

Propuesta de inversión bajo el enfoque marco lógico y la guía PMBOK para la implementación de una Plataforma digital para el monitoreo y control de eventos y reportes de campo en proyectos de construcción de líneas de Metro en Colombia.

Deisy Liliana Forero Arévalo, Víctor Fernando Salazar Gallego

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

Director

MBA, Héctor Onel Beltrán Serrano

Universidad Santo Tomas, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones

2023

Agradecimientos

Primero queremos agradecer a Dios por la bendición que nos dio al poder adelantar nuestros estudios de posgrado y culminarlos exitosamente. A nuestros familiares y amigos, por su amor, paciencia, comprensión y apoyo durante todo nuestro proceso. Al conductor de este barco, nuestro director Hector Beltrán por su acompañamiento, sugerencias y orientación.

Finalmente, queremos dar un agradecimiento especial a la Universidad Santo Tomás por la colaboración y su empeño para el desarrollo de esta investigación y a cada uno de los participantes de esta cohorte, estudiantes y profesores por su buena disposición y valiosos aportes.

Tabla de contenido

Introducción	15
1. Aspectos Contextuales	21
1.1 Planteamiento del problema/caso de negocio	25
2. Objetivos	27
1.1 Objetivo general	27
1.2 Objetivos específicos	27
3. Revisión técnica de la propuesta	28
4. Marco referencial	28
4.1 Marco conceptual	28
4.2 Estado del arte	30
4.3. Marco Legal	31
5. Análisis de Interesados -Involucrados	31
6. Análisis del problema	38
6.1 Modelo árbol de problemas	38
7. Análisis de objetivos	40
8. Análisis de Alternativas	41
8.1 Identificación de alternativas	41
8.2 Evaluación de alternativas	43
8.3 Selección de la alternativa de solución	45
9. Construcción del Modelo Analítico del Proyecto	45
9.1 Estructura Analítica	45
9.2 Matriz de Marco lógico	46

PLATAFORMA DIGITAL PARA PROYECTOS DE METRO EN COL.	4
9.3 Resumen Narrativo	48
9.3.1 Fin	49
9.3.2 Propósito	49
9.3.3 Componentes o productos	49
9.3.4 Entregables	49
9.3.5 Actividades	49
9.4 Indicadores	50
9.4.1 Indicadores de Fin	50
9.4.2 Indicadores de propósito	50
9.4.3 Indicadores de componentes	51
9.5 Medios de verificación	52
9.6 Supuestos	52
10. Recursos humanos, materiales y económicos	53
11. Cronograma	54
12. Difusión y comunicación	55
12.1 Métodos de Difusión	55
13. Fase de Ejecución del Proyecto	56
13. 1 Inicio	56
13.1.1 Acta de Constitución del Proyecto	56
13.1.2 Identificación de los Interesados	58
13.2 Planificación	61
13.2.1 Plan de Ejecución del Proyecto	61
13.2.2 Descripción del proyecto	61

13.2.3 Plan de Gestión del Alcance	62
13.2.3.1 Matriz de trazabilidad de requisitos.	62
13.2.3.2 Definición del alcance	64
13.2.4 EDT/WBS	65
13.2.4.1 Validación del alcance	66
13.2.4.2 Control del alcance	66
13.3 Plan de gestión del Cronograma	67
13.3.1 Planificación de la Gestión del Cronograma	67
13.3.2 Definición de las actividades	68
13.3.3 Secuenciamiento de las Actividades	68
13.3.4 Estimación de la Duración de las actividades	68
13.3.5 Desarrollo del Cronograma	69
13.3.6 Control del cronograma	71
13.3.7 Indicadores del Plan de gestión del Cronograma:	73
13.4 Plan de gestión de Costos	73
13.4.1 Estimación de costos	73
13.4.2 Definición de Presupuesto	75
13.4.3 Control de costos	75
13.4.4 Plan de gestión de Calidad	76
13.4.5 Planificación de la Gestión de la calidad	76
13.4.6 Requerimientos del Sistema:	78
13.4.7 Gestión de la calidad	80
13.4.8 Control de la calidad	81

13.5 Plan de gestión de Recursos	83
13.5.1 Estimación de los recursos	83
13.5.2 Adquisición de los recursos	84
13.5.3 Desarrollo y dirección del equipo	85
13.6 Plan de gestión de las Comunicaciones	86
13.6.1 Gestión de las comunicaciones	86
13.6.2 Monitoreo de las comunicaciones	87
13.7 Plan de gestión de Riesgos	87
13.7.1 Identificación de riesgos	87
13.7.2 Matriz FODA	88
13.7.3 Análisis cualitativo de los riesgos	89
13.7.4 Planificación de la Respuesta a los riesgos	91
13.7.5 Implementación de la Respuesta a los riesgos	92
13.7.6 Monitoreo de los riesgos	94
13.7.7 Indicador de eficacia del proceso	95
13.7.8 Indicadores de Eficiencia	95
13.8 Plan de gestión de las adquisiciones	96
13.8.1 Efectuar las adquisiciones	96
13.8.2 Controlar las adquisiciones	96
13.8.3 Criterios de selección de proveedores	97
13.9 Plan de gestión de los Interesados	97
13.9.1 Planificación del involucramiento de los interesados	97
13.9.2 Gestión del involucramiento de los interesados	99

PLATAFORMA DIGITAL PARA PROYECTOS DE METRO EN COL.	7
13.9.3 Monitoreo del involucramiento de los interesados	100
14. Resultados	101
15. Discusión	104
16. Conclusiones	104
17. Referencias	107

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Identificación y Clasificación de los Interesados (Externos)</i>	34
Tabla 2. <i>Identificación y Clasificación de los Interesados (Internos)</i>	35
Tabla 3. <i>Caracterización y Priorización de Interesados (Externos)</i>	35
Tabla 4. <i>Caracterización y Priorización de Interesados (Internos)</i>	37
Tabla 5. <i>Matriz de Marco Lógico</i>	46
Tabla 6. <i>Indicadores de Fin</i>	50
Tabla 7. <i>Indicadores de propósito</i>	50
Tabla 8. <i>Indicadores de Componentes</i>	51
Tabla 9. <i>Costo de los recursos</i>	53
Tabla 10. <i>Acta de constitución del Proyecto</i>	56
Tabla 11. <i>Componentes y planes de gestión para la ejecución del proyecto</i>	62
Tabla 12. <i>Matriz de trazabilidad de requisitos</i>	62
Tabla 13. <i>Requerimientos normativos para el desarrollo del cronograma del proyecto.</i>	67
Tabla 14. <i>Indicadores del Plan de gestión del cronograma</i>	73
Tabla 15. <i>Estimación de costos del Proyecto</i>	74
Tabla 16. <i>Definición del presupuesto del Proyecto</i>	75
Tabla 17. <i>Referencias normativas para el desarrollo del plan de gestión de calidad</i>	76
Tabla 18. <i>Documentos que soportan la construcción del Plan de gestión de calidad</i>	77
Tabla 19. <i>Matriz de requerimientos del Software</i>	78
Tabla 20. <i>Roles y responsabilidades</i>	84
Tabla 21. <i>Tabla de evaluación de riesgos. Frecuencia vs Impacto</i>	89
Tabla 22. <i>Matriz de Riesgos</i>	90

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Metodología del Enfoque Marco Lógico</i>	18
Figura 2. <i>Árbol de Problemas</i>	39
Figura 3. <i>Árbol de Objetivos</i>	40
Figura 4. <i>Cronograma de Actividades</i>	54
Figura 5. <i>Matriz de Influencia VS Interés</i>	60
Figura 6. <i>EDT (WBS)</i>	65
Figura 7. <i>Definición, secuenciamiento y estimación de la duración de las actividades (Cronograma del Proyecto)</i>	70
Figura 8. <i>Modelo Incremental</i>	81
Figura 9. <i>Matriz FODA</i>	89

Resumen

El monitoreo y control de proyectos de construcción ha sido un tema bastante estudiado en la industria dentro del campo de la gestión de proyectos en las últimas tres décadas, lo anterior teniendo en cuenta la importancia que tiene como indicador principal para determinar el éxito y desempeño de los proyectos de construcción. Son muchos los casos de estudio que se encuentran en la literatura en el sector de edificaciones, pero en el caso del sector de infraestructura y más específicamente en proyectos de metro hay un campo muy importante para explorar, pues ha sido un área menos abordada. El presente trabajo es una propuesta de inversión para proyectos de este tipo que son relativamente nuevos en muchas ciudades de Latinoamérica y sobre todo en Colombia.

Con el presente proyecto se pretende proporcionar una solución a los diferentes problemas que se presentan en los proyectos de construcción, específicamente aquellos donde se construyen líneas de metro, ya que en la experiencia de los autores se evidencia que los reportes de los diferentes eventos o incidencias que surgen diariamente en campo se toman o se diligencian de manera manual en formatos físicos preestablecidos para su respectivo seguimiento y control, sin contar con la pérdida de estos en la mayoría de casos, lo que genera grandes dificultades al momento de intervenir o realizar seguimiento. Se identifican y analizan los diferentes factores por mejorar del proyecto teniendo en cuenta aspectos de contexto al interior de la obra y se presenta una propuesta de inversión que establezca una mejora en los procesos de monitoreo y control de eventos y reportes de campo con precisión geográfica y en tiempo real, confiriendo facilidad de acceso, almacenamiento y clasificación de información para generar informes estadísticos, indicadores y creación del dossier final en grandes proyectos de construcción.

La metodología empleada para esta investigación es de tipo documental. Es decir que, se emplean

distintas fuentes académicas y empresariales que tratan el tema de la tecnología aplicada a la construcción a nivel global.

Palabras clave: Plataforma digital, infraestructura, dossier final, reportes de campo.

Abstract

The monitoring and control of construction projects has been a subject of much study in the industry within the field of project management in the last three decades, considering the importance it has as a main indicator to determine the success and performance of construction projects. There are many case studies found in the literature in the building sector, but in the case of the infrastructure sector and more specifically in metro projects there is a very important field to explore, as it has been a less addressed area. The present work is an investment proposal for projects of this type that are relatively new in many Latin American cities and specially in Colombia.

This project aims to provide a solution to the different problems that arise in construction projects, specifically those where metro lines are built, since in the experience of the authors it is evident that the reports of the different events or incidents that arise daily in the field are taken or filled out manually in pre-established physical formats for their respective monitoring and control, without taking into account the loss of these in most cases, which generates great difficulties at the time of intervention or monitoring. The different factors to be improved in the project are identified and analyzed taking into account aspects of context within the work and an investment proposal is presented that establishes an improvement in the processes of monitoring and control of events and field reports with geographic precision and in real time, providing easy access, storage and classification of information to generate statistical reports, indicators and creation of the final dossier in large construction projects.

The methodology used for this research is documentary. That is, different academic and business sources are used to deal with the issue of technology applied to construction at a global level.

Keywords: Digital platform, infrastructure, final dossier, field reports.

Glosario

Alternativa: es la opción que existe entre dos o más cosas; es decir, es cuando se tiene la posibilidad de poder seleccionar, preferir, optar, escoger o elegir entre dos o varias cosas o situaciones diferentes.

Análisis: Es un examen detallado de una cosa para conocer sus características o cualidades, o su estado, y extraer conclusiones, que se realiza separando o considerando por separado las partes que la constituyen.

Cliente: Es una persona o entidad que compra bienes o servicios que ofrece una empresa.

Contratista: Empresa o persona natural que se obliga mediante contrato para ejecutar una obra a cambio de un precio pactado en un tiempo determinado.

Coste-Costo: Es el valor monetario que se invertirá para obtener un producto o servicio requerido para el desarrollo del proyecto.

Mejora: Es la ejecución constante de acciones que mejoran los procesos con el fin de subsanar errores, reforzar aciertos y en definitiva aportar rendimiento al proyecto.

Objetivo: Es el resultado deseado que se espera alcanzar con la ejecución de las actividades que integran un proyecto, empresa o entidad.

Población: Son todos los seres vivos del mismo grupo o especie, que viven en un área geográfica particular.

Presupuesto: Hace referencia a la cantidad de dinero que se necesita para hacer frente a cierto número de gastos necesarios para desarrollar un proyecto.

Problema: Es un hecho o circunstancia que requiere de una pronta solución o aclaratoria para darle fin.

Proveedor: Empresa o persona natural que provee o suministra un determinado bien o

servicio a otros individuos o sociedades, como forma de actividad económica y a cambio de una contraprestación.

Proyecto: Es la planificación y la ejecución de una serie de acciones que pretenden conseguir un fin o un objetivo determinado para el beneficio de un grupo de personas.

Resultado: Consecuencia de una serie de acciones, procesos o situaciones ejecutadas con un determinado fin.

Software: es la opción que existe entre dos o más cosas; es decir, es cuando se tiene la posibilidad de poder seleccionar, preferir, optar, escoger o elegir entre dos o varias cosas o situaciones diferentes.

Introducción

En Colombia, la industria de la construcción es uno de los sectores principales de la economía nacional. Al ser una rama tan importante del desarrollo nacional, se observa diariamente el planteamiento de la ejecución de una gran cantidad de proyectos de origen público o privado, financiados con grandes recursos que deben ser controlados para garantizar el cumplimiento de los requerimientos básicos de alcance, tiempo, costo y calidad.

Se puede evidenciar que la gran mayoría de reportes realizados para los proyectos se ejecutan de forma manual en formatos físicos, lo que ocasiona que estos fácilmente se dañen o se traspapelen y se pierda información necesaria y vital para alertar e intervenir un proceso del proyecto y conducirlo hacia el objetivo propuesto. Es así como las grandes empresas que construyen líneas de metro en Colombia no son ajenas a este tipo de contratiempos que generan múltiples reprocesos.

Este problema ocasiona también dos reacciones inmediatas, la primera, la desconfianza de los demás sectores de la economía, que al revisar resultados de los proyectos perciben una desconfianza al invertir en el desarrollo y financiación de este tipo de proyectos, lo que podemos nombrar como stakeholders insatisfechos; y la segunda reacción es la poca atracción del mismo gremio en el desarrollo de proyectos, dado que las organizaciones dedicadas a la construcción al analizar la incertidumbre en el resultado final de los diferentes proyectos prefieren contraer sus inversiones antes de que se materialicen riesgos no previstos que pongan en la cuerda floja la continuidad del negocio. Zuluaga, G. (2020).

Con el desarrollo de este proyecto se pretende brindar una solución a las falencias evidenciadas en el sector de la construcción mediante la inversión y posterior configuración e implementación de una plataforma digital que permita el registro de múltiples eventos y

actividades en tiempo real que se presenten en campo. Con esta herramienta se puede disponer de un acceso fácil y rápido a informes detallados con los cuales se podrá intervenir de manera oportuna a los proyectos permitiendo que se desarrollen con la calidad que requieren proyectos de esta importancia, incrementando la habilidad empresarial, mejorando los procesos y simplificando las tareas diarias. Otros de los principales beneficios que traerá este proyecto es prevenir los riesgos y mejorar su precisión y su seguridad para mantener o incluso acelerar el avance de un proyecto. Esta plataforma se podrá utilizar en diversos y grandes proyectos de construcción con evidencias en tiempo real.

Previamente al desarrollo del proyecto es necesario como también lo menciona RODRÍGUEZ, J. (2021), realizar un análisis de los procesos y formatos relacionados con la programación y el control de los proyectos que se hacían en ese momento, luego obtener un diagnóstico de esas situaciones.

El presente proyecto se estructura a través de dos metodologías: enfoque de Marco Lógico (EML) y la guía PMBOK las cuales se desglosan más adelante. Para iniciar con la diferenciación de cada metodología cabe resaltar que el EML sigue un orden lógico para el registro de la información más relevante resultado del proceso de formulación y estructuración de proyectos de inversión. Su sustento conceptual se basa en los principios de conceptualización, planificación, seguimiento y evaluación de proyectos, sin embargo, no se considerará para la ejecución, es por esto por lo que para esta etapa del proyecto se utilizará la guía PMBOK, la cual se complementa correctamente con el enfoque marco lógico.

A continuación, se indica con detalle que apartados y procesos se realizan con cada una de las dos metodologías usadas:

Marco lógico (EML): Su énfasis está centrado en la orientación por objetivos, la orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas, es por ello que los siguientes apartados se realizan mediante el Enfoque Marco Lógico:

- Aspectos Contextuales: Planteamiento del problema/caso de negocio
- Planteamiento de Objetivos
- Revisión técnica de la propuesta
- Análisis de Interesados - Involucrados
- Análisis del problema
- Análisis de objetivos
- Análisis de Alternativas: Identificación de alternativas, Evaluación de alternativas, Selección de la alternativa de solución.
- Construcción del Modelo Analítico del Proyecto: Estructura Analítica
- Matriz de Marco lógico: Fin, Propósito, Componentes o productos, Entregables, Actividades
- Indicadores: Indicadores de propósito, Indicadores de componentes, Indicadores de Actividades, Medios de verificación
- Supuestos
- Cronograma, Recursos humanos, materiales y económicos
- Difusión y comunicación.

La Figura 1. Metodología del Enfoque *Marco Lógico* presenta el flujo del proceso de Marco Lógico, destacando especialmente la secuencia que se establece entre los módulos y la discriminación de cada uno de los capítulos que la conforman.

Figura 1. Metodología del Enfoque Marco Lógico

El método fue elaborado originalmente como respuesta a la Planificación de proyectos carentes de precisión, con objetivos múltiples que no estaban claramente relacionados con las actividades del proyecto.

El marco lógico encara este problema, y provee además una cantidad de ventajas sobre enfoques menos estructurados:

- Aporta una terminología uniforme que facilita la comunicación y que sirve para reducir ambigüedades;
- Aporta un formato para llegar a acuerdos precisos acerca de los objetivos, metas y riesgos del proyecto que comparten los diferentes actores relacionados con el proyecto;
- Suministra un temario analítico común que pueden utilizar los involucrados, los consultores y el equipo de proyecto para elaborar tanto el proyecto como el informe de proyecto, como también para la interpretación de éste;
- Enfoca el trabajo técnico en los aspectos críticos y puede acortar documentos de proyecto

en forma considerable;

- Suministra información para organizar y preparar en forma lógica el plan de ejecución del proyecto;
- Suministra información necesaria para la ejecución, monitoreo y evaluación del proyecto;
- Proporciona una estructura para expresar, en un solo cuadro, la información más importante sobre un proyecto.

PMBOK: En cuanto al PMBOK, el Grupo de Procesos de Ejecución está compuesto por aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en la planificación del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones de este. Este Grupo de Procesos implica coordinar personas y recursos, gestionar las expectativas de los interesados, así como integrar y realizar las actividades del proyecto conforme al plan para la dirección del proyecto. A continuación, se listan las actividades y procesos realizados a través de la metodología del PMBOK.

- Acta de Constitución del Proyecto
- Identificación de los Interesados: Matriz de Influencia Vs Interés.
- Plan de Ejecución del Proyecto
- Plan de Gestión del Alcance: Matriz de trazabilidad de requisitos, Definición del alcance, EDT/WBS, Validación del alcance, Control del alcance.
- Plan de gestión del Cronograma: EDT (WBS), Planificación de la Gestión del Cronograma, Definición de las actividades, Secuenciamiento de las Actividades, Estimación de la Duración de las actividades, Desarrollo del Cronograma, Control del cronograma.
- Plan de gestión de Costos: Estimación de costos, Definición de Presupuesto, Control de costos.

- Plan de gestión de Calidad: Planificación de la Gestión de la calidad, Gestión de la calidad, Control de la calidad.
- Plan de gestión de Recursos: Estimación de los recursos, Adquisición de los recursos, Desarrollo y dirección del equipo.
- Plan de gestión de las Comunicaciones: Gestión de las comunicaciones, Monitoreo de las comunicaciones.
- Plan de gestión de Riesgos: Identificación de riesgo, Análisis cualitativo de los riesgos, Planificación de la Respuesta a los riesgos, Implementación de la Respuesta a los riesgos, Monitoreo de los riesgos, Matriz FODA, tabla de evaluación de riesgos Frecuencia VS Impacto, matriz de riesgos.
- Plan de gestión de las adquisiciones: Efectuar las adquisiciones, Controlar las adquisiciones, Criterios de selección de proveedores.
- Plan de gestión de los Interesado: Planificación del involucramiento de los interesados, Gestión del involucramiento de los interesados, Monitoreo del involucramiento de los interesados.

Los procesos que pertenecen a la ejecución incluyen la adquisición, desarrollo y dirección de los recursos; la gestión de la calidad; la dirección y gestión del trabajo y conocimiento del proyecto; la gestión del involucramiento de los interesados, la gestión de las comunicaciones, adquisiciones y la implementación de la respuesta a los riesgos.

Es muy probable que, al estar ejecutando las actividades planeadas, será necesario actualizar los documentos de planeación. Por ejemplo, cambiar la duración prevista de actividades, detección de riesgos no previstos al inicio del proyecto, elevación de costos y otras variaciones que pueden requerir de un análisis detallado por parte de la dirección de proyectos. Es

por esta razón que se dice que los vínculos entre los Grupos de Procesos son de naturaleza iterativa, la Planificación proporciona al Grupo de Procesos de Ejecución un plan documentado para la dirección del proyecto.

Al momento de estar ejecutando estos procesos en el transcurso del proyecto, muchas veces desearíamos poder regresar el tiempo y hacer una planeación más detallada, pero al ser imposible, entrarán en juego las habilidades en dirección de proyecto para poder superar los retos que se nos presenten. Formar un buen equipo de trabajo, saber dirigir, entrar en contacto con proveedores, definir y gestionar correctamente las comunicaciones con los interesados, son solo algunas de las habilidades con las que debe contar el(los) director(es) de proyecto.

Superar adecuadamente el Grupo de Procesos de Ejecución, traerá como resultado los entregables que se esperan del proyecto. Resulta casi imposible planear y que todo salga bien, es importante reconocer en qué punto de la planificación se falló y saber contestar de forma adecuada ante las eventualidades que se presenten.

Para finalizar tomamos como referencia los aportes de Pariona, J., & Vilcahuaman, M. (2020) donde refiere casos exitosos gracias al enfoque del PMBOK en diferentes proyectos de la industria de la construcción.

1. Aspectos Contextuales

En la actualidad, son múltiples las líneas de metro existentes en Latinoamérica. El primer metro que se construyó en América Latina fue en Ciudad de México el 4 de septiembre de 1969 y hasta la fecha, ya van 22 metros construidos y entregados en la región. Redes ferroviarias nuevas, recuperación y modernización de algunas antiguas y nuevas líneas de metro se están tomando la cartera de proyectos de infraestructura en América Latina. Algunas capitales que ya cuentan con metro en América Latina son:

Brasilia: El metro de Brasilia se inauguró en 2001. Tiene 27 estaciones, dos líneas y una extensión de 42 kilómetros. Anualmente sirve a 42 millones de pasajeros.

Caracas: El metro de Caracas existe desde 1983. Recorre 67 kilómetros, divididos en 52 estaciones. Son 5 líneas que transportan cada año a 358 millones de pasajeros.

Ciudad de México: El metro de la Ciudad de México fue inaugurado en 1969. Tiene 195 paradas y recorre una longitud de 200 kilómetros, a través de 12 líneas. 837 millones de usuarios es la carga que recibe anualmente.

Ciudad de Panamá: El metro de la capital de Panamá se inauguró en 2014 y tiene 29 estaciones. Tiene dos líneas y recorre casi 39 kilómetros. Anualmente 50 millones de pasajeros usan su servicio.

Lima: El metro de Lima y Callao, Perú, empezó su funcionamiento en 2011 y tiene una sola línea. Son 34 kilómetros, divididos en 26 estaciones. 110 millones de pasajeros utilizan, en promedio, anualmente este metro.

San Juan: El Tren Urbano de San Juan, Puerto Rico, es un sistema ferroviario mixto — bajo tierra y encima en ciertos tramos— que se inauguró en 2004. Tiene una sola línea y recorre una longitud de 17 kilómetros, divididos en 16 estaciones. Recibe la carga de 13 millones de usuarios al año.

Santiago de Chile: El metro de Santiago utiliza 7 líneas, para 196 estaciones distribuidas a lo largo de 140 kilómetros. Fue inaugurado en 1975 y recibe una carga anual de 263 millones de pasajeros.

Santo Domingo: El metro de Santo Domingo, República Dominicana, empezó a funcionar en 2009. Tiene 34 estaciones para 31 kilómetros de longitud. Usa dos líneas para recibir a 49 millones de pasajeros al año.

Así mismo Belo Horizonte (Brasil), Porto Alegre (Brasil), Recife (Brasil), Río de Janeiro (Brasil), Salvador de Bahía (Brasil), Sao Paulo (Brasil), Medellín (Colombia), Guadalajara (México), Monterrey (México), Maracaibo (Venezuela), Los Teques (Venezuela), Valencia (Venezuela) y Medellín (Colombia) cuentan con líneas de Metro que les facilitan la vida a sus ciudadanos.

En Argentina que incluye las líneas Belgrano Cargas, San Martín Cargas y el tren Norpatagónico, inversiones que en su conjunto demandarían unos US\$4.695 millones.

En el 2028 México, Brasil y Chile fueron los países que tienen las tres ciudades latinoamericanas con los metros que hacen el mayor número de viajes al año. Según un sondeo LR, Ciudad de México lidera el ranking con 2.007 millones de viajes realizados (tomando 5,5 millones de pasajeros diarios), luego está Sao Paulo, con 1.679 millones de viajes hechos al año aproximadamente (con 4,6 millones de pasajeros diarios); y completa el top tres Santiago de Chile, con 721 millones de traslados. Colombia aparece en la sexta posición con el metro de Medellín y 298 millones de viajes.

En Chile en Julio del 2021 obtuvo su aprobación medioambiental la futura Línea 7, proyecto que tendrá 26 kilómetros de extensión y 19 estaciones que unirán las comunas de Renca y Vitacura. Las obras evaluadas en US\$2.500 millones que iniciaron en el año 2021 y estaría operando para el año 2027.

Dentro de los proyectos a futuro se encuentra la rehabilitación de los tramos que conectan a Medellín con el Pacífico, el Atlántico y el Magdalena Medio, como parte de la propuesta del Tren bioceánico del Cauca: Buenaventura – Cali – Medellín – Cartagena – Barranquilla. Igualmente, se buscará la recuperación, rehabilitación y operación de la línea férrea Medellín – Puerto Berrío. Así mismo, se propenderá por la construcción de una línea ferroviaria nueva entre

Medellín y la Gran Zona Portuaria de Urabá

La expedición del CONPES 3982 de 2020, el lanzamiento del Plan Maestro Ferroviario en Colombia y el anuncio de la apertura de varios procesos de selección para llevar a cabo varios proyectos ferroviarios a nivel nacional y regional.

En el primer semestre del 2021 se anunció la apertura de varios procesos de selección para la ejecución y estructuración de proyectos férreos, lo que evidencia nuevas oportunidades para el sistema, generando expectativa e interés entre gremios y posibles inversionistas. Dentro de ellos encontramos:

Bogotá- Belencito (287 km): el 15 de abril del 2021 se celebró en contrato para mantenimiento y conservación de dicha vía férrea, pero luego en el 2022 se reverso dicho contrato iniciando sobre el mes de mayo del mismo año quedo contratado el operador de las 838 unidades de material rodante (locomotoras, vagones y plataformas) del Estado

La Dorada- Chiriguaná (521 km): A finales del 2021 se licito este proyecto. Cabe mencionar que en un análisis de demanda y viabilidad férreos de interés de la Nación realizado por la ANI y la FDN, se identificó que este es el corredor con mejores condiciones técnicas, operacionales y de viabilidad comercial.

Tren de Cercanías Cali: Será un tren ligero eléctrico que contará aproximadamente con 70 kilómetros de extensión. En marzo de 2021 se firmó el convenio para adelantar los estudios técnicos de factibilidad. Se estima que como fecha de inicio de las obras en el año 2023 y su operación desde el 2025.

Metro de la 80 de Medellín: este proyecto contará con 17 estaciones desde el barrio Caribe hasta el sector de La Aguacatala (13.5 kilómetros de extensión). Sin embargo, se tiene previsto que para el año 2026 ya esté en funcionamiento.

Segunda Línea Metro de Bogotá: En febrero de 2020 la EMB y la Financiera de Desarrollo Nacional (“FDN”) suscribieron un convenio interadministrativo de cooperación, para unir esfuerzos técnicos, económicos y administrativos para elaborar estudios y diseños a nivel de prefactibilidad de la alternativa seleccionada para la expansión de la primera línea del Metro y su articulación con otros proyectos de transporte en Bogotá.

Tren del Caribe: Ese proyecto que tendría una extensión entre los 220 y 234 kilómetros aproximadamente. El Tren del Caribe tendría una duración aproximada de 12 meses, a partir del 22 de diciembre de 2020.

Sin embargo, estos proyectos de alta complejidad presentan diversos problemas en todas sus etapas y procesos, es por ello por lo que a través de este aporte investigativo se busca mejorar la forma de asegurar la calidad de proyectos Metro en Colombia, que solo cuenta con línea de Metro en la ciudad de Medellín, Antioquia.

1.1 Planteamiento del problema/caso de negocio

En la industria de la construcción es común evidenciar que la información registrada en campo y los eventos que suceden diariamente a lo largo de un proyecto, se registran y almacenan de forma manual, en formatos físicos o en hojas de cálculo. De acuerdo con un informe global realizado por KPMG International, red global de firmas profesionales que proveen servicios de Auditoría y Asesoría en el sector construcción. “La emisión de informes en tiempo real de proyectos sigue siendo un mito más que una realidad para el sector”, comenta Marisela Galicia, directora de Asesoría Técnica en Servicios de Infraestructura de KPMG, “Esto se debe en gran medida a que las organizaciones de este sector tienden a emplear herramientas manuales, lo que compromete su efectividad”.

Así mismo la Global Construction Survey de KPMG International, encuesta realizada a 200 directivos del sector a nivel global, enuncia que solo una cuarta parte de los encuestados (26% global) cuenta con la capacidad de obtener toda la información de su proyecto con solo tocar un botón. Dejando de lado el aprovechamiento de herramientas tecnológicas que pueden ofrecer el acceso en tiempo real a cualquier actor de interés de la información generada diariamente en campo (reportes de calidad, ensayos de laboratorio, eventos socioambientales), además del almacenamiento organizado y sistemático de la misma, incluso con detalles precisos de georreferenciación.

No solo en la anterior organización sino en la mayoría de las empresas que lideran proyectos como la Fundación ANDI, quien ejerce una labor como aliado estratégico de las empresas que se preocupan por el progreso social de Colombia no cuentan con un soporte sólido para el monitoreo y control de cada uno de sus proyectos. En el área de seguimiento y monitoreo de la Fundación, se ha evidenciado que la data de las empresas aliadas y la información de cada uno de los proyectos no está centralizada, ya que cada uno de los encargados en el área lleva un control personalizado del proyecto. La falta de centralización de la información ha generado en el área de seguimiento y monitoreo una serie de incidentes como: no contar con la información actualizada y el detalle de avance de los programas, reprocesos en el cálculo de las cifras para generar indicadores e informes, pérdida de la trazabilidad de un proyecto, entre otros y así mismo ha limitado la capacidad identificar alertas tempranas y la toma de decisiones oportunas en las diferentes situaciones de los proyectos.

Según Talaverano, M. (2020), un gran problema de los proyectos es la falta o errada implementación de un plan de Gestión de Calidad, que permite en primer lugar, planificar, asegurar y controlar la calidad para que a su vez se cumplan ciertos parámetros en el proceso de

construcción y tener un mejor manejo de los recursos tanto humanos como materiales para la buena construcción de las estructuras de dicho proyecto.

Como consecuencia de lo anterior, y con base en la experiencia, se presentan grandes dificultades a la hora de registrar, buscar, almacenar, y clasificar la información requerida para generar reportes estadísticos, indicadores y la creación del dossier final de grandes proyectos; además, de las posibles pérdidas de información.

Así pues, se genera la incógnita de ¿cómo implementar una herramienta digital eficaz que permita monitorear y controlar en tiempo real y con precisión geográfica los eventos y reportes generados en campo en proyectos de construcción?

2. Objetivos

1.1 Objetivo general

Realizar una propuesta de inversión para la implementación y articulación de una plataforma digital como herramienta para monitorear y controlar eventos y reportes de campo en proyectos de construcción de líneas de Metro en Colombia.

1.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de los problemas que se presentan en cuanto a eventos y reportes de campo en proyectos de construcción de líneas de Metro en Colombia.
- Diseñar y desarrollar el enlace de diversas aplicaciones informáticas de modo que se ajusten a las necesidades de los proyectos de construcción de líneas de metro en Colombia para monitorear y controlar los eventos y reportes en campo.

- Construir un plan de implementación y articulación de la plataforma relacionada con los eventos generados en campo.
- Construir el presupuesto para la inversión en la implementación y configuración del proyecto.

3. Revisión técnica de la propuesta

En la actualidad, cuando de acuerdo con la planeación de este tipo de proyectos públicos se da inicio a obras de construcción, se generan miles de reportes en campo, relacionados con el aseguramiento de la calidad de las actividades y también de eventos ocurridos en sitio. Por parte de los departamentos de Calidad, Ambiental y construcción se considera rudimentario el uso de formatos físicos impresos en papel y diligenciados a mano, adicionalmente se percibe falta de precisión geográfica en la ubicación de los puntos mostrados en papel, sobre todo teniendo la gran cantidad de Hectáreas de expansión de proyectos de este tipo. Es por esto por lo que se presentan diversas propuestas, una de ellas y la que se quiere reforzar es la presentada en este proyecto. La propuesta de inversión ha sido expuesta resaltando la problemática actual y la ventaja que se genera en la cadena de valor de actuales y futuros proyectos Metro en Colombia.

4. Marco referencial

4.1 Marco conceptual

El estudio realizado describe la problemática y plantea aplicar el enfoque de Marco Lógico, como una estructura que integra los diferentes elementos del proyecto y se manifiesta en el resultado de las herramientas de análisis aplicadas como: situación problemática, análisis de involucrados, Análisis causa-efecto, del que se deriva el árbol de problemas, y análisis de

objetivos, del que se obtiene el árbol de objetivos.

Es importante hacer una distinción entre lo que es conocido como EML y la Matriz de Marco Lógico. El EML contempla análisis del problema, análisis de los involucrados, jerarquía de objetivos y selección de una estrategia de implementación óptima. El producto de esta metodología analítica es la Matriz de marco lógico, la cual resume lo que el proyecto pretende hacer y cómo, cuáles son los supuestos claves y cómo los insumos y productos del proyecto serán monitoreados y evaluados.

Cabe resaltar que la Metodología Marco Lógico es una “ayuda para pensar” y no un sustituto para el análisis creativo, es un instrumento que ayuda a dicho análisis y permite presentar sucintamente diferentes aspectos del proyecto y acompaña como guía, toda la evaluación de una intervención; sea ésta, proyecto o programa.

La Metodología contempla dos etapas, que se desarrollan paso a paso en las fases de identificación y de diseño del ciclo de vida del proyecto:

- Identificación del problema y alternativas de solución, en la que se analiza la situación existente para crear una visión de la situación deseada y seleccionar las estrategias que se aplicarán para conseguirla. La idea central consiste en que los proyectos son diseñados para resolver los problemas a los que se enfrentan los grupos meta o beneficiarios, incluyendo a mujeres y hombres, y responder a sus necesidades e intereses. Existen cuatro tipos de análisis para realizar: el análisis de involucrados, el análisis de problemas (imagen de la realidad), el análisis de objetivos (imagen del futuro y de una situación mejor) y el análisis de estrategias (comparación de diferentes alternativas en respuesta a una situación precisa)
- La etapa de planificación, en la que la idea del proyecto se convierte en un plan operativo práctico para la ejecución. En esta etapa se elabora la matriz de marco lógico. Las actividades

y los recursos son definidos y visualizados en cierto tiempo.

4.2 Estado del arte

Son varios los estudios e investigaciones que se centran en el monitoreo y control de proyectos de construcción, buscando principalmente comprender, clasificar y priorizar los factores que los afectan con el fin de ayudar a mejorarlos. En la mayoría de ellos se reflejan temas relacionados a los costes, recurso humano, gestión de equipos, documentación, diseños o productividad, sin embargo, es oportuno destacar que para la última década no se cuenta con gran cantidad de información relacionada al control de proyectos ferroviarios, dada la escasez de este tipo de proyectos en ejecución en los últimos años alrededor del mundo.

El diseño y ejecución del software para el apoyo de gestión de proyectos informáticos en los grupos de materias integración, recursos y adquisiciones definidos en la norma ISO 21500, 9001 buscan incentivar y ampliar los estudios existentes en el área y grupos de materias (integración, recursos y adquisiciones) según Diaz, R., & Martínez, L. (2019).

Según Matrix Consulting (2020) señaló los factores que inciden en el desempeño de la productividad de la construcción, son: diseño, gestión y ejecución; adopción y desarrollo de tecnología y metodologías constructivas; sostenibilidad ambiental y social; capital humano; e institucionalidad y regulación.

En Colombia según investigación liderada por la a Cámara Colombiana de Construcción (Camacol) y McKinsey & Co se identifican bajos niveles de productividad en la industria de la construcción, debido al nivel del capital tecnológico, encontrándose en una posición inferior frente referentes internacionales. Sin embargo, se estima que para el periodo del 2019-2023 el sector de la construcción colombiano seguirá siendo uno de los más dinámicos de América

Latina.

Para continuar, según indicadores en la industria de la construcción se identifica bajo grado de digitalización e innovación. Por ejemplo, apenas 1% de los costos globales del sector pasan por el software, mientras que otras industrias destinan entre 3,5% y 4,5%.

El desarrollo de las tecnologías será clave para aumentar la productividad. Las principales tendencias en tecnología para la construcción pasan por el software colaborativo, la creación de plataformas y mercados de comercialización de insumos, la creación de apps para la construcción e información de proyectos, gestión financiera, automatización avanzada, software de diseño, así como programas para recopilación y análisis de data.

4.3. Marco Legal

Para el presente proyecto no se identifica Marco Legal correspondiente, dado que no va en contravía de ninguna ley, sin desmarcarse de la constitución, leyes, reglamentos, decretos, usos y costumbres. Se aclara también que es una propuesta de inversión para mejora de los procesos internos y no tiene incidencia positiva o negativa en el medio ambiente o la salud de ninguno de los colaboradores relacionados con estos proyectos.

5. Análisis de Interesados -Involucrados

Los interesados del Proyecto “Propuesta de inversión bajo el enfoque marco lógico y la guía PMBOK para la implementación de una plataforma digital para el monitoreo y control de eventos y reportes de campo en proyectos de construcción de líneas de metro en Colombia”, se clasifican en internos (propios de la organización constructora); y externos (ajenos a la constructora) como los habitantes de la ciudad de desarrollo del proyecto. En la Tabla 1 y Tabla 2

se muestran al detalle de los interesados del proyecto.

Los interesados corresponden a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por la ejecución del proyecto o que tienen algún tipo de interés sobre el mismo y sus impactos. La identificación de los interesados del proyecto es una parte fundamental en el desarrollo del proyecto ya que prevé la caracterización de información por parte de todas las personas o entidades que se encuentran relacionadas durante alguna o todas las fases del proyecto. De igual manera, se busca clasificar a todos los interesados, por ello se elaboró una matriz con el registro de todos aquellos inmersos en las diferentes etapas del proyecto.

Inicialmente se identificaron áreas generales de los interesados y luego a partir de esta clasificaciónse procedió a determinar las instituciones más representativas de cada una de estas, a partir de lascuales se derivaron los siguientes interesados:

Alcaldías Locales: son las entidades distritales que representan la autoridad para cada una de las localidades, y su principal responsabilidad es la de hacer cumplir la normativa vigente establecida por la administración distrital y velar por el bienestar de la población de su localidad. Serán constantemente informadas y se realizarán reuniones periódicas para evaluar el impacto que podría generarse por la ejecución del proyecto.

Autoridades Distritales: hace referencia a todas las entidades y organizaciones que representan a la administración del distrito y que conforman su estructura. Las autoridades distritales tienen como objetivo garantizar la efectividad y materialización de los derechos humanos, propiciar la participación social en las decisiones públicas y lograr la integración dinámica entre la administración distrital y los habitantes; entre estas es posible encontrar a la secretaría de ambiente, secretaría de gobierno y todas las demás secretarías locales.

Entidades Gubernamentales: son las entidades públicas del nivel superior ejecutivo

central que coordinan y ejecutan las políticas públicas, representando al gobierno nacional. Dentro de estas se encuentran las contralorías, comisiones, alcaldías, embajadas, gobernaciones, ministerios, entre otros.

Empresas de Servicio Público: son las empresas del distrito capital cuya función es la prestación de los servicios públicos domiciliarios en la ciudad, tales como el suministro de agua, energía, gas, comunicación, etc; estas organizaciones pueden ser de carácter público o privado, sin embargo, siempre están sujetas al régimen jurídico especial y son controladas por la superintendencia de comercio.

Inversionistas: son todas las entidades y empresas aliadas al proyecto que participan como accionistas de manera indirecta o directa.

Contratistas y Proveedores: son todas aquellas empresas y/o personas naturales que prestan algún tipo de servicio o suministran recursos a la constructora con el fin de cumplir con las obligaciones estipuladas en el contrato Metro.

Población Aledaña: son el grupo poblacional que pertenecen a las localidades.

Cliente: hace referencias a la entidad contratante y todas las empresas y entidades que se encuentren contratadas por ésta, para representar y/o materializar sus intereses; como Project Manager Office (PMO), Interventoría, entre otras.

A continuación, se presentan las matrices de registro de los interesados internos y externos.

Tabla 1. Identificación y Clasificación de los Interesados (Externos)

Identificación de los interesados del proyecto	Clasificación de los Interesados					
	Alcaldías Locales	Autoridades Distritales	Entidades Gubernamentales	Empresas de Servicio Público	Inversionistas	Población Previas Localidades Interesados
Interesados externos						
Alcaldías Locales	0				0	
Alcaldía Distrital		0			0	
Secretaría Distrital de Planeación		0				
Secretaría Distrital de Ambiente		0				
Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial (UMV)		0				
Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)			0			
Otras entidades de transporte público y privado		0				0
Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP)				0		
Desarrollo Urbano		0				
Empresa de Acueducto y Alcantarillado local				0		
Empresa de energía local				0		
Empresa de servicio de Gas y aseo local				0		
Ministerio de transporte			0			
Ministerio de Hacienda y Crédito Público			0			
Población aledaña						0

Tabla 2. *Identificación y Clasificación de los Interesados (Internos)*

Identificación de los interesados del proyecto	Clasificación de los Interesados				
	Inversionistas	Concesionario	Previos Interesados	Cliente	Supervisión
INTERESADOS INTERNOS					
Bancos Inversionistas	0		0		
Project Management Office (PMO)				0	0
Evaluador Independiente de Seguridad					0
Cliente			0	0	
Constructora y colaboradores internos		0	0		
Interventoría					0
Contratistas y subcontratistas		0			

Tabla 3. *Caracterización y Priorización de Interesados (Externos)*

Caracterización y priorización de interesados		
Interesados externos	Prioridad de los Stakeholders	Descripción
Alcaldías Locales	Alta	Son las autoridades encargadas de hacer cumplir las normas de licencias de construcción, uso del suelo, control de ruido, funcionamiento de establecimientos comerciales de una ciudad
Alcaldía Distrital	Alta	Entidad cuya función es la de administrar los recursos de cada municipio; también se encarga de velar por que estos recursos sean utilizados generando bienestar a todas las personas.
Secretaría Distrital de Planeación	Baja	Su misión es planear, orientar la transformación - territorial, económica, social y ambiental - del distrito capital para mejorar el bienestar colectivo y la competitividad de la región - incluyendo, cuidadora, equitativa y solidaria -, a través de las políticas públicas, la participación ciudadana y una gestión pública efectiva, digital e Innovadora.
Secretaría Distrital de Ambiente	Baja	Es una autoridad que promueve, orienta y regula la sustentabilidad ambiental dentro del perímetro urbano del distrito.

Caracterización y priorización de interesados

Interesados externos	Prioridad de los Stakeholders	Descripción
Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial	Baja	Encargada de programar y ejecutar las obras necesarias para garantizar la rehabilitación y el mantenimiento periódico de la malla vial local, intermedia y rural; así como la atención inmediata de todo el subsistema de la malla vial cuando se presenten situaciones que dificulten la movilidad en el Distrito.
Institutos de Desarrollo Urbano	Baja	Es un establecimiento público destinado a desarrollar las obras viales de la ciudad junto con el espacio público y las obras de infraestructura vial de gran envergadura como puentes vehiculares, peatonales, intercambiadores viales, y obras complementarias de proyectos Metro.
Otras entidades locales de transporte público y privado	Baja	Sistemas de transporte que hacen parte del sistema de transporte local.
Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos	Baja	Entidad que garantiza la prestación de servicios públicos de aseo, alumbrado y servicios funerarios.
Desarrollo Urbano	Baja	Empresa encargada de identificar, promover, gestionar, gerenciar y ejecutar proyectos integrales referidos a la política pública de desarrollo y renovación urbana.
Empresa de Acueducto y Alcantarillado local	Baja	Es la entidad estatal que regula y administra los sistemas de alcantarillado de la ciudad.
Empresa local encargada de la distribución de energía eléctrica.	Baja	Es la empresa de distribución y comercialización de energía eléctrica.
Empresa local prestadora de servicio de gas natural	Baja	Empresa dedicada a la prestación del servicio público domiciliario de distribución y comercialización de gas natural.

Caracterización y priorización de interesados

Interesados externos	Prioridad de los Stakeholders	Descripción
Ministerio de transporte	Baja	Es un ministerio de la República de Colombia encargado de definir, formular y regular las políticas de transporte, tránsito y su infraestructura mediante la articulación de las entidades que integran el sector
Ministerio de Hacienda y Crédito Público	Baja	Es el encargado de definir, formular y ejecutar la política económica de Colombia, los planes generales, programas y proyectos relacionados con esta, como también la preparación de leyes, y decretos y la regulación, en materia fiscal, tributaria, aduanera, de crédito público, presupuestos, de tesorería, cooperativa, financiera, cambiaria, monetaria y crediticia, sin perjuicio de las atribuciones dadas a la Junta Directiva del Banco de la República y las que dirija a través de organismos adscritos o vinculados para el ejercicio
Población aledaña	Baja	Toda la población de la ciudad que se beneficiará del Proyecto Metro y tendrá acceso a información pública de veeduría.

Tabla 4. *Caracterización y Priorización de Interesados (Internos)*

Caracterización y priorización de interesados		
Interesados internos	Prioridad de los Stakeholders	Descripción
Bancos Inversores del proyecto	Alta	Entidades responsables de la financiación de los recursos monetarios para el desarrollo del proyecto, bajo el acuerdo de cofinanciación entre el distrito y el gobierno nacional.
Project Management Office (PMO)	Alta	Grupo que define y mantiene estándares de procesos, relacionados con la gestión de proyectos contratada por el cliente.
Evaluador Independiente de seguridad	Alta	Proporciona una evaluación de la seguridad que conduzca a la confianza en los subsistemas (material rodante, infraestructura, energía y señalización) y también en la integración de estos subsistemas en el sistema global, el producto (balanzas, sensores...)

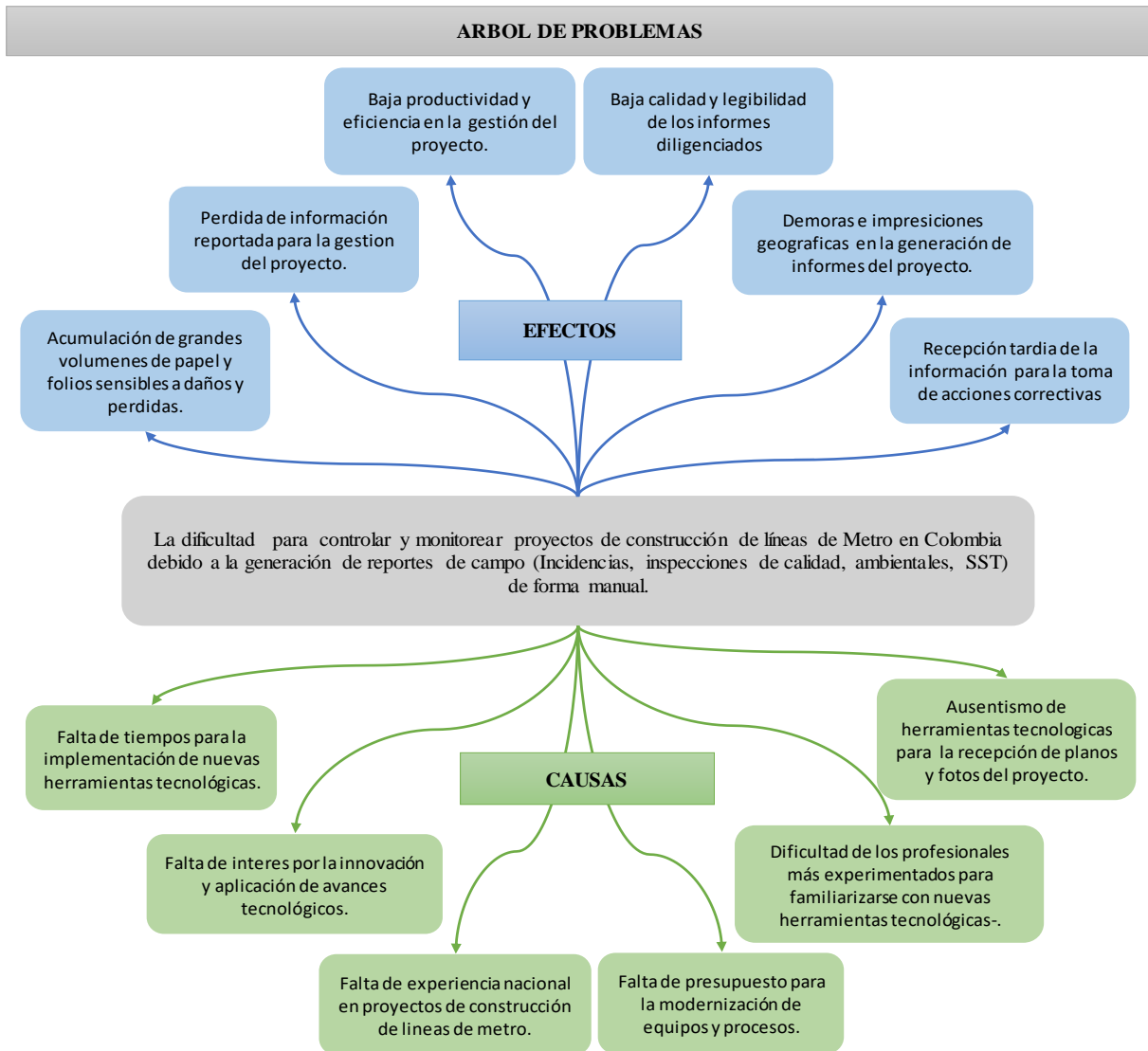
Caracterización y priorización de interesados		
Interesados internos	Prioridad de los Stakeholders	Descripción
Cliente	Alta	Personas encargadas de gestionar y dirigir el proyecto de construcción de Metro que realizan el manejo y la veeduría de los recursos públicos.
Constructora y sus colaboradores internos	Alta	Empresa de construcción y todos sus trabajadores internos.
Contratistas y subcontratistas	Alta	Empresas adjudicadas por la constructora y encargadas de realizar y/o apoyar la planeación, estructuración, construcción, operación, explotación y mantenimiento de las líneas férreas de metro, así como la adquisición, operación, explotación, mantenimiento, y administración del material rodante.
Interventoría	Alta	Grupo de empresas cuya función es supervisar y controlar las obras y los recursos del proyecto y asistir técnicamente a los múltiples actores internos.

6. Análisis del problema

6.1 Modelo árbol de problemas

Se inicia con la identificación del problema central, se evalúan sus causas y sus efectos o consecuencias, el resultado alcanzado se expresa mediante el siguiente árbol de problemas.

Figura 2. Árbol de Problemas



El árbol de problemas permitió tener:

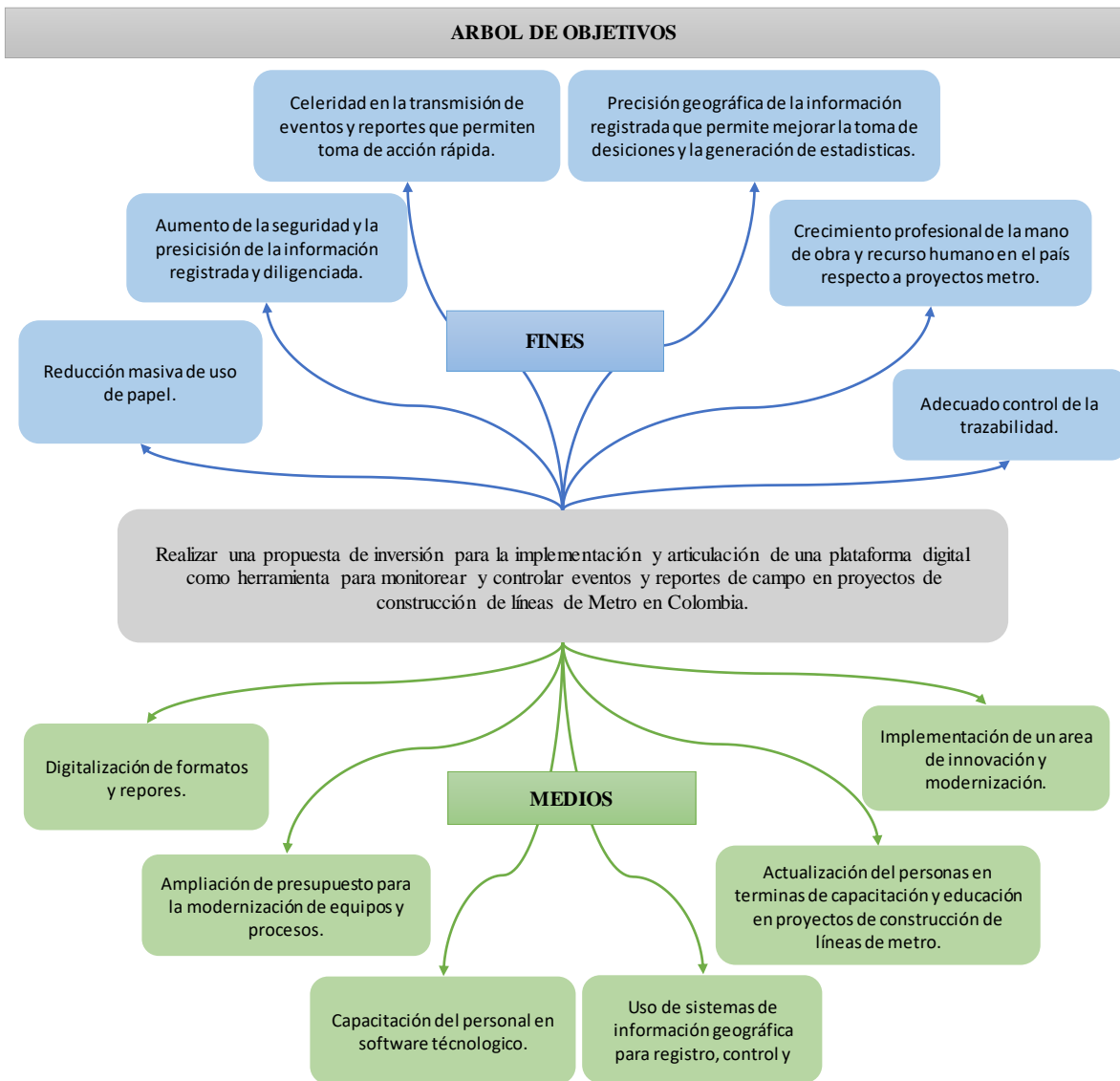
- La visión de la situación actual relacionada con el problema central enunciado.
- La visión de los efectos del problema central para analizar y verificar su importancia.
- La visión de las causas asociadas al problema central, externa e internas, lo que permitela identificación de las raíces del problema.

7. Análisis de objetivos

Los problemas identificados en el árbol de problemas se convierten en alternativas de solución y luego en objetivos del proyecto como fase inicial de la solución del problema.

Con estos se determina cuáles son los medios y qué fines se desean alcanzar, por lo cual se genera el árbol de objetivos para verificar la forma de definir el objetivo principal, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. *Árbol de Objetivos*



8. Análisis de Alternativas

8.1 Identificación de alternativas

Para solucionar el problema mencionado se plantean tres alternativas las cuales son sometidas a un proceso de análisis y evaluación, donde se le dio importancia a cada criterio según su impacto y necesidad ante los requerimientos de la compañía y los stakeholders, para buscar la mejor opción.

Alternativa #1 Aconex Field: Es un Software desarrollado por Oracle con el objetivo de gestionar y administrar proyectos en la nube, permite obtener mayor visibilidad, control gracias a que permite la conexión de múltiples usuarios de forma simultánea.

Características:

- Colaboración y control en tiempo real de los procesos de trabajo con aplicaciones móviles fáciles de usar
- Acceso rápido, fácil e integrado con actualización simultánea en tiempo real.
- Sin límite de uso de capacidad de memoria, ni límite de usuarios.
- Seguridad y privacidad para cada organización.
- Registros inalterables e imborrables.
- Control de versiones para documentos.
- El seguimiento del flujo de trabajo y los informes proporcionan un análisis en tiempo real para identificar dificultades y resolverlas antes de que causen demoras.
- Uso de formularios existentes adaptables a la plataforma, registrando trazabilidad de las acciones.
- Continúe usando sus formularios existentes exactamente como son y complételos en Aconex Field, eliminando las ineficiencias del papel.

- Software ampliamente usado en proyectos Metro ferroviarios en todo el mundo.
- Reporte completo de trazabilidad indicando, hora, objeto modificado y usuario responsable, imposibilidad de eliminar o modificar documentos.

Alternativa #2 OneDrive: OneDrive es un servicio en la nube de Microsoft que permite conectar, almacenar, proteger los archivos, compartirlos con otros usuarios y acceder a ellos desde cualquier lugar en diferentes dispositivos.

Características:

- Permite predefinir un grupo de personas del entorno para luego compartir archivos, fotos, videos y álbumes con ellos.
- Notificaciones de comentarios realizados
- Posibilita la sincronización de lectura y escritura de librerías compartidas que contienen los metadatos requeridos, lo que permite a los usuarios editar contenido e sincronizarse mientras trabajan desde sus equipos de escritorio.
- Capacidad del almacenamiento de hasta 25TB
- Integración para compartir en Teams.
- Permite compartir los enlaces copiados desde la barra de direcciones del navegador con sus compañeros 'internos', siempre que la función sea habilitada por el administrador.
- Permite al administrador administrar permisos y contraseñas.
- Control de cambios simultaneo en la nube.
- Copias de seguridad.

Alternativa #3 Sharepoint: SharePoint es una herramienta diseñada por Microsoft para la gestión documental y el trabajo en equipo. Está formada por una serie de productos y

elementos de software que incluye funciones de colaboración, módulos de administración de procesos, módulos de búsqueda y una plataforma de administración de documentos.

Características:

- Colaboración y control en tiempo real de los procesos de trabajo con aplicaciones móviles fáciles de usar.
- Acceso rápido, fácil e integrado con actualización simultánea en tiempo real.
- Sin límite de uso de capacidad de memoria, ni límite de usuarios.
- Seguridad y privacidad para cada usuario.
- Implican el riesgo de la pérdida de datos. Esto puede deberse a ataques de malware o virus.
- Límite de carga de archivos: 10GB
- Límites de Sincronización: 5000 elementos en bibliotecas de sitio, incluidos archivos y carpetas.
- Es posible la eliminación y modificación de información.
- Datos de trazabilidad limitados a: última modificación (hora y usuario)

8.2 Evaluación de alternativas

Se realizará una evaluación de las alternativas, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Económico: Oracle Aconex realiza una evaluación del proyecto y establece una cotización anual de aproximadamente 30.000 USD. El precio de OneDrive es de 38USD al mes por cada usuario. Para sharepoint es de 22USD mensuales por cada usuario.

Seguridad Informática: Este ítem es de elevada importancia debido a la magnitud del proyecto y la necesidad de conservar los registros e información con total seguridad.

Para OneDrive, sharepoint y Aconex; Microsoft y Oracle tienen a disposición altos estándares en seguridad y cifrado de la información, sin embargo, la trazabilidad que se genera en Aconex, así como la imposibilidad de modificar y eliminar documentos se adapta más a las necesidades de aseguramiento de la calidad y Normas ISO 9001 e ISO 22163 para aplicaciones ferroviarias.

Capacidad de memoria (Datos): Teniendo en cuenta la duración del proyecto alrededor de 7 años se requiere almacenar grandes cantidades de Información. Aconex Implementa uso ilimitado de su plataforma. OneDrive cuenta con gran capacidad, pero limitándose a 25 TB por usuario, y en cuanto Sharepoint, no cuenta con la posibilidad de subir archivos de más de 10GB, y no es posible cargar más de 5000 elementos.

Facilidad de uso, acceso e implementación: OneDrive y Sharepoint presentan la plataforma más sencilla y amigable de las alternativas con cortos periodos de capacitación e implementación. Aconex sin embargo requiere de capacitación por parte de Oracle y una retroalimentación para cada usuario nuevo, sin embargo, después de familiarizarse con el software su uso se vuelve muy sencillo.

Compatibilidad con dispositivos y tipos de archivos y documentos: Las tres alternativas Permiten el uso de cualquier tipo de archivo. Adicionalmente, las tres se pueden usar desde cualquier dispositivo móvil y cuentan con APP disponible en App Store y Play Store.

Registro de Trazabilidad: Aconex Field Registra cada acción realizada en la plataforma y el usuario implicado, a su vez enumera cada registro creado permitiendo clasificarlo de diferentes formas para su búsqueda y control. OneDrive Implementa un control de cambios con comentarios que son notificados a cada usuario. Sharepoint registra

la última modificación y datos sobre la creación y cargue del archivo/documento.

Capacidad de trabajo simultaneo: Aconex, Sharepoint y OneDrive Permiten el trabajosimultaneo en tiempo real en la nube.

8.3 Selección de la alternativa de solución

Una vez realizado el análisis de las alternativas teniendo en cuenta los criterios de evaluación, la alternativa seleccionada es Aconex Field, teniendo en cuenta principalmente la envergadura de estos proyectos y por ende sus exigentes requerimientos de excelencia en la gestión para cada ámbito, es así como sus características que posibilitan cargar información de manera ilimitada y el registro muy completo de trazabilidad para toda acción realizada se complementan de manera adecuada al hecho de que es imposible modificar o borrar información cargada, para, de este modo dar estricto cumplimiento a requerimientos de trazabilidad de información exigidos por este tipo de proyectos Públicos, a pesar de un alto costo y mayor dificultad y tiempos para su implementación. Aconex, representa la solución más capaz y competente de la mano de un gigante como lo es Oracle.

9. Construcción del Modelo Analítico del Proyecto

9.1 Estructura Analítica

La Estructura Analítica del Proyecto es la esquematización del proyecto. Una relación de la alternativa óptima con los objetivos y las acciones. Esta relación se presenta a continuación a través de niveles jerárquicos organizados de forma vertical de la siguiente manera:

- Parte inferior del árbol: Actividades

- Segundo nivel del árbol: Componentes
- Tercer nivel: Propósito
- Nivel superior: Fines del proyecto

9.2 Matriz de Marco lógico

La matriz de Marco lógico es una herramienta que permite generar y analizar informes de tal manera que se visualice de manera resumida como se aprecia a continuación:

Tabla 5. Matriz de Marco Lógico

Resumen	Indicador	Medios de Verificación	Supuestos
Fin			
Permiten la identificación del impacto generado por el proyecto. Se pretende contribuir con la mejora en la recepción y manejo de información en un proyecto de construcción de un metro en Colombia por medio de una plataforma digital como herramienta para monitorear y controlar eventos y reportes de campo.	Reducción del uso de Papel en monitoreo y control al 100% al finalizar el primer año de implementación.	Contabilización de la entrega de papel a control y calidad con el depto. de adquisiciones y admón..	Continuas capacitaciones Acogida por parte del personal implicado.
	Disminución en el tiempo promedio de acciones reactivas en un 80% al finalizar el primer año de implementación.	Calculando el tiempo promedio transcurrido entre el reporte de eventos y la acción tomada.	Dominio total de las herramientas.
Propósito			
Al igual que con los de fin, con los indicadores de propósito se evidencia la repercusión del proyecto. Pero estos se diferencian en que son un efecto directo sobre la población	Disminución de quejas y reclamos en un 30% mensual.	Verificación de los buzones de sugerencias, quejas y reclamos.	Adecuado registro y funcionamiento de los deptos. encargados de servicio a la ciudadanía y atención y recepción de PQR.

Resumen	Indicador	Medios de Verificación	Supuestos
del proyecto. Con la configuración de esta plataforma digital se pretende que la organización junto con los interesados obtenga una serie de beneficios como la mejora de la eficiencia en la resolución de eventos en campo y alrededores.	Mejora de un 10% en la aceptación del proyecto por parte de la población aledaña gracias a la toma rápida de acciones correctivas y reactivas luego de finalizado el primer año de implementación.	Encuestas de aceptación a población aledaña.	Uso inteligente de la herramienta y buena lectura de las estadísticas generadas.
	Disminución de un 10% en la materialización de riesgos gracias a la toma de decisiones que brinda la herramienta y que permite identificar los eventos más ocurridos.	Calculando la diferencia entre el número de eventos ocurridos antes y después de la implementación y puesta en marcha del proyecto.	Correcta identificación de los riesgos más comunes e implementación de planes de control adecuados por parte del depto. de riesgos.
Componentes (Productos)			
Son descripciones de los servicios (resultados del proyecto) en términos de calidad, cantidad y tiempo.	Una capacitación mensual a partir de la puesta en marcha del proyecto.	Minutas de asistencia mensuales para cada capacitación.	Seguimiento por parte del equipo ejecutor del proyecto.
	Dominio completo de la plataforma por parte de los involucrados antes de la puesta en marcha.	Examen de prueba pre-puesta en marcha.	Resultados superiores al 90%
	Dominio completo de la plataforma por parte de los involucrados posterior a la puesta en marcha.	Examen de prueba de dominio trimestral.	Resultados superiores al 90%
Actividades			
Tareas necesarias para garantizar la sostenibilidad y cumplimiento de los resultados.	Verificar y tomar acciones para mantenerse por debajo de +-5% en la	Variación igual a +-5% de COP 1.466.830.120. (costo estimado del	Equipo de trabajo calificado.

Resumen	Indicador	Medios de Verificación	Supuestos
	desviación de los costos.	Proyecto)	
	Medir la efectividad del proyecto vs planeado.	\$ 15.000.000	
	Analizar los procedimientos para la generación de estadísticas y su influencia en los análisis de riesgo del proyecto.	\$ 15.000.000	
	Analizar las estadísticas generadas y realizar toma de decisiones gerenciales de acuerdo a las mismas.	\$ 60.000.000	
	Fijar fechas para la evaluación de los resultados del proyecto, planear y ejecutar.	\$ 30.000.000	

9.3 Resumen Narrativo

En el resumen narrativo presenta detalladamente el fin, el propósito, los productos y las actividades del proyecto con sus correspondientes indicadores, medios de verificación y supuestos.

Para desarrollar el resumen se debe tener un amplio conocimiento de los objetivos y de la estructura analítica del proyecto con el fin de proporcionar información clave que contribuya con la operación estratégica del proyecto.

9.3.1 Fin

En el fin encontramos la contribución que se lograra tener con el desarrollo de la configuración de la plataforma para el proyecto de construcción de metro obteniendo una serie de beneficios a lo largo del desarrollo del proyecto.

9.3.2 Propósito

El propósito proyecta los resultados que se pretenden tener al final del periodo de ejecución del proyecto seleccionado para el aplicativo digital.

9.3.3 Componentes o productos

Los componentes o productos hacen referencia a estudios, pruebas y análisis requeridos por la gerencia de proyectos para lograr el propósito del proyecto.

9.3.4 Entregables

Dada la envergadura del alcance de un proyecto son necesarios los entregables. En este caso encontramos actas de reuniones, estudios de viabilidad, plan de gestión de riesgos, informes de estudios realizados, presupuesto, documentos con temas de capacitaciones, documentos de solicitud de permisos, procedimientos generados, Actas de capacitaciones realizadas, entre otros.

9.3.5 Actividades

En las actividades encontramos las acciones programadas que soportan las diferentes actividades para el desarrollo del proyecto.

9.4 Indicadores

A continuación, aquellas especificaciones cualitativas y cuantitativas que se utilizan para medir el logro de los objetivos planteados.

9.4.1 Indicadores de Fin

Tabla 6. Indicadores de Fin

Indicador	Fuente de Información	Responsable	Método de Cálculo	Cuando/ Frecuencia
Reducción del uso de Papel en monitoreo y control al 100% al finalizar el primer año de implementación	Contabilización de la entrega de papel a control y calidad con el depto. de adquisiciones y admón..	Depto. de adquisiciones / Administración	$\frac{\text{Papel entregado antes del inicio del proyecto}}{\text{Papel entregado el primer año de implementación}} * 100\%$ El papel entregado se contabiliza por medio de resmas.	Al finalizar el primer año de implementación / Frecuencia Anual
Disminución en el tiempo promedio de acciones reactivas en un 80% al finalizar el primer año de implementación	Calculando el tiempo promedio transcurrido entre el reporte de eventos y la acción tomada.	Depto. Construcción / QAQC	$\frac{\text{Tiempo medio entre reporte y acción correctiva antes del inicio del Proyecto}}{\text{Tiempo medio entre reporte y acción correctiva en el primer año de implementación}} * 100\%$	Al finalizar el primer año de implementación / Frecuencia Anual

9.4.2 Indicadores de propósito

Tabla 7. Indicadores de propósito

Indicador	Fuente de Información	Responsable	Método de Cálculo	Cuando/ Frecuencia
Disminución de quejas y reclamos en un 30% mensual, posterior a los primeros seis	Verificación de los buzones de sugerencias, quejas y reclamos.	Depto. de servicio a la ciudadanía y PQR	$\frac{\text{Promedio mensual de Quejas y reclamos recibidos antes del inicio del Proyecto}}{\text{Promedio mensual de Quejas y reclamos recibidos los primeros 6 meses de implementación}} * 100\%$	Después de seis meses de la implementación / Frecuencia Mensual

Indicador	Fuente de Información	Responsable	Método de Cálculo	Cuando/ Frecuencia
meses de implementación.				
Mejora de un 10% en la aceptación del proyecto por parte de la población aledaña gracias a la toma rápida de acciones correctivas y reactivas luego de finalizado el primer año de implementación.	Encuestas de aceptación a población aledaña.	Depto. de servicio a la ciudadanía y PQR	$\frac{\text{Tasa (\%) de aceptación (Promedio mensual) del proyecto por parte de la población, antes del inicio del Proyecto} - \text{Tasa (\%) de aceptación (Promedio mensual) del proyecto por parte de la población, posterior al primer año de implementación}}{\text{Promedio mensual del número de riesgos materializados antes del inicio del Proyecto}} \times 100\% - 100$ <p>La tasa de aceptación se calcula a través de encuestas realizadas a la ciudadanía y este valor se divide sobre el número de personas encuestadas.</p>	Al finalizar el primer año de implementación / Frecuencia Mensual
Disminución de un 10% en la materialización de riesgos gracias a la toma de decisiones que brinda la herramienta y que permite identificar los eventos más ocurridos.	Calculando la diferencia entre el número de eventos ocurridos antes y después de la implementación y puesta en marcha del proyecto.	Profesional de riesgos	$\frac{\text{Promedio mensual del número de riesgos materializados antes del inicio del Proyecto}}{\text{Promedio mensual del número de riesgos materializados posterior a la implementación del proyecto}} \times 100\% - 100$	Mensualmente desde el inicio de la implementación

9.4.3 Indicadores de componentes

Tabla 8. Indicadores de Componentes

Indicador	Fuente de Información	Responsable	Método de Cálculo	Cuando/ Frecuencia
Una capacitación mensual a partir de la puesta en	Minutas de asistencia mensuales para cada capacitación.	Programador del proyecto y equipo.	$\frac{\text{Capacitaciones requeridas}}{\text{Capacitaciones realizadas}} \times 100\%$	Mensual

Indicador	Fuente de Información	Responsable	Método de Cálculo	Cuando/ Frecuencia
marcha del proyecto.				
Dominio completo de la plataforma por parte de los involucrados antes de la puesta en marcha.	Examen de prueba pre-puesta en marcha.	Programador del proyecto y equipo.	$\frac{\text{Preguntas establecidas en al prueba}}{\text{Preguntas aprobadas}} * 100\%$	Antes de la puesta en marcha
Dominio completo de la plataforma por parte de los involucrados posterior a la puesta en marcha.	Examen de prueba de dominio trimestral.	Programador del proyecto y equipo.	$\frac{\text{Exámenes de prueba requeridas}}{\text{Exámenes de prueba realizados}} * 100\%$ $\frac{\text{Exámenes de prueba realizados}}{\text{Exámenes de prueba aprobados}} * 100\%$	Trimestralmente posterior a la puesta en marcha

9.5 Medios de verificación

En los medios de verificación encontramos las fuentes existentes de información de donde se extrajo información para la construcción de los indicadores. No toda la información es estadística, sino que también se extrae mediante una inspección visual por parte del responsable.

9.6 Supuestos

Los supuestos representan también los riesgos o aspectos inesperados en el ciclo de vida del proyecto. Sin embargo, reconocer y documentar estos supuestos puede ser importante para evaluar el riesgo. Pasar por el proceso de documentarlos puede generar nuevas ideas o movimientos estratégicos que conllevan menos riesgo.

Es indispensable realizar supuestos de recursos, tecnológicos, tiempo, calidad, costo, ambientales entre otros.

10. Recursos humanos, materiales y económicos

A continuación, se relacionan los recursos humanos, materiales y económicos que se requieren para el desarrollo del proyecto:

Tabla 9. *Costo de los recursos*

Tipo de recurso	Descripción	Costo
Humano	Grupo de gestores del proyecto	\$1.933.200.000
Tecnológico	Equipos tecnológicos	\$17.997.700
Plataforma	Adquisición plataforma	\$1.200.000.000
Otros	Otros gastos	\$2.000.000

12. Difusión y comunicación

Con el fin de difundir y comunicar lo que se espera del proyecto, sus avances, su estado y sus situaciones particulares, a continuación, se detallan los métodos de comunicación y difusión del proyecto.

El plan de difusión y comunicación se encuentra dirigido a todos los stakeholders, sin embargo, a continuación, se listan los principales interesados de este y aquellos que interactúan directamente con el proceso, así como el cliente que evalúa resultados del proyecto y el sponsor.

- Todos los empleados de la Concesión / Constructora, en especial líderes y departamentostécnicos.
- La Project Management Office
- El cliente, que puede ser en la mayoría de los casos entes gubernamentales.
- Contratistas implicados

12.1 Métodos de Difusión

- Reuniones por medio de Microsoft Teams con los implicados directos.
- Capacitaciones constantes para los actores interesados
- Conferencias digitales
- Procedimientos (formatos)
- Comunicación interna a través de la página web empresarial y Emails.
- Reuniones en campo
- A Través de los pliegos de licitación, integrando la plataforma como requisito delicitación.

Nota: Los costos asociados al plan de difusión y comunicación no generan valor

adicional al costo del proyecto dado la naturaleza digital de la mayoría de ellos, y que se cuenta con los recursos tecnológicos provistos por la compañía. Así mismo los costos de transporte asociados a las conferencias ya se contemplan por parte de la compañía como “visitas a campo”.

13. Fase de Ejecución del Proyecto

13. 1 Inicio

Para la fase de Ejecución del proyecto se usará la metodología PMBOK, que permitirá dirigir y gestionar de manera más adecuada la ejecución del proyecto a través de un aseguramiento en la calidad, las comunicaciones, recursos, costos, riesgos, adquisiciones e interesados, así como seguimiento al cronograma de actividades.

13.1.1 Acta de Constitución del Proyecto

Por medio del acta de constitución del proyecto se autoriza formalmente la existencia del proyecto y se confiere a el(los) director(es) del proyecto la autoridad para aplicar los recursos de la organización a las actividades del proyecto. Así mismo se asegura una comprensión común por parte de los interesados de información clave del proyecto. A partir del acta de constitución se inicia con la creación del plan para la dirección del proyecto.

Tabla 10. *Acta de constitución del Proyecto*

Nombre del proyecto

Propuesta de inversión bajo el enfoque marco lógico y la guía PMBOK para la implementación de una Plataforma digital para el monitoreo y control de eventos y reportes de campo en proyectos de construcción de líneas de Metro en Colombia.

Descripción del proyecto

Realizar una propuesta de inversión para la implementación y articulación de una plataforma digital como herramienta para monitorear y controlar eventos y reportes de campo en proyectos de construcción de líneas de Metro en Colombia.

Definición del producto del proyecto

A través del proyecto se implementarán nuevas tecnologías para modernizar el trabajo realizado en campo en grandes proyectos de Metro, para llevar de manera sencilla y segura, nuevos procesos de monitoreo y control de eventos e inspecciones de calidad.

Definición del requerimiento del proyecto Funcionales, no funcionales, de calidad.

Implementación y articulación de un software de monitoreo y control con los siguientes elementos:

- Cumplimiento de los plazos estimados del proyecto.
 - Cumplir con el presupuesto inicial.
 - Cumplir con el alcance del proyecto.
 - Cumplir con todos los entregables del proyecto.
 - Cualquier cambio requerido deberá ser autorizado por el Project Manager del proyecto en consenso con el Gerente de la organización.
 - El director de proyecto debe supervisar el cumplimiento de la línea base del proyecto.
-

Objetivos del proyecto

1. Diagnosticar la situación actual de los problemas en proyectos de construcción de líneas de Metro que se presentan en cuanto a eventos y reportes de campo en Colombia.
 2. De acuerdo con las mejores prácticas en este tipo de proyectos, establecer un método para monitorear y controlar los eventos y reportes en campo.
 3. Construir un plan de implementación y articulación de la plataforma relacionado con los eventos generados en campo.
 4. Construir la propuesta de inversión, implementación y configuración del proyecto.
-

Justificación

La construcción de Líneas de Metro en Colombia se rige por procesos antiguos en términos de monitoreo y control de proyectos, es común evidenciar que la información registrada en campo y los eventos que suceden diariamente a lo largo de un proyecto, se registran y almacenan de forma manual, en formatos físicos o en hojas de cálculo.

Así pues, se genera la incógnita de ¿cómo implementar una herramienta digital eficaz que permita monitorear y controlar en tiempo real y con precisión geográfica los eventos y reportes generados en campo en proyectos de construcción?

Designación del director del proyecto

Nombre:

- Deisy Liliana Forero
 - Víctor Fernando Salazar
-

Hitos del proyecto

- _Inicio
- Análisis
- Estudios
- Permisos y Licencias
- Adaptación y capacitaciones
- Puesta en servicio

Principales amenazas del proyecto

- _Correcta articulación de la plataforma y adaptación para su implementación.
 - Dificultades en el proceso de capacitación del personal.
-


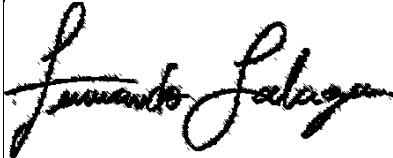
Presupuesto preliminar del proyecto

Total estimado: **COP 1.466.830.120**

Patrocinador del proyecto

Alcaldías locales con apoyo del gobierno nacional y bancos inversionistas.

Firma acta constitución del proyecto

	
Deisy Liliana Forero Arévalo	Víctor Fernando Salazar Gallego

13.1.2 Identificación de los Interesados

La gestión de los interesados del proyecto incluye los procesos requeridos para identificar a las personas, grupos y organizaciones que afectan o pueden ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, y para indicar las estrategias de gestión adecuadas a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las decisiones y ejecución del proyecto. A continuación, los procesos de gestión de los interesados del proyecto:

Para la identificación, clasificación, priorización y caracterización de los interesados se desarrollaron las siguientes tablas con el registro de todos los stakeholders inmersos en las diferentes etapas del proyecto, con base en la documentación existente de la etapa de factibilidad,

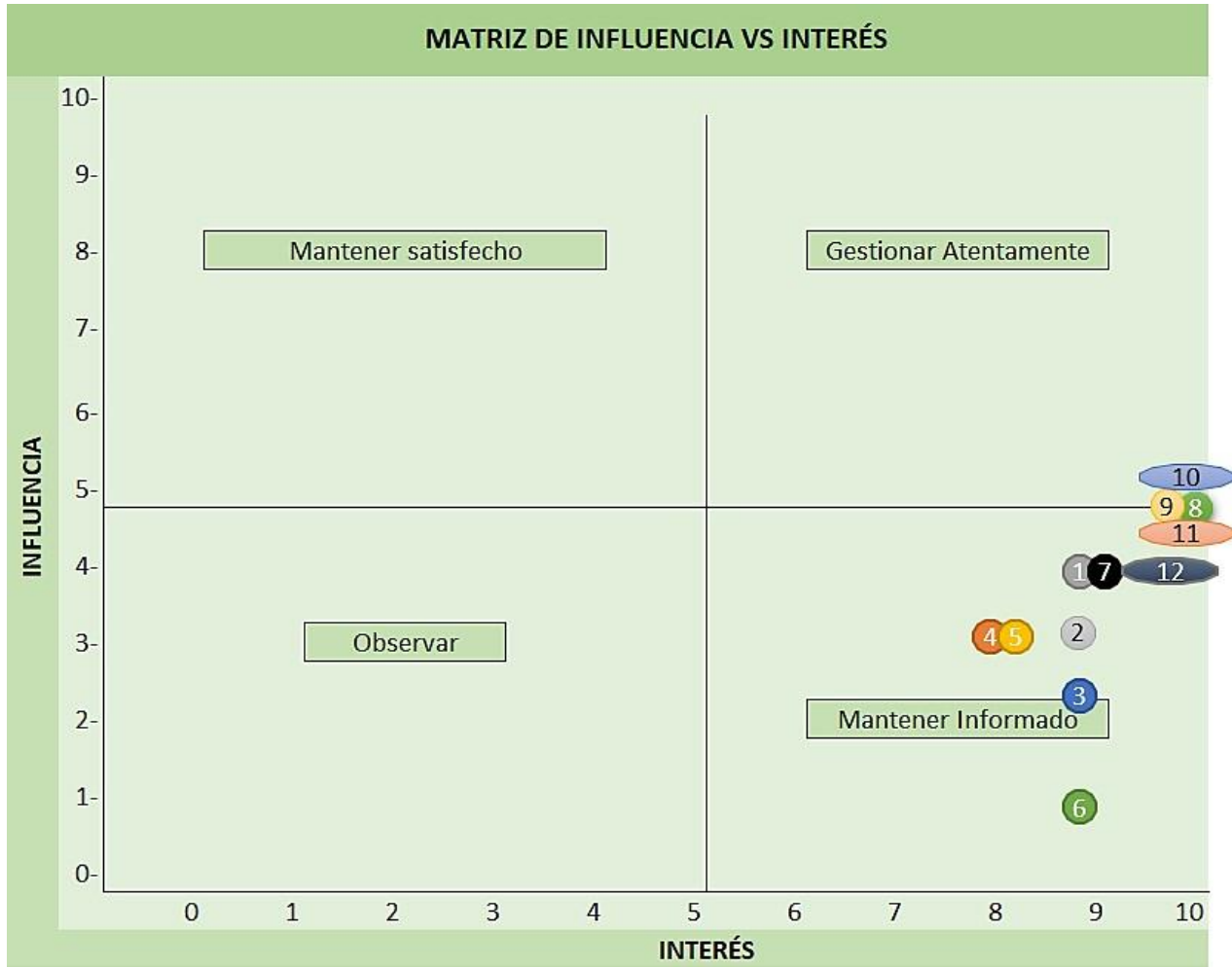
en donde se pudieron evidenciar los actores relacionados al proyecto.

- Tabla 1. Identificación y Clasificación de los Interesados (Externos)
- Tabla 2. Identificación y Clasificación de los Interesados (Internos)
- Tabla 3. Caracterización y Priorización de Interesados (Externos)
- Tabla 4. Caracterización y Priorización de Interesados (Internos)

Cabe destacar que el proceso de identificación de los interesados se revisará y actualizará periódicamente conforme el proyecto avanza a través de diferentes fases, cambian los interesados o existen cambios significativos de los interesados.

A partir de la información obtenida de proyectos previos con características similares y basado en la experiencia de los integrantes del equipo técnico y administrativo responsable, fue posible determinar el nivel de influencia de cada uno de los interesados del proyecto, el cual se representa a través una matriz Influencia-interés que refleja el grado de interés y de poder que poseen cada uno de los interesados frente a la ejecución del proyecto. Esta matriz fue elaborada de acuerdo con criterios tales como ubicación, permisos, licencias, actividades de construcción y diseño, obligaciones contractuales, financiación, entre otros.

Figura 5. Matriz de Influencia VS Interés



INTERESADOS			
Alcaldías Locales	1	Empresa de servicio de Gas y aseo local	4
Alcaldía Distrital		Ministerio de transporte	5
Secretaría Distrital de Planeación	2	Ministerio de Hacienda y Crédito Público	
Secretaría Distrital de Ambiente		Población aledaña	
Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial (UMV)	3	Bancos Inversionistas	7
Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)		Project Management Office (PMO)	8
Otras entidades de transporte público y privado		Evaluador Independiente de Seguridad	
Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos	4	Cliente	9
Desarrollo Urbano		Constructora y colaboradores internos	10
Empresa de Acueducto y Alcantarillado local		Interventoría	11
Empresa de energía local	4	Contratistas y subcontratistas	12

13.2 Planificación

13.2.1 Plan de Ejecución del Proyecto

El plan de ejecución del proyecto se elaboró con el fin de proponer las iniciativas más importantes para poder dar cumplimiento a los objetivos y metas formuladas, lo que se convierte en una herramienta de comunicación con el resto de involucrados en el proyecto, que ayudará a organizar y planificar la ejecución del proyecto.

13.2.2 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en presentar una propuesta de inversión bajo el enfoque de marco lógico y la guía PMBOK para la implementación de una plataforma digital que permita el monitoreo, control de eventos y reportes de campo en proyectos de construcción de líneas de metro en Colombia.

Por ende, se llevarán a cabo todas las actividades necesarias como estudios, pruebas técnicas, certificación de operación, financiamiento y permisos de uso con el fin de que esta plataforma digital se pueda implementar en cualquier dispositivo móvil brindando varios beneficios a sus interesados como el fácil manejo y accesos a la información reportada por la compañía constructora de este tipo de proyectos. Estos procesos están interconectados con el fin de garantizar el éxito del proyecto por parte del equipo de trabajo, de tal manera que se integran durante el ciclo de vida del proyecto.

A continuación, se consolidan todos los componentes y planes de gestión necesarios para la ejecución del proyecto.

Tabla 11. *Componentes y planes de gestión para la ejecución del proyecto*

ID	Requisito	Entregable	Responsable
1	Project Charter	Acta de constitución del proyecto	Project Manager.
2	Listado de alternativas.	Estudio de alternativas	Project Manager.
3	Planes de gestión de Costos.	Presupuesto.	Profesional de calidad.
4	Plan de gestión del cronograma	Cronograma	Project Manager.
5	Planificación de actividades	EDT	Project Manager.
6	Requisitos técnicos	Estudios técnicos	Ingenieros de sistemas
7	Permisos y licencias operacionales.	Permisos legales.	Apoyo documental
8	Plan de gestión de riesgos.	Matriz de riesgos.	Profesional de calidad.
9	Plan de gestión de trabajo.	Actas de reuniones.	Project Manager.

13.2.3 Plan de Gestión del Alcance

13.2.3.1 Matriz de trazabilidad de requisitos. La matriz de trazabilidad de requisitos relaciona cada uno de los requerimientos con el entregable que se haya solicitado. Este cuadro es de doble sentido. Permite identificar qué resultado se alcanza a través de cada requisito y, a la vez, qué requisitos son los que permiten obtener un determinado entregable.

Tabla 12. *Matriz de trazabilidad de requisitos*

Matriz de requisitos		
Métricas	Descripción	Requisitos
Interfaz	Se basa en lo referente a la calidad de la Interfaz usuaria.	La interfaz debe ser amigable con el usuario, visualmente cómoda y de fácil uso y adaptación
Portabilidad	Capacidad de la aplicación para funcionar correctamente en diferentes configuraciones, ya sean de software o hardware.	Se debe contar con la posibilidad de funcionar en Computadores portátiles, de mesa, tabletas y smartphones Android y iOS con o sin conexión a internet.

Matriz de requisitos

Métricas	Descripción	Requisitos
Performance	Requerimientos reales de la performance, velocidad, precisión, disponibilidad, nivel de servicio, volúmenes de datos, entre otros.	Se debe contar con la posibilidad de subir a la nube cantidad ilimitada de archivos sin restricción de tamaño, con la velocidad adecuada según la red de conexión sin presencia de Bugs o problemas de performance.
Operacional	Ambiente en que el usuario operará el producto.	La información desplegada debe ser clara y sencilla sin sobrecarga de imágenes e información de manera que no sea de difícil entendimiento.
Mantenibilidad	Es el tiempo esperado y el permitido para el mantenimiento o la realización de cambios.	El desarrollador debe realizar mantenimiento en el momento en que se reporten fallas o inconsistencias durante los 8 años de funcionamiento de la plataforma.
Seguridad	Requerimientos para permitir el acceso, restringir mal uso, hechos anormales, entre otros	La plataforma debe poseer la capacidad de detectar acciones mal intencionadas por parte de cualquier usuario, así como asegurar la privacidad de la información y restringir cualquier acceso indebido o sin los permisos requeridos.
Flexibilidad	Requerimientos de facilidad para la realización de cambios en el software según las necesidades del cliente	El desarrollador debe estar disponible para realizar cualquier cambio NO mayor requerido según las necesidades del proyecto.
Confiabilidad	Requerimientos de correcto funcionamiento a lo largo de los 8 años de contratación.	La aplicación no debe presentar caídas anormales a lo largo de los 8 años de proyecto, cualquier error deberá ser corregido, y deberá existir un respaldo de los datos
Interoperatividad	Requerimiento para interactuar con otros sistemas y software de uso común y/o otros especializados.	La plataforma debe contar con la capacidad de interactuar con el paquete de office y de realizar vista previa de documentos en Word, PDF o Excel.
Complejidad	Inclusión de todas las funciones y restricciones necesarias según la necesidad del cliente	No deben existir vacíos en los requerimientos de los interesados.

Matriz de requisitos

Métricas	Descripción	Requisitos
Precisión Geográfica	Requerimientos de ubicación Geográfica.	La plataforma debe contar con la capacidad de establecer ubicaciones geográficas complementándose con archivos KMZ realizados por el equipo de Sistemas de información geográfica del proyecto, esto con el fin de establecer una ubicación precisa para cada inspección o evento cargado.

13.2.3.2 Definición del alcance. Para desarrollar la gestión del alcance del proyecto se desarrolló una estructura detallada en la EDT para la implementación de la plataforma digital donde se divide en 4 fases importantes para el desarrollo del proyecto.

1. Fase de análisis .2. Fase de Diseño.3. Fase de implementación 4. Fase de instalación.

Inicialmente encontramos la primera fase donde se analizan los requerimientos para la identificación de las soluciones y la planificación de la gestión del proyecto planteando los objetivos del proyecto y teniendo en cuenta restricciones financieras, temporales y de otro tipo.

Luego en la fase dos de diseño se recopila toda la información para gestar el cómo articular la plataforma digital requerida y como configurarla al entorno para la cual fue diseñada. Es decir, diseñando los módulos para cada requerimiento contemplado

La Fase tres de implementación muestra cómo se integran todos los módulos diseñados para la plataforma. Allí se configura, se prueba y se integra. Esta fase es indispensable para hacer las pruebas necesarias para poder dar paso a la fase de instalación.

Esta Última fase la plataforma se instala en los dispositivos de todos los usuarios con el fin de iniciar con el ingreso de la información a esta y poder generar una serie de informes que nos confirmen de manera positiva lo requerimiento exigido por la constructora.

El alcance definido comprende hasta la cuarta teniendo en cuenta las semanas descritas

		Semanas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Actividades																													
6.2. Puesta en marcha																													

13.2.4.1 Validación del alcance. Para la validación del alcance se verificará el progreso de los entregables del proyecto contra la línea base o proyectada y una vez se verifique internamente que el alcance cumple con los requisitos definidos en el plan del proyecto se dará vía libre a la aceptación formal del entregable.

La matriz de trazabilidad de los entregables se deberá revisar de forma mensual con una reunión entre los interesados para actualizar el estado y la validación de progreso de cada entregable; dentro de esta verificación, se revisará el cumplimiento de lo proyectado en la programación y alcance.

13.2.4.2 Control del alcance. Según lo establecido en el Cronograma, periódicamente se realizará la revisión de los diferentes elementos o entregables que conforman el cronograma del proyecto, con una frecuencia mensual se realizarán las mediciones de los trabajos ejecutados y se establecerá el porcentaje de progreso de cada una de las actividades que conforman el cronograma y se reflejara el porcentaje de avance en cada uno de ellos.

Posteriormente cuando se esté ejecutando el proyecto y con la frecuencia ya establecida se determinará cuanto es lo determinado para cada actividad que se ha ejecutado, de tal forma que se pueda obtener el porcentaje del progreso para cada una de las actividades por medio de indicadores donde se pueda ver el porcentaje de progreso a en la actividad en análisis a la fecha de corte, expresado en porcentaje.

13.3 Plan de gestión del Cronograma

La gestión del cronograma del proyecto incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.

13.3.1 Planificación de la Gestión del Cronograma

El objetivo del Plan de Gestión del Cronogramas es dar respuesta a las siguientes preguntas sobre la programación realizada para el Proyecto:

- ¿Qué herramientas se utilizaron para realizar el cronograma?
- ¿Cuál será el nivel de precisión en las estimaciones de tiempo?
- ¿Cómo y cuándo se actualizará la línea base de tiempo?
- ¿Qué reglas se utilizarán para definir el porcentaje de avance de una actividad?
- ¿Cómo y cuándo se presentarán los informes de avance?

La Gestión del Cronograma del Proyecto tiene como alcance gestionar los procesos requeridos para la finalización del proyecto a tiempo, así mismo, suministra un plan detallado que representa el modo y el momento en que, el proyecto, entregará los productos, servicios y resultados definidos en el alcance y sirve como herramienta para la comunicación, la gestión de las expectativas de los interesados y como base para informar el desempeño a las Partes.

Tabla 13. *Requerimientos normativos para el desarrollo del cronograma del proyecto.*

Requerimientos normativos		
Normativa	Nombre	Descripción
PMBOK 6th Ed.	Guía de Fundamentos para la Gestión de Proyectos.	Establece un criterio de buenas prácticas relacionadas con la gestión, la administración y la dirección de proyectos mediante la implementación de técnicas y herramientas.

ISO/TS 22163:2018	Gestión de la calidad en el sector ferroviario.	Requisitos del sistema de gestión de la calidad para organizaciones ferroviarias y requisitos particulares de aplicación en el sector ferroviario.
----------------------	---	--

13.3.2 Definición de las actividades

Por medio de la Figura 6. Definición, secuenciamiento y estimación de la duración de las actividades (Cronograma del Proyecto) se identifican y definen las actividades específicas del proyecto.

13.3.3 Secuenciamiento de las Actividades

Por medio de la Figura 6. Definición, secuenciamiento y estimación de la duración de las actividades (Cronograma del Proyecto) se identifican y definen las relaciones entre las actividades del proyecto. Estas actividades cuentan con una relación lógica definida de dependencias para entregar una secuencia precisa y nivel de detalle apropiado para el proyecto.

13.3.4 Estimación de la Duración de las actividades

Es el proceso de estimación del número de período de trabajo que se requieren para completar actividades individuales con los recursos estimados. Por medio de la Figura 6.

Definición, secuenciamiento y estimación de la duración de las actividades (Cronograma del Proyecto) se realiza una estimación de los periodos necesarios para finalizar las actividades individuales. Para el proyecto se considera una planificación gradual y colaborativa para completar el cronograma de ejecución del proyecto. De acuerdo con lo anterior, se realizan reuniones entre las Partes implicadas para llevar a cabo una planificación detallada del cronograma, en consenso y total acuerdo de las Partes.

13.3.5 Desarrollo del Cronograma

Para el desarrollo y control del cronograma se analizan las secuencias, duraciones, recursos y limitaciones con el fin de crear el modelo de cronograma de proyecto para la ejecución, monitoreo y control del proyecto (Ver Figura 6. Definición, secuenciamiento y estimación de la duración de las actividades (Cronograma del Proyecto)). También se considera

la pericia de los integrantes con conocimientos especializados en proyectos similares (Juicio de expertos).

Las actividades que tengan una holgura igual a cero son consideradas como actividades críticas en la Línea Base del Cronograma.

13.3.6 Control del cronograma

Para el control del cronograma se monitoreará el estado del proyecto con el fin de actualizar el cronograma y gestionar los cambios correspondientes. El cronograma se mantendrá flexible a lo largo del proyecto para adaptarse al conocimiento adquirido, la mayor comprensión del riesgo y las actividades de valor agregado.

La primera versión de la Curva S se crea a partir del Cronograma de Ejecución detallado y el presupuesto inicial. Posteriormente se actualiza conforme se crean las nuevas versiones de la línea base de Ejecución del Proyecto. El objetivo de esta curva será detectar las desviaciones existentes y tomar medidas para corregirlas.

Todas las actividades que hacen parte de la ruta crítica son consideradas como las actividades que tienen mayor probabilidad de retrasar el proyecto. Para controlar los riesgos se realizarán reuniones de seguimiento y control de la ruta crítica. En estas reuniones se revisará el estatus de todas las actividades de la ruta crítica.

Semanalmente se realizará la medición de los trabajos ejecutados y se establece el progreso de cada una de las actividades que conforman el cronograma. Para esto se define un flujo de información, donde se establece que la información recogida se registre posteriormente en el cronograma y después de ingresar los porcentajes físicos de avance de cada una de las actividades, se procede a calcular el trabajo restante tomando como base la fecha de corte, es decir, a partir del día que se esté informando el progreso del cronograma.

% Progreso actividad: Cantidad ejecutada acumulada / Cantidad total planeada a ejecutar

Donde:

% progreso actividad: corresponde al progreso acumulado de la actividad en análisis a la fecha de corte, expresado en porcentaje.

Cantidad ejecutada acumulada: corresponde a la cantidad ejecutada a la fecha de corte de la actividad en análisis, esta cantidad se expresa siempre de forma acumulada.

Cantidad total planeada a ejecutar: corresponde al cálculo de la cantidad total que se tiene planeado ejecutar para la actividad en análisis.

Variación en el Cronograma de Ejecución: Teniendo ya calculado el porcentaje de progreso de todo el cronograma, es decir, conociendo el valor ganado para cada actividad y cada elemento de la EDT se procede a realizar los siguientes análisis:

Determinación del progreso del proyecto, que consiste en calcular el porcentaje de variación del cronograma conocido como Schedule Variance SV (siglas en inglés que vienen de la Técnica de valor ganado EVM), se calcula como la resta entre el valor ganado EV menos el valor planeado PV a la fecha de corte. El valor obtenido se expresa en porcentaje y si el resultado es negativo, significa que hay un retraso en la actividad o en el elemento de la EDT en análisis y si el valor es positivo indica que hay un adelanto, ya que se ha hecho más de lo planeado a la fecha de corte.

Análisis de variaciones: Después de haber calculado el porcentaje de progreso y las desviaciones versus lo planeado, se realiza un análisis de variaciones de las fechas de inicio, fin y de la duración de cada una de las actividades y de los diferentes elementos de la EDT. Se calcula la variación de comienzo como la resta de la fecha de inicio de la línea base y la que calcule el modelo de cronograma posteriormente de haber calculado el trabajo restante del mismo tomando como base la fecha de corte. De esta misma manera se calcula la variación de la finalización como la resta de la fecha de fin de la línea base y el fin calculado después de haber recalculado el trabajo restante del cronograma. Finalmente, también se calcula la variación de la duración de las actividades y de los diferentes elementos de la EDT.

Si hay algún retraso en el avance del trabajo tal que alguna de las fechas no puede ser o no ha sido cumplida, o tal que la finalización de dicha actividad no puede ser o no ha sido cumplida en la fecha programada, el Project mánager puede acelerar el ritmo de avance del trabajo, incluyendo en los casos en que resulte procedente, la implementación de lo siguiente:

El uso de personal y/o mano de obra adicional

El uso de turnos de trabajo en horas extras o adicionales

Teniendo en cuenta la información anteriormente obtenida en el control del cronograma de ejecución del proyecto, se realiza un análisis para buscar y determinar las posibles causas o factores que puedan estar generando retrasos o menores rendimientos a los esperados, de tal forma que se puedan establecer acciones que busquen eliminar o mitigar este tipo de situaciones.

13.3.7 Indicadores del Plan de gestión del Cronograma:

Tabla 14. *Indicadores del Plan de gestión del cronograma*

indicadores del plan de gestión del cronograma			
IND.	Descripción	Formula	Periodo de reporte
SPI	Es un índice de eficiencia expresado en la relación entre valor ganado y valor planeado.	$SPI = \frac{\%Ejecutado}{\%Planeado}$	Semanal
SV	Es un índice de desempeño que ayuda a determinar si el proyecto está en atraso o en adelanto.	$SV = \%Ejecutado - \%Planeado$	Semanal

13.4 Plan de gestión de Costos

La gestión de los costos del proyecto incluye los procesos involucrados en la planificación, estimación, presupuesto, financiación, obtención de financiamiento, gestión y control de los costos, de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.

13.4.1 Estimación de costos

A continuación, se desarrolla una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar las actividades del proyecto:

Tabla 15. Estimación de costos del Proyecto

Estimación de costos del proyecto					
Concepto	Valor	Unidad	Cantidad	Total	Nivel de Precisión
Recurso humano					
Project Manager	COP 2.500.000,00	Semana	27	\$ 67.500.000,00	-5% al +5%
Ingeniero de Sistemas	COP 1.250.000,00	Semana	27	\$ 33.750.000,00	-5% al +5%
Programador	COP 1.250.000,00	Semana	27	\$ 33.750.000,00	-5% al +5%
Profesional de calidad y SIG	COP 1.250.000,00	Semana	27	\$ 33.750.000,00	-5% al +5%
Ingeniero de Sistemas de Información Geográfica	COP 1.250.000,00	Semana	27	\$ 33.750.000,00	-5% al +5%
Apoyo documental	COP 800.000,00	Semana	27	\$ 21.600.000,00	-5% al +5%
HSE	COP 800.000,00	Semana	27	\$ 21.600.000,00	-5% al +5%
Equipos tecnológicos					
Computador Portatil Thinkpad lenovo	COP 4.799.900,00	Und	3	COP 14.399.700,00	-5% al +5%
Tablet Lenovo P11	COP 1.799.000,00	Und	2	COP 3.598.000,00	-5% al +5%
Equipo de protección para asistencia a campo					
Casco de Protección	COP 156.000,00	Und	2	COP 312.000,00	-5% al +5%
Botas dieléctricas	COP 95.600,00	Und	2	COP 191.200,00	-5% al +5%
Protección visual	COP 6.360,00	Und	12	COP 76.320,00	-5% al +5%
Protector auditivo de copa	COP 20.400,00	Und	2	COP 40.800,00	-5% al +5%
Protector auditivo de Inserción	COP 321,00	Und	100	COP 32.100,00	-5% al +5%
Overol Ignifugo	COP 430.000,00	Und	2	COP 860.000,00	-5% al +5%
Adquisición plataforma digital					
Se contempla una adquisición de las plataformas por 8 años, teniendo en cuenta la duración de la construcción de una línea de metro. Así mismo se contempla una TRM de 5.000 de USD a pesos colombianos.					
Aconex (Oracle)	COP 150.000.000,00	Año	8	COP 1.200.000.000,00	-5% al +5%
Google Earth Pro	COP 0,00			COP 0,00	0%
Transporte y alimentación					
Se contemplan gastos de traslado desde oficina a campo para capacitaciones o pruebas de					

Estimación de costos del proyecto					
Concepto	Valor	Unidad	Cantidad Total	Nivel de Precisión	
software.					
Movilización ida	COP 30.000,00	Trayecto	27	\$ 810.000,00	-5% al +5%
Movilización devuelta	COP 30.000,00	Trayecto	27	\$ 810.000,00	-5% al +5%

13.4.2 Definición de Presupuesto

A continuación, el valor máximo y mínimo del Presupuesto teniendo en cuenta una variación del +-5% en el valor de los costos.

Tabla 16. *Definición del presupuesto del Proyecto*

Definición del presupuesto del Proyecto			
Total	Variaciones en la precisión	Valor total mínimo	Valor total máximo
COP 1.466.830.120	-5% al +5%	COP 1.393.488.614	COP 1.540.171.626

Este presupuesto base permitirá determinar cuánto se deberá gastar en cualquier momento y se podrá comparar contra lo que realmente se gastó, tomando en cuenta los gastos reales en el proyecto y todos aquellos cambios u órdenes de cambio que se aprueben o que estén en proceso de aprobación.

13.4.3 Control de costos

Se evaluará el impacto de cualquier posible cambio del costo, informando al Sponsor los efectos en el proyecto, en especial las consecuencias en los objetivos finales del proyecto (alcance, tiempo y costo). El análisis de impacto deberá ser presentado al Sponsor y evaluarán distintos escenarios posibles. Toda variación final dentro del +/- 5% del presupuesto será considerada como normal. Toda variación final fuera del +/- 5% del presupuesto será considerada como causa asignable y deberá ser auditada. Se presentará un informe de auditoría, y

de ser el caso se generará una lección aprendida. El Project Manager se encarga de compactar la información del equipo de proyecto en el Schedule, actualizando el proyecto según los reportes del equipo, y procede a replanificar el proyecto. El coste del proyecto puede tener una variación de +/- 5 % del total planeado, si como resultado de la replanificación del proyecto estos márgenes son superados se necesitará emitir una solicitud de cambio, la cual deberá ser revisada y aprobada por el Project Manager y el Sponsor.

Se aprobarán automáticamente aquellos cambios de emergencia que potencialmente puedan impedir la normal ejecución del proyecto, y que por su naturaleza perentoria no puedan esperar reunión de Sponsor y Project Manager.

13.4.4 Plan de gestión de Calidad

La gestión de la calidad del proyecto incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto a fin de satisfacer los objetivos de los interesados.

13.4.5 Planificación de la Gestión de la calidad

Para el aseguramiento de la calidad se tendrán en cuenta las siguientes referencias normativas:

Tabla 17. *Referencias normativas para el desarrollo del plan de gestión de calidad*

Referencias normativas		
Normativa	Nombre	Descripción
PMBOK 6th Ed.	Guía de Fundamentos para la Gestión de Proyectos.	Establece un criterio de buenas prácticas relacionadas con la gestión, la administración y la dirección de proyectos mediante la implementación de técnicas y herramientas.

Referencias normativas

Normativa	Nombre	Descripción
ISO/TS 22163:2018	Gestión de la calidad en el sector ferroviario.	Requisitos del sistema de gestión de la calidad para organizaciones ferroviarias y requisitos particulares de aplicación en el sector ferroviario.

La gestión de la calidad del proyecto minimizará las variaciones para obtener los resultados que se alineen a los requisitos de los interesados, incluyendo: la satisfacción del cliente, mejora continua, responsabilidad de la dirección y asociación mutuamente beneficiosa con los proveedores.

A continuación, se nombran los documentos que soportan el plan de gestión de calidad:

Tabla 18. *Documentos que soportan la construcción del Plan de gestión de calidad*

Entradas	Descripción
Plan de Ejecución del Proyecto	Documentación para controlar y monitorear el Proyecto
Plan de Riesgos	Documentación sobre las posibles situaciones en las que el Proyecto puede verse afectado
Matriz de Requerimientos	Descripción de los requerimientos del cliente que deben ser satisfechos por el equipo de desarrollo
Especificación Funcional	Documentación que especifica en términos no técnicos, que es lo que la solución hace que se propone
Plan de pruebas	Documentación que describe las pruebas que serán llevadas a cabo para demostrar al cliente que la solución satisface los requerimientos definidos.
Especificación de Diseño de Sistema	Documentación que define la Arquitectura de la Solución e identifica todos los componentes del sistema.
Especificación de Diseño de Soporte	Documentación detallada de los requerimientos de soporte desde la fase de Implementación a la de Operación
Plan de aseguramiento de calidad	Documentación que define todas las actividades de aseguramiento de calidad que se harán durante el Proyecto.

Entradas	Descripción
Informe de pruebas (testing)	Documentación que describe los resultados de las pruebas, los cuales ayudarán a comprobar el “buen” funcionamiento del software.
Manual de usuario	Documentación que describe el comportamiento del sistema desde el punto de vista funcional de la aplicación.
Manual de instalación del sistema	Documentación de la especificación de los componentes de instalación y la forma en que se debe realizar esta tarea.
Avances de la Aplicación	Subproductos que evaluará el cliente.
Diseño de imágenes y escenarios	Elementos gráficos que forman parte de la aplicación

13.4.6 Requerimientos del Sistema:

Un requerimiento es un aspecto del producto requerido o deseado por el cliente. Los Requerimientos Funcionales cubren las funciones y operaciones a realizar para proporcionar un sistema que operará de acuerdo con las necesidades del usuario. Al elaborar una lista completa de requerimientos, se definen las funciones que tendrán que ser realizadas por el sistema a desarrollar. Un Requerimiento No Funcional indica cómo se deben hacer todas las actividades de desarrollo para obtener un producto con la mayor calidad posible ya que ésta puede hacer la diferencia entre el éxito o fracaso de una aplicación.

Las métricas usadas para medir la calidad de los Requerimientos de Aconex son los siguientes:

Tabla 19. *Matriz de requerimientos del Software*

Matriz de requerimientos del Software		
Métricas	Descripción	Requerimiento
Interfaz	Se basa en lo referente a la calidad de la Interfaz usuaria.	La interfaz debe ser amigable con el usuario, visualmente cómoda y de fácil uso y adaptación

Matriz de requerimientos del Software

Métricas	Descripción	Requerimiento
Portabilidad	Capacidad de la aplicación para funcionar correctamente en diferentes configuraciones, ya sean de software o hardware.	Se debe contar con la posibilidad de funcionar en Computadores portátiles, demesa, tabletas y smartphones Android y iOS con o sin conexión a internet.
Performance	Requerimientos reales de la performance, velocidad, precisión, disponibilidad, nivel de servicio, volúmenes de datos, entre otros.	Se debe contar con la posibilidad de subir a la nube cantidad ilimitada de archivos sin restricción de tamaño, con la velocidad adecuada según la red de conexión sin presencia de Bugs o problemas de performance.
Operacional	Ambiente en que el usuario operará el producto.	La información desplegada debe ser clara y sencilla sin sobrecarga de imágenes e información de manera que no sea de difícil entendimiento.
Mantenibilidad	Es el tiempo esperado y el permitido para el mantenimiento o la realización de cambios.	El desarrollador debe realizar mantenimiento en el momento en que se reporten fallas o inconsistencias durante los 8 años de funcionamiento de la plataforma.
Seguridad	Requerimientos para permitir el acceso, restringir mal uso, hechos anormales, entre otros	La plataforma debe poseer la capacidad de detectar acciones mal intencionadas por parte de cualquier usuario, así como asegurar la privacidad de la información y restringir cualquier acceso indebido o sin los permisos requeridos.
Flexibilidad	Requerimientos de facilidad para la realización de cambios en el software según las necesidades del cliente	El desarrollador debe estar disponible para realizar cualquier cambio NO mayor requerido según las necesidades del proyecto.
Confiabilidad	Requerimientos de correcto funcionamiento a lo largo de los 8 años de contratación.	La aplicación no debe presentar caídas anormales a lo largo de los 8 años de proyecto, cualquier error deberá ser corregido, y deberá existir un respaldo de los datos
Interoperatividad	Requerimiento para interactuar con otros sistemas y software de uso común y/o otros especializados.	La plataforma debe contar con la capacidad de interactuar con el paquete de office y de realizar vista previa de documentos en Word, PDF o Excel.

Matriz de requerimientos del Software

Métricas	Descripción	Requerimiento
Complejidad	Inclusión de todas las funciones y restricciones necesarias según la necesidad del cliente	No deben existir vacíos en los requerimientos de los interesados.
Precisión Geográfica	Requerimientos de ubicación Geográfica.	La plataforma debe contar con la capacidad de establecer ubicaciones geográficas complementándose con archivos KMZ realizados por el equipo de Sistemas de información geográfica del proyecto, esto con el fin de establecer una ubicación precisa para cada inspección o evento cargado.

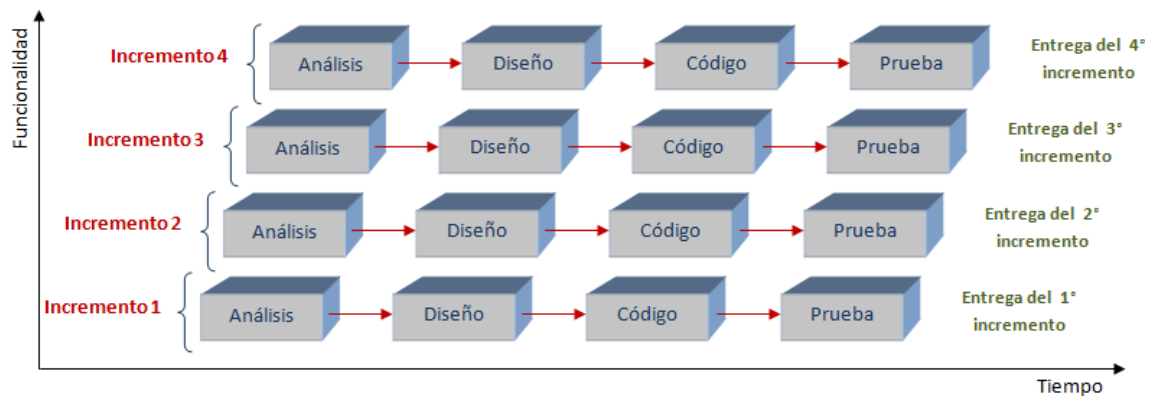
13.4.7 Gestión de la calidad

Modelo de desarrollo: Se optó por la estrategia de desarrollo “Modelo Incremental”, el cual aplica secuencias lineales de forma escalonada mientras progresa el tiempo en el calendario. Cada secuencia lineal produce un “incremento” de la articulación del software. La elección de la estrategia seleccionada se debe a que la intención es entregar el software en “incrementos”, es decir, cada “incremento” se construye sobre aquél que ya ha sido entregado.

Cuando se utiliza un modelo incremental, el primer incremento a menudo es un producto esencial, es decir, se afrontan requisitos básicos, pero otras funciones suplementarias quedan sin extraer. El cliente utiliza el producto central y como un resultado de utilización y/o de evaluación, se desarrolla un plan para el incremento siguiente. El plan afronta la modificación del producto central a fin de cumplir mejor las necesidades del cliente y la entrega de funciones, y características adicionales. Este proceso se repite siguiendo la entrega de cada incremento, hasta que se elabore un producto más completo. Todo esto dado que Aconex ofrece otras múltiples posibilidades que pueden implementarse en proyectos ferroviarios, sector donde Oracle (Desarrollador) y Aconex tiene amplia experiencia.

Otro punto a tener en cuenta es que, se entregará una versión de Oracle Aconex articulada especialmente para realizar un control de calidad y monitoreo de proyectos innovador con la implementación de algunas funciones, pero esta implementación deja la puerta abierta para aprovechar diversas bondades del software que se pueden desarrollar en futuros proyectos a un costo mucho menor dado que se cuenta ya con todas las licencias gracias al presente proyecto.

Figura 8. Modelo Incremental



Fuente: <https://sites.google.com/site/intelisoft2016/metodo-incremental>

13.4.8 Control de la calidad

Fase de Análisis: Durante esta fase se analiza la Especificación de los Requerimientos con el objetivo de identificar las soluciones que satisfagan los requerimientos, se analizan diferentes alternativas de solución y se genera el informe de Solución Propuesta. En la fase de Análisis, se incluye asegurar:

La adherencia del Análisis y su documentación a los estándares definidos en el Plan de Proyecto.

La incorporación de los resultados de las inspecciones en el Análisis.

Fase de Diseño: Esta etapa se centra en el "cómo", en la forma cómo debe articularse el sistema de software. En esta etapa se define como deberá implementarse el sistema de software.

Los modelos creados en la fase de análisis determinan claramente cuál debe ser el comportamiento general del sistema en un entorno ideal. Los modelos para crear en la fase de diseño determinan, ya sobre el entorno propio de la organización, cómo deberá implementarse el software.

En la fase de diseño, dentro de las actividades de aseguramiento se incluye:

La adherencia del diseño y su documentación a los estándares definidos en el Plan del Proyecto.

La incorporación de los resultados de las inspecciones en el diseño.

El ingreso del diseño a la configuración del software, tras su aprobación.

Fase de Implementación: La actividad sólo lleva a la práctica el sistema que se articuló y configuró en la fase de diseño. La fase incluye las actividades de integración de los diferentes módulos constitutivos del sistema. En la fase de implementación, cada componente de la solución, identificado en la Especificación de Diseño de Sistema, se ensambla, se prueba y se integra con otros componentes relacionados. Los componentes se prueban como un todo.

Es esencial que el Equipo aplique los principios de control de cambios, administración de la configuración y reportes. El software generado en la fase de implementación no puede ser “entregado” al cliente, para que funcione, sin practicarle antes una serie de pruebas. Las pruebas son tendientes a encontrar defectos en el sistema final debidos a omisión o mal interpretación de alguna parte del análisis o el diseño.

Los defectos deberán entonces detectarse y corregirse en esta fase del proyecto, aunque en esta etapa es posible realizar una efectiva detección de estos, ellos deben ser detectados y corregidos en la fase de implementación.

Se deben auditar las siguientes actividades:

El estado de todos los entregables.

Los informes sobre desviaciones y las acciones correctivas.

Garantizar la concordancia de las pruebas con el Plan y los procedimientos definidos, así como también toda desviación sea informada y corregida.

Certificar que las actividades de prueba se han completado satisfactoriamente y que el software y su documentación se encuentran listos para la entrega del producto final.

Fase de Instalación (Aceptación y Entrega: Aceptación (negativa o positiva) por parte del cliente. Durante la fase de instalación, todas las componentes de la solución se distribuyen al cliente y se instalan a todos los usuarios de la constructora y de sus contratistas. La solución se prueba como un todo en un ambiente operacional.

La Prueba de Aceptación quiere demostrar al cliente que la solución cumple los requerimientos de la Especificación Funcional. El cliente confirma por escrito que todas las pruebas han sido exitosas y que acepta la solución.

13.5 Plan de gestión de Recursos

13.5.1 Estimación de los recursos

Se ha estructurado un Plan de Gestión de Recursos Humanos de tal manera que sea una hoja de ruta en la etapa preoperativa y operativa para el apoyo en la implementación la plataforma digital

Inicialmente se planificará la gestión de los recursos para las actividades del proyecto por medio de la estimación representada en el cronograma y los roles y responsabilidades asignados y apoyados en las siguientes preguntas:

- ¿Cómo y cuándo se incorporará cada persona?
- ¿Cuáles son sus capacidades actuales y sus necesidades de formación?
- ¿Cuáles serán sus roles y responsabilidades?
- ¿Cuáles serán los paquetes de trabajo que asignaremos a cada miembro del equipo?
- ¿Cuándo deberá enviar los informes cada persona?
- ¿A qué reunión deberá asistir cada uno?
- ¿Cómo será el plan de recompensas individual y grupal?
- ¿Cómo vamos a proteger al personal de las contingencias externas?

Este proceso debe garantizar la disponibilidad de recursos suficientes a lo largo de la ejecución del proyecto.

13.5.2 Adquisición de los recursos

El objetivo de la adquisición de los recursos pretende definir, alinear y encontrar el talento humano que cumpla con las competencias definidas por la organización y que permita cumplir con los objetivos del proyecto, así como con las obligaciones laborales legales y contractuales establecidas. El mismo aplica desde la identificación de necesidades de personal, selección del candidato competente y evaluación del periodo de adaptación de este.

A continuación, se muestra la asignación de los miembros del equipo, donde cada uno de ellos se va a hacer responsable de su entregable.

Tabla 20. Roles y responsabilidades

Descripción de la actividad	Responsable	Entregable	
		Si	No
Plan general del proyecto	Project Manager	X	
Análisis de requerimientos	Ingeniero de sistemas	X	

Descripción de la actividad	Responsable	Entregable	
		Si	No
Planes de gestión	Profesional de calidadHSE	X	
Análisis y estudios	Apoyo documental	X	
Diseños de formatos	Programador		X
Permisos y licencias	Apoyo documental		X
Cronograma	Project Manager		X
Evaluación de propuestas o alternativas	Project Manager		X
Análisis de Pruebas	Ingeniero de sistemas		X
Puesta en marcha	Ingeniero de sistemas		X

13.5.3 Desarrollo y dirección del equipo

Se implementará un programa con el fin de mejorar el trabajo en equipo y el rendimiento del proyecto en la implementación de la plataforma digital.

Con este programa se pretende:

- Mejorar la motivación, ampliar las habilidades y la capacidad de los miembros del equipo con el fin de mejorar la productividad en el proyecto y aumentar sus competencias para futuras oportunidades laborales.
- Mejorarlas las relaciones entre los miembros del equipo con el fin de fortalecer la comunicación para un mejor ambiente laboral.
- Crear una cultura organizacional estrategias para Intercambiar conocimientos y experiencias dentro de los roles asignados para el desarrollo del proyecto.

Herramientas y Técnicas:

- Capacitaciones
- Reconocimiento y recompensas
- Evaluación de desempeño
- Uso de herramientas tecnológicas

- Actividades de formación

13.6 Plan de gestión de las Comunicaciones

13.6.1 Gestión de las comunicaciones

Con la planificación de la gestión de las comunicaciones pretendemos determinar cuáles serán las necesidades y los requisitos de información de los interesados y de los activos de la organización disponibles.

La gestión de las comunicaciones comprende un plan estratégico de con base en las necesidades de información de cada interesado o grupo, en los activos de la organización disponibles y en las necesidades del proyecto. A partir de esa estrategia, se desarrolla un plan de gestión de las comunicaciones para asegurar que los mensajes adecuados se comuniquen a los interesados en diversos formatos y diversos medios.

Para planificar la gestión de las comunicaciones necesitamos plantear los siguientes interrogantes:

- ¿Qué información necesitan los interesados?
- ¿Cuándo necesitarán la información?
- ¿Cuántos canales hay involucrados?
- ¿Quién se comunica con quién?
- ¿Quién recibirá la información?
- ¿Cómo se distribuirá la información?
- ¿Quién distribuirá la información?
- ¿Qué tecnología utilizaremos?
- ¿Con qué frecuencia será la comunicación?

Los mecanismos o métodos mediante los cuales se intercambia información son:

- Reuniones presenciales o virtuales
- Programa de Capacitaciones a los interesados
- Correos electrónicos
- Paneles informativos
- Informes
- Conversaciones telefónicas

13.6.2 Monitoreo de las comunicaciones

Inicialmente el ciclo de vida del proyecto desarrolla un plan eficaz de gestión de las comunicaciones que reconoce las diversas necesidades de información de los interesados del proyecto. El mismo debe revisarse periódicamente y modificarse cuando sea necesario, cuando cambia los interesados o al inicio de cada nueva fase del proyecto.

Con el monitoreo determinamos si la planificación genero el efecto deseado en la participación de los interesados. Este efecto se ve reflejado en el porcentaje de avance de capacitaciones recibidas por los diferentes los roles o por el porcentaje de capacitaciones recibidas por módulos de la plataforma digital.

13.7 Plan de gestión de Riesgos

13.7.1 Identificación de riesgos

El Plan de Gestión de Riesgos define cómo se identificarán, analizarán y gestionarán los riesgos asociados con el proyecto de la implementación de la plataforma digital. Adicional describe cómo se llevarán a cabo, se registrarán y se supervisarán las actividades de gestión de riesgos a lo largo del ciclo de vida del proyecto y proporciona diferentes herramientas y técnicas para registrar y priorizar los riesgos.

Algunas fuentes para identificar los riesgos:

- Los interesados
- Las nuevas tecnologías
- Los cambios del entorno
- Leyes y regulaciones
- La globalización
- Las operaciones.
- Los proveedores
- Valorización de la moneda

Técnicas de identificación de riesgos:

- Juicio de expertos
- Técnica DELPHI
- Recolección de información y datos
- Listas de verificación
- Entrevistas
- Encuestas

13.7.2 Matriz FODA

Esta técnica examina el proyecto desde cada una de las perspectivas de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Se utiliza en este caso para aumentar la amplitud de los riesgos identificados mediante la inclusión de los riesgos generados internamente. La técnica comienza con la identificación de las fortalezas y debilidades de la organización, centrándose en el proyecto. La matriz FODA identifica luego cualquier oportunidad para el proyecto con origen en las fortalezas, y cualquier amenaza que resulte de las debilidades. El análisis también examina

el grado en que las fortalezas podrían contrarrestar las amenazas y determina si las debilidades podrían obstaculizar las oportunidades.

Figura 9. Matriz FODA



13.7.3 Análisis cualitativo de los riesgos

El método más conveniente que usaremos para este tipo de proyecto es el análisis de riesgo cualitativo. El análisis de riesgos cualitativo califica o puntúa el riesgo en función de la percepción de la gravedad y la probabilidad de sus consecuencias.

Tabla 21. Tabla de evaluación de riesgos. Frecuencia vs Impacto

Matriz de riesgos	
Nivel de riesgo inherente (Frecuencia X impacto)	Zona del mapa de riesgos

Matriz de riesgos

**Nivel de riesgo inherente
(Frecuencia X impacto)**

**Zona del mapa
de riesgos**

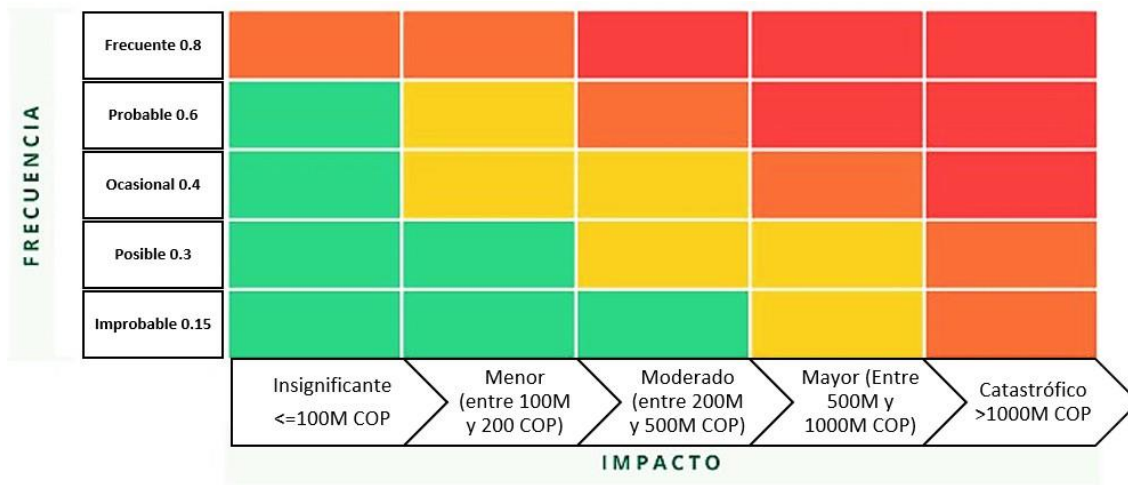
Riesgo extremo

Riesgo alto

Riesgo Moderado

Riesgo Bajo

VERDE



Se toman 4 áreas para la evaluación de los riesgos en la matriz de riesgos. Esta nos permitirá identificar cual es el riesgo más relevante y evaluar cuales debemos atacar.

Tabla 22. Matriz de Riesgos

Riesgo	Frecuencia / Probabilidad	Impacto	Severidad			
			Extremo	Alto	Moderado	Bajo
Demoras en el diseño						
Fallas de la infraestructura tecnológica						

Riesgo	Frecuencia / Probabilidad	Impacto	Severidad			
			Extremo	Alto	Moderado	Bajo
Exceder el presupuesto						
Demoras en las licencias						
Retraso en el programa de capacitaciones						
Disponibilidad de recursos						
Compatibilidad con dispositivos tecnológicos						
Fallas con el almacenamiento de la información						
Amenazas cibernéticas						

13.7.4 Planificación de la Respuesta a los riesgos

No importando la técnica utilizada para el análisis, las respuestas al riesgo deben ser lo más efectivas y apropiadas posibles para minimizar los riesgos negativos y maximizar los riesgos positivos (oportunidades) y reducir la exposición general al riesgo del proyecto. El diseño de los tratamientos de cada uno de los factores de riesgo también se puede hacer mediante juicio de expertos, recolección de datos, mediante habilidades interpersonales y de equipo con la información obtenida en el registro e informe de riesgos.

Sin embargo, todos los tratamientos de riesgo deben presentarse como un plan de acción donde deben cumplirse al menos los siguientes puntos:

- Actividades
- Duración y fechas

- Responsables
- Medios o recursos necesarios
- Aprobación del plan o estrategia
- Responsable de monitorear la implementación
- Periodicidad de la revisión

Estos planes serán consignados en las minutas o actas de las reuniones de riesgos y documentados.

13.7.5 Implementación de la Respuesta a los riesgos

El objetivo del manejo de los factores de riesgo o causas que pueden generar los riesgos es minimizar los riesgos negativos del proyecto. Las estrategias para el manejo de los factores de riesgo son: 1) Eliminar o Evitar, 2) Transferir, 3) Reducir o Mitigar, 4) Aceptar.

1. Evitar o Eliminar el riesgo: El riesgo es eliminado o evitado.

- Puede cambiar el plan del proyecto para eliminar los factores de riesgo que generan el riesgo.
- Puede cambiar un riesgo por otro riesgo menor.
- Si hay una opción de menor riesgo disponible, revise la línea de base para favorecer su ejecución.
- Compruebe que el riesgo más bajo identificado para suplir el existente es la mejor opción considerando el proyecto en su conjunto.

2. Transferir el riesgo: El riesgo permanece, pero se puede transferir completa o parcialmente a otra parte interesada.

- La transferencia se realiza por medio de contratos, acuerdos o procedimientos

acordados para desempeñar actividades entre partes interesadas que prestan servicios al proyecto.

- Si la transferencia total del riesgo no es posible se deberá considerar hacerla de tipo parcial y completar por medio de seguros, garantías bancarias o medios para recuperar los activos invertidos.
- Se debe evaluar que el destinatario del riesgo está preparado para asumir el riesgo en su totalidad o en su mayor parte.

3. Mitigación: Reducir la probabilidad o las consecuencias del riesgo (preferiblemente ambas) tomando varias acciones de control.

- Debe identificar y atacar de manera sistemática y cuidadosa las causas fundamentales del riesgo (factores de riesgo).
- Las acciones de control deben ser integrales y factibles.
- A menudo se requieren acciones tempranas para el éxito en la gestión.
- Las acciones pueden afectar el costo, el alcance y el cronograma por lo que se deben monitorear los cambios.
- El análisis de costo / beneficio puede ser útil para seleccionar la mejor acción de control de una lista de alternativas.
- Los niveles de confianza para las acciones de control derivadas de Monte Carlo, u otro análisis pueden ser útiles, pero no son obligatorios.

4. Asumir o aceptar el riesgo: El riesgo es reconocido y el proyecto lo asume como tal.

- Última opción para controlar un riesgo. No se dispone de ningún medio viable para mitigar o controlar el riesgo.
- El beneficio es que no se requieren cambios en los planes del proyecto para abordar el

riesgo.

- A veces se usa cuando se puede obtener una recompensa muy grande por correr el riesgo.

Se le llama compensación posterior.

- Normalmente se utiliza para riesgos no difíciles de estudiar o riesgos que no permiten flexibilidad condiciones, que son lejanos en el tiempo o menos predecibles.
- Requiere hacer un seguimiento especial ya que no se tomaron acciones para reducir el riesgo.
- Es importante observar el proceso de recuperación o tratamiento de riesgo cuando se materialice cuando este es crítico para el éxito del proyecto.
- El peor de los casos es la aceptación "pasiva", cuando no se consideran planes alternativos.
- Estos riesgos se les deberá hacer un plan de manejo, crisis, emergencia o similar para evitar su severidad, gravedad o efecto cascada generando otros riesgos en el caso de ser crítico o alto.

13.7.6 Monitoreo de los riesgos

El proceso de monitoreo y seguimiento se describe a continuación:

- Los propietarios de riesgos son responsables de monitorear sus riesgos permanentemente y notificar que se ha iniciado el plan de respuesta, en caso de tenerlo, en caso de no tenerlo se deberá hacer una reunión de riesgos para evaluar el riesgo y determinar las acciones a seguir dependiendo de su nivel.
- Identificación de nuevos riesgos: Cualquier parte interesada puede identificar riesgos.

- Cada vez que se identifique un nuevo riesgo se deberá informar al líder de riesgos, este lo revisa y si considera que debe ser manejado por el proyecto, lo somete a evaluación, dependiendo de la criticidad del riesgo y su posible materialización se llevará a reunión de riesgos periódica o se realizará una reunión extraordinaria de forma inmediata.
- Auditoria: Se realizará un plan de auditoría para revisar el desempeño de las actividades del proceso de gestión de riesgos y asegurar que los registros de riesgo y sus evaluaciones estén siempre actualizadas, se deberá asegurar que los hallazgos sean tratados conforme a los lineamientos del sistema de gestión de calidad del proyecto, acciones correctivas, observaciones o acciones de mejora.
- Revisión: El líder de riesgos realizará una revisión y monitoreo periódico, (mínimo mensual) de todos los riesgos.
- Las acciones preventivas y los resultados de las respuestas de seguimiento a los planes de tratamiento de riesgos se consolidarán como lecciones aprendidas por clasificación de riesgo de tal manera que se puedan consultar para retroalimentación.
- Existen indicadores de gestión que muestren, el avance en la implementación de los controles, planes o estrategias para la respuesta de los riesgos, así como posibles indicadores sobre nuevos riesgos y eventos materializados de riesgo.

En especial se llevarán los siguientes indicadores:

13.7.7 Indicador de eficacia del proceso:

- Riesgos tratados / riesgos totales X 100
- Nuevos riesgos identificados del periodo / Riesgos totales x 100

13.7.8 Indicadores de Eficiencia:

- Cantidad de riesgos que luego de ser tratados reducen nivel / Total de riesgos tratados x

100

- Eventos de riesgo materializado / Riesgos Identificados x 100
- Eventos de riesgo materializado / # riesgos no identificados

Se evaluarán estos indicadores y se ajustarán dependiendo de los resultados obtenidos o necesidades del proyecto por su estrategia.

13.8 Plan de gestión de las adquisiciones

13.8.1 Efectuar las adquisiciones

El objetivo del plan de gestión de las adquisiciones pretende estructurar procesos y procedimientos enmarcados en garantizar y mantener la continuidad de productos y servicios requeridos por el proyecto, que cumplan con los requerimientos de especificación y calidad establecidos por el área solicitante.

La planificación de las adquisiciones:

- Seleccionar los esquemas de negociación adecuados y convenientes, proveedores adecuados y cumplimiento de los requerimientos.
- Segmentar, tanto los tipos de compra como los proveedores.
- Evaluar de manera objetiva y transparente las ofertas como el desempeño de los proveedores.
- Desarrollar el plan de compras de acuerdo con las necesidades del proyecto.

13.8.2 Controlar las adquisiciones

La división de adquisiciones estructura un plan general de compras y procura, Planear de manera general los requerimientos estimados para ejecutar en dicho periodo de tiempo, de

acuerdo con el cronograma general del proyecto.

El control de adquisiciones debe actualizarse y ajustarse de acuerdo con el ciclo de vida del proyecto según la siguiente información:

- Monitoreo y medición del desempeño de las adquisiciones.
- Ajustes en contratos, planes y tiempos
- Generación de informes periódicos.
- Pago oportuno de facturas.

13.8.3 Criterios de selección de proveedores

La metodología de selección de proveedores se centra en los siguientes criterios:

- Búsqueda y segmentación de proveedores.
- Evaluación de proveedores.
- Selección de proveedores. (Capacidad operativa, Capacidad financiera, Experiencia previa y específica, legalidad, Calidad)
- Gestionar la relación directa entre proveedor y empresa (contratos, pedidos, acuerdos, entre otros).
- Definir acuerdos y términos comerciales.
- Respalda y actualizar toda la data en cuanto a las relaciones proveedor empresa.

13.9 Plan de gestión de los Interesados

De acuerdo con el numeral 13.2 Identificación de los Interesados, se presentan a continuación la planificación, gestión y monitoreo del involucramiento de los interesados.

13.9.1 Planificación del involucramiento de los interesados

El conocimiento de los interesados del proyecto es un aspecto fundamental que se debe evaluar en etapas previas al inicio de la ejecución de cualquier proyecto, ya que permite la identificación de las partes involucradas que podrían contribuir durante la planeación y desarrollo del proyecto.

Dentro del proceso del plan de los interesados se contempla:

- Identificar y efectuar la participación de todos los interesados potencialmente afectados.
- Generar una buena comprensión del Proyecto entre los que se verán afectados.
- Determinar en una etapa temprana del ciclo del proyecto que aspectos o temas puedan plantear riesgos para el Proyecto o sus interesados.
- Asegurar que las medidas de mitigación sean apropiadas (aplicables, efectivas y eficientes).
- Establecer un sistema de comunicación a largo plazo entre el Proyecto y las comunidades, que sea beneficioso para todas las partes.
- Establecer un mecanismo de reclamación para las partes interesadas, incluido un proceso para abordar las opiniones y preocupaciones de los interesados.
- Lograr asegurar que todos los interesados puedan participar en las actividades de involucramiento que tenga el proyecto.

El involucramiento de los interesados es un proceso continuo que se supervisará y actualizará según sea necesario, de acuerdo con las necesidades de las diversas actividades del proyecto de la PLMB a fin de mantener relaciones constructivas con todos los interesados.

La comunicación juega un papel preponderante para el involucramiento de los interesados, y en este sentido se proyecta tener diversos métodos para comunicarse con los interesados en las diversas etapas del proyecto. Estos pueden incluir:

- Oficinas de proyectos (es decir, puntos de información de proyectos).
- Procesos de exhibición pública.
- Reuniones individuales y de grupos pequeños, en particular con funcionarios gubernamentales.
- Reuniones públicas comunitarias.
- Folletos y carteles.
- Sitio web.
- Medios de comunicación social (es decir, mensajes de texto y blogs).
- Medios electrónicos (radio y televisión), medios digitales y publicidad

13.9.2 Gestión del involucramiento de los interesados

Dentro de la Gestión del Proyecto que se ha estructurado como una siguiendo los estándares recomendados por el PMBOK, se tiene la articulación mediante varios planes, dentro de los que se encuentra el Plan de gestión los Interesados.

Mediante la estructuración y definición del plan de los interesados se pretende desarrollar las estrategias y actividades que fomenten el interés de las partes involucradas en el proyecto, logrando alcanzar las expectativas que se tiene con respecto a este y que principalmente consisten en la consecución de un sistema de transporte masivo de pasajeros que supla toda la demanda de usuarios que posee la localidad. De igual manera, con el plan de los interesados se procura definir las estrategias de comunicación que le corresponden a cada uno de los interesados, de acuerdo con las previamente definidas dentro del Plan de Gestión de las Comunicaciones. Esto permitirá establecer un mecanismo óptimo para la resolución de conflictos entre las partes involucradas, así como también garantizar su participación en discusiones de

temas de alta importancia durante el desarrollo de las fases previa, construcción y de pruebas y certificación.

Para la estructuración y actualización del plan de los interesados se debe tener en cuenta otros planes de gestión con el fin de articular las actividades que se pueden ver inmersas dentro de múltiples disciplinas. Asimismo, en la medida en que se vayan efectuando actualizaciones y/o modificaciones en el plan de los interesados, se deberán hacer los cambios correspondientes para evitar contradicciones o que la información no sea integrada correctamente.

El compromiso de los interesados debe ser realizado por un equipo integrado de participación de los interesados, formado por personal que representan a las partes interesadas, como, por ejemplo: Gestión de predios, Gestión Ambiental y Social, y las Funciones de asuntos gubernamentales, así como por el personal encargado de los contratistas y subcontratistas del proyecto.

13.9.3 Monitoreo del involucramiento de los interesados

Para garantizar un adecuado desarrollo de las actividades y cumplimiento de las diferentes obligaciones contractuales por parte de los interesados es fundamental el establecimiento y seguimiento de un plan de monitoreo que permita identificar el grado de participación e involucramiento de las partes interesadas durante el transcurso de las fases y etapas del proyecto. De otra forma, no sería posible obtener un entendimiento suficiente de los entregables, intercambio de información, ejecución y supervisión de todas las actividades enmarcadas en el contrato de concesión. Por otra parte, el involucramiento de los interesados debe darse desde el inicio de las fases del proyecto, esto permitirá una contribución más contundente y efectiva por parte de los interesados. Es evidente que las mesas de trabajo desde

una etapa temprana son muy beneficiosas para el proyecto, ya que permite una discusión y coordinación permanente entre los interesados; esto se implementará mediante mesas de discusión brindando un espacio para que los participantes tengan la oportunidad de objetar y solicitar aclaraciones con relación a los pliegos de condiciones de licitación.

Para un correcto seguimiento de las actividades de inclusión de los interesados internos, se deberán establecer talleres de trabajo periódicos en donde se incluya la participación los principales interesados y subcontratistas, con el fin de evaluar de manera sistemática el avance y el cumplimiento de las estrategias de involucramiento previamente descritas en el plan de involucramiento; estos talleres de seguimiento de deben establecer cada 2 meses y deberán ser totalmente independientes a las reuniones de seguimiento.

Con el propósito de evaluar la participación de los interesados externos al proyecto se deberán realizar mesas informativas y de discusión, en donde se permita a los interesados obtener una retroalimentación de las actividades y estrategias de involucramiento del proyecto. Por otra parte, se realizarán encuestas en los puntos de atención que se van a establecer a lo largo de la línea, con el fin de identificar el grado de satisfacción de las comunidades, los comerciantes, y en general la población que se encuentre relacionada por algún motivo con el proyecto.

14. Resultados

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se expuso un diagnóstico preliminar de las falencias que aquejan la construcción de Líneas de Metro en Colombia principalmente relacionados con el monitoreo y control de estos proyectos, al evidenciarse la falta de modernización en muchos de los procesos, se realizó el diseño y desarrollo de la articulación de

una plataforma de software inicialmente diseñada por Oracle, la cual se articuló mediante un equipo de programación, con un sistema de visualización de Información geográfica con especificación KMZ y, en conjunto facilitan y agilizan la toma de decisiones respecto a los procesos tradicionales, así mismo, se mejora sustancialmente la gestión, monitoreo y control de eventos y reportes de campo de tipo calidad, ambientales, constructivos y de SST en este tipo de proyectos.

Basado en el cumplimiento de la norma ISO/TS 22163 enfocada en proyectos ferroviarios y de acuerdo con las mejores prácticas en proyectos, se logró desarrollar un método para monitorear y controlar los eventos y reportes en campo teniendo en cuenta los presupuestos y tiempos de otros proyectos de Construcción de Metro.

El principal problema del proyecto fue el diseño mismo del sistema interconectado y los componentes que lo integran. Sin embargo, se logró desarrollar una arquitectura que cuenta con las siguientes características finales:

- Permite ser ejecutada en cualquier equipo con conexión a internet y navegador WWW.
- El modularidad del producto final permite la inclusión de otros subsistemas que añaden nuevas funcionalidades y eventuales mejoras a la arquitectura.
- Almacenamiento ilimitado de la información.
- Generación en tiempo real de indicadores y reportes estadísticos.
- Sistemas de coordenadas y ubicación geográfica simple y preciso, 98% confiable.
- Calidad elevada de la información registrada gracias a la precisión de los formatos, su legibilidad y lo amigable de la plataforma.
- Seguridad elevada de la información.
- La información puede ser fragmentada en secciones que requieran eventualmente bajo

poder de cómputo.

- Acceso ilimitado de usuarios en tiempo real.

Finalmente, teniendo en cuenta los indicadores en el apartado “0 9.4 Indicadores” se obtienen los siguientes resultados cuantificables y medidos en el tiempo:

- El uso de papel para monitoreo y control del proyecto se redujo en su totalidad, pasando de 39 resmas anuales a 0.
- El tiempo promedio transcurrido entre un reporte de evento y la toma de acciones correctivas se ha disminuido en un 40%, superando las expectativas y pasando de 7 días a 2.8 Días para la resolución total y cierre del evento.
- Las quejas y reclamos se han visto reducida en un 32% posterior a la implementación del proyecto pasando de recibir 134 Quejas y reclamos, promedio mensual, a 89.7 Quejas y reclamos posterior a la implementación del proyecto (Promedio mensual).
- La tasa de aceptación del proyecto pasó de una aceptación poblacional de 63% a un 74% según las encuestas realizadas, gracias a la rápida acción en los problemas sucedidos en campo y que afectan a la población aledaña de los diversos puntos de construcción del proyecto.
- La cantidad de riesgos materializados ha disminuido en un 20% pasando de un promedio mensual de 10 a 8 riesgos materializados en campo gracias a la mejora en la toma de decisiones y el apoyo que la herramienta brinda a los profesionales de riesgos en la actualización y mejora de sus procesos.
- Gracias a las capacitaciones mensuales realizadas, el personal se encuentra comprometido y el software tuvo una gran acogida por parte de todos los involucrados quienes han aprobado satisfactoriamente todos los exámenes realizados con notas

superiores al 90%.

15. Discusión

Los resultados obtenidos en este proyecto muestran que después de haberse aplicado e implementado la solución propuesta, efectivamente existieron cambios en los indicadores de gestión de calidad y de gestión de riesgos, al obtener respuestas más precisas y veloces a los riesgos presentados e identificados, así como reacción y toma de decisión inmediata a inspecciones de calidad no conformes.

Ambientalmente hablando se ha reducido drásticamente el uso de papel, disminuyendo la huella y el impacto ambiental del proyecto. Los estándares de seguridad de la información son más altos sin presentarse pérdidas de registros. Finalmente, al cierre de proyecto se pudo realizar una entrega organizada, completa y precisa del dossier del proyecto en términos ambientales, sociales, técnicos, de calidad y HSE.

16. Conclusiones

La historia reciente del desarrollo de software ha sido una de implementación a la medida de cada problema, siendo estos proyectos desarrollados desde cero. En el caso de este proyecto, no se ha seguido este patrón, pues el sistema desarrollado es la culminación, programación y configuración de herramientas previamente desarrolladas. De esta manera se logró definir de modo general cuales son las necesidades de los proyectos de construcción de Metro y de esta forma se consiguió enfocar y adaptar una plataforma digital basada en las mejores prácticas ferroviarias y la norma ISO/TS 22163.

Inicialmente se diagnosticó que la situación actual de los problemas presentados en

campo en proyectos de construcción de Metro en Colombia, a pesar que solo se han desarrollado dos obras de este tipo en el país, corresponde principalmente a los relacionados con el monitoreo y control de proyectos debido a que los procesos actuales son rudimentarios y no hay un registro y gestión de data sistemático y computarizado que permita garantizar la calidad de la información y el correcto almacenamiento e interpretación de la misma.

De este modo, se integraron diversas arquitecturas con características diferentes con el fin de aprovechar las funcionalidades en el uso de los sistemas de información geográfica, capacidad de almacenamiento, accesibilidad, seguridad de la información y gestión de contenido en tiempo real y se facilitó la capacidad de gestionar con inmediatez cualquier evento sucedido en campo de tipo técnico, calidad, ambiental social o HSE; permitiendo realizar un correcto aseguramiento de las matrices de requisitos y del plan de gestión de calidad del proyecto.

Con lo anterior, se concluyó que la puesta en marcha de esta propuesta facilitó la organización de la información lo cual ha permitido la creación del dossier final de entrega del Metro y la búsqueda precisa de la trazabilidad de la información.

Por otro lado, según el análisis de costos realizado se pudo estimar que el costo para la ejecución e implementación de esta propuesta es bajo con relación a los costos que se podrían asumir debido a la materialización de riesgos asociados al monitoreo y control; también, se pudo estimar que aunque la magnitud de los proyectos de construcción es muy variable, los costos para la ejecución e implementación de esta propuesta y su ejecución, permanecen constantes, al igual que el recurso humano requerido.

Finalmente, para el desarrollo de la propuesta, se realizó la investigación adecuada y sugerida de diversas tecnologías, la cual permitió descubrir una gran variedad de funcionalidades que pueden ser implementadas contando con la base conceptual desarrollada. Funcionalidades

tan innovadoras que con un mayor alcance podrían actualizarse con múltiples mejoras como:

1. Generar notificaciones para documentación cargada que tiene fechas de vencimiento tales como equipos de calibración, certificados de calidad, etc.
2. Integrar plataformas como Power BI y BIM para el desarrollo, monitoreo y actualización de modelos CAD de los proyectos.

En base a los resultados obtenidos podemos afirmar que un alto porcentaje de la información registrada en la plataforma digital cumple con los estándares de calidad deseados debido a la precisión de los formatos creados, el fácil manejo de la misma y la adaptabilidad para los usuarios. De acuerdo con lo expuesto se concluye que la implementación de EML y PMBOK, influyen positivamente y son referencia para proyectos de este tipo y en este sector de la industria.

17. Referencias

- American Psychological Association (2019). *Style and Grammar Guidelines*. Recuperado el 17 de enero de 2020. <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/>
- Conozca cuáles son las inversiones que tendrán los metros que planea América Latina. (2019). *La República*. Recuperado de <https://www.larepublica.co/globoeconomia/conozca-que-son-las-inversiones-que-tendran-los-metros-que-planea-america-latina-2922944>
- CRAI USTA Bucaramanga. (2020). *Informe de recursos y servicios bibliográficos*. Universidad Santo Tomás.
- Del Savio, A.A., Suesca, O.F., Gutierrez, F.A.I. (2022). Productividad en la Industria de la Construcción. CONEXIG Blog. Recuperado de https://www.conexig.com/es/productividad_industria_construccion/
- Inversiones en trenes y metros se toman América Latina. (2021). *CLA construcción Latinoamericana*. Recuperado de <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/inversiones-en-trenes-y-metros-se-toman-america-latina/8014392.article>
- ISO, International Organization for Standardization, ISO 31000:2018. Directrices - Gestión del Riesgo. Genova, 2018
- PMI Project Management Institute. 2018 PMBOK Guide, Sixth Edition. A guide to the project management body of knowledge.
- Herrera, P. (2021). Boletín Legal Infraestructura Proyectos Ferroviarios En Colombia. Recuperado de <https://phrlegal.com/wp-content/uploads/2021/06/phr-infraestructura-junio-2021-final.pdf>
- Estudios De Prefactibilidad Para La Construcción Y Puesta En Marcha De Una Línea Férrea Entre Medellín Y La Región Del Urabá. (2019). Recuperado de

<https://www.ferrocarrilantioquia.com/uploads/anexo4anexotecnico-813ed9295d.pdf>

Valencia, C., Manjarrez, D., & Puentes, M. (2022). IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS EN LA FUNDACION ANDI. Recuperado de http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/11428/GPV51-PROYIMS-Proyecto%20de%20Grado_V1.pdf?sequence=1

Bohórquez, J., & Mariño, M. (2018). Monitoreo, seguimiento y control en proyectos de construcción basados en Building Information Modeling: Una revisión sistemática. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/330988683_Monitoreo_seguimiento_y_control_en_proyectos_de_construccion_apoyados_en_Building_Information_Modeling_Una_revisio_n_sistematica

Díaz, R., & Martínez, L. (2019). Software De Apoyo A La Gestión De Proyectos Informáticos En Los Grupos De Materia Integración, Recursos Y Adquisiciones Definidos En La Norma ISO 21500. Recuperado de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/13573/SOFTWARE%20DE%20APOYO%20A%20LA%20GESTI%C3%93N%20DE%20PROYECTOS%20INFORM%C3%81TICOS>

PMI. (2017). Guía PMBOK. En Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos.

Pariona, J., & Vilcahuaman, M. (2020). Implementación de la gestión de proyectos bajo el enfoque del PMBOK para mejorar el desempeño de los proyectos de inversión pública en la municipalidad distrital Mariscal Cáceres - Huancavelica - 2019. Recuperado de

file:///C:/Users/user/Downloads/IV_FIN_108_TE_Pariona_Fernandez_2020.pdf

Zuluaga, G. (2020). Diseño E Implementación De Una Guía Metodología, Para El Seguimiento Y Control En La Ejecución De Obras Civiles De La Empresa Constructora Depo S.A.S. Recuperado de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/8193/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1>

Talaverano, M. (2020). Plan De Gestión De Calidad De Proyectos De Construcción. Una Revisión De La Literatura Científica De Los Últimos 10 Años. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24526/Talaverano%20Rojas,%20Mois%C3%A9s%20David.pdf?sequence=1>

RODRÍGUEZ, J. (2021). Plan De Gestión De Calidad De Proyectos De Construcción. Una Revisión De La Literatura Científica De Los Últimos 10 Años. Recuperado de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/13860/TF9153_BIB304767_Rodolfo_Rodriguez_Varela.pdf?sequence=1