



Análisis de causas de demora en la entrega de proyectos de construcción de subestaciones eléctricas en proyectos de inversión privada.

Kevin Fabian Lozano Rueda

Javier José Molina Cuevas

Monografía para optar al título de especialista en gerencia de proyectos

Corporación Universitaria Minuto de Dios - Rectoría Bogotá Región

Centro Universitario

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Bogotá, Septiembre de 2025



Análisis de causas de demora en la entrega de proyectos de construcción de subestaciones eléctricas en proyectos de inversión privada.

Kevin Fabian Lozano Rueda

Javier José Molina Cuevas

Asesor

Hugo Alejandro Muñoz Bonilla

Corporación Universitaria Minuto de Dios - Rectoría Bogotá Región

Centro Universitario

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Bogotá, septiembre de 2025

RESUMEN

Este proyecto de investigación analiza las principales causas de las demoras en la entrega de proyectos de construcción de subestaciones eléctricas en el contexto de la inversión privada en Colombia. Utilizando un enfoque de métodos mixtos—combinando entrevistas con directores de proyecto, análisis de datos climáticos con el software Predicthor y revisión de cronogramas de proyectos—se identificaron los factores críticos que impactan los tiempos de ejecución. Los resultados destacan que las condiciones climáticas adversas (especialmente las fuertes lluvias entre mayo y octubre), los retrasos logísticos en la entrega de equipos, la extensa burocracia en los trámites de permisos, las deficiencias en la ingeniería detallada y la falta de coordinación con los contratistas son las causas más significativas de las demoras. Estos factores impactan directamente el tiempo, el costo y la calidad del proyecto, provocando atrasos que oscilan entre 10 y 30 días. El estudio concluye con recomendaciones estratégicas centradas en la gestión proactiva de riesgos, la optimización logística y la integración de tecnología.

ABSTRACT

This research project analyzes the main causes of delays in the delivery of electrical substation construction projects within the context of private investment in Colombia. Using a mixed-method approach—combining interviews with project directors, analysis of climatic data with Predicthor software, and review of project schedules—critical factors impacting execution timelines were identified. The results highlight that adverse weather conditions (especially heavy rainfall between May and October), logistical delays in equipment delivery, extensive bureaucracy in permitting, deficiencies in detailed engineering, and a lack of coordination with contractors are the most significant causes of delays. These factors directly impact project time, cost, and quality, causing delays ranging from 10 to 30 days. The study concludes with strategic recommendations focused on proactive risk management, logistical optimization, and the integration of technological tools to improve schedule adherence in future electrical infrastructure projects

Tabla de contenido

	Pág.
1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	12
1.1 Pregunta de investigación.....	13
1.2 Objetivos del proyecto.....	13
1.2.1 Objetivo general	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 Justificación.....	13
1.4 antecedentes.....	15
1.4.1 Antecedentes Internacionales.....	15
1.4.2 Antecedentes Nacionales.....	18
1.4.3 Antecedentes Locales.....	20
1.5 Marco Teórico	22
1.5.1 Ciclo de vida de un proyecto.....	22
1.5.2 Teoría de la gestión de proyectos.....	23
1.5.3 Teoría de la contingencia	24
1.5.4 Gestión del tiempo en proyectos	26
1.5.5 Método de ruta critica	27
1.6 Marco Conceptual.....	29
1.6.1 Demora en proyectos.....	29

1.6.2	Subestación eléctrica	29
1.6.3	Gestión de cronograma.....	30
1.6.4	Proyectos de inversión privada	30
1.6.5	Herramientas para gestión de proyectos.....	30
1.7	Marco legal	31
2	Metodología de investigación	33
2.1	Enfoque y diseño de investigación	33
2.2	Población y muestra.....	34
2.3	Instrumentos de recolección de información.....	34
2.4	Fases de la investigación	36
3	HIPÓTESIS.....	38
3.1	Variables.....	38
3.1.1	Variables dependientes.....	38
3.1.2	Planteamiento de la hipótesis	38
3.1.3	Variables independientes.....	38
4	Presentación resultados y discusión.....	39
4.1	Entrevistas	39
4.1.1	Preguntas y respuestas aplicadas al director del proyecto.....	39
4.1.2	Análisis de la entrevista aplicada al director del proyecto.....	43
4.2	Análisis de datos software	45

4.2.1	Presentación y descripción del software meteorológico Predicthor.....	45
4.2.2	Presentación y descripción de los datos obtenidos del software Predicthor.	47
4.3	Análisis cruzado de las fuentes.....	51
4.3.1	Comparar las principales demoras representativas que afectan los tiempos de entrega en los proyectos de construcción de las subestaciones eléctricas ejecutados por la empresa. 51	
4.3.2	Obtención de licencias de construcción	51
4.3.3	Las obras civiles al aire libre durante meses lluviosos:	51
4.3.4	Culminación de la sala de control y protecciones	52
4.3.5	Ingeniería de detalle y aprobación del cliente.....	52
4.4	Evaluación del impacto de las causas de demora en los alcances de cumplimiento del proyecto 54	
4.4.1	Impacto generado por el tiempo.....	55
4.4.2	Impacto generado por costos.....	56
4.4.3	Impacto generado por la calidad	57
4.4.4	Impacto del clima en obras civiles	57
4.4.5	Impacto de la logística y entrega de equipos.....	58
4.4.6	Impacto en la gestión de permisos	58
4.4.7	Impacto de los contratistas y la ingeniería a detalle.....	59
5	Conclusiones.....	61

TIEMPOS DE ENTREGA DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	8
6 Limitaciones y Recomendaciones.....	64
7 Referencias.....	66
5 Anexos	75

Lista de Tablas

	Pág.
Figura 1. <i>Diagrama de fases de la investigación</i>	37
Figura 2. <i>Pantallazo ilustrativo de la interfaz del software predicThor</i>	46

Lista de figuras

	Pág.
Tabla 1. <i>Referentes legales de la investigación.</i>	31
Tabla 2. <i>Relación de las preguntas de la entrevista con los objetivos de investigación.</i>	35
Tabla 3. <i>Respuestas de la entrevista al director de proyectos</i>	39
Tabla 4. <i>Presentación de datos de las probabilidades de lluvia en el mes de enero.</i>	47
Tabla 5. <i>Presentación de datos de las probabilidades de lluvia en el mes de septiembre.</i>	48
Tabla 6. <i>Información mensual climatológica de la zona.</i>	48
Tabla 7. <i>Precipitaciones por mes</i>	49
Tabla 8. <i>Precipitaciones por mes</i>	50
Tabla 9. <i>Categorización retrasos de entregas.</i>	54
Tabla 10. <i>Síntesis de las causas, categorías e impactos</i>	59

INTRODUCCIÓN

La importancia de este estudio radica en que las subestaciones eléctricas son infraestructuras esenciales para el desarrollo industrial, comercial y residencial. La entrega de estas obras dentro de los plazos estipulados no solo asegura la operación oportuna de los sectores que dependen de ellas, sino que también mitiga los impactos financieros derivados de retrasos, como penalizaciones contractuales o afectaciones en el flujo de caja de las empresas constructoras (Campos Fajardo, 2019).

Para garantizar una base sólida en el análisis, el proyecto ha implementado un enfoque metodológico robusto que combina la recopilación de datos relevantes, su codificación y análisis utilizando herramientas estadísticas avanzadas, como el software JASP. Estas herramientas permiten estructurar y analizar la información de manera precisa, identificando patrones y relaciones significativas entre las diversas variables involucradas en el proceso constructivo (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Durante el desarrollo de infraestructuras eléctricas, se identifican una variedad de riesgos laborales —tales como caídas, descargas eléctricas, polvo, ruido, incendios y presencia de fauna peligrosa— que, en ausencia de una gestión preventiva adecuada, incrementan la probabilidad de incidentes. Durante la expansión de una subestación equipada con un transformador de 100 MVA, se implementó el Análisis Preliminar de Riesgos (PRA) en conjunto con listas de verificación. Los hallazgos indican que una formación adecuada del personal contribuye a una reducción significativa de los incidentes (Pereira et al., 2019).

Además, estos proyectos se encuentran susceptibles a elementos exógenos del macroentorno —tales como modificaciones en permisos, regulaciones, retrasos en suministros o condiciones climáticas desfavorables— que pueden generar costos adicionales y retrasos en los plazos proyectados. Una investigación sobre líneas de transmisiones problemáticas establece que los obstáculos para obtener el derecho de vía, las alteraciones frecuentes en el trazado y las demoras en la entrega de materiales se posicionan entre las causas más significativas de retraso (Elbashir, 2023).

La ausencia de una supervisión apropiada durante la edificación de subestaciones provoca efectos que superan los límites de la seguridad. De acuerdo con informes recientes, la insuficiente visibilidad operativa conduce a la pérdida de documentación, la tardanza en la emisión de órdenes de cambio, la pérdida de conocimiento institucional y la susceptibilidad a los requisitos regulatorios, factores que impactan negativamente en la eficiencia temporal y económica del proyecto (Latif, 2023).

1.1 Pregunta de investigación

¿Cuáles son las principales causas que generan demoras en los tiempos de entrega de proyectos de construcción de subestaciones eléctricas en el caso de proyectos de inversión privada?

1.2 Objetivos del proyecto

1.2.1 Objetivo general

Establecer las principales causas que generan demoras en los tiempos de entrega de proyectos de construcción de subestaciones eléctricas en el caso de proyectos de inversión privada.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar las causas que afectan los tiempos de entrega de los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas ejecutadas por una empresa del sector eléctrico en proyectos de inversión privada.
- Determinar los efectos de las principales causas identificadas sobre los tiempos de entrega en los proyectos de construcción de las subestaciones eléctricas ejecutados por la empresa.
- Evaluar el impacto en los alcances de cumplimiento del proyecto.

1.3 Justificación

Esta investigación se justifica principalmente en el análisis de las causas de las problemáticas relacionadas con la construcción de subestaciones eléctricas en inversión privada, de ese modo aspectos como retrasos en tiempos de entrega, sobrecostos y penalizaciones se convierten objeto principal de análisis y su impacto en este tipo de proyectos.

Asimismo, es importante determinar la forma en la que se está realizando la gestión de estos proyectos, pues una mala planificación puede traer problemas en la ejecución de protocolos para optimizar tiempo. Partiendo de esto, es necesario revisar la estructura de estos proyectos e identificar puntos de inflexión en los que se puedan generar fallas que estas puedan ser prevenidas.

Por otra parte, la idea de plantear ese trabajo de grado es medir el impacto de las acciones tomadas por los dirigentes del proyecto, pues algunos factores externos pueden afectar como lo son, el proveer materiales, equipos y herramientas, incluso personal capacitado para la ejecución de estas actividades de construcción. De este modo, el gerente de proyectos en formación aplica los conocimientos académicos adquiridos para la resolución de problemáticas que giran en torno a la instalación de subestaciones en proyectos de inversión privada y al mismo tiempo el planteamiento estratégico de medidas que permitan medir el impacto en cada una de las fases de este tipo de proyectos.

Ahora bien, con la creciente demanda de energía en los sectores industrial, comercial y residencial se exige la construcción oportuna de subestaciones eléctricas, en donde la entrega puntual garantiza la continuidad operativa y evita interrupciones productivas. En ese sentido los retrasos en estos proyectos generan consecuencias directas en la satisfacción de los usuarios y en la estabilidad de los sistemas eléctricos, tal como lo evidencian investigaciones sobre la interrupción de obras y su impacto en la eficiencia de los procesos productivos (Amoah et al., 2024). Con base en lo anterior, la entrega tardía de subestaciones conlleva penalizaciones contractuales, afectaciones en el flujo de caja y sobrecostos operativos para las empresas constructoras, mientras que la puntualidad fortalece la viabilidad financiera y la percepción de los clientes (Egwim et al., 2022).

Por otra parte, esta investigación aporta al análisis crítico de las causas de retraso en proyectos de infraestructura eléctrica, un tema de alta relevancia en la literatura contemporánea. Es por esto que estudios recientes destacan cómo factores climáticos, normativos, logísticos y de planificación inciden en la ejecución de obras (Ghaleh et al., 2021; Ma et al., 2022). De modo que, este trabajo no solo identifica dichas variables en un contexto real de inversión privada, sino que también propone alternativas metodológicas apoyadas en modelos predictivos y herramientas como BIM, lo que contribuye al avance del conocimiento en gestión de cronogramas, control de riesgos y a la formación académica en gerencia de proyectos (Ma et al., 2022).

1.4 antecedentes

para comprender algunas de las causas que generan demoras en los tiempos de entrega de proyectos de construcción de subestaciones eléctricas, se llevó a cabo una revisión de antecedentes bibliográficos a nivel internacional, nacional y local. En este análisis se abordan estudios que afrontaron problemáticas similares dando puntos de vista mediante enfoques metodológicos que permitieran plantear soluciones relacionadas con ajustes en planificación, falta de control operativo, limitaciones en la gestión del tiempo y escasa articulación entre actores involucrados.

1.4.1 Antecedentes Internacionales

En primer lugar, en cuanto a estudios internacionales se tomó la tesis titulada “Evaluación del método IBBS a contratos de construcción de alta complejidad en proyecto Mina Chuquicamata subterráneo-Codelco Chile”, desarrollada por Aguilera (2021) quien analizó cómo la

implementación del método IBBS puede contribuir a mejorar la eficiencia en la ejecución de contratos dentro de proyectos eléctricos complejos. Por su parte, la investigación, fue desarrollada en la Universidad de Chile, se centró en identificar los factores que provocaban retrasos en la planificación y ejecución de obras subterráneas, tomando como caso de estudio el proyecto Mina Chuquicamata. A través de un enfoque aplicado, el autor evaluó los efectos del IBBS como herramienta de control sobre variables como cronograma, gestión de recursos y coordinación entre actores del proyecto. En cuanto a sus resultados se evidenciaron que, al adoptar dicho método, se logró una disminución notable en los tiempos improductivos además de una mayor claridad en la distribución de responsabilidades. Por ende, este trabajo resulta de gran ayuda para el presente estudio, ya que ofrece una mirada concreta sobre cómo los métodos de control contractual pueden reducir las demoras en proyectos eléctricos complejos, aportando punto de vistas que podrían adaptarse a las realidades de las subestaciones eléctricas en Colombia, especialmente en iniciativas de inversión privada.

De manera similar, el trabajo de grado titulado “Aplicación del PMBOK para incrementar la productividad en la empresa Innovadores Eléctricos SAC–Chiclayo 2020”, dado por Cueva y Cruz (2021) presentó una propuesta basada en la guía del Project Management Body of Knowledge (PMBOK) con el fin de mejorar la productividad en una empresa del sector eléctrico en Perú. Así pues, esta investigación realizada en la Universidad Señor de Sipán, tuvo como objetivo aplicar buenas prácticas en la gestión de proyectos para enfrentar los retrasos, así como la baja eficiencia en la ejecución de obras eléctricas. Además, en su metodología los autores incorporaron procesos de planificación, gestión del alcance, tiempo y costos, logrando una mayor coordinación entre las áreas involucradas en la ejecución de proyectos. Sus resultados evidenciaron que, al estructurar los proyectos bajo los lineamientos del PMBOK, se optimizaron

los recursos por lo que se redujeron significativamente los tiempos muertos, además de los cuellos de botella operativos. Este antecedente demuestra ser útil, debido a que demuestra como el uso de metodologías reconocidas internacionalmente puede ser necesarias para mitigar las demoras en proyectos de infraestructura eléctrica, un reto también presente en la construcción de subestaciones eléctricas en Colombia, especialmente en el ámbito de la inversión privada.

Asimismo, para los antecedentes internacionales se escogió la tesis de maestría “Propuesta de un plan para reducir los tiempos de improductividad en obra eléctrica en media y baja tensión aplicada obra municipal”, donde García y Dumay (2022) abordaron uno de los desafíos más recurrentes en los proyectos eléctricos: la pérdida de tiempo por causas operativas. Este estudio, se creó en la Universidad Veracruzana (México), y se enfocó en identificar los factores que generan improductividad en obras municipales de infraestructura eléctrica en media o baja tensión. Tuvo como método un enfoque analítico y de campo, donde los autores diseñaron un plan estratégico que incluyó acciones como la optimización del flujo de trabajo, mejoras en la coordinación entre contratistas con sus supervisores, y una gestión más eficiente de los recursos materiales y humanos. Por su lado, los resultados demostraron que, al implementar dicho plan, se logró una reducción significativa en los tiempos improductivos y un aumento en la eficiencia general del proyecto. Este antecedente resulta especialmente pertinente para la presente investigación, ya que resalta la importancia de contar con estrategias específicas de planificación tanto como el control para evitar demoras, una problemática común en la construcción de subestaciones eléctricas dentro de proyectos de inversión privada en Colombia.

1.4.2 Antecedentes Nacionales

En cuanto al primer antecedente nacional se decidió escogió el estudio nombrado “Metodología para la evaluación de proyectos Smart Grid en Colombia”, desarrollado por Bravo, García, Morales, Martínez y Racines (2024) en la Universidad del Valle, el cual, propone un modelo metodológico para la evaluación integral de proyectos eléctricos que incorporan tecnologías inteligentes en el país. Esto se logró por medio de una revisión detallada de experiencias nacionales e internacionales, los autores identifican los principales obstáculos técnicos o administrativos que afectan la ejecución eficiente de estos proyectos, entre ellos, la falta de planificación detallada, la limitada coordinación interinstitucional, así como los retrasos en la toma de decisiones. Por ende, fue utilizado un enfoque mixto, debido a que el estudio plantea indicadores clave de desempeño para medir el avance de las obras y su alineación con los objetivos de modernización energética. Aunque centrado en el contexto Smart Grid, este antecedente resulta muy valioso para el presente trabajo, ya que permite comprender cómo las debilidades en la gestión de proyectos eléctricos, en especial las asociadas a los tiempos de ejecución siguen siendo un reto común en Colombia. De manera que, su enfoque metodológico aporta elementos útiles para analizar o mejorar los procesos de construcción de subestaciones eléctricas vinculadas a inversiones privadas.

Seguidamente, en el trabajo de grado “Diagnóstico de la efectividad de los proyectos en energía renovable en Colombia”, Silva, Tavera, Quintero, Rodríguez y Díaz (2023) realizaron un análisis sobre el desempeño de los proyectos energéticos en el país, con énfasis en su eficiencia operativa y cumplimiento de cronogramas. Esta investigación, se dio en la Universidad EAN en Bogotá, donde se identificó como principales factores de ineficiencia los retrasos en la etapa de planificación, la falta de articulación entre actores del proyecto y deficiencias en la gestión de

riesgos. A través de una metodología cualitativa con enfoque diagnóstico, los autores evaluaron varios casos de estudio para detectar patrones de falla comunes en los tiempos de ejecución, destacando la importancia de fortalecer las capacidades de gestión desde la etapa inicial del proyecto. Aunque su enfoque se centró en energías renovables, sus hallazgos resultan altamente aplicables al presente estudio, ya que permiten comprender cómo los problemas de planificación, coordinación o el seguimiento que afectan directamente la entrega oportuna de obras eléctricas, como es el caso de las subestaciones en proyectos de inversión privada.

De igual forma, se tomó el trabajo de grado titulado “Propuesta para la utilización de la guía PMBOK, gestión del alcance, gestión del tiempo, gestión del costo y gestión de la calidad, como mecanismo de planificación, en la construcción de las instalaciones eléctricas para el proyecto Gran Reserva” el cual fue realizado por Bautista y Hernández (2021) planteo una estrategia metodológica basada en la guía PMBOK para mejorar la planificación de proyectos eléctricos en Colombia. Esta propuesta, desarrollada en la Universitaria Agustiniense en Bogotá, surge como respuesta a los frecuentes retrasos observados durante la construcción de instalaciones eléctricas en proyectos residenciales de gran envergadura. Los autores, mediante un enfoque aplicado, demostraron que la incorporación sistemática de áreas de conocimiento del PMBOK — particularmente en cuanto al alcance, cronograma, costos y calidad— permite reducir las desviaciones en los tiempos de entrega y lograr un mayor control sobre el desarrollo del proyecto. Este estudio aporta al presente trabajo una visión concreta sobre cómo la estandarización de procesos y el uso de herramientas de gestión reconocidas pueden prevenir las demoras en obras similares, como las subestaciones eléctricas en el ámbito de inversión privada, favoreciendo la entrega eficiente y oportuna.

1.4.3 Antecedentes Locales

En el caso de los antecedentes a nivel local, se encontró el trabajo de grado “Ejecución de Actividades Técnicas en la Empresa Electrificadora de Santander-ESSA” donde Cueto (2023) analizó los procesos técnicos desarrollados en proyectos eléctricos ejecutados por esta empresa regional, prestando especial atención a las dinámicas operativas que influyen en la eficiencia de las obras. Es con ello, que la investigación, realizada en la Universidad de Santander, se centró en identificar las limitaciones que enfrentan los equipos técnicos durante la ejecución de las actividades eléctricas, especialmente aquellas relacionadas con la planificación deficiente, la gestión de tiempos con los recursos humanos insuficientes. Esto se hizo mediante un enfoque descriptivo el cual estuvo basado en la experiencia directa en campo, el autor logró evidenciar cómo estos factores afectan la entrega oportuna de proyectos eléctricos, generando retrasos que comprometen el cumplimiento de los cronogramas establecidos. Por ende, este estudio aporta elementos indispensables para a la presente investigación, ya que permite observar, desde un contexto local, cómo las fallas en la gestión operativa además de que la técnica incide en los tiempos de ejecución de proyectos eléctricos, lo cual es directamente comparable con las situaciones que se presentan en la construcción de subestaciones eléctricas dentro del marco de inversión privada.

Por otro lado, la maestría titulada “Estudio de caso sobre la contribución a la adaptación y a la resiliencia climática del programa Ecoeficiencia Operacional de Isa Intercolombia en las Subestaciones Sogamoso, La Cira Infanta y Comuneros en Santander, Colombia” brindada por Cano (2023) examinó cómo las prácticas de eficiencia operativa pueden incidir positivamente en la sostenibilidad y desempeño de subestaciones eléctricas. Esto se realizó en la Universidad Externado de Colombia, que aplicó un enfoque de estudio de caso para analizar el impacto del

programa Ecoeficiencia Operacional en tres subestaciones clave del departamento. Entre los hallazgos más relevantes, se evidenció que la incorporación de prácticas de planificación técnica, mantenimiento oportuno y control operativo no solo contribuyen a la sostenibilidad ambiental, sino que también optimizan los tiempos de ejecución de obras dadas en la continuidad del servicio. Este antecedente es de gran importancia para el presente trabajo, ya que demuestra cómo estrategias de eficiencia adaptadas al contexto local pueden mejorar significativamente los tiempos de entrega de proyectos eléctricos, tal como se busca en la construcción de subestaciones bajo inversión privada en otras regiones del país.

Dentro de esta selección, también se encontró el trabajo de grado “Plan de Diseños de un Centro de Distribución para Merkaya en Lebrija Santander” desarrollado por Orjuela, Parra, Tinoco y Vargas (2022) en la Universidad Piloto de Colombia, el cual propuso una solución de diseño logístico con enfoque en eficiencia operativa para responder a las demandas de distribución que nace en el almacenamiento. Aunque el proyecto no está directamente vinculado al sector eléctrico, su estructura metodológica, basada en una planificación detallada de la modelación de procesos, que permite observar cómo una gestión estratégica desde la etapa de diseño puede prevenir retrasos en la ejecución. Donde los autores evidenciaron que las demoras en obras similares suelen estar relacionadas con la falta de alineación entre diseño, cronograma y recursos disponibles. Por ende, este antecedente complementa la presente investigación al mostrar que, incluso en contextos distintos, los principios de planificación eficiente y gestión anticipada pueden marcar una diferencia en los tiempos de entrega, siendo igualmente aplicables a los proyectos de subestaciones eléctricas que enfrentan retrasos por fallas estructurales de gestión.

1.5 Marco Teórico

1.5.1 Ciclo de vida de un proyecto

El ciclo de vida de un proyecto puede definirse como el conjunto de secuencias por las que debe atravesar un proyecto desde que inicia hasta que finaliza. Estas fases por lo general incluyen: Inicio, planificación, ejecución, seguimiento/control y cierre. En proyectos de construcción de subestaciones eléctricas con recursos privados se debe entender estos ciclos como pieza fundamental, toda vez que cada etapa involucra actividades que inciden directamente en la eficiencia y cumplimiento de los plazos establecidos, actividades que involucran recursos técnicos y humanos, cronogramas y toma de decisiones (Ilama, 2022).

En la fase inicial, se establecen cuáles son los objetivos generales a cumplir y se identifica la viabilidad del proyecto, dónde se aseguran los recursos necesarios para el cumplimiento de esto. Esta etapa debe desarrollarse de manera rigurosa, ya que si se generan vacíos, estos afectaran el desarrollo normal del cronograma ya planteado. El omitir tempranamente estos vacíos se traducen en demoras significativas en el futuro, especialmente si se deben redefinir aspectos técnicos o contractuales en el proceso de construcción (Centeno, 2023).

Para la fase de planificación, se deben diseñar los planes de trabajo, deben asignarse responsabilidades y deben establecerse los presupuestos y cronogramas detallados. La mala planificación del proyecto ya sea con una subestimación de los tiempos o la falta de consideración de riesgos externos, como problemas en el clima, la disponibilidad de materiales o fallas procesales de índole legales, son causas comunes en los retrasos de proyectos, es por esto que tanto la precisión y el realismo de esta etapa son claves para así evitar problemas que comprometan los tiempos de entrega (Centeno, 2023).

Para finalizar, las fases de ejecución y control son aquellas donde se materializa el proyecto según lo anteriormente planificado, realizando constantemente monitoreos que aseguren que el desarrollo del proyecto se haga conforme a lo estipulado. La ejecución de un proyecto si una supervisión efectiva puede significar retrasos en su entrega, sin contar con que muchas veces esta falta de supervisión viene acompañada de una respuesta lenta a los problemas que pueden surgir en el campo. Es por esto que la gestión adecuada del ciclo de vida de un proyecto es muy importante para evitar los retrasos en la entrega, especialmente cuando estos proyectos son financiados por inversiones privadas puesto que estas requieren eficiencia y cumplimiento de las metas pactadas contractualmente (Rodríguez y Sepúlveda, 2021).

1.5.2 Teoría de la gestión de proyectos

Se puede definir la teoría de la gestión de proyectos como el conjunto de principios, metodologías y herramientas que son empleadas para la ejecución, control y finalización de un proyecto. La finalidad de la teoría es el desarrollo eficiente para así dar cumplimiento con los objetivos planteados de tiempo, costo y calidad que son propios de disciplinas como la administración, la ingeniería, la economía y la contratación estatal. Esta teoría tiene su estructura en 5 fases: i) Inicio, ii) planificación, iii) ejecución, iv) monitoreo y control, v) cierre. Su propósito es asegurar que los recursos disponibles que se vayan a utilizar se ejecuten óptimamente, minimizando riesgos y superando desafíos que puedan surgir en el desarrollo del proyecto (Araya, 2024).

Esta teoría resulta esencial en cualquier desarrollo de proyecto, puesto que estos suelen ser complejos y conllevan el gasto de altos costos, con estrictos requerimientos técnicos y de seguridad, es por esto que la aplicación efectiva de la gestión de proyectos va a permitir la

identificación de tareas críticas, prever retrasos y establecer cronogramas realistas que ayuden a planificar posibles contingencias. A través de herramientas como el análisis del camino crítico, la gestión del valor ganado y la matriz de riesgos, los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas pueden anticiparse a factores que podrían generarles retrasos (Flores y Fuentes, 2023).

Las demoras en los tiempos de entrega suelen derivarse de la mala planificación, cambios en el alcance del proyecto dificultades logísticas, falta de coordinación entre los contratistas, retrasos en la adquisición de materiales o problemas con los permisos regulatorios, con la teoría de la gestión de proyectos se permite abordar estos factores desde una perspectiva integral, con un enfoque proactivo que prioriza la comunicación efectiva, la gestión de stakeholders y la actualización constante de los planes de trabajo según el proyecto (Flores y Fuentes, 2023).

En el marco de proyectos que se desarrollan con la inversión privada, donde los recursos dependen de la ejecución puntual y los retornos financieros, la gestión de proyectos ayuda a mitigar las demoras y mejoran la competitividad del inversionista. El cumplimiento eficaz de los plazos pactados fortalece la confianza de los financiadores, ayuda a reducir sobrecostos y optimiza la puesta en marcha del proyecto en desarrollo. Es por esto que se debe comprender y aplicar la teoría de gestión de proyectos puesto que es una ventaja técnica y una necesidad estratégica para evitar impactos negativos en el desarrollo de infraestructura eléctrica clave (Chamorro et al, 2022).

1.5.3 Teoría de la contingencia

La teoría de la contingencia consigna que no existe una forma única y optima de organizar y gestionar un proyecto, sino que esto depende de múltiples factores, como el entorno, el tamaño del proyecto, la tecnología empleada y el nivel de incertidumbre. Esta teoría propone que las

decisiones de organización y de gestión se deben adaptar a circunstancias específicas en las que se debe desarrollar un proyecto, lo cual resulta relevante en los casos de los proyectos de construcciones, donde los factores técnicos, administrativos, financieros y regulatorios influyen de manera importante en el desarrollo efectivo del cumplimiento de los objetivos (Durón et al, 2023).

En proyectos de inversión privada, esta teoría va a permitir analizar como las condiciones externas como cambios en la normativa, disponibilidad de insumos importantes para el desarrollo normal del proyecto, condiciones de fuerza mayor o caso fortuito, pueden llegar a afectar el cronograma planteado, donde la falta de una respuesta rápida y adaptativa frente a estas contingencias pueden generar cuellos de botella en la entrega del proyecto, retrasando los tiempos de entrega que terminaran por elevar los costos, lo que es contraproducente para los financiadores, evidenciando la necesidad de una gestión flexible y contextualizada (Gusman y Adrianzen, 2022).

Es por esto que esta teoría resalta la importancia de adoptar programas de gestión que respondan de manera eficiente a los desafíos que presente cada proyecto. En el contexto de un proyecto de construcción ubicada en una zona rural con acceso limitado, los métodos de supervisión, transporte de materiales y contratación de personal deben adaptarse a las variables que presente el entorno donde se desarrollará. Al ignorar estas variables, se puede generar retrasos significativos que van a afectar directamente la planificación y ejecución del proyecto (Durón et al, 2023).

Para concluir, la teoría de la contingencia brinda un marco de utilidad para la identificación de las causas de demora en la entrega de proyectos de construcción, puesto que va a orientar el análisis hacia los factores externos e internos que condicionan el éxito del proyecto. Esto

significa que, para reducir los tiempos de entrega, los responsables deben diseñar estrategias que consideren las características cambiantes del entorno donde se desarrolla el proyecto, los recursos que están disponibles y la naturaleza del mismo, para así reforzar la necesidad de la planificación adecuada y una gestión de problemas efectiva (Correa y Carhuancote, 2024).

1.5.4 Gestión del tiempo en proyectos

La teoría de la gestión de tiempos en proyectos es un área clave en la dirección de proyectos, ya que se centra en la planificación, programación, seguimiento y control del tiempo planificado para la ejecución del mismo. Esta gestión busca que cada fase del proyecto se desarrolle dentro de los plazos establecidos previamente, en la etapa de planificación, lo cual es fundamental en los sectores de la construcción, donde los retrasos representan sobrecostos significativos, afectaciones contractuales y pérdida de confianza por parte de los inversionistas privados (Intriago et al, 2025).

La gestión del tiempo implica la descomposición del trabajo en actividades específicas con duraciones realistas, secuenciando las tareas en función de dependencias técnicas y recursos disponibles, utilizando herramientas como cronogramas de Gantt, métodos de la ruta crítica o técnicas PERT. La correcta aplicación de esta teoría permite anticiparse a los problemas que puedan presentarse a futuro y generen retrasos en la entrega final del proyecto, evitando así el sobrecosto mejorando la asignación de recursos y prevenir desviaciones que puedan alterar los tiempos de entrega (Cervera et al, 2024).

Sin embargo, en la práctica, múltiples factores pueden intervenir en la gestión eficiente del tiempo. Una mala planificación inicial es la principal causa de retrasos en la entrega de proyectos de construcción, también la falta de coordinación entre contratistas y proveedores, la ausencia de

estudios previos que son fundamentales a la hora de la presentación de un proyecto en contratación estatal, cambios frecuentes en los diseños, demoras en la adquisición de equipos especializados necesarios para la construcción y problemas de fuerza mayor o caso fortuito. Estas situaciones deben abordarse para evitar retrasos que afectan el cronograma general del proyecto, generando un efecto dominó que va a comprometer el cumplimiento de los plazos contractuales (Duarte, 2024).

Es por esto que resulta muy importante desarrollar una adecuada gestión del tiempo ya que no solo implica seguir un cronograma, sino también establecer mecanismos de monitoreo constante, análisis de riesgos y toma de decisiones oportunas para cumplir con los objetivos de entrega oportuna. La implementación de buenas prácticas en dicha área es importante para así reducir las causales de demoras y optimizar la ejecución de las obras, cumpliendo con los compromisos establecidos con los inversionistas, en especial en proyectos de tipo privado, donde el tiempo se va a traducir en rentabilidad y confianza (Ávila y Cantor, 2021).

1.5.5 Método de ruta crítica

El método de ruta crítica o CPM, es una herramienta de planificación y gestión de proyectos que ayuda a la identificación de las actividades más críticas dentro de un cronograma, aquellas que van a determinar la duración del desarrollo del proyecto. Fue creado en la década de los 50 y se ha convertido en una técnica importante en el control de tiempos, especialmente en proyectos de alta complejidad como los de construcción. Esta metodología va a permitir la visualización de manera secuencial de las tareas necesarias, sus dependencias y los tiempos estimados para su ejecución (Castañeda, 2020).

Dicha teoría, aplicada en los proyectos de construcción, cobra especial importancia, toda vez que debido a la cantidad de actividades técnicas y logísticas que se deben llevar a cabo para cumplir con los objetivos y entrega oportuna. En este tipo de obras, los retrasos pueden desencadenar en un efecto cadena que involucrará la fecha de entrega y finalización del proyecto, por lo tanto, el uso de esta teoría permite a los encargados del proyecto anticipar situaciones que comprometan los tiempos de entrega y así, asignar de manera eficiente los recursos destinados para evitar demoras (Santamaría y Quispe, 2025).

El CPM permite calcular los márgenes de “flexibilidad” para aquellas tareas catalogadas como “no críticas”, lo que va a facilitar la toma de decisiones estratégicas frente a eventualidades como problemas de suministro, demoras por temas de fuerza mayor o caso fortuito o conflictos con contratistas, situaciones difíciles de prever. En proyectos de inversión privada, donde los tiempos y presupuestos van de la mano y son especialmente sensibles, el control preciso del cronograma planteado mediante la ruta crítica es una ventaja competitiva para así asegurar el cabal cumplimiento de los plazos contractuales (Flores y Gutiérrez, 2023).

Para concluir, el análisis del método de la ruta crítica permite comprender como una planificación inadecuada o una ineficiente supervisión de proyectos puede ser una de las principales causas de retraso, debido a errores en la estimación de tiempo y falta de recursos en actividades importantes. Es por esto que es importante evaluar el uso de CPM en proyectos de construcción ya que pueden proporcionar evidencia relevante sobre su efectividad para así reducir retrasos que van a significar sobrecostos y mejorarla entrega oportuna de proyectos (Castañeda, 2020).

1.6 Marco Conceptual

1.6.1 Demora en proyectos

La demora en proyectos es el incumplimiento de los plazos previamente establecidos por el contratista en el cronograma inicial para la ejecución de las actividades planificadas que significará un retraso en la finalización del proyecto. Para los proyectos de construcción de inversión privada, las demoras pueden surgir principalmente por fallas en la planificación, retrasos en la entrega de materiales, líos contractuales, problemas técnicos, fuerza mayor y caso fortuito o problemas con trámites administrativos. Estos retrasos impactan el tiempo de entrega además que generan sobrecostos, conflictos contractuales y reducción de la confianza por parte de los inversionistas (Pizarro et al, 2024).

1.6.2 Subestación eléctrica

Una subestación eléctrica es una instalación que se encuentra dentro de un sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica. Su objetivo es el de transformar los niveles de tensión eléctrica para así facilitar el transporte o distribución segura a los usuarios. Estas construcciones incluyen: Transformadores, interruptores, sistemas de protección y control, entre otros componentes. Su diseño varía según las necesidades (tipo de red eléctrica). Estas subestaciones representan puntos estratégicos y requiere una planificación eficiente ya que las demoras en su ejecución afectan la puesta en marcha de la infraestructura desarrollada, generando impactos económicos y retrasos en la comercialización del servicio (Sánchez, 2023).

1.6.3 Gestión de cronograma

La gestión de cronograma es el proceso por medio del cual se planifica, organiza y controla las actividades para el desarrollo de un proyecto dentro de un tiempo previamente establecido. Esta gestión es importante, toda vez que permite definir las fechas de inicio y finalización de cada fase del proyecto para así asignar recursos de una manera eficaz y evitar retrasos del mismo. Una mala gestión del cronograma puede significar demoras que afectarán los tiempos de entrega y comprometerán la viabilidad económica del proyecto, deteriorando así la relación contractual de las partes involucradas (Jiménez y Méndez, 2021). Es por esto que se recomienda gestionar adecuadamente el cronograma para minimizar riesgos y optimizar tiempos, garantizando así el cumplimiento de los objetivos planteados.

1.6.4 Proyectos de inversión privada

Se conoce como proyectos de inversión privada a aquellos que son financiados y gestionados por entidades o personas del sector privado. El objetivo principal de estos proyectos es obtener una rentabilidad económica a través de actividades productivas comerciales o de infraestructura que van a implicar la participación de empresas privadas tanto en diseño como financiación, buscando eficiencia, innovación y retorno financiero (Agüero, 2021). Su éxito va a depender de una adecuada planificación y gestión de los recursos, cumpliendo con los plazos establecidos para así evitar demoras que afectan los costos y los tiempos de entrega.

1.6.5 Herramientas para gestión de proyectos

En gestión de proyectos, son sistemas diseñados para planificar, coordinar y monitorear los recursos, tareas y tiempos de un proyecto con el fin de que su ejecución sea correcta en todas las

etapas de desarrollo. Estas herramientas permiten la identificación de riesgos estableciendo cronogramas realistas para hacer seguimiento del avance de las actividades planeadas por el contratista. Su uso adecuado ayuda significativamente a evitar las demoras puesto que ayudan en la toma de decisiones de manera adecuada e informada, coordinando efectivamente a todos los actores del proyecto, lo que impacta de manera positiva el cumplimiento de los tiempos de entrega previamente estipulados contractualmente (Moyano y Villamil, 2021).

1.7 Marco legal

Para la investigación actual se consultan algunos referentes legales resaltando su definición y el impacto que genera al relacionarse con el tema principal de este estudio. En la Tabla 1 se puede apreciar. Ver tabla 1

Tabla 1.

Referentes legales de la investigación.

Ley, Reforma, Decreto o resolución	Definición	Impacto relacionado con la investigación
Constitución Política de Colombia de 1991	Art. 333: Establece la libertad económica y libre inversión de la empresa privada. Art. 365: Los servicios públicos están sometidos al régimen jurídico que dicte la ley. Art. 370: Facultad al presidente de la república con sujeción a la ley la administración y control de eficiencia de los servicios domiciliarios.	Establece el servicio público de energía como esencial por mandato constitucional, además de otorgar libertad de inversión a la empresa privada para contribuir con el desarrollo económico y tecnológico del estado colombiano.
Ley 80 de 1993	“Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración pública”	Regula la contratación, define sus principios generales como transparencia, economía y responsabilidad.

Ley, Reforma, Decreto o resolución	Definición	Impacto relacionado con la investigación
Ley 142 de 1994	“Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones”	Regula los servicios públicos como el de energía eléctrica, promoviendo la participación de empresas privadas bajo supervisión estatal.
Ley 143 de 1994	“Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética”	Regula la generación, transmisión y comercialización de energía eléctrica eficiente, otorga participación a la empresa privada.
Ley 388 de 1997	“Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones” (Ley de ordenamiento territorial).	Establece las herramientas para la planeación territorial en proyectos de construcción e infraestructura.
Ley 1508 de 2012	“Por la cual se establece el régimen jurídico de las Asociaciones Público-Privadas, se dictan normas orgánicas de presupuesto y se dictan otras disposiciones”	Crea el marco normativo para que el sector privado participe en la financiación, construcción y operación de infraestructura pública.
Decreto 1073 de 2015	"Por la cual medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía"	Recoge y organiza la normativa del sector energético. Incluye disposiciones sobre la participación del sector privado, comercialización y regulación técnica del servicio eléctrico.
Decreto 438 de 2021	"Por el cual se modifica el Capítulo 1 del Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1082 de 2015, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Planeación Nacional"	Establece las condiciones para la presentación de iniciativas privadas en proyectos de APP, incluyendo restricciones sobre modificaciones a contratos existentes y garantías estatales.
Decreto 2104 del 2023	“Por el cual se sustituye el Título 6 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1082 de 2015, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Planeación Nacional, con el fin de fortalecer el Sistema Unificado de Inversión Pública (SUIP)”	Define los procesos para la gestión de proyectos de inversión pública, incluyendo las etapas de planeación, gestión de recursos, ejecución y evaluación.
Ley 2294 de 2023	“Por El Cual Se Expide El Plan Nacional De Desarrollo 2022- 2026 “Colombia Potencia Mundial De La Vida”.	Establece la importancia de la financiación de proyectos estratégicos a través de la concurrencia de fuentes y la articulación intersectorial.

Nota: Elaboración propia.

2 Metodología de investigación

Este documento se centra en la investigación con enfoque mixto, que principalmente describe el análisis de las posibles soluciones prácticas de problemas específicos que se presenten en el tema objeto de investigación. Esto busca generar conocimiento que pueda ser utilizado para la mejora de procesos, productos o servicios en un contexto real. En el caso de estudio sobre las casusas que pueden generar demoras y afectan los tiempos de entrega en los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas dentro de proyectos de inversión privada, la investigación con enfoque mixto resulta ser clave toda vez que su objetivo principal es la identificación y análisis de factores que puedan ocasionar retrasos para el diseño de estrategias efectivas que optimicen la gestión y ejecución de dichos proyectos (Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2018)).

2.1 Enfoque y diseño de investigación

El estudio adopta un enfoque mixto, combinando elementos cualitativos y cuantitativos para brindar una comprensión integral de la problemática, de tal forma que la dimensión cuantitativa permite analizar métricas como tiempos de ejecución, frecuencia de retrasos y cronogramas, mientras que la cualitativa recoge percepciones de actores clave; ingenieros, contratistas y gerentes de proyecto, mediante entrevistas y encuestas. De esa forma, esta integración facilita tanto la identificación de patrones estadísticos como la interpretación de causas subyacentes, lo que fortalece la capacidad de análisis y de toma de decisiones en torno a los retrasos en proyectos de subestaciones eléctricas (Acosta, 2023).

En cuanto al diseño de investigación, se establece un diseño descriptivo, orientado a observar y detallar las características de los fenómenos sin manipular las variables, lo cual permite identificar y caracterizar los factores que inciden en los tiempos de entrega de proyectos de construcción de subestaciones dentro del marco de inversión privada. Como consecuencia, mediante la recopilación de datos de campo, informes técnicos y entrevistas, se obtiene un panorama amplio que posibilita clasificar las principales causas de retraso, sus efectos sobre la ejecución y la frecuencia con que ocurren (Guevara et al., 2020).

2.2 Población y muestra

La población planteada para esta investigación está conformada por profesionales y empleados del sector eléctrico, los cuales específicamente trabajan en la planeación, ejecución y control de proyectos como las subestaciones eléctricas en empresas que realizan inversión privada. Asimismo, los datos de proyecciones del software forman parte, tanto de la población como la muestra, pues en esta se encuentran registros de avances de obra, tiempos establecidos, novedades y notificaciones de obra. Se tiene una muestra no probabilística por acceso.

2.3 Instrumentos de recolección de información

La investigación se apoyó en fuentes primarias y secundarias, de tal forma que con las fuentes primarias se destaca la elaboración de una entrevista a actores clave del sector eléctrico específicamente a directores de este tipo de proyectos, junto con la revisión de cronogramas y bitácoras de obra, que aportaron información directa sobre los retrasos y su impacto en la ejecución. Por otro lado, el uso de fuentes secundarias aborda una revisión de literatura académica, investigaciones previas, artículos científicos, documentos contractuales y normativos,

así como reportes técnicos, lo que permitió contextualizar los hallazgos y contrastarlos con experiencias similares en otros proyectos. (Arias, 2021). En ese sentido, en la tabla 2 se plantea cada una de las preguntas de la entrevista, la cual presenta además una columna en donde se menciona el objetivo y su relación con el mismo, demostrando de qué manera contribuye a resolverlo, Ver tabla 2

Tabla 2.

Relación de las preguntas de la entrevista con los objetivos de investigación.

Pregunta de la entrevista	Objetivo específico relacionado	Cómo contribuye a resolver el objetivo
1. ¿Cuáles considera que son las causas más comunes de demora en los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas?	Identificar las causas que afectan los tiempos de entrega.	Permite listar y clasificar las causas principales de retraso (clima, logística, permisos, contratistas).
2. ¿Qué factores internos dentro de la empresa han contribuido a retrasos en la entrega de proyectos?	Identificar las causas que afectan los tiempos de entrega.	Ayuda a reconocer limitaciones internas como gestión de recursos, capacitación y disponibilidad de materiales.
3. ¿Qué tipo de situaciones externas, como normativas o condiciones del entorno, han generado impactos en los cronogramas de ejecución?	Identificar las causas que afectan los tiempos de entrega.	Identifica factores exógenos (clima, comunidad, regulaciones) que influyen en los plazos.
4. ¿En qué fase del proyecto suelen presentarse más dificultades relacionadas con los tiempos de entrega y por qué?	Determinar los efectos de las causas sobre los tiempos de entrega.	Permite ubicar en qué etapas (ejecución, planificación, cierre) los retrasos son más críticos.
5. ¿Cómo influyen los procesos de adquisición y contratación de materiales o servicios en el cumplimiento de los plazos del proyecto?	Determinar los efectos de las causas sobre los tiempos de entrega.	Evidencia cómo la logística y la contratación impactan el cumplimiento de cronogramas.
6. ¿Qué papel juegan los proveedores y contratistas en el cumplimiento del cronograma establecido?	Determinar los efectos de las causas sobre los tiempos de entrega.	Refuerza la importancia de la gestión de contratistas y proveedores como actores clave.
7. ¿De qué manera la gestión del recurso humano ha impactado positiva o negativamente los tiempos de ejecución?	Determinar los efectos de las causas sobre los tiempos de entrega.	Analiza el impacto de la capacitación y disponibilidad de personal en la ejecución de actividades.

Pregunta de la entrevista	Objetivo específico relacionado	Cómo contribuye a resolver el objetivo
8. ¿Cómo se gestionan los cambios o imprevistos durante la ejecución del proyecto, y qué tanto afectan al plazo de entrega?	Evaluar el impacto en los alcances de cumplimiento del proyecto.	Mide la capacidad de adaptación de la empresa y los efectos de los imprevistos en el cronograma.
9. ¿Existen mecanismos de control o seguimiento que permitan detectar a tiempo desviaciones en el cronograma? ¿Cómo funcionan?	Evaluar el impacto en los alcances de cumplimiento del proyecto.	Permite conocer cómo los indicadores de cumplimiento ayudan a reducir desviaciones y mejorar control.
10. ¿Qué prácticas o estrategias podrían implementarse para mejorar el cumplimiento de los tiempos en futuros proyectos?	Evaluar el impacto en los alcances de cumplimiento del proyecto.	Genera insumos para la propuesta de mejora (método para optimizar tiempos de entrega).

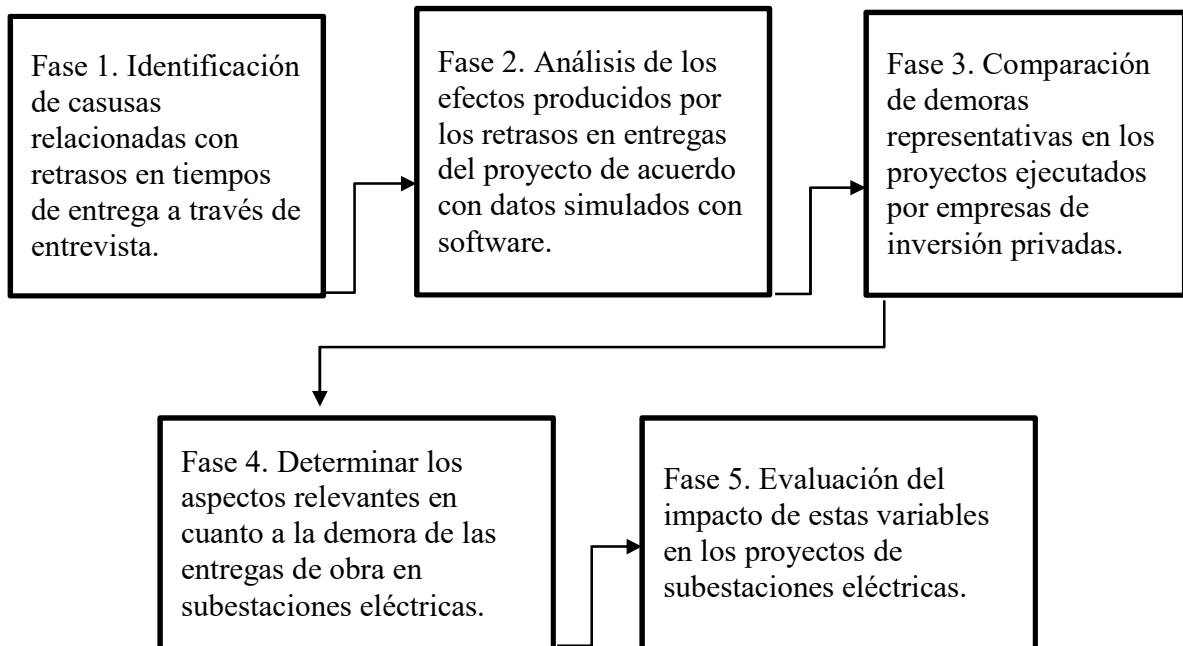
2.4 Fases de la investigación

Las fases de esta investigación se presentan en la siguiente figura. En donde inicialmente se plantea la identificación de causas que relacionan las variables relacionadas con los retrasos con los tiempos de entrega. Seguidamente se realizaría un análisis de los efectos producidos por las demoras presentadas en las entregas del proyecto aquí se abordarán aspectos como repercusiones en la obra, aspectos administrativos y penalizaciones.

Luego, en la fase 3 se encuentra la comparación de las demoras representativas en los proyectos, realizando una búsqueda de información soportadas con otras investigaciones desarrolladas en el sector eléctrico relacionado con la instalación de subestaciones. De ese modo, surge la fase 4 en donde se determinan y se describen los aspectos relevantes respecto a la demora en los tiempos de obra. Son una serie de variables que influyen y representan los puntos clave a evaluar en la ejecución de actividades administrativas y e obra. Y finalmente se evalúa el impacto de cada una de estas variables en la ejecución de estas obras eléctricas.

Figura 1.

Diagrama de fases de la investigación



3 HIPÓTESIS

3.1 Variables

3.1.1 Variables dependientes

Para el caso de la variable dependiente de esta investigación se establece que es la que se ve afectada por los sucesos relacionados con las variables independientes, en consecuencia, la variable dependiente de esta investigación es el Tiempo de Entrega del Proyecto.

3.1.2 Planteamiento de la hipótesis

H1: Las principales causas que generan demoras en los tiempos de entrega de proyectos de construcción de subestaciones eléctricas en el caso de proyectos de inversión privada radican en principalmente en el estado del clima, logística de materiales, personal y herramientas de la obra.

3.1.3 Variables independientes

La variable independiente de esta investigación corresponde a las causas que generan retrasos en la entrega de los proyectos. Estas influyen directamente sobre la variable dependiente, constituyéndose en los principales indicadores de estudio. Dichos factores son los siguientes:

- Planificación
- Análisis de riesgos
- Disponibilidad de recursos y materiales de obra
- Eficiencia de proveedores y contratistas
- Factores normativos y climatológicos
- Logística

4 Presentación resultados y discusión

4.1 Entrevistas

Para conocer una versión y otros factores que afectan la construcción de subestaciones se realizó una entrevista al director de proyectos de la empresa y las respuestas se presentan en la Tabla 3.

4.1.1 Preguntas y respuestas aplicadas al director del proyecto.

Tabla 3.

Respuestas de la entrevista al director de proyectos

Respuestas de la entrevista para conocer las principales causas que afectan los tiempos de entregas de los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas ejecutadas por una empresa del sector eléctrico.

La siguiente entrevista contiene preguntas abiertas enfocadas a conocer algunas de las causas principales que afectan los tiempos de entrega en la construcción de subestaciones eléctricas por parte de empresas del sector eléctrico en Colombia.

NOTA: Esta entrevista es con fines netamente académicos para la ejecución de un trabajo de grado de estudiantes de Especialización en Gerencia de Proyectos de la Universidad UniMinuto y los datos tomados serán amparados con la ley de protección de datos (Ley 1581 de 2012).

N Pregunta

¿Cuáles considera que son las causas más comunes de demora en los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas?

- 1 Lluvias presentes en el proyecto, dependiendo de la zona.
Retrasos en el suministro de materiales.
Problemas sociales y legales.
Falta de mano de obra especializada.
-

2 **¿Qué factores internos dentro de la empresa han contribuido a retrasos en la entrega de proyectos?**

Respuestas de la entrevista para conocer las principales causas que afectan los tiempos de entregas de los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas ejecutadas por una empresa del sector eléctrico.

La siguiente entrevista contiene preguntas abiertas enfocadas a conocer algunas de las causas principales que afectan los tiempos de entrega en la construcción de subestaciones eléctricas por parte de empresas del sector eléctrico en Colombia.

NOTA: Esta entrevista es con fines netamente académicos para la ejecución de un trabajo de grado de estudiantes de Especialización en Gerencia de Proyectos de la Universidad UniMinuto y los datos tomados serán amparados con la ley de protección de datos (Ley 1581 de 2012).

N Pregunta

Retrasos en el suministro de materiales, debido a no tener o conseguir el material, equipos o herramientas para ejecutar las actividades del proyecto.

Falta de capacitación en el personal ejecutante de las actividades de campo y del personal líder de las actividades del proyecto.

¿Qué tipo de situaciones externas, como normativas o condiciones del entorno, han generado impactos en los cronogramas de ejecución?

3 Cambios climáticos en horarios laborales como lluvias, los cuales interrumpen el horario laboral por recomendaciones HSE, cuando la actividad es al aire libre, demoras en el transporte de personal o de materiales por difíciles accesos por lluvias fuertes.

Problemas sociales en la comunidad en la que se encuentra ubicado el proyecto, los cuales quieren realizar algún beneficio propio.

Cambios en la normativa legal la cual aprueba las licencias o el acta inicial del proyecto, además las cuales pueden alterar el alcance de las actividades del proyecto.

¿En qué fase del proyecto suelen presentarse más dificultades relacionadas con los tiempos de entrega (planificación, ejecución, cierre, etc.) y por qué?

4 En la etapa de ejecución del proyecto, debido que los retrasos que salen dentro de la ejecución fueron porque no se pudieron planificar dentro de la fase de planeación, como lluvias.

Respuestas de la entrevista para conocer las principales causas que afectan los tiempos de entregas de los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas ejecutadas por una empresa del sector eléctrico.

La siguiente entrevista contiene preguntas abiertas enfocadas a conocer algunas de las causas principales que afectan los tiempos de entrega en la construcción de subestaciones eléctricas por parte de empresas del sector eléctrico en Colombia.

NOTA: Esta entrevista es con fines netamente académicos para la ejecución de un trabajo de grado de estudiantes de Especialización en Gerencia de Proyectos de la Universidad UniMinuto y los datos tomados serán amparados con la ley de protección de datos (Ley 1581 de 2012).

N Pregunta

¿Cómo influyen los procesos de adquisición y contratación de materiales o servicios en el cumplimiento de los plazos del proyecto?

- 5 Influyen directamente ya que la adquisición de materiales, de mano de obra y de servicios están alineados con los cumplimientos es los tiempos de las actividades las cuales se definen en el alcance del proyecto, si se llega a tener un atraso no contemplado dentro del PDT de la ejecución del proyecto se retrasaría la entrega del proyecto terminado.

¿Qué papel juegan los proveedores y contratistas en el cumplimiento del cronograma establecido para cada proyecto?

- 6 Los proveedores juegan un papel muy importante en el cumplimiento del cronograma ya que estos son los que defienden los tiempos de entrega de los equipos e insumos los cuales se utilizaran para el cumplimiento de las actividades que se encuentran dentro definido en el alcance del proyecto.

¿De qué manera la gestión del recurso humano ha impactado positiva o negativamente los tiempos de ejecución en los proyectos que usted ha dirigido?

- 7 La gestión de recursos impacta de forma positiva directamente, debido que se gestiona y capacita gente con el debido conocimiento para realizar las actividades que se desempeñan a lo largo del cumplimiento del alcance de las actividades del proyecto, esto a su vez garantiza
-

Respuestas de la entrevista para conocer las principales causas que afectan los tiempos de entregas de los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas ejecutadas por una empresa del sector eléctrico.

La siguiente entrevista contiene preguntas abiertas enfocadas a conocer algunas de las causas principales que afectan los tiempos de entrega en la construcción de subestaciones eléctricas por parte de empresas del sector eléctrico en Colombia.

NOTA: Esta entrevista es con fines netamente académicos para la ejecución de un trabajo de grado de estudiantes de Especialización en Gerencia de Proyectos de la Universidad UniMinuto y los datos tomados serán amparados con la ley de protección de datos (Ley 1581 de 2012).

N Pregunta

la calidad de los trabajos y actividades que se realizan en pro de alcanzar la entrega de la totalidad del proyecto.

¿Cómo se gestionan los cambios o imprevistos durante la ejecución del proyecto, y qué tanto afectan estos cambios al plazo de entrega?

8 Dependiendo de los cambios que se tengan durante la ejecución del proyecto, dentro de la clasificación anteriormente descrita tenemos, análisis de los riesgos para encontrar la mejor forma de mitigar su impacto, remplazando el tiempo perdido con jornadas más amplias, pero esto trae sobrecostos y estar actualizados en toda la normativa para evitar cambiar súbitos en los alcances del proyecto durante la ejecución.

¿Existen mecanismos de control o seguimiento que le permitan detectar a tiempo posibles desviaciones en el cronograma? ¿Cómo funcionan?

9 Si, existen los indicadores de cumplimiento, estos indicadores como ejecución de las actividades planeadas e indicadores de recursos ejecutados con avance porcentual nos ayudan a revisar si existe una desviación en el avance del proyecto y si hay un sobrecosto en alguna actividad ejecutada.

¿Qué prácticas o estrategias podrían implementarse para mejorar el cumplimiento de los tiempos en futuros proyectos?

1
0

Respuestas de la entrevista para conocer las principales causas que afectan los tiempos de entregas de los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas ejecutadas por una empresa del sector eléctrico.

La siguiente entrevista contiene preguntas abiertas enfocadas a conocer algunas de las causas principales que afectan los tiempos de entrega en la construcción de subestaciones eléctricas por parte de empresas del sector eléctrico en Colombia.

NOTA: Esta entrevista es con fines netamente académicos para la ejecución de un trabajo de grado de estudiantes de Especialización en Gerencia de Proyectos de la Universidad UniMinuto y los datos tomados serán amparados con la ley de protección de datos (Ley 1581 de 2012).

N Pregunta

Tener en cuenta los riesgos actuales como también los riesgos a futuro, por ejemplo: probabilidades de lluvias a futuro.

Dejar dentro de los recursos un amplio valor para imprevistos.

Tener diversos proveedores y material comúnmente utilizado en STOCK .

vigilar el comercio extranjero y realizar transacciones con monedas estables para evitar sobrecostos.

Capacitar constantemente el personal del STAF.

Nota: Elaboración propia.

4.1.2 Análisis de la entrevista aplicada al director del proyecto.

En relación con la encuesta se observa que, en la entrega de proyectos se deben considerar los datos de precipitación por mes dependiendo de la zona en la que se está trabajando, por lo que, se pueden presentar múltiples retrasos al momento del comisionamiento y la entrega del proyecto.

Entre ellos está, el retraso de suministros de materiales, dado que, entorpece la construcción o los arreglos del mismo. Debido a que no es posible conseguir las herramientas, materiales o equipos para ejecutar las actividades del proyecto.

La relación directa en la adquisición de materiales, mano de obra y servicios alineados con los cumplimientos en los tiempos de actividades del proyecto, pueden presentar atrasos precisamente

por las condiciones climáticas, las cuales no se consideran en los PDT de la ejecución de proyecto, retrasándose la entrega del proyecto terminado. Cabe destacar que, los proveedores son fundamentales para llevar a cabo el cumplimiento del cronograma de actividades, por lo que estos definen la entrega de los insumos y equipos utilizados que se encuentran dentro del alcance del proyecto.

La gestión de los recursos se debe considerar de forma positiva, debido a la gestión y capacitación de personal en la realización de actividades que se deben desarrollar para el cumplimiento de las actividades del proyecto. De igual forma, se garantizan la calidad de los trabajos que se realizan en pro de alcanzar la entrega de la totalidad del proyecto. Teniendo en consideración los cambios que pueden ocurrir durante la ejecución de actividades, se debe considerar los análisis de riesgo para encontrar la mejor forma de mitigar su impacto, reemplazando el tiempo perdido por jornadas más amplia, lo cual considera sobrecostos y la actualización la normativa para evitar cambios durante la ejecución de actividades.

De igual forma, la falta de mano de obra especializada, la cual, está relacionada con la falta de capacitación en el personal que ejecuta las actividades de campo y del personal líder de las actividades del proyecto. Sobre todo, en condiciones de lluvias con intensidades leves o fuertes. Dado que se debe conocer y poner en práctica las condiciones de HSE, cuando se ejecutan actividades al aire libre, en donde se presentan demoras en el transporte de personal o materiales, debido a los difíciles accesos por lluvias fuertes.

Dentro de los indicadores de cumplimiento de ejecución de actividades planeadas con determinado porcentaje, se permiten determinar el avance del proyecto y si existe un sobre costo en alguna actividad ejecutada. En el cronograma de actividades se debe considerar los días en donde el clima no permita la ejecución de responsabilidades, por lo que se deben tener en cuenta

las lluvias a futuro y es donde entra a consideración el análisis de las precipitaciones por mes, si hay actividades que se deben realizar al aire libre, considerar su programación en meses o días donde la precipitación sea menor o en su caso donde el promedio de días de lluvia sea también menor.

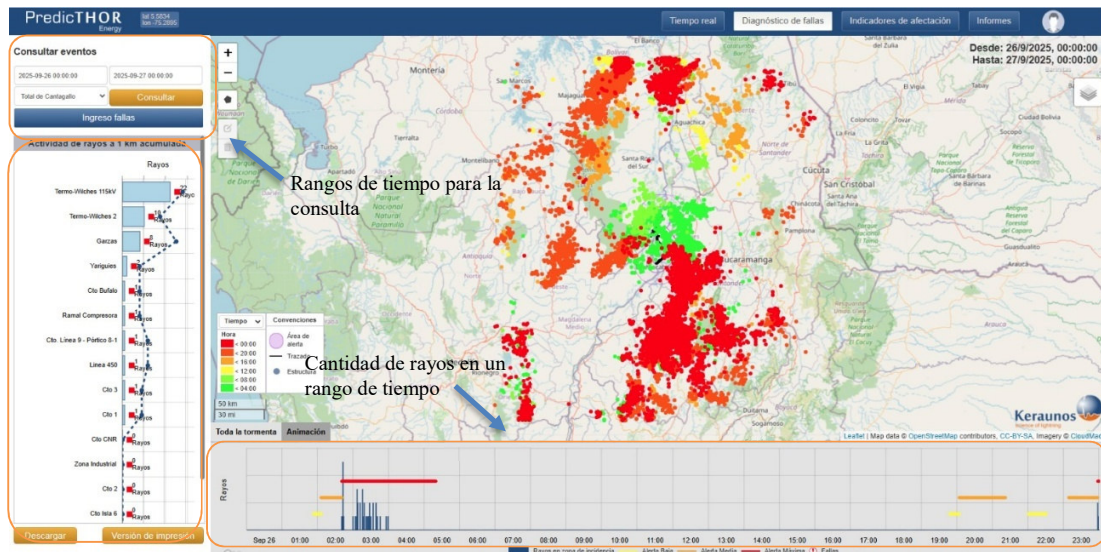
De igual manera, tener distintos proveedores y materiales comúnmente utilizados en STOCK, donde el traslado o escases de estos insumos no generen ningún tipo de retraso en las ejecuciones programadas durante esos días. Tener presentes las diferentes situaciones que ocurren con el comercio extranjero y realizar transacciones con monedas estables para evitar sobrecostos. En ese orden de ideas, mantener en constante capacitación al personal encargado de realizar las determinadas actividades y con ello evitar contratiempos en la entrega del proyecto.

4.2 Análisis de datos software

4.2.1 Presentación y descripción del software meteorológico PredictThor.

Para este apartado se realizará un tratamiento de datos que constituye una etapa crucial durante cualquier proceso de investigación, al garantizar la calidad, coherencia y relevancia de la información recolectada respecto a las Principales causas que afectan los tiempos de entrega de los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas (Cienfuegos et al., 2022).

Software PredictThor, es una plataforma especializada en inteligencia artificial aplicada a la meteorología y climatología. Es un sistema que utiliza modelos predictivos avanzados y machine learning para generar pronósticos meteorológicos de alta precisión y resolver problemas específicos relacionados con el clima. Para el presente estudio se llevará a cabo un análisis detallado de los datos climáticos correspondientes al año 2024 en la zona de ejecución del proyecto, ubicada en la Mesa de Los Santos Santander. Esta etapa comprende la recolección,



4.2.2 Presentación y descripción de los datos obtenidos del software Predicthor.

A continuación, se ilustra los datos obtenidos del software Predicthor para el mes con menor y mayor probabilidad de lluvia del año 2024, esto con el fin de facilitar al lector el entendimiento del tratamiento realizado, ver tabla 4 y tabla 5.

Tabla 4.

Presentación de datos de las probabilidades de lluvia en el mes de enero.

Fecha	Probabilidad de Lluvia (%)	Fecha2	Probabilidad de Lluvia (%)2	Fecha3	Probabilidad de Lluvia (%)3
ene-01	51,08	ene-11	49,16	ene-21	53,01
ene-02	49,81	ene-12	49,15	ene-22	49,63
ene-03	51,38	ene-13	50,57	ene-23	50,22
ene-04	53,13	ene-14	46,26	ene-24	47,23
ene-05	49,61	ene-15	46,63	ene-25	48,99
ene-06	49,61	ene-16	48,96	ene-26	50,3
ene-07	53,24	ene-17	48,06	ene-27	47,78
ene-08	51,62	ene-18	50,71	ene-28	50,83
ene-09	49,14	ene-19	48,27	ene-29	48,88
ene-10	51,17	ene-20	47,26	ene-30	49,5
				ene-31	48,88

Nota: Elaboración propia.

Tabla 5.

Presentación de datos de las probabilidades de lluvia en el mes de septiembre.

Fecha	Probabilidad de Lluvia (%)	Fecha2	Probabilidad de Lluvia (%)2	Fecha3	Probabilidad de Lluvia (%)3
sep-01	96,53	sep-11	94,61	sep-21	98,47
sep-02	95,26	sep-12	94,6	sep-22	95,08
sep-03	96,83	sep-13	96,02	sep-23	95,67
sep-04	98,58	sep-14	91,71	sep-24	92,69
sep-05	95,07	sep-15	92,09	sep-25	94,45
sep-06	95,07	sep-16	94,41	sep-26	95,76
sep-07	98,69	sep-17	93,51	sep-27	93,23
sep-08	97,07	sep-18	96,16	sep-28	96,29
sep-09	94,6	sep-19	93,72	sep-29	94,34
sep-10	96,62	sep-20	92,71	sep-30	94,95

Nota: Elaboración propia.

En la Tabla 6 son presentados los datos de la lluvia según su intensidad, un criterio fundamental para en análisis climatológico en la zona de estudio. Esta categorización permite interpretar con mayor precisión los registros mensuales y evaluar el impacto de las precipitaciones sobre el entorno. Además, es importante para comprender la dinámica climática de la Mesa de los Santos, especialmente en un contexto de planificación y prevención de riesgos. Por ejemplo, una alta frecuencia de lluvias fuertes puede alertar sobre la necesidad de fortalecer las infraestructuras hidráulicas y los sistemas de drenaje en la zona (Andino, 2023).

Tabla 6.

Información mensual climatológica de la zona.

Tipo de Lluvia	Intensidad
Lluvia ligera	Menos de 2.5 mm por hora.
Lluvia moderada	Entre 2.5 mm y 7.6 mm por hora.
Lluvia fuerte	Más de 7.6 mm por hora.

Nota: Elaboración propia.

Por otro lado, La lluvia ligera se define como aquella con una intensidad inferior a 2.5 mm por hora, el cual generalmente no representa riesgos significativos, pero si puede tener influencia en la humedad del suelo. Continuando, la lluvia moderada, con una intensidad entre 2.5 mm y 7.6 mm por hora, puede generar escorrentía superficial leve, mientras que la lluvia fuerte, al superar los 7.6 mm por hora, puede ocasionar afectaciones mayores con inundaciones o deslizamientos, especialmente en zonas vulnerables. Esta clasificación es clave para identificar patrones relevantes en la información climática y para orientar estrategias de prevención y adopción al cambio climático en La Mesa de los Santos.

Durante el análisis mensual, se observa una variabilidad significativa en la intensidad de las precipitaciones, lo cual sugiere un comportamiento climático cambiante, posiblemente influenciado por fenómenos globales como el Niño o la Niña. Esta variabilidad puede tener efectos directos sobre las actividades agrícolas, disponibilidad de agua y estabilidad del suelo. Por lo tanto, comprender los patrones de lluvia no solo permite evaluar el presente climático, sino también proyectar escenarios futuros y adoptar medidas de adaptación.

Tabla 7.

Precipitaciones por mes

Mes	Días de lluvia	Precipitación media (mm)	Intensidad promedio calculada (mm/h)
Enero	15.4	41	$41 / (15.4 \times 24) \approx 0.11$ mm/h
Febrero	17.7	60	$60 / (17.7 \times 24) \approx 0.14$ mm/h
Marzo	26.7	135	$135 / (26.7 \times 24) \approx 0.21$ mm/h
Abril	28.6	228	$228 / (28.6 \times 24) \approx 0.33$ mm/h
Mayo	30.2	296	$296 / (30.2 \times 24) \approx 0.41$ mm/h
Junio	28.8	258	$258 / (28.8 \times 24) \approx 0.37$ mm/h
Julio	29.4	270	$270 / (29.4 \times 24) \approx 0.38$ mm/h
Agosto	30.8	362	$362 / (30.8 \times 24) \approx 0.49$ mm/h
Septiembre	29.5	277	$277 / (29.5 \times 24) \approx 0.39$ mm/h
Octubre	30.5	300	$300 / (30.5 \times 24) \approx 0.41$ mm/h

Noviembre	28.3	165	$165 / (28.3 \times 24) \approx 0.24 \text{ mm/h}$
Diciembre	22.2	89	$89 / (22.2 \times 24) \approx 0.17 \text{ mm/h}$

Nota: Elaboración propia.

Tabla 8.

Precipitaciones por mes

Mes	Días de Lluvia (promedio)	Precipitación Media (mm)	Probabilidad de Lluvia	Clasificación según Precipitación Acumulada
Enero	15.4	41	49.68%	Baja
Febrero	17.7	60	63.21%	Baja
Marzo	26.7	135	86.13%	Media
Abril	28.6	228	95.33%	Alta
Mayo	30.2	296	97.42%	Alta
Junio	28.8	258	96.00%	Alta
Julio	29.4	270	94.84%	Alta
Agosto	30.8	362	99.35%	Alta
Septiembre	29.5	277	95.16%	Alta
Octubre	30.5	300	98.39%	Alta
Noviembre	28.3	165	94.33%	Alta
Diciembre	22.2	89	71.61%	Media

Nota: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se observan los días de lluvia promedio, las precipitaciones y en la Tabla 5 la probabilidad e intensidad de lluvia de cada mes. Se muestra que los meses de mayo, agosto y octubre, son los que más presentan días promedios de lluvias con niveles de lluvia fuerte, mientras que enero y febrero presentan los menores días de lluvia con intensidades ligeras. Lo anterior, está directamente relacionado con la precipitación, es decir, entre mayor sea el promedio de lluvias durante mes, mayor es la precipitación, de igual forma ocurre si entre menor sea el promedio de lluvias en el mes, menor será la precipitación.

4.3 Análisis cruzado de las fuentes

4.3.1 Comparar las principales demoras representativas que afectan los tiempos de entrega en los proyectos de construcción de las subestaciones eléctricas ejecutados por la empresa.

De acuerdo con el análisis del cronograma y la encuesta del proyecto de la Subestación “La Nueva Estancia” se determinaron aspectos críticos que pueden representar demoras importantes, relacionados principalmente con el clima, logística, permisos, diseños y gestión de contratistas. Entre las actividades consideradas están:

4.3.2 Obtención de licencias de construcción

La obtención de licencias (IDs 64 y 66) tiene un plazo de entrega entre marzo y mayo de 2025. De acuerdo con la encuesta del director, allí él menciona la lentitud de los trámites como un cuello de botella frecuente. Por lo tanto, se pueden presentar devoluciones o falta de documentación requerida, provocando aplazamientos de hasta un mes, perjudicando el inicio de fuentes de obra y afectando la disponibilidad de contratistas ya programados. Sin mencionar los requisitos para llevar a cabo la documentación, dado que se deben considerar ciertos cumplimientos, donde pueden existir retrasos principalmente por factores climáticos (Súa, 2022).

4.3.3 Las obras civiles al aire libre durante meses lluviosos:

Las actividades en el cronograma relacionadas con las fundaciones, canalizaciones y drenajes, programadas entre los meses de abril y octubre del 2025 (IDs 431,514, 517), los cuales precisamente coinciden con los meses de mayor precipitación, de acuerdo con el análisis estadístico climatológico. Asimismo, en estos meses se superan entre los 300 mm de lluvia con

intensidad fuerte, ocasionando retrasos de la obra entre 10 y 20 días por mes debido a los suelos saturados, condiciones de seguridad e inestabilidad en el terreno. Es importante destacar la integración de datos en la planeación para reducir riesgos operacionales (Cristobal y Cavero, 2024).

4.3.4 Culminación de la sala de control y protecciones

La construcción de la sala de control es fundamental (ID 526) y precisamente se ejecutan en la jornada de temporada de lluvia que es entre abril y octubre. Aunque gran parte del edificio ya estará construido, para esas fechas aún queda faltando las actividades internas como los acabados, las redes eléctricas y la climatización, las cuales se ven afectadas por la humedad o retrasos entrega de materiales. Ocasionando una demora de hasta 10 días adicionales, comprometiendo la instalación de tableros de protección de control (Calliri, 2025).

4.3.5 Ingeniería de detalle y aprobación del cliente

Los retrasos en la finalización y aprobación de la ingeniería de detalle electromecánica (ID 83), lo cual puede detener la compra y fabricación de equipos, de acuerdo con el cronograma ya estipulado. En ese orden de ideas, el postergar los tiempos en las aprobaciones ocasionaría un retraso en el proceso de compras y en la generación de órdenes de fabricación, retrasando en efecto dominó todas las actividades posteriores (Atahuaman, 2021).

En ese orden de ideas se presentan las actividades que causan retrasos categorizadas por diseño, logística, permisos, clima y contratistas. En primer lugar, se tiene la obtención de licencias de construcción, cuyas actividades son críticas, dado que habilitan el inicio legal de obras civiles. Según las respuestas del director son problemas que se presentan con frecuencia

debido a la burocracia y lentitud de curadurías, ocasionando retrasos entre 2 a 4 semanas de acuerdo con el cronograma. Esta demora afecta la programación de todo lo relacionado con el constructivo civil, ocasionando una inactividad del personal de maquinaria, cuya causa se categoriza por permisos y enfocada en la categoría de trámite legal (Condori et al., 2023).

En segundo lugar, la entrega de equipos primarios en sitios (IDs 235,251, 320), determinados por la logística de transporte, nacionalización y coordinación de aduanas, ocasionando desafíos en previos proyectos, de igual manera, generando retrasos de hasta 30 días en cuellos de botella portuarios y aduaneros, el retraso de estos suministros afectan el montaje electromecánico y pruebas, denominado por causa de logística y categorizado en transporte y aduanas (Aponte, 2022).

Como se mencionó anteriormente, la construcción de la sala de control y protecciones posee sistemas indispensables como los tableros, baterías y comunicaciones que, por cualquier retraso de condiciones climáticas o la escasez de materiales afectando el hito de energización. Considerando las lluvias prolongadas retrasando las obras civiles entre 10 y 20 días, entre las causas está el clima, categorizado en la parte constructiva.

En referencia con la ingeniería de detalle electromecánica, se pueden presentar demoras en las entregas de diseño detallado por parte de Siemens, afectando la fabricación y las compras. En previas experiencias, lo anterior ha ocasionado sobrecarga de trabajo, anudado con la falta de personal técnico capacitado, generando retrasos de hasta 3 semanas, lo anterior se denomina por la causa de diseño y clasificada en la categoría de ingeniería (Cari et al., 2022).

Finalmente, en las pruebas de despacho de tableros de control y protección son fundamentales para garantizar la calidad. En la encuesta el director menciona la falta de coordinación de los contratistas y la fabricación que puede ocasionar retrasos en la entrega, de igual manera generar

reprocesos y fallas de cumplimiento técnico con retrasos hasta de 15 días, entrando en la categoría de calidad y coordinación técnica, causada por la contratista (Zapata y Gomez, 2022).

Tabla 9.

Categorización retrasos de entregas.

Causa	Categoría
Retrasos en aprobación de curaduría.	Permisos
Cuellos logísticos en transporte y aduanas.	Logística
Condiciones climáticas y contratistas demorados en la ejecución de actividades.	Clima
Sobrecarga o ineficiencia del equipo de diseño.	Ingeniería/ Diseño
Reprocesos, fallas técnicas, mala coordinación.	Calidad/ Contratistas

Nota: Elaboración propia.

4.4 Evaluación del impacto de las causas de demora en los alcances de cumplimiento del proyecto

Posterior a la identificación de las causas de retraso en la construcción de subestaciones eléctricas, es necesario analizar de manera detallada como afectan los principales alcances del proyecto, específicamente el tiempo, costos y la calidad. De igual forma, entender el impacto en estos tres aspectos es importante, dado que, permite dimensionar la magnitud de las demoras y establecer su verdadera incidencia en la ejecución. Este tipo de análisis no solo facilita la identificación de los puntos críticos que obstaculizan el desarrollo del proyecto, sino que también aporta elementos que evalúan la efectividad de la planificación inicial, permitiendo conocer las implicaciones económicas derivadas de los sobrecostos, la afectación en los cronogramas y los riesgos en la calidad de la obra final.

El proceso de construcción de subestaciones eléctricas es complejo, dado que, enfrenta múltiples desafíos, desde condiciones climáticas adversas hasta demoras en permisos y logística.

Estos factores generan retrasos significativos, impactando los costos, la programación y la eficiencia operativa de los proyectos. En el caso específico de la Subestación “La Nueva Estancia”, se identificaron riesgos críticos asociados a lluvias intensas, cuellos de botella en la entrega de equipos, trámites burocráticos y falta de coordinación entre los interesados. Para mitigar esta problemática, es fundamental un método estructurado que optimice los tiempos de ejecución mediante una gestión proactiva de riesgos, planificación dinámica y herramientas tecnológicas.

4.4.1 Impacto generado por el tiempo

La ejecución de una subestación eléctrica abarca tres fases claves y secuenciales, la primera es la ingeniería, tanto básica como detallada, posterior está el ensamblaje de tableros y las pruebas funcionales en taller y finalmente la instalación en campo y la puesta en marcha. El avance exitoso del proyecto depende del desarrollo ordenado y eficiente de cada una de las etapas. Esta secuencia implica que cualquier retraso en las fases iniciales retrasa inevitablemente las posteriores, comprometiendo el cronograma global. Se destaca que en las etapas de diseño y ensamblaje particularmente vulnerables frente a las demoras que pueden equilibrar todo el proyecto (Osorio y Montoya, 2024).

De acuerdo con Osorio y Montoya (2024), establecen que indicadores como el tiempo de ejecución, la cantidad de revisiones y el tiempo de ensamblaje son claves para monitorear y mitigar riesgos en estas fases críticas. Al implementar herramientas ágiles y tableros de seguimiento, observando mejoras significativas en la organización y los plazos. objetivo de optimizar los tiempos de entrega durante proyectos de construcción de subestaciones, es necesario proponer un método que sea basado en gestión proactiva de riesgos y planificación

integrada (Osorio y Montoya, 2024). De acuerdo con lo anterior, es necesario tener en cuenta es la reducción de tiempos críticos, aplicando técnicas de compresión de cronograma como fast-tracking y crashing (Neyra, 2021).

4.4.2 Impacto generado por costos

Los costos tienen múltiples consecuencias sobre la gestión del proyecto. Primeramente, el presupuesto puede verse afectado por factores externos, como la fluctuación de los precios de los materiales, variaciones en tasas de cambio o regulatorios, lo cual puede sobrepasar los márgenes previstos. A medida que se aumenta la tecnología en las subestaciones, se incrementan los costos iniciales, específicamente si se incorporan sistemas automatizados, monitoreo remoto o integración con energías renovables. Lo anterior, indica que la falta de un sistema de control de costos durante la ejecución aumenta las probabilidades de desviaciones presupuestarias importantes. Además, La ausencia de comunicación interna y eficiente sobre el avance financiero impide detectar a tiempo sobrecostos o derroches, lo cual degrada la rentabilidad y cumplimiento del cronograma (Elias y Medina, 2025).

En proyectos de gran escala, los costos asociados a predios, protecciones, obra civil y equipos pueden alcanzar cifras multimillonarias. Por ejemplo, se han reportado subestaciones 400/230 kV cuyo costo unitario ronda los 70 millones de dólares, sin incluir líneas de transmisión y otros gastos complementarios. Lo anterior, indica que incluso pequeñas variaciones presupuestales, como un auge inesperado en los costos de obra civil o suministros, pueden desestabilizar gravemente la viabilidad del proyecto.

4.4.3 Impacto generado por la calidad

Entre los impactos de la calidad está el reproceso, que puede presentarse en la solicitud de nuevos estudios de campo para el trámite de obtención del Instrumento de gestión ambiental (IGA). También, en el cumplimiento de plazo, lo cual puede afectarse en la etapa de anteproyecto que no se realizó de forma adecuada el estudio de suelos, indispensable para realizar la ingeniería de proyecto, generando un reproceso al tener que realizar otro estudio. Asimismo, se presenta cuando la contratista no posee experiencia, formalidad y estandarización requerida, por lo que no trabajo bajo procedimientos o protocolos estandarizados generando retrasos para el cumplimiento de hitos debido a reprocesos o deficiencias de su gestión (Arango y Lopez, 2023).

4.4.4 Impacto del clima en obras civiles

Las condiciones climáticas extremas, como lluvias intensas, calor excesivo o episodios prolongados de sequía ejercen una fuerte presión sobre las obras civiles. En zonas de construcción, estas situaciones pueden detener actividades claves como el colado de hormigón, erosionar la tierra o degradar materiales sensibles, comprometiendo la resistencia estructural prevista y provocando sobrecostes en reparaciones o sustituciones. Asimismo, se estima que cerca del 45% de los proyectos globales sufren retrasos en sus cronogramas por fenómenos meteorológicos, impactando también en el presupuesto y la productividad (Obras por Expansión, 2025).

4.4.5 Impacto de la logística y entrega de equipos

La planificación logística y la entrega de equipos son eslabones críticos en proyectos de subestaciones eléctricas. La coordinación eficaz entre proveedores, transportistas y obras reduce la probabilidad de que falten insumos esenciales, manteniendo el flujo de actividades sin interrupciones. De igual forma una logística deficiente, implica inventarios fragmentados, demoras, pérdidas, pérdidas de materiales y complicaciones en el control de calidad. En ese orden de ideas, para lograr una mitigación de riesgos logísticos y legales se plantea realizar alianzas estratégicas con proveedores y autoridades. Lo anterior rige en función de evitar demoras en permisos estableciendo un equipo dedicado a gestionar licencias, con checklist de requisitos y seguimiento diario. Seguidamente, en logística se debe diversificar rutas de transporte y negociar dentro de los contratos, cláusulas penales por retrasos en entregas de equipos. Utilizar tecnologías como blockchain es fundamental para generar una trazabilidad de documentos y mejorar los procesos internos de construcción (Padilla, 2023).

4.4.6 Impacto en la gestión de permisos

La obtención de permisos para las subestaciones eléctricas implica tramitar múltiples autorizaciones, ambientales, construcción, maquinaria especializada, estudios técnicos, cuya acumulación y fragmentación en diversas entidades que genera demoras burocráticas significativa. En algunos países, esos retrasos han tenido un impacto tangible en la economía: Aunque estos procesos garanticen la legalidad y la seguridad, su dilación compromete los plazos, genera sobrecostos y debilita la confianza de inversionistas para afrontar dichos obstáculos, se promueven prácticas de gobierno electrónico, digitalización y ventanillas únicas que agilizan trámites, reducen duplicidad documental y mejoran la transparencia institucional (Lopez, 2024).

4.4.7 Impacto de los contratistas y la ingeniería a detalle

La calidad del diseño detallado y la actuación de los contratistas son determinantes para el éxito de una subestación eléctrica. Cuando la ingeniería de detalle no está bien alineada con la obra o los pliegos, presentándose errores, reprocesos y revisiones costosas. La modalidad EPCM (Ingeniería, Adquisición y gestión de construcción) presenta riesgos asociados a la dispersión de responsabilidades, entre ellos, está que el dueño del proyecto asume tareas que normalmente corresponderían a contratistas en modelos más integrados, aumentando la carga gestiona y el costo total. De igual forma la falta de coordinación entre ingeniería y ejecución genera ineficiencias, comprometiendo la calidad y dilatando los tiempos finales (Pinilla, 2024).

Tabla 10.

Síntesis de las causas, categorías e impactos

Causa identificada	Categoría	Impacto en los alcances del proyecto
Lluvias intensas, altas temperaturas y fenómenos climáticos	Clima	Retrasan cronogramas por suspensión de actividades (tiempo), generan sobrecostos en reparaciones (costo) y comprometen la resistencia de materiales (calidad).
Demoras en transporte y entrega de equipos eléctricos	Logística	Prolongan la ejecución al detener frentes de obra (tiempo), incrementan el presupuesto por costos logísticos y almacenaje (costo), y afectan la disponibilidad de insumos críticos (calidad).
Tramitología extensa y burocrática en licencias y permisos	Permisos	Alarga las fases de inicio del proyecto (tiempo), ocasiona gastos adicionales en gestión documental y multas por retrasos (costo), y puede limitar la correcta implementación de estándares (calidad).
Contratistas sin coordinación efectiva	Contratistas	Provocan retrasos en obra por fallas de comunicación (tiempo), aumentan costos por retrabajos (costo), y disminuyen la calidad de los entregables (calidad).

Causa identificada	Categoría	Impacto en los alcances del proyecto
Deficiencias en la ingeniería de detalle	Diseño	Generan reprocesos en la ejecución (tiempo), obligan a ajustes no previstos que encarecen el proyecto (costo), y afectan la precisión técnica de la instalación (calidad).

Nota: Elaboración propia.

Lo anterior, permite observar que, si bien todas las causas identificadas afectan de manera significativa el desarrollo de una subestación eléctrica, el clima y la logística se configuran como los factores de mayor impacto global. Por su parte, las condiciones climáticas adversas afectan directamente en la continuidad de las obras civiles, deteniendo procesos constructivos esenciales y reduciendo la productividad del personal. De igual manera, la logística y la entrega de equipos se convierten en un eje crítico, dado que cualquier retraso en la cadena de suministro repercute en la disponibilidad de materiales estratégicos y detiene actividades que dependen estrictamente de dichos recursos.

De acuerdo con lo anterior, estos impactos no solo comprometen el cumplimiento de los plazos, sino que, además, pone en riesgo la rentabilidad del proyecto. Los retrasos prolongados aumentan los costos por mano de obra, alquiler de equipos y penalidades contractuales, mientras que, las fallas logísticas generan sobrecostos por transporte urgente o almacenamiento innecesario. Finalmente, la pérdida de la ampliación del cronograma reduce la capacidad de respuesta ante imprevistos, deteriorando la calidad de la obra y afectando la confianza de los inversionistas, lo anterior, evidencia que debe existir una gestión adecuada de estos factores, lo cual es determinante para garantizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad económica del proyecto.

5 Conclusiones

El presente estudio permitió identificar y analizar las causas críticas que inciden en las demoras de los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas bajo inversión privada. A través de un enfoque metodológico mixto, se logró determinar el impacto significativo de factores como las condiciones climáticas, la logística de materiales y la gestión de recursos. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas de este análisis, las cuales buscan servir como base para la optimización de futuros proyectos del sector.

Frente al objetivo específico 1 se concluye que las causas que más afectan, en análisis de los datos climáticos muestra que las lluvias intensas, específicamente entre los meses de mayo y octubre, presentan un factor importante en los retrasos de los proyectos de construcciones de subestaciones eléctricas. La variabilidad del clima, influencia en gran medida por el fenómeno del niño y la niña, generan un impacto directo en la disponibilidad de materiales, la logística y el desplazamiento del personal. La estadística indica que los picos de mayor probabilidad de lluvia se relacionan de manera directa con la precipitación, interfiriendo en actividades de campo, limitando el cumplimiento del cronograma y obligando al replanteamiento de las estrategias operativas.

Ahora bien, ante el objetivo específico 2 se logra establecer que la gestión de recursos y materiales y desempeña un papel importante en la ejecución oportuna de los proyectos de subestaciones eléctricas. A través de la información recolectada, se confirma que las condiciones climáticas afectan el avance físico de la obra y también la entrega de insumos y la presencia del personal técnico del campo. De acuerdo con lo anterior, existe una situación grave por la falta de capacitaciones y falta de personal capacitado para trabajar en condiciones climáticas retadoras,

generando una necesidad de constantes capacitaciones por parte de salud, seguridad y ambiente (HSE) específicamente en entorno de lluvia intensa.

La evaluación propuesta del objetivo 3 permite el análisis detallado del cronograma y experiencias previas en proyectos de subestaciones eléctricas, lo cual revela que las demoras más significativas están asociadas a factores como condiciones climáticas adversas, cuellos de botella logísticos trámites burocráticos en permisos, deficiencias en la coordinación con contratistas y retrasos en diseños técnicos. Además, existen impactos significativos en el cronograma debido a factores como retrasos que oscilan entre 10 y 30 días, afectando costos y eficiencia operativa. La categorización de estas causas facilitó priorizar acciones correctivas, como la revisión de permisos y la optimización de rutas de transporte, demostrando que una gestión proactiva es clave para minimizar riesgos.

En tal sentido la hipótesis propuesta se considera que el éxito de una construcción de una subestación depende de la capacidad del proyecto para controlar de manera proactiva factores que inciden en los alcances como el clima, la logística, además de la gestión de permisos o la coordinación con contratistas generando efectos adversos, de igual forma los fenómenos meteorológicos y la cadena de suministro lo que marca la diferencia entre un proyecto entregado a tiempo y uno con retraso y sobrecostos considerables.

Ante la hipótesis:

H1: "Las principales causas que generan demoras en los tiempos de entrega de proyectos de construcción de subestaciones eléctricas en el caso de proyectos de inversión privada radican en principalmente en el estado del clima, logística de materiales, personal y herramientas de la obra."

Se presenta evidencia que lleva a la aceptación:

- Clima: El análisis con el software Predictor demostró que las lluvias intensas entre mayo y octubre son un factor crítico de retraso.
- Logística: La entrevista al director de proyectos y el análisis de cronogramas identificaron los retrasos en la entrega de equipos y materiales como una causa principal.
- Personal y herramientas: La falta de mano de obra especializada y la falta de capacitación se evidencian reiteradamente en la entrevista como factores internos que contribuyen a los retrasos.

La investigación revela evidencia empírica (climática y cualitativa) y analítica (de cronogramas) que confirma que el clima, la logística y los recursos (personal/herramientas) son, efectivamente, las causas principales de las demoras, por lo que la hipótesis H1 es aceptada.

6 Limitaciones y Recomendaciones

Es necesario que las empresas del sector eléctrico se enfoquen en prevenir y crear estrategias para los desafíos climáticos en los proyectos de construcción de subestaciones. Dado que es, se sugiere implementar un sistema de gestión de riesgos basado en análisis estadísticos del clima de acuerdo con cada mes y así mismo alinear estas estrategias con el cronograma de obra y poseer tiempo ajustables que permitan la flexibilidad y el desarrollo del proyecto a pesar de los contratiempos climáticos.

Para garantizar la efectividad del método presupuesto, es necesario realizar un plan piloto en un proyecto de subestación eléctrica que sea enfocado en tres acciones claves: (1) capacitar al equipo mediante metodologías ágiles; (2) establecer alianzas con autoridades locales y proveedores para agilizar permisos y asegurar cumplimiento logístico; y (3) monitoreas los resultados con indicadores de calidad para determinar el aporte real al proyecto durante todo el proyecto.

Por otra parte, las limitantes más comunes están relacionadas con terrenos que dificulta el transporte de materiales, como zonas montañosas y trochas, además, estas zonas pueden empeorarse en situaciones de clima adverso, como en las temporadas lluviosas y con riesgos de tormenta eléctrica, esto mismo atrae algunos riesgos de inestabilidad geológica en carreteras y terrenos aledaños. Adicionalmente a esto se le suman conflictos y disputas territoriales por temas de grupos armados al margen de la ley, en donde estos se sitúan usualmente en zonas rurales limitando el acceso.

Asimismo, a las limitantes se suman temas relacionados con la cadena de suministro, las cuales pueden estar relacionadas con retrasos en transporte nacional o internacional cuando se trata de importación de equipos, asimismo en situaciones de escasez de materiales en ciertas zonas del país, alargando así el tiempo de espera por temas de traslado. Adicionalmente, es importante mencionar la falta de mano de obra capacitada para realizar las actividades de montaje e instalación de los equipos eléctricos de alta tensión, además de problemas internos que pueden surgir por temas de convivencia entre el personal que normalmente se establece por el periodo de tiempo que dura el proyecto.

Es necesario implementar un sistema integral de gestión de riesgos que contemplen estrategias específicas para mitigar los efectos del clima y fortalecer la logística. En el primer caso, es importante planificar con holguras realistas y emplear tecnologías constructivas adaptadas a condiciones adversas. En segundo lugar, es fundamental consolidar acuerdos estratégicos con proveedores, aplicando a plataformas digitales de trazabilidad y diversificar fuentes de suministro y con ello, incrementar la probabilidad de cumplir plazos, protegiendo la rentabilidad y la calidad de la obra.

7 Referencias

- Aguilera, R. (2021). Evaluación del método IBBS a contratos de construcción de alta complejidad en proyecto Mina Chuquicamata subterráneo-Codelco Chile (Tesis de Maestría). Universidad de Chile, Santiago de Chile-Chile.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/181888>
- Amoah, K. B. O., George Okere, & Deshpande, A. (2024). Construction delay Analysis: Causes, impacts, and mitigation strategies. In University of Cincinnati, *Journal of Civil Engineering Research* (Vols. 14–14, pp. 1–9). <https://doi.org/10.5923/j.jce.20241401.01>
- Andino Cabrera, M. (2023). Gestión prospectiva del riesgo a incendios forestales en la planificación territorial como medida de adaptación al cambio climático en el Bosque Pacoche del Cantón Manta. [Tesis de especialización, Universidad Flacso Andes]
<http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/20529>
- Aponte Cardona, J. C. (2022). Plan de mejora para la prestación del servicio de mantenimiento a transformadores por parte del departamento técnico de Transequipos. SA. [Tesis de Especialización, Fundación Universidad de América]
<https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/0e27c45c-83d8-4f38-be04-6b280a8ce7e4/content>
- Arango Huaranga, E., y Lopez Bovadilla, M. (2023). Elaboración de una matriz de gerenciamiento para la gestión de riesgos que impactan en cumplimiento de plazo de la construcción de subestaciones eléctricas, en Perú. [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671649>

- Atahuaman Ricaldi, S. M. (2021). Implementación de un procedimiento de ingeniería de detalle para reducir tiempos de entrega de planos de fabricación en la empresa metalmeccánica MQ Metalúrgica SA. [Universidad Tecnológica del Perú]
https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4812/S.Atahuaman_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bautista, L., y Hernández, O. (2021). Propuesta para la utilización de la guía PMBOK, gestión del alcance, gestión del tiempo, gestión del costo y gestión de la calidad, como mecanismo de planificación, en la construcción de las instalaciones eléctricas para el proyecto Gran Reserva (Trabajo de Grado). Universitaria Agustiniana, Bogotá-Colombia.
<https://backend.uniagustiniana.edu.co/server/api/core/bitstreams/7b1dca54-b7ab-4163-bb61-a7afb08d286e/content>
- Bravo, F., García, J., Morales, W., Martínez, R., y Racines, J. (2024). Metodología para la evaluación de proyectos Smart Grid en Colombia. Universidad del Valle.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cNodEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=principales+causas+que+afectan+los+tiempos+de+entrega+de+los+proyectos+de+construcci%C3%B3n+de+subestaciones+el%C3%A9ctricas+ejecutadas+por+una+empresa+d+el+sector+el%C3%A9ctrico+en+proyectos+de+inversi%C3%B3n+privada+en+colombia+&ots=qW3cj0-y6M&sig=uCCRnk2KcdoG2n6h1SqbMvXpfe8#v=onepage&q&f=false>
- Calliri Maquera, H. (2025). Instalaciones eléctricas y subestación compacta de 10/0.38-800KVA en Centro de Salud de Pampa Inalámbrica en Ilo-Moquegua. [Tesis de Pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui]
<https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/3420>

- Cano, Á. (2023). Estudio de caso sobre la contribución a la adaptación ya la resiliencia climática del programa Ecoeficiencia Operacional de Isa Intercolombia en las Subestaciones Sogamoso, La Cira Infanta y Comuneros en Santander, Colombia (Trabajo de Maestría). Universidad Externado de Colombia.
<https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/b96ddfa2-1ad7-44c1-8eab-5f45353b044a/content>
- Cari Checa, W., Quispe Zegarra, J., Zapata Pacheco, P. P., & Salas Jarava Cerdeña, H. J. (2022). Plan para la dirección del proyecto instalación y conexión eléctrico de la oficina y taller de llantas de los camiones mineros en Minera Los Ángeles, basado en los estándares globales de PMI. [Tesis de Maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas] <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/667086>
- Cienfuegos, M., García, P., y González, C. (2022). Lo cuantitativo y cualitativo desde un tratamiento estadístico. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, vol. 11 (21). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8432202>
- Condori, H. A. C., Quispe, M. K. H., & Humpiri, L. V. P. (2023). Identificación de áreas de mejora para evitar retrasos en proyectos de construcción en Perú. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (24), 53-68.
<https://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/1143>
- Cristobal Gonzales, M. J., & Cavero Huamani, L. F. Implementación de un procedimiento para la gestión del tiempo ante condiciones climáticas adversas mediante la integración de herramientas digitales en el proyecto Ishcayucro 220kV, Región de Pasco. [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/674029>

- Cueto, M. (2023). Ejecución de Actividades Técnicas en la Empresa Electrificadora de Santander-ESSA (Trabajo de Grado). Universidad de Santander.
<https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/5bbf4f63-5c42-43c1-bcef-a5f80812ddbb/content>
- Cueva, H., y Cruz, J. (2021). Aplicación del PMBOK para incrementar la productividad en la empresa Innovadores Eléctricos SAC–Chiclayo 2020 (Tesis de Grado). Universidad Señor de Sipan, Pimentel-Perú. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8472>
- Egwim, C. N., Alaka, H., Demir, E., Balogun, H., & Ajayi, S. (2022). Systematic review of critical drivers for delay risk prediction: towards a conceptual framework for BIM-based construction projects. *Frontiers in Engineering and Built Environment*, 3(1), 16–31.
<https://doi.org/10.1108/febe-05-2022-0017>
- Elbashir, M., MSc, PE, PMP, CQE ASQ. (2023). An empirical study investigating the main causes of delay in power transmission construction projects in Saudi Arabia [Journal-article]. *PM World Journal*, XII(VIII), 1–27. <https://pmworldlibrary.net/wp-content/uploads/2023/08/pmwj132-Aug2023-Elbashir-investigating-delays-in-transmission-construction-projects.pdf>
- Elias Santiago, A., y Medina Chumpitaz, F. (2025). Implementación de un procedimiento para la comunicación del control de costos utilizando el Análisis de Variación de Costos y Smartsheet para el equipo en proyectos de obras civiles de subestaciones eléctricas en la ciudad de Huánuco. [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/685405/Elias_SA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Escorcía Marriaga, L. G., & Mercado Valencia, Z. L. (2024). Caracterización de habilidades blandas como herramienta de gestión académica y organizacional. *Ad-Gnosis*, 13(14), e-783. <https://doi.org/10.21803/adgnosis.13.14.783>
- García, H., y Dumay, C. (2022). Propuesta de un plan para reducir los tiempos de improductividad en obra eléctrica en media y baja tensión aplicada obra municipal (Tesis de Maestría). Universidad Veracruzana, Veracruz-México.
<https://cdigital.uv.mx/server/api/core/bitstreams/4932ab31-65c3-4def-a242-5fb6d9ff07c8/content>
- García, M., y Ibagón, C. (2022). Prospectiva del desarrollo energético sostenible en el departamento del Huila al año 2035. *Creer Empresarial Journal of Management and Development*, 4(01), 38-55.
<https://journalusco.edu.co/index.php/cempresarial/article/view/3743>
- Ghaleh, R. M. B., Pourrostan, T., Sharifloo, N. M., Sardroud, J. M., & Safa, E. (2021). Delays in the Road Construction Projects from *Risk Management Perspective*. *Infrastructures*, 6(9), 135. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6090135>
- Gutiérrez Acosta, L., y Herrera Sánchez, M. (2024). Implementación de Metodologías BIM y LEAN Construction para mejorar la eficiencia en la planificación, programación, ejecución y control en la ejecución de obras de infraestructura Eléctrica” [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias e Informática]
https://repositorio.upci.edu.pe/bitstream/handle/upci/1066/TSP%20Final_Gutierrez%20Acosta%20Luis%20E.%2c%20Herrera%20Sanchez%20Miguel%20A.FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Gutierrez Castro, M. F. Propuesta de mejora para reducir los retrasos en los proyectos de montaje de transformadores basado en la implementación de herramientas lean y la guía del PMBOK. [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660373>
- Ingunza Castro, G., y Toledo Pineda, J (2025). Reducción De Costos De Ejecución Con El Uso De Bim A Través Del Análisis De Interferencias En La Fase De Diseño De Proyectos De Habilitación Urbana De La Ciudad De Lima. Caso De Estudio: Proyecto Condominios Del Sur 7ma Etapa Ubicado En Mala, Cañete, Lima, Perú [Tesis de Maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/684534>
- Latif, M. (2023). Analyzing the key factors contributing to project delays in the construction industry: a comprehensive study. *Journal of Development and Social Sciences*, 4(III).
[https://doi.org/10.47205/jdss.2023\(4-iii\)85](https://doi.org/10.47205/jdss.2023(4-iii)85)
- León Torres, L. M., Jarrín Rivadeneira, E. P., Muñoz González , S. P., Suarez Galarza, M. B., & León Torres, M. G. (2025). Metodologías Ágiles en la Gestión de Proyectos de Infraestructura: Retos y Oportunidades. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 5(3), 1743–1778. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i3.314>
- Lopez Villareal, J. (2024). Estudio de impacto ambiental del proyecto “Línea de transmisión de 22,9 kV Subestación Eléctrica Shagua-Subestación Eléctrica Santa Catalina”. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal]
<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/10197>

- Ma, X., Li, J., Guo, F., Cui, C., Chen, T., Xv, F., & Wang, W. (2022). Study on influence factors of public participation willingness in substation project based on integrated TPB-NAM model. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.999229>
- Neyra Ramos, A. D. (2021). Implementación de la constructabilidad del cronograma de obra para la reducción de reclamos en proyectos de construcción Fast-Track: Caso de estudio proyecto de construcción de una planta industrial en Arequipa. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Agustín] <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11913>
- Obras por Expansión. (2025). Fenómenos climáticos encarecen obras y alteran tiempos de construcción. https://obras.expansion.mx/construccion/2025/06/06/cambio-climatico-impacta-obras-en-el-mundo?utm_source
- Orjuela, A., Parra, M., Tinoco, M., y Vargas, M. (2022). Plan de Diseños de un Centro de Distribución para Merkaya en Lebrija Santander (Trabajo de Grado). Universidad Piloto de Colombia. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11639>
- Osorio-Huertas, Santiago Andrés, & Montoya-Giraldo, Óscar Danilo. (2024). Análisis de factores de riesgo e indicadores relevantes para optimizar la ejecución de proyectos de subestaciones eléctricas. *Tecnológicas*, 27(61), e201. Epub December 20, 2024. <https://doi.org/10.22430/22565337.3070>
- Padilla Lozano, E. (2023). Guía De Implementación De Blockchain Para Dar Trazabilidad En Los Procesos De Emisión De Órdenes De Compras Hasta La Recepción De Mercancías A Empresas Del Sector De La Construcción Que No Poseen Torres De Control. [Tesis de Especialización, Universidad Militar Nueva Granada] <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/ab87cf41-70b4-4c88-a08b-82878321a427/content>

- Pereira, F. S. J., Soares, W. A., Fittipaldi, E. H. D., Zlatar, T., & Barkokébas Junior, B. (2019). Risk management during construction of electric power substations. *Gestão & Produção*, 26(4), e4639. <https://doi.org/10.1590/0104-530X4639-19>
- Pinilla Pérez, D. (2024). Plan de acción para implementación de LEAN CONSTRUCTION en la empresa JE Jaimes Ingenieros S.A.S. enfocado en subestaciones eléctricas. [Tesis de Maestría, Universidad de los Andes] Disponible en: <https://hdl.handle.net/1992/74601>
- Rincón Cucunuba, E. (2025). Ejecución del proceso constructivo de la vía que conectará el municipio de Guamal, Magdalena, con San Sebastián de Buenavista, garantizando el cumplimiento de las normativas técnicas vigentes en Colombia. [Tesis de Pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia] <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/5684dd62-4718-41e0-bcf2-168b26e1b642>
- Rodas Sotomayor, D. (2024). Efecto de la aplicación Fast Track en proyectos de intervención de reconstrucción mediante inversiones, del Programa Nacional de Infraestructura Educativa” [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Santa] <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4703>
- Silva, G., Tavera, F., Quintero, Z., Rodríguez, M., y Díaz, C. (2021) Diagnóstico de la efectividad de los proyectos en energía renovable en Colombia (Trabajo de Grado). Universidad EAN, Bogotá-Colombia. <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/00400b35-280e-4aed-9c85-412183312cdc/content>
- Súa Carvajal, Z. K. (2022). Análisis de las causas cualitativas del probable retraso en la ejecución del proyecto Troncal de los Andes debido a una inadecuada gestión ambiental.

[Tesis de Pregrado, Universidad Militar de Nueva Granada]

<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/1e90737d-e4ea-450c-b050-7b01595b3311/content>

Zapata Parga, M. F., & Gomez Varón, H. H. (2022). Diseño de una bodega industrial para la empresa Construingenieros mediante la metodología de la modelación de la información para la construcción. [Tesis de Pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]

<https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/26356d89-13e7-4c13-82d8-8835e709898e>

5 Anexos

Anexo A. Entrevista al director de proyectos de empresa

Entrevista para conocer las principales causas que afectan los tiempos de entregas de los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas ejecutadas por una empresa del sector eléctrico.	
La siguiente entrevista contiene preguntas abiertas enfocadas a conocer algunas de las causas principales que afectan los tiempos de entrega en la construcción de subestaciones eléctricas por parte de empresas del sector eléctrico en Colombia.	
NOTA: Esta entrevista es con fines netamente académicos para la ejecución de un trabajo de grado de estudiantes de Especialización en Gerencia de Proyectos de la Universidad UniMinuto y los datos tomados serán amparados con la ley de protección de datos (Ley 1581 de 2012).	
Nº	Pregunta
1	¿Cuáles considera que son las causas más comunes de demora en los proyectos de construcción de subestaciones eléctricas?
2	¿Qué factores internos dentro de la empresa han contribuido a retrasos en la entrega de proyectos?
3	¿Qué tipo de situaciones externas, como normativas o condiciones del entorno, han generado impactos en los cronogramas de ejecución?
4	¿En qué fase del proyecto suelen presentarse más dificultades relacionadas con los tiempos de entrega (planificación, ejecución, cierre, etc.) y por qué?
5	¿Cómo influyen los procesos de adquisición y contratación de materiales o servicios en el cumplimiento de los plazos del proyecto?
6	¿Qué papel juegan los proveedores y contratistas en el cumplimiento del cronograma establecido para cada proyecto?
7	¿De qué manera la gestión del recurso humano ha impactado positiva o negativamente los tiempos de ejecución en los proyectos que usted ha dirigido?
8	¿Cómo se gestionan los cambios o imprevistos durante la ejecución del proyecto, y qué tanto afectan estos cambios al plazo de entrega?
9	¿Existen mecanismos de control o seguimiento que le permitan detectar a tiempo posibles desviaciones en el cronograma? ¿Cómo funcionan?
10	¿Qué prácticas o estrategias podrían implementarse para mejorar el cumplimiento de los tiempos en futuros proyectos?