ 264,679,896.93
3	$ 80,243,042.82	$ 67,069,885.88	$ 13,173,156.94	$ 251,506,739.99
4	$ 80,243,042.82	$ 63,731,807.91	$ 16,511,234.91	$ 234,995,505.08
5	$ 80,243,042.82	$ 59,547,860.99	$ 20,695,181.84	$ 214,300,323.24
6	$ 80,243,042.82	$ 54,303,701.91	$ 25,939,340.91	$ 188,360,982.33
7	$ 80,243,042.82	$ 47,730,672.92	$ 32,512,369.90	$ 155,848,612.43
8	$ 80,243,042.82	$ 39,492,038.39	$ 40,751,004.43	$ 115,097,608.00
9	$ 80,243,042.82	$ 29,165,733.87	$ 51,077,308.95	$ 64,020,299.04
10	$ 80,243,042.82	$ 16,222,743.78	$ 64,020,299.04	$ 0.00

Fuente: Elaboración propia.

Los costos financieros anuales del préstamo serán de $ $ 80,243,042.

6.1 COSTO CAPITAL

El CAPEX relacionado para la ejecución del proyecto corresponden a la contratación del proveedor el cual se encargará de la compra y prestación del servicio de instalación del sistema de generación de energía fotovoltaica en el centro de operaciones El Uval. El valor

establecido para el capital de trabajo se relaciona al valor de las actividades necesarias ejecutar con éxito el proyecto en materia de seguimiento; de acuerdo con los análisis realizados en el apalancamiento, se espera definir la financiación bajo las condiciones establecidas en el escenario número 2, el cual establece un 50% de financiamiento externo.

Tabla 41 Costo capital

CONCEPTO	MONTO
Inversión inicial	$283,574,978.67
Capital de trabajo	$5,870,800.00
Apalancamiento	$80.243.042

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 41 se pueden observar los costos de capital estimados para la ejecución del proyecto. En total el valor de los costos por el préstamo realizado asciende a los $80.243.042 COP. Dentro de estos costos se incluyeron variables como la inversión inicial, el capital de trabajo y el apalancamiento realizado por la entidad financiera.

6.2 PLATAFORMA DE INGRESOS

El ingreso proyectado para el proyecto es obtenido por medio de la venta de energía eléctrica que se realiza en las transacciones con el operador de red, donde este se encarga de comprar los excedentes energéticos del sistema. Con los resultados arrojados en el análisis de generación se presenta la tabla número 42.

Tabla 42 Ingresos por venta de excedentes energéticos

Año	Demanda Futura	Exportación	Valor Unitario Reconocido	Ingresos por exportación
2023	19279,00	7711,60	$ 943,32	$7.274.495,00
2024	22944,01	9177,60	$ 973,64	$8.935.656,14
2025	26609,02	10643,61	$ 1.003,96	$10.685.711,07
2026	30274,03	12109,61	$ 1.034,27	$12.524.660,30
2027	33939,04	13575,62	$ 1.064,59	$14.452.503,82
2028	37504,05	15001,62	$ 1.094,91	$16.425.445,19
2029	41169,06	16467,62	$ 1.125,23	$18.529.864,55
2030	44834,07	17933,63	$ 1.155,55	$20.723.178,22
2031	48499,08	19399,63	$ 1.185,87	$23.005.386,17
2032	52164,09	20865,64	$ 1.216,19	$25.376.488,42
Total				$157.933.388,88

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla número 42 se observa los ingresos por la exportación de energía eléctrica al operador de red durante el tiempo de la concesión. Durante este tiempo se proyecta captar alrededor de $157.933.388,88 COP.

Es importante tener en cuenta los ingresos generados durante cada perdido, ya que estos serán los recursos utilizados para la implementación del proyecto por medio de fases. Donde la instalación de la primera fase será la encargada de generar recursos para dar financiación a la segunda fase del proyecto.

6.3 VPN, TIR, PAYBACK

De acuerdo con la información relacionada en los anteriores capítulos y la generada en el presente, se generó la tabla 43 en la cual se pueden observar los resultados de los indicadores financieros VPN, TIR y PAYBACK

Tabla 43 Indicadores financieros

INDICADOR	RESULTADO
VPN	$ 110.969.326,10 COP
TIR	22,5%
PAYBACK	5 AÑOS Y 1 MES

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 43 se observan los resultados de los principales indicadores financieros que avalan la viabilidad financiera del proyecto. Después de analizar diferentes variables se concluye que el proyecto cuenta con una tasa interna de retorno (TIR) del 18,6%, su valor presente neto (VPN) es de $7.847.964,73 COP y el retorno de la inversión por medio del cálculo del PAYBACK es de 5 años y un mes.

6.4 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

De acuerdo con los flujos de caja anteriormente postulados se han realizado algunas pruebas de sensibilidad frente a las variables más importante para el proyecto. Se ha definido que los ingresos es la más significativa, ya que estos son los que generan la rentabilidad del proyecto y adicionalmente son los recursos necesarios para la ejecución de las fases del proyecto.

Para esto se plantean 3 escenarios en donde la variación de los ingresos tendrá disminución y aumento en cada uno de los años. Se planteará aumento del 5%, disminución del 5% y disminución del 10% en los escenarios planeados en el numeral 6.11 apalancamiento.

El primer escenario tiene bajas probabilidades de ocurrencia, esto debido a que esta anudado a las condiciones climáticas del sector y adicionalmente a las condiciones de operación que para la actualidad cuenta con una madures en la ejecución de sus actividades. Las cuales tienen baja probabilidad de cambio en su periodicidad de materialización.

Tabla 44 Aumento del 5% de ingresos

Variable crítica: Aumento en 5% de los ingresos por exportación de energía			
Escenarios / Indicador	Financiación 0%	Financiación 50%	Financiación 100%
VPN	$ 232.019.543,77	$ 133.615.470,90	$ 35.211.398,02
TIR	30%	24%	17%
PAYBACK	5 años	5 años	5 años

Fuente: Elaboración propia.

Con el aumento del 5% de los ingresos por venta de excedentes de energía al operador de red, se puede observar que en cada uno de los escenarios de financiación es viable realizar el proyecto. Ahora bien, el peor de los escenarios es solicitar un préstamo del 100% de la inversión y el mejor es financiar todo con recursos propios. Estos dos escenarios se encuentran al extremo de y no es bueno tomar decisiones con puntos alejados de la realidad, esto se explica bajo las siguientes aclaraciones: 1. La empresa no cuenta con los suficientes recursos para financiar al 100% esta inversión, 2. La empresa no necesita pedir la totalidad de la inversión a los bancos, ya que cuenta con rubros de inversión dentro de su presupuesto.

La tabla número 44 es otro de los argumentos por los cuales se escogió el financiar el 50% de la inversión por medio de bancos.

El segundo escenario es el que tiene más posibilidades de ocurrencia dentro de los 3 evaluados, esto teniendo en cuenta que la operación en un punto puede demandar más energía de lo que se tiene proyectado, es claro que la variación es mínima, pero esta no puede ser descartada. Adicionalmente se debe tener en cuenta los factores climáticos que se encuentran en constante cambio.

Tabla 45 Disminución del 5% de ingresos

Variable crítica: Disminución en 5% de los ingresos por exportación de energía			
Escenarios / Indicador	Financiación 0%	Financiación 50%	Financiación 100%
VPN	$ 186.727.254,17	$ 88.323.181,30	-$ 10.080.891,57
TIR	28%	21%	14%
PAYBACK	5 años	5 años	5 años

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla número 45 se puede evidenciar el escenario donde los ingresos se disminuyen en un 5%. La comparación entre la proyección base y la modificación del aumento del 5% es más evidente en el escenario de financiación del 100% donde la TIR presenta una disminución y su VPN se convierte en un valor negativo.

El escenario escogido el cual es la financiación del 50% continúa siendo un proyecto rentable y su TIR como su VPN presentan variaciones mínimas en comparación a la proyección base realizada.

El tercer escenario analizado tiene bajas probabilidades de materialización ya que la disminución de los ingresos es más notable en esta ocasión. La importancia de plantear esta condición es conocer el desempeño de la alternativa escogida en el escenario menos optimista.

Tabla 46 Disminución del 10% de ingresos

Variable crítica: Disminución en 10% de los ingresos por exportación de energía			
Escenarios / Indicador	Financiación 0%	Financiación 50%	Financiación 100%
VPN	$ 184.462.639,69	$ 86.058.566,82	-$ 12.345.506,05
TIR	27%	21%	14%
PAYBACK	5 años	5 años	5 años

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla número 46 se puede observar el escenario menos optimista en materia de ingresos en cada uno de los métodos de financiación. El escenario más afectado es el

préstamo total de la inversión necesaria ya que su VPN continúa siendo negativo y pero su TIR continua estable con respecto a la disminución de ingresos del 5%.

Por otra parte, el escenario de financiación del 50% continúa siendo rentable; la TIR y el VPN sufrieron cambios mínimos con la disminución del 10% de los ingresos. Reforzando aún más la elección de este método de financiar el proyecto.

apryse

7. EVALUACIÓN AMBIENTAL

En el presente capítulo se realizó un análisis las afectaciones a nivel ambiental que se pueden materializar en consecuencia de la instalación de los nuevos componentes de la ampliación del sistema fotovoltaico actual.

La metodología escogida para identificar los aspectos e impactos ambientales generados por las actividades de adecuación y construcción su utilizo la matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales de Vicente Conesa.

A continuación, se explicará el método de aplicación.

Tabla 47 Identificación de aspectos e impactos ambientales

<table>
<tr><th colspan="3">IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES</th></tr>
<tr><td colspan="2">La identificación de aspectos ambientales está relacionada directamente con las actividades realizadas por la compañía, como primer paso se debe identificar el estado de operación el cual determinara las condiciones en las que se realiza la actividad; Esta se puede definir de la siguiente manera:</td><td>Se debe hacer la clasificación de la actividad, la cual puede ser directa o indirecta:</td></tr>
<tr><td>ANORMAL</td><td>Corresponde a los inicios de operación, paradas o situaciones que generen afectaciones del proceso.</td><td rowspan="2">Directa: El impacto ambiental producido corresponde a la interacción directa de una actividad con un componente ambiental</td></tr>
<tr><td>NORMAL</td><td>Hace referencia a las actividades, subprocesos o equipos que se encuentran dentro de las condiciones del régimen esperado.</td></tr>
<tr><td>EMERGENCIA</td><td>Situación de gran magnitud que ocurre de manera espontánea y genera interrupciones en la normalidad de la operación; Puede relacionarse con desastres naturales o daños graves en infraestructura y equipos.</td><td rowspan="2">Indirecta: El impacto ambiental es producido a un alcance más lejano, como consecuencia de una vía de impacto compleja. Este es causado por el resultado del efecto producido por la acción</td></tr>
<tr><td>CAMBIOS Y NUEVOS DESARROLLOS</td><td>Desarrollo de nuevas actividades e innovaciones</td></tr>
<tr><td colspan="3">Para el desarrollo de la matriz, se hace el listado de las actividades que generan impactos al ambiente y se califica la forma en la que esta afecta, teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Naturaleza (+ o -)
- Importancia o magnitud (M)
- Extensión (E)
- Frecuencia de aparición o probabilidad de ocurrencia (F)
- Persistencia (P)
- Recuperabilidad (Re)
- Aspectos legales (L)
- Acumulación (A)</td></tr>
</table>

Fuente: Evaluación del impacto ambiental (Vicente Conesa, 1993).

En la tabla número 47 se caracteriza la metodología definiendo las actividades que se realizarán en el proyecto y adicionalmente definiendo algunos escenarios de ocurrencia, como puede ser en condiciones anormales, normales o de emergencia. Por otro lado, se define la incidencia y el alcance del impacto identificado, este puede ser directo o indirecto.(Vicente Conesa, 1993)

Finalmente se postulan las variables de calificación de impactos ambientales, las cuales se dividen en 8 ítems de ellos solo uno tiene un cambio en su incidencia negativa o positiva; esta variable es la naturaleza.(Vicente Conesa, 1993)

Tabla 48 Metodología de identificación de aspectos e impactos ambientales

METODOLOGIA DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES		
EVALUACIÓN DEL ATRIBUTO (+ O -)		
CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
NEGATIVO	Cuando el impacto producido por la materialización de la actividad da como resultado una afectación negativa	-
POSITIVO	Cuando el impacto producido por la materialización de la actividad da como resultado una afectación positiva	+
EVALUACIÓN VARIABLE DE IMPORTANCIA O MAGNITUD DEL IMPACTO (M)		
NULO	Impacto de consecuencias muy bajas y localizado para el medio ambiente	1
LEVE	Impacto de consecuencias poco transcendentes, sus efectos son más generalizados que el anterior	2
MODERADO	Impacto que tiene se genera a consecuencia por el hacer de las actividades de la organización, el cual genera efectos considerables	3
GRAVE	Impacto de consecuencias considerables debido a la toxicidad o cantidades generada del contaminante.	4
MUY GRAVE	Impacto de consecuencias criticas para la estructura de los ecosistemas; puede conllevar a una modificación total de los ecosistemas	5

EVALUACIÓN VARIABLE EXTENSIÓN DEL IMPACTO (E)		
PUNTUAL	Cuando el impacto ambiental de la actividad considerada tiene como consecuencia una afectación In-situ; una zona no mayor a 10 metros	1
LOCAL	Cuando el impacto ambiental de la actividad considerada tiene como consecuencia una afectación en el área de influencia local; área de afectación entre 10 y 100 mts	2
ZONAL	Cuando el impacto ambiental de la actividad considerada tiene como consecuencia una afectación en el área de influencia local; área de afectación entre 100 y 1000 mts	3
TERRITORIAL	Cuando el impacto ambiental de la actividad considerada tiene como consecuencia una afectación de grandes proporciones sobrepasando el área zonal y genera cambios en proyectos aledaños; área de afectación entre 1 y 10 km	4
REGIONAL	Cuando el impacto ambiental de la actividad considerada tiene como consecuencia una afectación tan grande que se sale de todo límite establecido a más de 10 km	5
EVALUACIÓN VARIABLE FRECUENCIA DE APARICIÓN (F)		
Continuamente varias veces en 1 día	El aspecto tiene presencia continua	5
≥ 1 vez / día	El aspecto se presenta en un periodo de tiempo determinado ya sea en jornada diurna o nocturna del turno de labores	4
≥ 1 vez / semana	El aspecto se presenta en un periodo determinado de la semana, solo un día a la semana	3
≥ 1 vez / mes	El aspecto se presenta de manera muy puntual, configurada a una sola vez por mes	2
Situación esporádica (< 1 vez / mes)	El aspecto se presenta de manera esporádica, configurada a menos de una vez en un mes.	1

EVALUACIÓN VARIABLE PERSISTENCIA (P)		
MUY BAJA	Momentánea	1
BAJA	Temporal en periodos de tiempo muy cortos	2
MEDIA	Se mantiene constante en periodos de tiempo de mediano plazo	3
ALTA	Se mantiene constante en periodos de tiempo de mediano extensos	4
MUY ALTA	Permanente	5
EVALUACIÓN VARIABLE RECUPERABILIDAD (Re)		
REVERSIBLE	Se puede recuperar mediante actividades antrópicas, en búsqueda de restablecer las condiciones del recurso	1
RECUPERABLE	Puede tener disminución en los efectos adversos mediante la aplicación de controles, hasta un límite determinado	2
IRRECUPERABLE	La afectación a los recursos es tan grave que estos no pueden volver a sus condiciones originales	3
EVALUACIÓN VARIABLE NORMATIVIDAD ASPECTOS LEGALES (L)		
SUJETO	No cuenta con regulación normativa	1
NO SUJETO	Cuenta con regulación normativa	5
EVALUACIÓN DEL ATRIBUTO ACUMULACIÓN (A):		
SIMPLE	Después del tratamiento del impacto no presenta acumulación	1
ACUMULATIVO	El impacto genera acumulación de efectos durante un periodo de tiempo	4

Fuente: Evaluación del impacto ambiental (Vicente Conesa, 1993).

En la tabla número 48 se observa los criterios de calificación utilizados en la matriz de aspectos e impactos ambientales. Esta calificación está sujeta al conocimiento del profesional que la aplique, debe ser estructurada con un equipo interdisciplinar el cual cuente con experiencia en el proyecto que se desarrolla.

Tabla 49 Priorización de aspectos e impactos ambientales

PRIORIZACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES
De acuerdo con los criterios anteriores y sus variables calificadas, se define la significancia ambiental, la cual es el resultado de la siguiente formula
Significancia Ambiental=N(3M+2E+F+P+L+Re+A)
El valor arrojado por la formula anterior determina el nivel de significancia de cada uno de los aspectos evaluados, los cuales pueden recibir los siguientes grados de significancia

Fuente: Evaluación del impacto ambiental (Vicente Conesa, 1993).

En la tabla número 49 se observa la fórmula de ponderación para determinar la significancia ambiental de los impactos analizados. Es muy importante determinar este factor ya que es el indicador de priorización y según su resultado se deben plantear diferentes estrategias para mitigar o prevenir las consecuencias negativas de la materialización de alguno de los impactos.

Tabla 50 Escala de valoración

SIGNIFICANCIA AMBIENTAL = N (3M+2E+F+P+A+Re+A)			
IMPACTOS NEGATIVOS		IMPACTOS POSITIVOS	
VALORACIÓN	GRADO DE SIGNIFICANCIA	VALORACIÓN	GRADO DE SIGNIFICANCIA
0 a 21	Baja Significancia	0 a 21	Poco importante
22 a 35	Media Significancia	22 a 35	Importante
36 a 49	Alta Significancia	36 a 49	Muy importante

Fuente: Evaluación del impacto ambiental (Vicente Conesa, 1993).

En la tabla número 50 se observa la escala de calificación para los resultados de cálculo de la significancia ambiental. Según el tipo de impacto este puede adoptar un tipo de grado de significancia; esto depende de su naturaleza negativa o positiva.

En el anexo número 2 se desarrolló el análisis de los aspectos e impactos ambientales generados por la ampliación del sistema fotovoltaico en la empresa Gran Américas Usme S.A.S. en el cual se analizaron principalmente las actividades de generación de residuos y consumo energético consecuentes de su ejecución.

Para ampliar la información de la estructura de la matriz de aspectos e impactos ambientales consultar el anexo 2.

El análisis arrojó como resultado: 1 actividad y 6 aspectos ambientales que tienen influencia sobre las actividades de la empresa y su entorno. De los aspectos identificados 1 de ellos es de naturaleza positiva, ya que se realiza un aprovechamiento de los residuos generados por las obras locativas realizadas en el centro de operaciones; este impacto positivo se intenta potencializar mediante la estructuración del programa de gestión de residuos interno de la organización, adicionalmente se buscan ofertas de mercado en donde se pueda dar la mejor valorización y tratamiento al residuo.

Es importante aclarar que en la metodología de identificación de aspectos e impactos ambientales siempre se le debe dar tratamiento y generar esfuerzos de prevención, mitigación o compensación a los impactos ambientales que generen un grado de significancia alto. En este caso no se tiene ningún impacto de alta severidad, por ende, se continúan con los controles establecidos por la organización para actividades que tienen relación a las actividades de adecuación y construcción dentro del centro de operaciones.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el estudio técnico se logró establecer los requerimientos mínimos que debe tener el sistema de celdas fotovoltaicas para cumplir con el objetivo de satisfacción energética del centro de operaciones. Adicionalmente se identificó la existencia del producto en el mercado y el proveedor adecuado para su correcta implementación

Adicionalmente se amplió el conocimiento de las diferentes formas de abastecer el centro de operaciones por medio de energías no convencionales continuando con el proyecto de energía fotovoltaica. Una de ellas es la implementación de baterías para almacenar la energía no utilizada en los picos de generación, y que esta no sea comercializada al operador de red.

Mediante la realización del estudio se pudo concluir que la viabilidad financiera del proyecto es aceptada de acuerdo con los indicadores financieros planteados. Es importante reconocer que el escenario más adecuado para la implementación del proyecto es mediante la financiación del 50% con recursos propios y el otro 50% por medio de préstamos bancarios; esto teniendo en cuenta las tasas preferenciales generadas por el gobierno nacional con el fin de fomentar la implementación de este tipo de proyectos en la industria colombiana. Adicionalmente se recomienda no superar el límite máximo de pérdida de ingresos por venta de excedentes fotovoltaicos establecido en el análisis de sensibilidad; si bien el modelo financiero es fuerte un cambio más fuerte en los ingresos del proyecto puede presentar riesgos más altos para la financiación de las fases programadas.

Mediante la estructuración de la matriz de aspectos e impactos ambientales bajo la metodología de Vicente Conesa, se logró identificar 6 impactos ambientales de los cuales 5 son de naturaleza negativa y uno de naturaleza positiva. Adicionalmente se concluyó mediante el cálculo del grado de significancia que ninguno de estos debe tener un tratamiento adicional a los que ya se encuentran implementados por la organización.

9. REFERENCIAS

Asana. (9 de 10 de 2022). *Matriz de riesgos: cómo evaluar los riesgos para lograr el éxito del proyecto*. Obtenido de https://asana.com/es/resources/risk-matrix-template

BANCO DE LA REPÚBLICA | COLOMBIA. (2023). *Tasa Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar).* Obtenido de https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm

E4e Soluciones. (2022). *¿Cuáles son las mejores marcas de paneles solares en 2022? Estos son los más comprados*. Obtenido de https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/mejores-marcas-paneles-solares-2022

enel codensa. (2019). *AE280 Sistema de puesta a tierra*. Obtenido de https://likinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/acometidas_electricas/ae280_conductor_neutro_acometidas_subterraneas_baja_tension

ENERCER. (2021). *Diseño, suministro e Instalación de un sistema fotovoltaico interconectado de autogeneración de energía eléctrica de 54,3 KWp.* Bogotá.

Gómez, C. R. (2020). *ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA LA EMPRESA ANNAR DIAGNÓSTICA IMPORT SAS.*

Hapag-Lloyd. (2023). *General Container Information 40' Standard*. Obtenido de https://www.hapag-lloyd.com/en/services-information/cargo-fleet/container/40-standard.html

IDEAM. (2019). *Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM*. Obtenido de https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/IDEAM/vfi6-fe9z

Infante, C. (2010). *Guía para la presentación de proyectos de investigación.* Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Ley 1715 de 2014 Colombia. (s.f.). Obtenido de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353

Linares, G. H. (Febrero de 2021). *ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN VIVIENDAS PARTICULARES CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA.* Obtenido de https://oa.upm.es/66763/7/TFG_GONZALO_HERRERO_LOPEZ-LINARES.pdf

Ll. Cuenca, A. B. (2008). *Metodología para la identificación de Inputs y Outputs de Procesos de.* Obtenido de http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2008/BUSINESS_PROCESS_MODELLING/395-406.pdf

Lorenzo, J. A. (2023). *Los paneles solares de mayor eficiencia (2019-2023).* Obtenido de https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/los-10-paneles-solares-mas-eficientes-del-mercado/

Márquez Lagos, J. A., & Rivero Tangarife, R. A. (Agosto de 2021). EVALUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS EN PANELES FOTOVOLTAICOS PARA USARSE EN COLOMBIA. Bogota.

Murcia, H. R. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de ingeniería* .

Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas.* Santiago de Chile: CEPAL.

Solorzano, G. E., & Guamán Segura, J. C. (Agosto de 2022). *Estudio de viabilidad ambiental para la implementación de paneles solares para el municipio del Cantón Montecristi.* Obtenido de https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.493

Suarez Andrade, J. (2015). LA ENERGÍA SOLAR: UNA FUENTE ENERGÉTICA SOBRE LA QUE EL ESTADO DEBE LEGISLAR MÁS PROFUNDAMENTE PARA MASIFICAR SU USO Y APROVECHAMIENTO.

upme. (2014). *FACTORES DE EMISION DEL S.I.N. SISTEMA.* Obtenido de https://www1.upme.gov.co/siame/Documents/Calculo-FE-del-SIN/Documento_de_calculo_del_FE_del_SIN_2014.pdf

xm. (2023). *Tercera subasta de energía firme 2022 - 2023.* Obtenido de https://www.xm.com.co/transacciones/asignacion-subastas/subasta-energia-firme/tercera-subasta-de-energia-firme-2022-2023

ZNSHINESOLAR. (s.f.). *Ficha técnica panel solar 445W ZXM6-NHLD144.* Obtenido de https://znshinesolar.gr/wp-content/uploads/ZXM6-NHLD144-min.pdf

Vicente Conesa. (1993). *GUIA METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL*.

Congreso de la República de Colombia.(2014).*Ley1715de2014*.

Hernández,J.,Sáenz,E.,&Vallejo,W.A.(2010).*EstudiodelRecursoSolarenlaCiudaddeBogotáparaelDiseñodeSistemasFotovoltaicosInterconectadosResidencialesBogotáCitySolarResourceStudyfortheDesignofResidentialGrid-ConnectedPhotovoltaicSystems*.

Rodríguez,C.,Directora,S.,Jissette,P.,&Sánchez,R.(2019).*UniversidadMilitarNuevaGranadaBeneficiosdelaEnergíaFotovoltaicaparalaOptimizacióndeRecursosaNivelEmpresarial*.

Yineth,D.,&Ballesteros,B.(n.d.).*ESTIMACIÓNDEVIABILIDADDELAIMPLEMENTACIÓNDEENERGÍAFOTOVOLTAICAATRAVÉSDEPANELESSOLARESENUNAEMPRESADEDICADAALAFABRICACIÓNDEEQUIPOSDEGENERACIÓNTÉRMICA*.

Fernando,D.,Serna,C.,Mauricio,C.,Amaya,M.,Alexander,J.,&Mora,H.(2016).*Centralesfotovoltaicas:contextocolombianofrentealatinoaméricacontinentaldehablahispanaPhotovoltaicCentrals:ColombianContextwithRespecttoSpanishSpeakingContinentalLatinAmerica*.

MárquezLagos,J.-R.T.R.(2021).*EVALUACIÓNDELASTECNOLOGÍASENPANELESFOTOVOLTAICOSPARAUSARSEENCOLOMBIA*.

RodríguezMurcia,H.(2009).*DesarrollodelaenergíasolarenColombiaysusperspectivas*.

SuarezAndrade,J.(2015).*laenergíasolar:unafuenteenergéticasobrelaqueelestadodebelegislarmásprofundamenteparamasificarsuusoyaprovechamientopontificiauniversidadjaverianafacultaddecienciasjurídicascarreradederecho*.

UPME.(2023,June6).*Sistema de información de energía colombiano*.

Ortiz,A.M.,Afanador,E.,Zapata,J.G.,Núñez,J.,Ramírez,R.,Yepes,T.,Carlos,J.,Asistentes,G.,Castañeda,C.,Rodríguez,G.,Cajiao,S.,Mejía,J.C.,Castillo,J.,&Muñoz,I.(2013).*AnálisisdelasituaciónenergéticadeBogotáyCundinamarca*.

ANEXOS

ANEXO 1 Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES- PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA EMPRESA GRAN AMÉRICAS USME S.A.S.

SEMESTRE 2023-II	SEMANA		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18	
	ACTIVIDAD		P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E
Analizar la demanda energética de la organización Gran Américas Usme S.A.S. para identificar las áreas de mayor consumo energético a partir de un estudio de mercado en el centro de operaciones "El Uval".	Analizar el consumo histórico del centro de operaciones El Uval	Consolidado de los datos historicos de consumos dentro del centro de operaciones																																
	Realizar estudio de mercado en el centro de operaciones El Uval	Estudio de mercado																																
	Identificar la demanda energética de las áreas funcionales del centro de operaciones	Caracterización del mercado energético en el centro de operaciones.																																
Evaluar los requerimientos técnicos necesarios de la ampliación del sistema de celdas fotovoltaicas, que aseguren la cobertura energética a cada una de las áreas de la organización, a partir del análisis de demanda energética obtenido en el estudio de mercado aplicado en el centro de operaciones "El Uval".	Evaluar la capacidad necesaria de los transformadores de luz pública para poder abastecer demanda identificada en el centro de operaciones.	Descripción técnica de las caracteristicas necesarias del transformador para abastecer el centro de operaciones El Uval																																
	Evaluar la tecnología ya implementada bajos los requisitos necesarios para abastecer la demanda del centro de operaciones	Revisión de la ficha técnica del sistema fotovoltaico instalado en el centro de operaciones. Identificación de capacidad de suministro.																																
	Identificar el área necesaria para la instalación del sistema fotovoltaico en cada área estudiada	Evaluación técnica de los predios donde se ubicarán los sistemas generación de energía fotovoltaica																																
Evaluar la viabilidad financiera de la ampliación del sistema fotovoltaico, comparando los costos de abastecimiento por parte del operador de red (ENEL CODENSA) y la inversión necesaria para aumentar la cobertura, a partir de la demanda energética identificada en el centro de operaciones "El Uval"	Analizar el historial de costos asumidos por la organización en materia de abastecimiento energético durante la operación.	Consolidado de los costos asumidos por la organización en materia de abastecimiento energético																																
	Realizar comparativa de costos mensuales asumidos contra los excedentes a recibir por exportación de energía a la red pública.	Proyección de excendentes económicos. Tabla comparativa de costos asumidos por abastecimiento energético contra excedentes a recibir.																																
	Realizar análisis costo beneficio, comparando las variables de costos asumidos por abastecimiento energético contra la proyección de ingresos recibidos por la exportación de energía a la red pública.	Análisis costo beneficio																																
Evaluar los impactos ambientales consecuentes de la ampliación del sistema de energía fotovoltaica instalado en Gran Américas Usme S.A.S.	Identificar aspectos e impactos ambientales resultantes de la ampliación del sistema fotovoltaico mediante la matriz de aspectos e impactos ambientales de Vicente Conesa	Matriz de aspectos e impactos ambientales.																																
Sustentación trabajo de grado																																		

ANEXO 2 Matriz de Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

PROCESO	SUB-PROCESO	ACTIVIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA	ESTADO DE OPERACIÓN				TIPO DE ASPECTO		ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	VALORACION SIGNIFICANCIA AMBIENTAL									TIPO DE MEDIDA				CONTROLES EXISTENTES
				Anormal	Normal	Emergencia	Cambios y Alteración	Directo	Influencia			Naturaleza (N)	Importancia o Magnitud (M)	Extensión (E)	Probabilidad de Ocurrencia (P)	Periodicidad (P)	Recuperabilidad o reversibilidad	Aspecto Crítico (S)	Acumulación (A)	Importancia o Significancia ambiental	Priorización	Prevención	Mitigación	Corrección	Compensación	
GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA	N/A	Mantenimiento de instalaciones *Instalación de sistema de generación de energía fotovoltaica	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN	x				x		Generación de residuos de construcción y demolición RDC, luminarias, mobiliarios	Contaminación de suelos y agua		1	1	1	1	1	5	4	17	Baja Significancia		x		HSEQ-PLA-004 Plan de Gestión Integral de Residuos HSEQ-PRG-004 Programa de Gestión Integral de Residuos Entrega de residuos a gestor con licencia para su tratamiento Acta de entrega de residuos Seguimiento a contratistas e informe de desempeño ambiental de las mismas
			PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN		x			x		Generación de residuos no aprovechables	Contaminación de suelo/sobrepresión en rellenos sanitarios		1	1	3	1	3	5	4	21	Baja Significancia		x		HSEQ-PLA-004 Plan de Gestión Integral de Residuos HSEQ-PRG-004 Programa de Gestión Integral de Residuos Capacitación en separación de residuos Puntos de separación de residuos según código de colores Entrega de residuos a empresa de aseo local según ruta de recolección
			PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN		x			x		Generación de residuos aprovechables (vidrio, tubería en PVC, en metales)	Aprovechamiento de residuos y disminución de carga en relleno sanitario	x	1	1	3	2	1	5	4	20	Poco importante		x		HSEQ-PLA-004 Plan de Gestión Integral de Residuos HSEQ-PRG-004 Programa de Gestión Integral de Residuos Entrega de residuos a gestor para su aprovechamiento Acta de entrega de residuos Capacitación en separación de residuos Puntos de separación de residuos según código de colores
			PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN		x			x		Generación de residuos peligrosos (recipientes de pinturas, envases, etc.)	Contaminación de agua y suelo		1	2	2	1	1	5	4	20	Baja Significancia		x		HSEQ-PLA-004 Plan de Gestión Integral de Residuos HSEQ-PRG-004 Programa de Gestión Integral de Residuos HSEQ-PRC-011 Procedimiento Manejo de Residuos Entrega de residuos a un gestor con licencia ambiental para su tratamiento y disposición Puntos de separación de residuos Capacitación en manejo de residuos Interventoria a receptores de residuos (documentación legal y cumplimiento del Sistema de Gestión Ambiental) HSEQ-FOR-059 Diagnostico SGA
			PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN		x			x		Generación de RAEE (electrodomesticos, cableado de red)	Contaminación electromagnética en suelos y agua		1	2	2	2	1	5	4	21	Baja Significancia		x		HSEQ-PLA-004 Plan de Gestión Integral de Residuos HSEQ-PRG-004 Programa de Gestión Integral de Residuos HSEQ-PRC-011 Procedimiento Manejo de Residuos Entrega de residuos a receptor con licencia para el tratamiento de RAEE Acta de disposición final del residuo
			PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN		x			x		Consumo de energía	Contaminación de aire, agua, suelo		2	2	2	2	1	5	1	21	Baja Significancia		x		HSEQ-PRG-003 Programa de Gestión Uso Eficiente de Recursos Capacitaciones en uso de recursos naturales Campañas de ahorro de energía Programa de mantenimiento de infraestructura Mantener apagados los equipos mientras no estén en uso

SIGNIFICANCIA AMBIENTAL = N (3M+2E+F+P+A+Re+A)

IMPACTOS NEGATIVOS		IMPACTOS POSITIVOS	
VALORACIÓN	GRADO DE SIGNIFICANCIA	VALORACIÓN	GRADO DE SIGNIFICANCIA
0 a 21	Baja Significancia	De 21	Poco importante
22 a 35	Media Significancia	22, 35	Importante
36 a 49	Alta Significancia	35 A 49	Muy importante