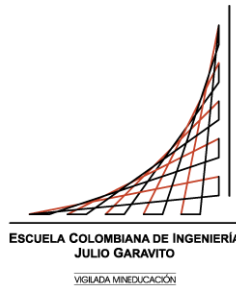


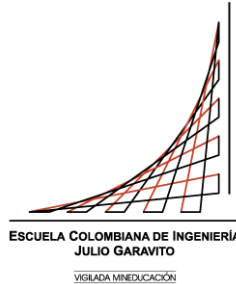
Construcción de un modelo PSC (Planeación, Seguimiento y Control) para la integración gerencial en proyectos tipo contratos EPC (*Engineering, Procurement and Construction*) en Colombia



ING. CÉSAR AUGUSTO PINZÓN GONZÁLEZ
ARQ. PABLO EMILIO FAJARDO ARIAS

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
UNIDAD DE PROYECTOS
BOGOTÁ
2019

Construcción de un modelo PSC (Planeación, Seguimiento y Control) para la integración gerencial en proyectos tipo contratos EPC (*Engineering, Procurement and Construction*) en Colombia



ING. CÉSAR AUGUSTO PINZÓN GONZÁLEZ
ARQ. PABLO EMILIO FAJARDO ARIAS

Trabajo de grado

Director
INGENIERO CÉSAR AUGUSTO LEAL CORONADO
Ingeniero civil
MEng, PMP®

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
UNIDAD DE PROYECTOS
BOGOTÁ
2019

© Únicamente se puede usar el contenido de las publicaciones para propósitos de información. No se debe copiar, enviar, recortar, transmitir o redistribuir este material para propósitos comerciales sin la autorización de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Cuando se use el material de la Escuela se debe incluir la siguiente nota: “Derechos reservados a Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito”, en cualquier copia en un lugar visible y el material no se debe notificar sin el permiso de la Escuela.

Publicado en 2019 por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Ak 45 n.º 205-59 Bogotá, Colombia)

Nota de aceptación:

El trabajo de grado *Construcción de un modelo de integración PSC (Planeación, Seguimiento y Control) para la gerencia de proyectos tipo contratos EPC (Engineering, Procurement and Construction) en Colombia*, presentado para optar al título de magíster en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos, cumple con los requisitos establecidos y recibe nota aprobatoria.

MEng César Augusto Leal Coronado

Bogotá, 22 de noviembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que colaboraron con la realización de esta investigación, por su tiempo y dedicación para la comprensión y por el análisis objetivo de este trabajo de grado.

CONTENIDO

Glosario

Lista de Imágenes	9
Lista de ilustraciones.....	9
Lista de tablas	9
Lista de Graficas	10
GLOSARIO	11
Abreviaturas.....	14
RESUMEN EJECUTIVO	16
INTRODUCCIÓN	18
1. Perfil de la investigación.....	19
1.1 Antecedentes de la investigación.....	19
1.1.1 Conceptualización del contrato EPC.....	19
1.1.2 Contratos EPC en Colombia	20
1.1.3 Contratos EPC y su relación con la gerencia	22
1.2 Justificación	23
1.2.1 El problema.....	23
1.2.2 Visión general del problema	24
1.2.3 Diagrama de espina de pescado	25
1.2.4 Pregunta de investigación	26
1.2.5 Razón de ser	26
1.2.6 Propósito	26
1.2.7 Objetivos	29
2. Marco referencial	29
2.1 Datos estadísticos de los contratos EPC en Colombia	30
2.2 Nuevas tendencias de gerencia y planeación estratégica	30
2.3 Grandes proyectos de infraestructura, proyectos tipo contratos EPC en Colombia.....	31
2.4 Herramientas y metodologías aplicables al contrato EPC	32
2.4.1 Estructura <i>Project & Portfolio Management</i> (PPM)	33
2.4.2 <i>Online Analytical Processing</i> (OLAP).....	34
2.4.3 <i>Key Performance Indicators</i> (KPI).....	35

2.4.4	<i>Earned Value Management</i>	35
2.4.5	<i>Big data</i>	39
2.4.7	Inteligencia de negocios.....	40
3.	Metodología de la investigación	41
3.1	Tipo de investigación	42
3.2	Estructura de los instrumentos de investigación	43
3.3	Pensamiento sistémico	44
3.3.1	Descripción del Instrumento Pensamiento sistémico.....	44
3.3.2	Análisis del Instrumento Pensamiento sistémico.....	47
3.3.3	Hallazgos del Instrumento Pensamiento sistémico	47
3.4	Dinámica de sistemas.....	49
3.4.1	Descripción del Instrumento Dinámica de Sistemas.....	49
3.4.2	Análisis del Instrumento Dinámica de Sistemas.....	52
3.4.3	Hallazgos del Instrumento Dinámica de Sistemas	52
3.5	El proyecto tipo contrato EPC contra el Estándar de gerencia de proyectos PMBOK	55
3.5.1	Descripción del Instrumento el proyecto tipo contrato EPC contra el Estándar de gerencia de proyectos PMBOK	55
3.5.2	Análisis del Instrumento el proyecto tipo contrato EPC contra el Estándar de gerencia de proyectos PMBOK.....	55
3.5.3	Hallazgos del Instrumento el proyecto tipo contrato EPC contra el Estándar de gerencia de proyectos PMBOK.....	56
3.6	Encuestas.....	64
3.6.1	Descripción del Instrumento encuestas	64
3.6.2	Análisis del Instrumento encuestas	66
3.6.3	Hallazgos del Instrumento encuestas	66
3.7	Entrevistas.....	70
3.7.1	Descripción del Instrumento entrevistas	70
3.7.2	Análisis del Instrumento entrevistas	72
3.7.3	Hallazgos del Instrumento entrevistas	72
4.	Conclusiones y recomendaciones como insumos para la creación del Modelo.....	76
4.1	Conclusiones	76
4.2	Recomendaciones	81

5.	Verificación de Expertos.....	85
5.1.1	Fase de Inicio	86
5.1.2	Fase de Planeación.....	86
5.1.3	Fase de Ejecución.....	87
5.1.4	Fase de Seguimiento y Control	87
6.	Construcción del modelo de integración PSC (Planeación, Seguimiento y Control)	88
6.1	Macroproceso del modelo.....	89
6.1.1	Descripción general, terminología y simbología	89
6.1.2	Flujograma macroproceso.....	92
6.2	Modelo PSC fase de inicio.....	93
6.2.1	Descripción general.....	93
6.2.2	Flujograma del modelo PSC fase de Inicio.....	95
6.2.3	Protocolo del modelo PSC fase de Inicio.....	96
6.2.4	Verificación de Recomendaciones fase de Inicio	96
6.3	Modelo PSC fase de planeación.....	97
6.3.1	Descripción general.....	97
6.3.2	Flujograma del modelo PSC fase de Planeación.....	99
6.3.3	Protocolo del modelo PSC fase de planeación.....	100
6.3.4	Verificación de Recomendaciones fase de Planeación	101
6.4	Modelo PSC fase de Ejecución.....	102
6.4.1	Descripción general.....	102
6.4.2	Flujograma del modelo PSC fase de Ejecución	104
6.4.3	Protocolo del modelo PSC fase de Ejecución.....	105
6.4.4	Verificación de Recomendaciones fase de Ejecución.....	105
6.5	Modelo PSC fase de Seguimiento y Control.....	106
6.5.1	Descripción general.....	106
6.5.2	Flujograma del modelo PSC fase de Seguimiento y Control.....	108
6.5.3	Protocolo del modelo PSC fase de Seguimiento y Control.....	109
6.5.4	Verificación de Recomendaciones fase de Seguimiento y Control	109
6.6	Lineamientos gerenciales para integración del modelo PSC a contratos EPC	110
7.	Conclusiones generales	111
8.	Recomendaciones generales	112

9. Trabajos futuros	113
Bibliografía	115

Lista de Imágenes

Imagen 1. Ciclo iterativo PPM.....	34
Imagen 2. Estructura compositiva cubos OLAP (A., F., M., & J.I., 2013).....	35
Imagen 3. Arquitectura de inteligencia de negocios (ORACLE.CORP)	41
Imagen 4. Dinámicas en los ciclos causales. Balance y Refuerzo	46
Imagen 5. Procesos de Modelado (Sterman, 2000).....	50
Imagen 6. Flujograma fase de inicio.....	95
Imagen 7. Flujograma fase de Planeación	99
Imagen 8. Flujograma fase de Ejecución	104
Imagen 9. Flujograma fase de seguimiento y control	108

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Ciclo de vida del contrato EPC	20
Ilustración 2. Diagrama de espina de pescado	25
Ilustración 3. Estructura de investigación para la construcción del modelo PSC	43
Ilustración 4. Explicación codificación de hallazgo	44
Ilustración 5. Explicación codificación de conclusiones	77
Ilustración 6. Codificación de las recomendaciones	82
Ilustración 7. Simbología para flujogramas	90
Ilustración 8. Estructura flujograma Modelo PSC	91

Lista de tablas

Tabla 1. Contribución de trabajo de grado a objetivos estratégicos.....	27
Tabla 2. Fórmulas <i>Earned Value Management</i>	37
Tabla 3. Abreviaturas EVM. Elaboración propia.....	38
Tabla 4. Hallazgos instrumento pensamiento sistémico	47
Tabla 5. Hallazgos instrumento Dinámica de sistemas.....	52
Tabla 6. Hallazgos instrumento El proyecto tipo contrato EPC contra los estándares de gerencia de proyectos	56
Tabla 7. Hallazgos instrumento encuestas	66
Tabla 8. Hallazgos Instrumento Entrevistas	72
Tabla 9. Resumen de Hallazgos	77
Tabla 10. Conclusiones de los instrumentos de investigación.....	77
Tabla 11. Resumen de Conclusiones	82

Tabla 12. Tabla de Recomendaciones para el modelo PSC.....	82
Tabla 13. Verificación de recomendaciones fase de Inicio.....	96
Tabla 14. Verificación de recomendaciones fase de Planeación	101
Tabla 15. Verificación de recomendaciones fase de Ejecución	106
Tabla 16. Verificación de recomendaciones fase de Seguimiento y Control.....	110

Lista de Graficas

Gráfica 1. Integración de elementos componentes del sistema, análisis de flujos. Fuente: Meadows (2008)	45
Gráfica 2. Variables del diagrama de flujos en un sistema. Fuente: Meadows (2008)	45
Gráfica 3. Macroproceso modelo PSC, Elaboración propia	92

Glosario

Ciclo Planear, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA): Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en los procesos de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar¹.

Contrato: Acuerdo vinculante para las partes en virtud del cual el vendedor se obliga a proveer el producto, servicio o resultado especificado y el comprador a pagar por él¹.

Cronograma del proyecto: Una salida de un modelo de programación que presenta actividades vinculadas con fechas planificadas, duraciones, hitos y recursos¹.

Cuenta de control: Un punto de control administrativo donde se integran el alcance, el presupuesto, el costo real y el cronograma, y se comparan con el valor ganado para la medición del desempeño¹.

Earned Value Management (EVM): Es una técnica que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el avance del proyecto¹.

Entregable: Bien, servicio o resultado, singular y verificable, que debe producirse para terminar un proceso, una fase o un proyecto².

Estructura de descomposición de la organización (OBS): Una representación jerárquica de la organización del proyecto que ilustra la relación entre sus actividades y las unidades de la organización que las llevarán a cabo¹.

Flujo de caja: Documento que evidencia cuándo ocurren y cuáles son los costos, gastos e ingresos del proyecto¹.

Hito: Un punto o evento significativo en el tiempo dentro de un proyecto, programa o portafolio¹.

Línea base de alcance: La versión aprobada de un enunciado del alcance, estructura de desglose del trabajo (*Work Breakdown Structure*, WBS) y su diccionario de la WBS asociado, que solo puede cambiarse a través de procedimientos formales de control de cambios y que se utiliza como base de comparación¹.

Línea base de costo: La versión aprobada del presupuesto del proyecto con fases de tiempo, excluida cualquier reserva de gestión, la cual solo puede cambiarse a través de procedimientos formales de control de cambios y se utiliza como base de comparación con los resultados reales⁴.

¹ PMI Management Institute (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Newtown Square: Project Management Institute Inc.

² Gutiérrez Pacheco, G. (2014). *Gerencia fundamental de proyectos*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Línea base de tiempo: La versión aprobada de un modelo de programación que solo puede cambiarse a través de procedimientos formales de control de cambios y que se utiliza como base de comparación con los resultados actuales¹.

Métricas: Una descripción de un atributo del proyecto o del producto y la manera en que se mide dicho atributo².

Paquete de trabajo: Definido en el nivel más bajo de la estructura de desglose del trabajo para el cual se puede estimar y gestionar el costo y la duración¹.

Plan de Trabajo (PDT): Es el conjunto de actividades secuenciadas que se deben llevar a cabo por el equipo del trabajo para cumplir con el alcance del contrato.

PROCTEK S. A. S.: Compañía dedicada a atender el creciente mercado de la automatización industrial con soluciones en sistemas de control a clientes a nivel mundial en las empresas de petróleo y gas, petroquímicos, químicos y energéticos.

Requerimiento: Una condición o capacidad que debe estar presente en un producto, servicio o resultado para satisfacer un contrato u otra especificación formalmente impuesta².

Stakeholders: Un individuo, grupo u organización que puede afectar, verse afectado o percibirse a sí mismo como posible afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto¹.

Work Breakdown Structure (WBS): Una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a ser realizado por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos y crear los entregables requeridos¹.

Indicador de Rendimiento del Alcance (SPI\$): Representa el porcentaje de alcance conseguido respecto a lo planeado en la fecha de estado².

Desviación del Costo (CV): Diferencia entre el costo ejecutado y lo presupuestado de acuerdo con el porcentaje de alcance completado¹.

Indicador de Rendimiento del Costo (CPI): Representa el porcentaje de costo gastado de acuerdo con lo presupuestado en el porcentaje de alcance de análisis².

Desviación del Tiempo (SVt): Diferencia entre el tiempo ejecutado y el presupuestado de acuerdo con el porcentaje de alcance completado².

Indicador de Rendimiento del Tiempo (SPIt): Representa el porcentaje de tiempo gastado de acuerdo con lo presupuestado en el porcentaje de alcance de análisis².

Sistema de Gestión Integrado (SGI): Sistema que está establecido, documentado, implementado y mantenido para gestionar el cumplimiento con los requisitos de los clientes, el

cuidado de la salud de los colaboradores, contratistas y visitantes y la protección del medio ambiente en las áreas en donde se desarrollan las actividades³.

Vensim PLE (*Personal Learning Edition*): Vensim PLE es un software de dinámica de sistema completamente funcional que es gratuito para uso personal y educativo, y viene completo con modelos de muestra, motor de ayuda y guía de usuario.

PMB (*Performance Measurement Baseline*): Línea base para la medición del desempeño, que integra la descripción del trabajo a realizar (alcance), los plazos para su realización (cronograma) y el cálculo de sus costos y de los recursos requeridos para su ejecución (costo).

³¿Qué son los Sistemas de Gestión Integrados y por qué los necesitas? **Invalid source specified.**

Abreviaturas

AC: *Actual Cost.*

APU: *Análisis de Precios Unitarios.*

BAC: *Budget at Completion.*

BOT: *Built operate transfer*

CPI: *Cost Performance Index.*

CV: *Cost Variance.*

EAC_§: *Estimate at Completion on Cost.*

EAC_t: *Estimate at Completion on Time.*

ETC_§: *Estimate to Completion on Cost.*

ETC_t: *Estimate to Completion on Time.*

EPC: *Engineering, Procurement and Construction.*

EW: *Earned Work.*

ES: *Earned Schedule.*

EV: *Earned Value.*

ETL: *Extraction, transform and load*

FEED: *Front End Engineering Desing*

FEL: *Front End Louding*

FIDIC: *The International Federation of Consulting Engineers.*

KPI: *Key Performance Indicators.*

PD: *Plan Duration.*

PDT: *Plan de Trabajo.*

PHVA: *Ciclo Planear, Hacer, Verificar y Actuar.*

PMBOK®: *Project Management Body of Knowledge.*

PPM: *Project Portfolio Management*

PV: *Planned Value.*

RWP: *Rolling Wave Planning.*

SPI_§: *Schedule Performance Index on Scope.*

SPI_t: *Schedule Performance Index on Time.*

SV_§: *Schedule Variance.*

SV_t: *Schedule Variance.*

SDS: *Sistem Dynamic Society*

SGI: *Sistema de Gestión Integral.*

SPE: *Society of Petroleum Engineers*

TCPI: *To Complete Performance Index.*

VAC: *Variance at Completion.*

Resumen Ejecutivo

La gerencia de proyectos en Colombia representa para quienes la llevan a cabo una gran cantidad de retos y dificultades, una de ellas es el seguimiento constante a la ejecución de proyectos de altas cuantías para obtener información que permita la toma de decisiones. Las grandes organizaciones esperan de los ejecutores de proyectos la entrega de información relevante para poder dar dirección a los contratos que se encuentran en marcha, sin embargo, esta información para ser recibida por clientes e interesados del proyecto toma tiempos prolongados. Estos lapsos pueden variar y dependerán de manera directa de la dirección del proyecto, la estructura de planificación, las herramientas empleadas para la gestión de la planeación, ejecución, seguimiento y control. Por lo tanto, el problema principal radica en la falta de integración de la gerencia de proyectos, las herramientas y técnicas aplicables y los procesos de gestión en este tipo de contratos, que de manera eficiente permitan contar con la gerencia de manera transversal en las distintas fases del proyecto.

Para dar solución a la problemática este trabajo de grado de maestría de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito tiene como objetivo construir un modelo de planeación, seguimiento y control PSC para la integración gerencial en proyectos tipo contratos *Engineering, Procurement, Construction* (EPC) en Colombia. El trabajo de investigación tuvo en cuenta un análisis compositivo de un contrato EPC, la identificación de los actores y factores incidentes, la estructuración de un modelo de simulación de variables para el establecimiento de elementos y sus componentes de soporte que permitan el desarrollo eficiente del proyecto; de igual manera determinar la criticidad de dichos elementos y su sensibilidad ante las variables incidentes, seguido de la construcción efectiva del modelo PSC y su verificación ante expertos que permitan afinar dicha propuesta.

Para dar cumplimiento a este objetivo se desarrolló el trabajo en distintas etapas, la primera de ellas, recopiló la información general hacia la ejecución de proyectos tipo contrato EPC en un contexto nacional, identificó la relación que tiene este tipo de contratos con respecto a la gerencia, y determinó la problemática a solucionar. En segunda etapa analizó de manera transversal la estructura de desarrollo del contrato EPC, su fragmentación por fases comercial o de inicio, gerencial o planeación, ejecución o construcción, y de seguimiento y control. Para el análisis se emplearon instrumentos de investigación de carácter analítico, argumentativo, compositivo y de verificación, usando el pensamiento sistémico, la dinámica de sistemas, el análisis comparativo entre el PMI y los contratos EPC, encuestas y entrevistas, usados en el mismo orden anteriormente descrito, de manera que se pudieran emplear los hallazgos de cada uno como base para los siguientes.

En la tercera etapa se analizó cada una de las fases, sus componentes, sus variables y demás factores incidentes para la identificación y el establecimiento de su estructura. Conforme con la información recopilada y analizada se procedió al establecimiento de los hallazgos, se

integraron y direccionaron en conclusiones que a su vez determinaron las recomendaciones, por último, en la cuarta etapa, dichas recomendaciones permitieron dar la estructura, composición y orden a los elementos para cada una de las fases del modelo, que describió de manera lógica secuenciada y proporcionó la estructura para la comprensión y dimensionamiento de las herramientas y técnicas necesarias para el desarrollo y la implementación gerencial del modelo.

El desarrollo de este trabajo de grado sirvió para dar comprensión a la compleja estructura de un contrato EPC, explicó de manera clara la forma en que se debe abordar un proyecto de estas características, su relación con la gerencia y cómo debe afrontarse para tener un proceso y trazabilidad que permitan la obtención de información rápida haciendo uso de las herramientas y técnicas idóneas.

Introducción

El desarrollo de distintos proyectos importantes en Colombia se realiza de manera programada, planificada y ejecutada bajo lineamientos y estructuras como los proyectos tipo contratos *Engineering, Procurement, Construction* (EPC), que tienen estos componentes esenciales para su realización. Proyectos de automatización en plantas de producción, desarrollo de infraestructura física o construcción de vías y edificaciones tienen inmersos dentro de sus estructuras de planeación y ejecución los elementos componentes de un proyecto tipo contrato EPC.

Un contrato EPC es una modalidad de estructuración y planificación de proyectos que en su configuración general tiene tres fases: ingeniería, adquisiciones y construcción. La primera se compone del establecimiento y la planificación de cronogramas, desarrollo y transformación de ingeniería básica a ingeniería de detalle, presupuesto y planes de gestión necesarios para el desarrollo del proyecto; también se establecen los parámetros para la línea base de medición del desempeño, adicional al establecimiento de los parámetros de aceptación del proyecto. Esta fase requiere una comunicación directa entre el cliente y el equipo de desarrollo del proyecto.

En las adquisiciones se concretan todos los parámetros para la adquisición de materiales y mano de obra para la ejecución del proyecto; a nivel general se estructuran las proyecciones financieras, los flujos de caja y las proyecciones de pago. De igual manera se seleccionan los contratistas y se generan los contratos. Por último, se generan los procesos de comunicación y la cadena de mando para realizar el control del cambio.

En la fase de construcción se desarrollan los procesos y actividades programados, realizando el control y seguimiento de avance, en el cual se hacen análisis continuos de todos los elementos concretados y concluidos en la fase de ingeniería, con el fin de constatar que cumple con las necesidades físicas y proyectuales para terminar el proyecto. Sin embargo, es allí donde se realizan los ajustes necesarios, las adiciones aprobadas entre el cliente y el constructor con el fin de establecer los procesos, procedimientos y actividades que por factores de ingeniería son necesarios para dar continuación a la ejecución. Por último, realizar la entrega conforme a lo programado y dar el cierre al proyecto.

Todas las ejecuciones de este tipo de proyectos, por su grado de complejidad y de acuerdo con los equipos interdisciplinarios que lo desarrollen, tienen distintas maneras de abordar, planificar y ejecutar; sin embargo, no se tiene una forma integrada para la planeación, el seguimiento y el control que propendan por el aumento de las probabilidades de éxito del proyecto. Es por eso que el presente trabajo de grado hace un análisis estructurado de la manera de ejecución de este tipo de contratos y crea un modelo gerencial integrado que permite entender completamente los elementos incidentes y la necesidad de tener una gerencia protocolizada que desarrolle estos proyectos.

1. Perfil de la investigación

En esta sección se recopila y describe la información necesaria para la formulación del proyecto de investigación mediante la descripción de los antecedentes que muestran de manera general el estado actual de la gerencia de proyectos EPC en Colombia, el entorno bajo el cual se emplaza, sus herramientas y técnicas aplicables y el estado del arte en función de una problemática, su justificación, su razón de ser, sus objetivos y su propósito.

1.1 Antecedentes de la investigación

La construcción de un modelo de Planeación, Seguimiento y Control (PSC) de manera integrada entre la gerencia de proyectos y los proyectos tipo contrato EPC debe iniciar con la comprensión de los antecedentes, el estado del arte y la actualidad que tienen este tipo de proyectos en Colombia. A continuación, se realiza la descripción de los antecedentes a nivel investigativo sobre este tema iniciando con la conceptualización de contrato EPC.

1.1.1 Conceptualización del contrato EPC

Un contrato EPC (*Engineering, Procurement and Construction*) relaciona todos los proyectos donde el contratista tiene que velar por todas y cada una de las actividades llevadas a cabo en el proyecto, desde lo relacionado con la etapa del diseño (ingeniería), la procura completa del material y la posterior construcción de la obra con sus pruebas respectivas que conllevan la entrega al usuario final. Es importante reconocer que su característica “llave en mano” determinan la importancia del contratista frente al cliente o contratante, esto significa que el primero se compromete a construir y poner en funcionamiento la ingeniería que el mismo ha visualizado, de esta manera debe incluir aspectos relacionados con el suministro del material, toda la maquinaria necesaria, transportes, la construcción (obra civil, eléctrica, mecánica, instrumentación, control y auxiliares) y la puesta a punto y posterior funcionamiento de la obra proyectada.

Desde hace muchos años, parece que la forma más deseada para que un propietario procure un gran proyecto de construcción, en particular uno financiado por un proyecto, fue a través de una ruta llave en mano de precio fijo y suma global; el llamado contrato de ingeniería, adquisición y construcción (contrato EPC) (Loots & Henchie, 2007, pág. 1)⁴.

⁴ Texto traducido del idioma inglés.

De esta manera, se debe comprender a un contrato EPC como una estructura para la ejecución de proyectos que tiene tres etapas principales: ingeniería, adquisiciones y construcción, descritas de manera gráfica por medio del siguiente diagrama.

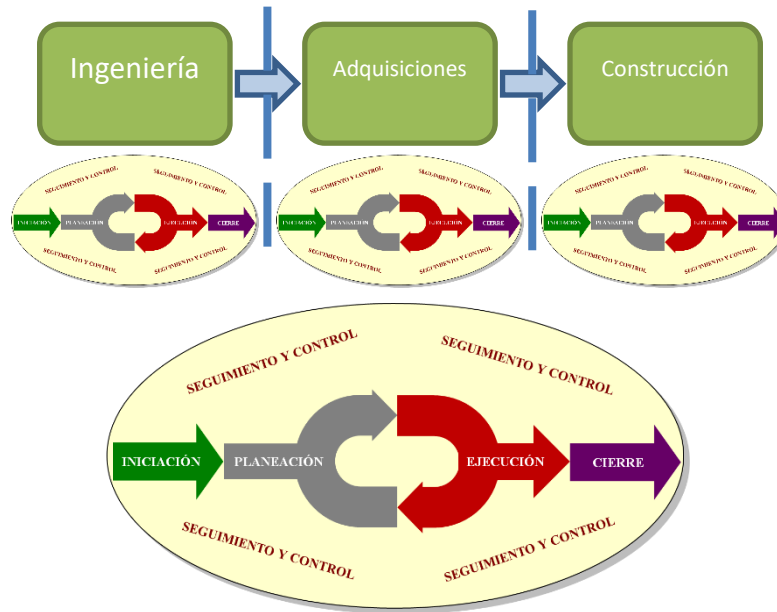


Ilustración 1. Ciclo de vida del contrato EPC

Elaboración propia

La etapa de ingeniería se encarga de realizar la estructuración de los estudios, diseños y detalles necesarios para delimitar, acotar y establecer los parámetros bajo los cuales se realizará la ejecución del proyecto. Dentro de sus actividades principales se establecen los requerimientos de los materiales, los detalles de los diseños compuestos por los departamentos civil, eléctrico, mecánico, de instrumentación y control, también el establecimiento de presupuestos, cronogramas, equipos, recursos y talento humano necesarios para el desarrollo del proyecto.

En la etapa de adquisiciones se establecen los contratos, formas de pago, logística de materiales y procesos de manufactura necesarios para el desarrollo del proyecto. Y en la etapa de construcción se integran las dos anteriores, mediante la ejecución de las actividades y procesos planificados. Motivo por el cual el modelo PSC desempeña un papel preponderante para llevar a término el proyecto. Integrando de forma secuenciada herramientas, técnicas y procesos que permitan un desarrollo eficiente del contrato. Ahora bien, se debe contextualizar el contrato EPC en un ámbito nacional descrito a continuación.

1.1.2 Contratos EPC en Colombia

En Colombia, estos contratos son utilizados de manera amplia en varios sectores productivos, proyectos de infraestructura vial, construcción, automatización, ingeniería, energía y

telecomunicaciones, entre otros. El jurista Maximiliano Rodríguez Fernández expresa su uso y las modalidades más utilizadas del sector de la construcción en el ciclo de conferencias de derecho comercial internacional llevado a cabo en la Universidad Externado de Colombia en 2017. De igual manera lo expresó Lemus (2015) al hacer referencia a las modalidades constructivas y su forma de contratación, en las que no solo intervienen los procesos gerenciales, además se integran el sistema de gestión integrada (SGI) de proyectos y su seguimiento conjunto por parte de la interventoría de obra, el cual que tiene de manera preponderante la competencia para la toma de decisiones incidentes sobre todas las etapas de desarrollo de un proyecto.

La aplicación de este tipo de contratos en distintas industrias se deriva de su forma de utilización, que de manera utilitaria secciona las fases del ciclo de vida del proyecto en estructuras controlables, que permiten la adaptación rápida a contratos de gran y baja cuantía. Sus características esenciales son propias de la mayoría de los proyectos tales como el desarrollo de ingeniería, la estructuración de contratos para la ejecución, la consecución de los recursos tanto monetarios como de talento humano y la ejecución misma del proyecto.

Al realizar un símil entre las características principales de los contratos EPC con los proyectos de ejecución centralizada del Gobierno Nacional direccionados por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), los proyectos de gestión municipal y departamental direccionados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y los proyectos de inversión pública gestionados por el Ministerio de Hacienda; bajo los procesos asociados a la ejecución de los recursos, el establecimiento de los requerimientos y el desarrollo de ingeniería preliminar para la licitación, la adjudicación, el desarrollo de la ingeniería de detalle, estudios y documentaciones de planificación y la ejecución misma del proyecto, contienen de fondo los mismos elementos de este tipo de contratos, sin embargo, son llamados de maneras distintas a pesar que generan documentos similares, y realizan los mismos procesos proyectuales y contractuales para su ejecución (Federación Internacional de Ingenieros Consultores, Fidic, 2017).

Como ejemplo de estos proyectos ejecutados en Colombia, existen obras públicas de la ANI en la Ruta del Sol I y II en las que se cumplieron los pliegos de ingeniería básica, se desarrollaron los pliegos licitatorios y se realizaron las licitaciones públicas y las adjudicaciones, el aseguramiento de los recursos y la planeación progresiva para la ejecución de la obra desde 2008 hasta 2014, tiempo en el que se hicieron las primeras entregas del proyecto, que contiene en su totalidad las características de este tipo de contratos (Cámara Colombiana de la Infraestructura, 2013). De igual manera, la hidroeléctrica Sogamoso, ubicada en Santander, tuvo un proceso licitatorio similar al de la Ruta del Sol, con un desarrollo de dos años de ingeniería y cinco de ejecución para la puesta en marcha de las tres turbinas generadoras y fue culminado en 2015, de acuerdo con *Semana* (2015). En el mismo artículo se menciona el desafío para la ingeniería en cuanto al proyecto de refinería de Cartagena, Reficar, que tuvo una fase de prefactibilidad de dos años y una puesta en marcha proyectada por etapas, como la construcción de 31 plantas para el refinamiento y el procesamiento de petróleo. Mencionarlo también incluye

su polémica por los sobrecostos asociados a una falla en el desarrollo de ingeniería de detalle, lo que causó un desfaldo de los recursos de la nación por el doble del costo directo del proyecto (revista Semana, 2015).

Actualmente la empresa privada tiene en ejecución proyectos tipo contratos EPC, como la automatización de la planta de producción de PepsiCo ubicada en Funza Cundinamarca, proyecto gerenciado por la empresa Proctek S. A. S., también está la construcción de la hidroeléctrica Hidro Ituango, a cargo de la empresa EPM, con un costo de 14 billones de pesos; este proyecto tiene tres fases principales: la construcción del embalse, la construcción y puesta en marcha del cuarto de máquinas y la construcción y puesta en marcha de las compuertas de alivio del embalse; esta estructuración utiliza una organización adaptada de los contratos EPC en Colombia. Cabe mencionar que los proyectos anteriormente mencionados hacen parte de los sectores productivos con el mayor aporte al PIB.

Este tipo de proyectos ejecutados en el país provocan un impacto masivo en su entorno y por tal motivo deben constituirse y planificarse de manera exhaustiva y lograr así que su ejecución se logre con el mínimo de riesgos e imprevistos no planificados. Las fallas en algunos de los proyectos anteriores son una muestra de la inexistencia de un modelo PSC que permita la correcta ejecución de este tipo de contratos en el país

A continuación, se realiza la comparación entre las fases del ciclo de vida de un contrato EPC y su relación con la gerencia de proyectos.

1.1.3 Contratos EPC y su relación con la gerencia

Los proyectos EPC, por su constitución simple y de protocolo adaptable, tienen una aplicación rápida y eficiente para la mayoría de los sectores productivos en Colombia. De igual manera, el Estado cuenta con los mecanismos, protocolos y entidades de control necesarios para la validación de un proyecto y el cumplimiento de todos los elementos que componen la estructura de un contrato EPC, como la configuración de una organización, el desarrollo de los planes de gestión del tiempo y el costo, además de los procesos para control y validación de los equipos del proyecto, su contratación y la cualificación de los recursos de talento humano de acuerdo a sus capacidades técnicas y operativas; los anteriores son algunos de los elementos descritos en el documento principal de Fidic en su libro *Silver Book* (2017).

Al comparar los elementos de un contrato EPC entre los procedimientos planteados en *Silver Book* del Fidic y los establecidos en la guía de PMBOK del PMI en su última edición, alineados con la gerencia de proyectos, presentan gran cantidad de similitudes en sus herramientas, técnicas y procesos descritos entre sí. La conferencia realizada en 2004 por los ingenieros Susana Sánchez de Negrín y Stefan Pardo Kolesch, durante las conferencias llevadas a cabo por el PMI en Argentina, hace referencia a los procesos que de manera simultánea se realizan dentro del desarrollo de un contrato EPC en Latinoamérica, teniendo en cuenta los planes de gestión de la

ingeniería, los procesos de planificación para los recursos, la gestión de los riesgos y las comunicaciones, entre otros aspectos de la gerencia de proyectos; además de la relevancia que tiene esta última y su impacto en la continuidad de las empresas que se encargan de gestiones holísticas para proyectos y contratos EPC (Negrín & Kolesch, 2004).

Susana Sánchez (2004) expresa la relevancia que tiene la gerencia de proyectos para el desarrollo de estos contratos, también representa un reto para todos sus practicantes en propender por la correcta utilización y aplicación de herramientas, técnicas, estándares y habilidades blandas adquiridas por los equipos de trabajo a nivel individual, además de las organizacionales, descritas como habilidades gerenciales intangibles (Negrín & Kolesch, 2004). Seguido se realizará la justificación del presente trabajo de grado emplazando el problema, la visión general del problema, la pregunta de investigación y los objetivos general y específicos.

1.2 Justificación

La construcción de un modelo PSC para la integración de la gerencia de proyectos tipo contratos EPC en Colombia representa un reto para la correcta integración de las herramientas, técnicas y procesos en el desarrollo de un proyecto que tenga las características de ingeniería, adquisiciones y construcción dentro del ámbito nacional y aunar a la generación de conocimiento para las distintas industrias que tienen dentro de sus objetivos organizacionales el desarrollo de proyectos tipo contratos EPC.

La falta de inclusión de los procesos gerenciales en estos proyectos, teniendo en cuenta la cantidad de variables de tiempo, la complejidad de los requerimientos y la perspectiva de la burocratización que genera la mala práctica en la gerencia de proyectos de este tipo (Negrín & Kolesch, 2004) hizo que en la memoria colectiva de distintas industrias haya reservas para la aplicación de la gerencia de proyectos en nuevas iniciativas (Loots & Henchie, 2007). En la actualidad, la inmediatez de la información del estado de avance en la ejecución de los contratos representa para las organizaciones un objetivo de alto valor que aumenta los factores de éxito de los proyectos; sin embargo, existen circunstancias que aletargan este proceso, como la adquisición de la información de la obra y la integración de la información para el procesamiento, análisis y entrega de informes que le permitan a la alta gerencia tomar decisiones de manera eficiente.

En las siguientes secciones se realiza la descripción del problema, el propósito y los objetivos de este trabajo de grado.

1.2.1 El problema

Los proyectos integran una cantidad de variables que procuran una solución a una problemática y contienen partes constituidas con gran complejidad para su constitución, su

consolidación y desarrollo. Estas variables generan planes de acción, procesos de desarrollo y soluciones que contienen gran cantidad de participantes en distintos campos de acción, áreas de desarrollo y procesos de planificación que son necesarios en la ingeniería; de igual manera, la adquisición de materiales y recursos, contiene variables de gran impacto económico como son la contratación, las políticas de flujo económico y su relación con el cliente (Loots & Henchie, 2007).

En la fase constructiva se presentan variables adicionales que aumentan la dificultad para llevar un seguimiento y control efectivo; entre ellas están la coordinación logística y la programación progresiva de las actividades, elementos que plantean un reto para la gerencia moderna de contratos EPC. Para ellos se formula la pregunta: ¿Cómo articular y gestionar de manera eficiente los componentes críticos del proyecto tipo contrato EPC? La respuesta estará compuesta por la articulación de distintos procesos, procedimientos, herramientas y estándares que permitan sintetizar, integrar y acoplar todos los elementos en forma de un modelo que permita a la gerencia moderna realizar el seguimiento y el control de manera integrada.

1.2.2 Visión general del problema

El principio de mayor importancia para los clientes e involucrados en un proyecto tipo contrato EPC es llevar a cabo la función principal para el que fue concebido el contrato mismo, también considerar las variables preponderantes como el manejo de los recursos limitados y la proyección de los costos y gastos dentro de la ejecución. Es difícil la relación que tiene la gerencia de un proyecto con plazos de entrega a mediano plazo; la proyección de los flujos de caja y planificación de los recursos económicos, físicos y de talento humano se convierten en factores decisivos para el éxito del proyecto.

De igual manera, la recolección de los requerimientos provenientes de áreas comerciales, la integración de la información para la formulación de las propuestas y el desarrollo de los análisis de precios unitarios como instrumento para el presupuesto del proyecto, son determinantes para la estructuración de la base proyectual y cuantificable. Existen diversos factores que generan riesgos en el desarrollo efectivo: la falta de claridad en las necesidades, un desarrollo previo de la ingeniería básica deficiente, la estimación aislada de los recursos sin tener en cuenta las proyecciones de tiempo y costo, entre otras (Loots & Henchie, 2007). Estos factores hacen de la gerencia un reto continuo para garantizar el cumplimiento de las restricciones ampliadas en un proyecto.

Ahora bien, la sola gerencia de proyectos no representa una solución eficiente para la complejidad en los contratos EPC, es necesaria la articulación de estas prácticas con los *softwares* de gestión de proyectos adecuados para su planificación y ejecución, además de las herramientas para medición de rendimientos, seguimiento y control que permitan realizar la

recopilación de información; la transformación de esta última en datos de relevancia es fundamental para la toma de decisiones tanto del ejecutor del trabajo como del cliente, pues disminuye los factores de retardo, pérdidas económicas y factores de riesgo; elementos claves para el éxito del proyecto.

A continuación, se presenta el análisis de los factores del problema principal por medio del diagrama de espina de pescado.

1.2.3 Diagrama de espina de pescado

La configuración del problema es identificada por medio del desarrollo de la fragmentación de los factores del problema principal y sus causas subsecuentes. En la siguiente Ilustración 2. Diagrama de espina de pescado se expresa de manera directa las distintas problemáticas asociadas.

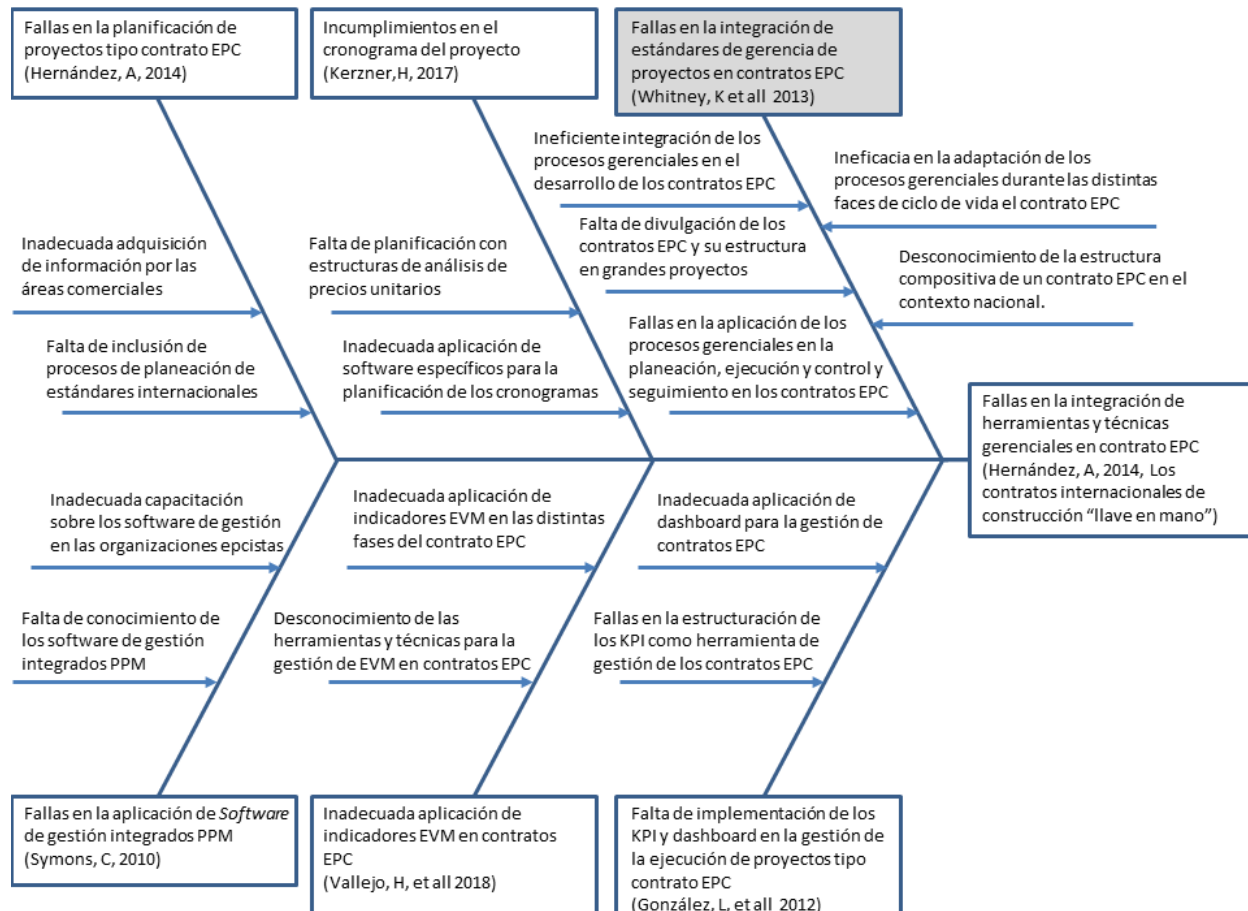


Ilustración 2. Diagrama de espina de pescado

1.2.4 Pregunta de investigación

¿Cómo articular y gestionar de manera eficiente los componentes críticos del proyecto tipo contrato EPC?

1.2.5 Razón de ser

El trabajo de grado tiene como fundamento de investigación resolver los problemas que se generan en los distintos sectores productivos, que tienen dentro de sus componentes el desarrollo de ingeniería, procesos de adquisición y procura, y su construcción efectiva, de manera que satisfaga la necesidad de contar con un modelo metódico para la configuración, estructuración, planificación, seguimiento y control que permita aumentar la probabilidad de éxito del proyecto. A continuación, se realizará la descripción detallada los causales de este trabajo de grado.

Problema por resolver. La ejecución de contratos EPC, los cuales presentan una alta complejidad, producto de las dinámicas iterativas entre los componentes y la implementación parcial de los procesos de gestión y gerencia de proyectos, determina la necesidad de implementar estándares para la gerencia de proyectos adaptables, *softwares* de gestión de proyectos y herramientas de comunicación (*Bussines Intelligence*) para soportar de manera eficiente los procesos de gerencia de proyectos.

Necesidad por satisfacer. La compleja interrelación entre los distintos elementos componentes del contrato EPC genera la necesidad para la alta gerencia de tener un control eficiente, y en tiempo real, sobre el desarrollo de estos proyectos. La integración y el análisis de la información respecto al avance, el cronograma, los costos y el trabajo a nivel de rendimientos, desviaciones y varianzas determinan un reto para la gerencia de proyectos y, por ende, hacen inevitable establecer una forma para dar respuesta a esta necesidad de alta complejidad.

Este tipo de contratos presenta dificultades relacionadas con los riesgos y responsabilidades del contratista, indemnizaciones, cuidados de las obras, tiempos de ejecución, certificados de rendimiento, gestión de cantidades de obra, pruebas de obra (Federación Internacional de Ingenieros Consultores, Fidic, 2017), entre otras dificultades que hacen evidente la necesidad de mejorar la identificación y articulación de componentes en pro de la gestión integral del contrato.

1.2.6 Propósito

Este trabajo de grado se adscribe al énfasis en gerencia de proyectos. Su aporte está compuesto de dos partes: la primera será la creación de un modelo de integración que permita el

emplazamiento de una estructura de Planeación, Seguimiento y Control que sea soporte para establecer procesos de gerencia de proyectos tipo contrato EPC, específicamente en las áreas de alcance, cronograma, costos, recursos y comunicaciones para el contrato en general. La segunda parte tiene que ver con la documentación efectiva del modelo para la estructuración de material educacional con proyección a una línea de investigación, electiva o énfasis que permita a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito complementar su portafolio de servicio en pro de la gerencia moderna de proyectos.

El propósito de este trabajo de grado se centra en la contribución al mejoramiento de los procesos relacionados con la gestión de proyectos en las organizaciones en Colombia que desarrollan proyectos tipo contratos EPC, esto bajo la integración efectiva de estándares internacionales y herramientas tecnológicas de apoyo enfocadas en gestión de proyectos, gestión de datos, inteligencia de negocios y computación en la nube. La integración deberá orientar a quien pretenda tener conocimiento de las herramientas y técnicas aplicables para cada una de las fases del ciclo de vida del contrato EPC, además de visualizar el panorama general de los elementos componentes y su proceso lógico de ejecución mediante la aplicación de un protocolo de actuación procedimental.

La contribución de este trabajo proporcionará un panorama de la gerencia de proyectos aplicable a los contratos EPC visto desde una perspectiva educativa; también permitirá sentar las bases para la exploración a mayor profundidad de estos contratos en Colombia y la manera de afrontarlos, estructurarlos y protocolizarlos a nivel procedimental. Así mismo, busca ampliar la perspectiva para la aplicación del *software* de gestión integrado y su relevancia para la incorporación en procesos formativos y de inclusión a nivel empresarial.

1.2.6.1 Alineación estratégica

El trabajo de grado se alinearán a los objetivos estratégicos trazados por la Cámara Colombiana de Infraestructura; el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia; la Cámara Colombiana de la Construcción y el PMI, teniendo como elementos principales para dicha alineación los siguientes objetivos estratégicos.

Tabla 1. Contribución de trabajo de grado a objetivos estratégicos.

Organización	Objetivos organizacionales	Contribución del proyecto
Cámara Colombiana de Infraestructura	Promover el desarrollo socioeconómico a través de una infraestructura moderna y eficiente.	Generar conocimiento hacia la cadena de valor, por medio de la protocolización gerencial de los procesos integrados para la Planeación, Seguimiento y Control de los proyectos tipo contrato EPC

		en Colombia.
Ministerio de Comercio Industria y Turismo	Aumentar la productividad y el crecimiento empresarial del país.	La generación de un modelo de integración permite que aumente la productividad en las empresas mediante los procesos gerenciales proporcionados en los protocolos de actuación.
Cámara Colombiana de la Construcción	Representar los intereses y fomentar el desarrollo y la responsabilidad social de las empresas, entidades y personas vinculadas a la cadena productiva de la construcción colombiana.	Proporciona un aumento en la cadena productiva del sector de la construcción, por medio de la estructuración gerencial de los procesos, herramientas y técnicas para la gestión de proyectos de alta complejidad.
<i>Project Management Institute</i>	Contar con información centralizada de los distintos proyectos.	La integración de herramientas colaborativas y la estructura del protocolo actuación brinda un proceso lógico de aplicación, integración y visualización de la información de forma centralizada en la nube para procesos colaborativos de gestión.
	Aumentar la capacidad logística y organizacional.	De manera directa influye positivamente a la capacidad logística y organizacional bajo el concepto de agrupación de los procesos gerenciales para la Planeación, Seguimiento y Control.

1.2.7 Objetivos

1.2.7.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo de grado es la **construcción de un modelo PSC (Planeación, Seguimiento y Control) para la integración gerencial en proyectos tipo contrato EPC en Colombia.**

1.2.7.2 Objetivos específicos

- Identificar los elementos componentes, factores incidentes de un contrato EPC en el contexto nacional.
- Realizar una identificación de la estructura y las variables de un contrato EPC desde la visión del pensamiento sistémico.
- Realizar un análisis de proyectos tipo contrato EPC con base en la gerencia de proyectos desde la perspectiva del PMBOK del PMI.
- Realizar el análisis compositivo del modelo PSC a partir de una intervención sistémica para los proyectos tipo EPC basada en la dinámica de sistemas utilizando el *software Vensim PLE*.
- Determinar los requerimientos para cada fase del modelo PSC bajo un conjunto de recomendaciones que son el resultado del proceso de análisis e integración de hallazgos y conclusiones respectivamente.
- Modelar las fases del modelo PSC y verificar los parámetros de medida de las variables por medio del diseño, aplicación y análisis de encuestas y entrevistas con empresas de distintos sectores productivos.
- Determinar los lineamientos y protocolos gerenciales que direccionen la gestión efectiva de proyectos tipo contratos EPC en Colombia.
- Desarrollar la verificación de la propuesta del modelo PSC por medio de entrevistas con expertos.

2. Marco referencial

A continuación, se describe de manera inicial el contexto bajo el cual se emplaza un contrato EPC y la realidad en el ámbito nacional por medio de datos estadísticos, además de las nuevas tendencias de gerencia y planeación estratégica. Posteriormente se detallan los elementos componentes del modelo PSC por medio del emplazamiento de los instrumentos de investigación

para el análisis, la comprensión y la estructura del contrato EPC. Por último, se identifican las herramientas y técnicas aplicables para cada fase del proyecto.

2.1 Datos de referencia de los contratos EPC en Colombia

Durante los últimos años se ha presentado una evolución trascendental en la gestión de proyectos, la búsqueda constante de éxito en la diligencia de las variables más importantes ha llevado a la profesión a desarrollar análisis constantes respecto a las causas más importantes que han determinado tres posibles estados en los proyectos: exitosos (29 %), discutidos (52 %) y fallidos (19 %) (Standish Group, 2016), razones por las cuales los entes internacionales de proyectos como el PMI han desarrollado investigaciones con el propósito de determinar de manera clara las razones que conforman la base del fracaso en la ejecución de proyectos.

La investigación determina qué factores relacionados con la corrupción del alcance, las comunicaciones, el mal manejo de los interesados y la falta de gestión frente a los patrocinadores o *sponsors* (Project Management Institute, 2015) son las causales de mayor recurrencia cuando de fallos importantes se trata, estos se presentan debido a que, en general, las organizaciones se concentran en los procesos orientados al producto, incluyendo sistemas de gestión con debilidades debido a la ausencia directa de la integración entre los procesos de gerencia de proyectos y las distintas fases del ciclo de vida del contrato EPC.

Esta visión permite reconocer la importancia de tres elementos fundamentales, personas, procesos y cultura (Project Management Institute, 2015), elementos que deben estar alineados para obtener los mejores resultados y la consecución de los objetivos estratégicos de la organización. Las personas que son el eje funcional deben estar vinculadas constantemente en procesos de mejora continua en cuanto a capacitaciones, academia y certificaciones; los procesos que son características de integralidad producto-gerencia son el soporte de las buenas prácticas hacia la estrategia de la organización, y por último la cultura que debe ser el motor de la filosofía propia de cada miembro que está vinculado con los factores básicos del funcionamiento de la compañía.

2.2 Nuevas tendencias de gerencia y planeación estratégica

Las organizaciones han desarrollado fuertes cambios buscando adaptarse a los nuevos retos que nos plantean los avances académicos, tecnológicos y organizacionales, procesos que han venido creciendo en todo sentido y que hacen que el concepto de planeación estratégica sea fundamento radical hacia los objetivos de la organización, temas como la utilidad, la expansión, la seguridad y la autonomía (Chiavenato, 2017), se convierten en ejes fundamentales en la gestión relacionada con el buen retorno económico, la visión a nivel de expansión empresarial y los procesos que determinan un futuro, autonomía y trazabilidad organizacional.

Las nuevas tendencias gerenciales se convierten entonces en el ejercicio de búsqueda objetiva para las organizaciones, temas como una visión global, empoderamiento de los ejecutivos, el outsourcing efectivo, el liderazgo y las nuevas estructuras organizacionales (Las nuevas tendencias de la gerencia moderna, 2008), generan nuevas visiones empresariales de características dinámicas en donde el constante análisis de oportunidades y amenazas juegan un papel preponderante al momento de tomar decisiones asertivas.

Con lo anterior, el gran desafío de un gerente está en encontrar el balance adecuado entre el recurso humano, la tecnología y las metodologías gerenciales de seguimiento y control enfocadas a la integración del alcance, cronograma y recursos (Project Management Institute, 2011). Estas variables determinan el camino que conlleva a los modelos más adecuados que nos permitan generar líneas base efectivas que sean las fuentes para la medición de rendimientos durante la ejecución de los proyectos y su retroalimentación adecuada.

2.3 Grandes proyectos de infraestructura, proyectos tipo contratos EPC en Colombia

La evolución de los sectores productivos es prioritaria y su necesaria automatización de procesos ha generado la incesante tarea de transformar la producción y optimizar los procesos de manera que la productividad y los beneficios sean la prioridad. De esta manera, el desarrollo de proyectos relacionados con este propósito ha dinamizado la ingeniería, en ese sentido los contratos denominados EPC, que son trabajos en llave en mano de precio fijo y suma global (Loots & Henchie, 2007), son determinantes por la cantidad de variables que contienen y el nivel de incertidumbre que hay entre los procesos de licitación y ejecución como tal, también son proyectos que generalmente presentan criticidad en sus tres variables asociadas a la triple restricción, alcance, tiempo y costos.

Gran cantidad de proyectos a lo largo del territorio nacional responden a las necesidades específicas de distintos sectores productivos que aportan al PIB de la nación. Proyectos de infraestructura de servicios como los desarrollados en los sectores de producción de energía, bajo la red de interconexión nacional y regional para el área andina. (Anzola, 2010) Edemsa LTDA. Es una de las empresas del sector que tiene entre sus proyectos el desarrollo del 70 % de red de infraestructura de conexión de energía con proyectos de 120.000 millones de pesos en ejecución. Con proyectos EPC ejecutados a nivel nacional como las líneas de conexión de 230 KVA para la zona sur del país, la red de distribución eléctrica para Popayán, Santa Marta, y Bello, Antioquia. El proyecto general de suministro eléctrico de energía de reserva para al aeropuerto el dorado en Bogotá. Empresas Públicas de Medellín EPM tiene a cargo el proyecto de producción energético más grande para Colombia, con la ejecución del proyecto hidro energético Hidroituango, este contempla la construcción del embalse en el río Cauca y la puesta en marcha del cuarto de máquinas para cuatro generadores de energía con capacidad del 10 % de la red de energía

nacional, siendo así uno de los proyectos de mayor relevancia y movimiento económico para el país. Los proyectos anteriormente mencionados hacen parte de la agenda de iniciativas en ejecución y desarrollo bajo la modalidad de contratos EPC y EPCM en Colombia pertenecientes al sector de energía.

Ahora bien, proyectos de construcción de infraestructura vial como la concesión de la Vía al llano desarrollada bajo el proceso marco por la concesionaria Coviandes con un costo de 8 billones de pesos, una estructura de desarrollo con grandes retos de ingeniería, con 24 años de ejecución y tres adiciones presupuestales; (Torres, 2019) representa uno de los proyectos de infraestructura vial con mayor complejidad en el territorio nacional. Por otro lado, el p (Portafolio, 2010)^[66], cuyo desarrollo de ingeniería requirió la modificación de estudios y diseños en dos ocasiones producto de los rediseños bordeando las reservas forestales entre honda y puerto salgar requirió la división de tres sectores de planificación, y tres concesionarias principales para su desarrollo. Estos proyectos son una muestra de un continuo desarrollo de proyectos EPC en Colombia con impactos económicos y productivos para la nación de gran relevancia, siendo estos retos para la administración del contrato una gran oportunidad para consolidar los procesos de la gerencia de proyectos como herramienta para aumentar el éxito en la ejecución de este tipo de contratos.

2.4 Herramientas y metodologías aplicables al contrato EPC

Para el desarrollo de los procesos gerenciales de un Proyecto tipo contrato EPC se hacen necesarias distintas herramientas, técnicas y metodologías cuyo criterio de selección se configuró teniendo en cuenta la disponibilidad y accesibilidad de las mismas en Colombia y los *partner* desarrollares con mayor empleo en los distintos sectores productivos. con lo anterior, se busca lograr una integración efectiva de los elementos, actores y dinámicas que intervienen en distintos momentos del ciclo de vida del contrato EPC, dando como resultado una herramienta integral estructurada que le permite al gerente de proyecto tener el control sobre los distintos componentes para el desarrollo efectivo de este tipo de proyectos, dicha herramienta se denomina “Modelo PSC”.

El modelo PSC cuenta con herramientas de software para la planificación, seguimiento y control como la estructura *Microsoft Project Portfolio Management (PPM)*, que articulado a programas y aplicaciones de Office 365 *professional*, integrando servicios de servidores en la nube, con aplicativos de análisis de datos *Big data* como los cubos OLAP (*On-Line Analytical Processing*) y la herramienta colaborativa Ms Share Point, se convierten en herramientas que bajo la coordinación integrada por un equipo interdisciplinario de profesionales, integrado al manejo correcto y alineado de estándares aplicables de la gerencia moderna hacia la gestión de proyectos como el PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), el modelo

OPM3(*Organizational Project Management Model Maturity*) pertenecientes al PMI(*Project Management Institute*), los índices KPI (*key performance indicator*) y métodos para el análisis de los procesos de gerencia del valor ganado (*Earn Value Management*, EVM), conforman la estructura que permite articular el modelo PSC en las distintas fases del ciclo de vida de un proyecto para cualquier infraestructura. Estas herramientas, técnicas y metodologías serán ahondados en mayor detalle a continuación.

2.4.1 Estructura *Project & Portfolio Management* (PPM)

Microsoft usa el término *Project Portfolio Management* (PPM) para referirse a un grupo de componentes enfocados en la gestión de proyectos, programas y portafolios en la nube, que incluyen dos tipos de estructuras, la primera, *Microsoft Project Professional*, *Project Server* y *Project Web App*, y la segunda, *Microsoft Project Online* combinado con *Project Professional* para Office 365. Estos son integrados en *SharePoint*, ofreciendo una plataforma común de colaboración e información disponible para todos los involucrados en el proyecto, desde la administración general hasta los gerentes de proyecto y los participantes del proyecto. (TPG The Project Group., 2014)⁵.

La integración de los modelos de gestión y gerencia de proyectos articulados a las herramientas desarrolladas por *Microsoft*, brindan la plataforma suficiente para la Planeación, Seguimiento y Control de manera intrínseca para cada uno de los procesos y procedimientos en las distintas etapas del proyecto. Los programas de software utilizados para la gerencia de proyectos EPC no pueden estar desligados de las demás herramientas que componen el portafolio general de *Microsoft* y los trabajos colaborativos asociados a los servicios en la nube. De esta manera se puede acceder a los documentos, cronogramas, presupuestos, procesos, protocolos, formatos y demás componentes para su interpretación y posterior toma de decisiones.

⁵ Texto traducido del idioma inglés.

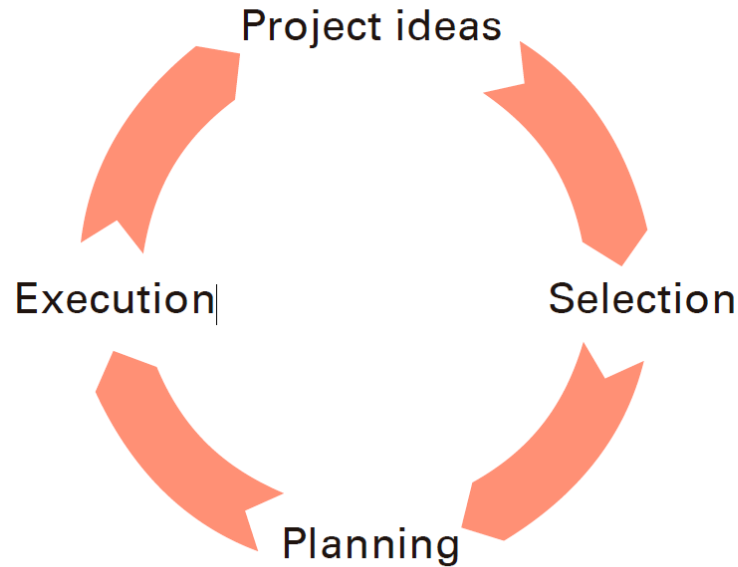


Imagen 1. Ciclo iterativo PPM

La imagen anterior Imagen 1. Ciclo iterativo PPM presenta la forma en que se emplaza un proyecto EPC, representado por el Ciclo iterativo en el que se gesta y se consolidan las tres partes de la estructura principal para el contrato.

2.4.2 *Online Analytical Processing (OLAP)*

OLAP (*On-Line Analytical Processing*) es un paradigma o solución utilizada en el campo de la llamada Inteligencia empresarial (*Business Intelligence*) cuyo objetivo es agilizar la consulta de grandes cantidades de datos, utilizando para ello estructuras multidimensionales llamadas Cubos OLAP. Se usa en informes de dirección, minería de datos, apoyo a la toma de decisiones y áreas similares. (A., F., M., & J.I., 2013, pág. 2)

La base fundamental del modelo físico del cubo OLAP para el análisis de datos lo integran cuatro partes fundamentales; el emplazamiento físico, la contextualización del entorno, el tiempo bajo el cual se realiza el análisis, y el espacio temporal para el cual se desarrolla, estas establecen la primera dimensión del cubo OLAP. En la Imagen 2. Estructura compositiva cubos OLAP (KPI).

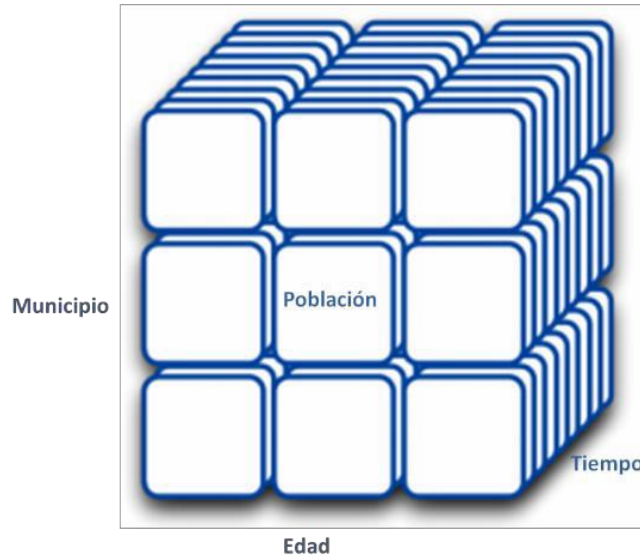


Imagen 2. Estructura compositiva cubos OLAP (A., F., M., & J.I., 2013)

2.4.3 *Key Performance Indicators (KPI)*

Los *Key Performance Indicators* (KPI) o indicadores clave de rendimiento “son compilaciones de medidas de datos utilizadas para evaluar el desempeño de una operación de construcción. Son los métodos que utiliza la gerencia de proyectos. Para evaluar el desempeño de una tarea en particular.” (Cox, Issa, & Ahrens, 2003) Estos indicadores son normalmente utilizados para determinar los avances en la eficiencia, la eficacia y la calidad en términos comparativos a una línea base establecida como parámetro para su análisis posterior, de esta forma se determinan las desviaciones al momento en que se ejecutan las actividades.

Son una de las herramientas para realizar seguimiento y control conforme al avance y ejecución de las actividades, fases y proyectos, según sea su escala de análisis. El establecimiento de los parámetros más acertados para la valoración del avance como los indicadores para el costo, el tiempo y el esfuerzo, son información confrontada con los cronogramas y el presupuesto, con los cuales se puede establecer el estado actual de la ejecución de ítem estudiado.

2.4.4 *Earned Value Management*

“La gestión del valor ganado es una metodología de gestión para integrar el alcance, el cronograma y los recursos, para medir objetivamente el desempeño y el progreso del proyecto; y para pronosticar el resultado del proyecto. La aplicación del valor ganado en

las fases iniciales de iniciación y planificación de un proyecto aumenta la validez y utilidad de la línea base de costos y cronogramas, y es una excelente verificación de los supuestos de alcance del proyecto y la línea base de alcance.” (Project Management Institute, 2011)⁶

Es importante entender este concepto a la luz de la aplicabilidad que tiene la gerencia del valor ganado EVM en los contratos EPC, como fundamento para brindar la información de rendimientos, avance y estado de ejecución del proyecto y del contrato en sí. Confronta de manera reiterada la información consolidada desde la etapa de planificación descrita anteriormente como línea base, esta metodología brinda información con respecto al alcance, el tiempo, el costo y el trabajo realizado en una fecha de estado determinada de análisis, adicionalmente puede establecer el indicador, su desviación, el indicador complementario, la estimación al finalizar, la estimación para completar y la varianza. La correcta aplicación de la metodología para el seguimiento y control del proyecto hace que la respuesta con base en los datos hacia desviaciones e imprevistos se visualicen y que la toma de decisiones sea acertada y a tiempo. En la Tabla 2. Fórmulas *Earned Value Management* se muestran las fórmulas concernientes a las distintas metodologías.

⁶ Traducido del idioma Inglés.

Tabla 2. Fórmulas *Earned Value Management*⁷

<i>EARNED VALUE MANAGEMENT</i>	INDICADOR	DESVIACIÓN	INDICADOR COMPLEMENTARIO	ESTIMACIÓN AL FINALIZAR	ESTIMACIÓN PARA COMPLETAR	VARIANZA
ALCANCE Valor Ganado	$SPI_s = \frac{EV}{PV}$	$SV_s = EV - PV$	$TCPI_{SPIs} = \frac{BAC - EV}{BAC - PV}$	-	-	-
TIEMPO Cronograma Ganado	$SPI_t = \frac{ES}{AD}$	$SV_t = ES - AD$	$TCPI_{SPIt} = \frac{PD - ES}{PD - AD}$	$EAC_t = \frac{PD}{SPI_t}$ $EACt_t = AD + (PD - ES)$	$ETC_t = EAC_t - AD$	$VAC_t = PD - EAC_t$
COSTO Valor Ganado	$CPI = \frac{EV}{AC}$	$CV = EV - AC$	$TCPI_{CPI} = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}$	$EAC_s = \frac{BAC}{CPI}$ $EAC_s = AC + (BAC - EV)$	$ETC_s = EAC_s - AC$	$VAC_s = BAC - EAC_s$
TRABAJO Trabajo Ganado	$WPI = \frac{EW}{AW}$	$SV_w = EW - AW$	$TCPI_{WPI} = \frac{PW - EW}{PW - AW}$	$EAC_w = \frac{PW}{WPI}$ $EAC_w = AW + (PW - EW)$	$ETC_w = EAC_w - AW$	$VAC_w = PW - EAC_w$
$EV = \% \text{ Completado} * BAC$ $AC = \% \text{ Completado} * EAC_s$			$ES = \% \text{ Completado} * PD$ $AD = \% \text{ Completado} * EAC_t$		$EW = \% \text{ Completado} * PW$ $AW = \% \text{ Completado} * EAC_w$	



⁷ La tabla contiene formulas desarrolladas por (AACE, 2019)

Tabla 3. Abreviaturas EVM. Elaboración propia

<i>BAC</i>	<i>BUDGET AT COMPLETION – BASELINE COST</i>	<i>VALOR PRESUPUESTADO</i>	<i>Costo presupuestado para el proyecto</i>
<i>PD</i>	<i>PLANNED DURATION – BASELINE DURATION</i>	<i>DURACION PLANEADA</i>	<i>Duración planeada del proyecto</i>
<i>PW</i>	<i>PLANNED WORK – BASELINE WORK</i>	<i>TRABAJO PLANEADO</i>	<i>Trabajo planeado del proyecto - RH</i>
<i>EV</i>	<i>EARNED VALUE - BCWP - CPTR</i>	<i>VALOR GANADO</i>	<i>Costo planeado en relación con el % completado</i>
<i>ES</i>	<i>EARNED SCHEDULE</i>	<i>CRONOGRAMA GANADO</i>	<i>Cronograma planeado en relación con el % completado</i>
<i>EW</i>	<i>EARNED WORK</i>	<i>TRABAJO GANADO</i>	<i>Trabajo planeado en relación con el % completado</i>
<i>PV</i>	<i>PLANNED VALUE - BCWS - CPTP</i>	<i>VALOR PLANEADO</i>	<i>Costo planeado en relación con la fecha de estado</i>
<i>AC</i>	<i>ACTUAL COST - ACWP - CRTR</i>	<i>COSTO ACTUAL</i>	<i>Costo real en relación con el % completado</i>
<i>AD</i>	<i>ACTUAL DURATION</i>	<i>DURACION ACTUAL</i>	<i>Duración real en relación con el % completado</i>
<i>AW</i>	<i>ACTUAL WORK</i>	<i>TRABAJO ACTUAL</i>	<i>Trabajo real en relación con el % completado</i>
<i>CPI</i>	<i>COST PERFORMANCE INDEX</i>	<i>INDICADOR DE RENDIMIENTO DE COSTO</i>	<i>Muestra cómo está el proyecto respecto al Costo</i>
<i>SPI\$</i>	<i>SCHEDULE PERFORMANCE INDEX - Scope</i>	<i>INDICADOR DE RENDIMIENTO DE ALCANCE</i>	<i>Muestra cómo está el proyecto respecto al Alcance</i>
<i>SPIt</i>	<i>SCHEDULE PERFORMANCE INDEX – Time</i>	<i>INDICADOR DE RENDIMIENTO DE TIEMPO</i>	<i>Muestra cómo está el proyecto respecto al Tiempo</i>
<i>SPIw</i>	<i>SCHEDULE PERFORMANCE INDEX - Work</i>	<i>INDICADOR DE RENDIMIENTO DE TRABAJO</i>	<i>Muestra cómo está el proyecto respecto al Trabajo</i>
<i>TCPI</i>	<i>TO-COMplete PERFORMANCE INDEX</i>	<i>INDICE DE DESEMPEÑO PARA COMPLETAR</i>	<i>Rendimiento complementario (alcance, tiempo, costo, trabajo)</i>
<i>EAC</i>	<i>ESTIMATED AT COMPLETION</i>	<i>ESTIMADO AL FINALIZAR</i>	<i>Valor estimado final (tiempo, costo, trabajo)</i>
<i>ETC</i>	<i>ESTIMATED TO COMPLETE</i>	<i>ESTIMADO PARA COMPLETAR</i>	<i>Valor estimado para completar (tiempo, costo, trabajo)</i>
<i>VAC</i>	<i>VARIANCE AT COMPLETION</i>	<i>VARIACION AL TERMINAR</i>	<i>Variación al terminar (tiempo, costo, trabajo)</i>

2.4.5 *Big data*

Los macrodatos o *big data* por su terminología en inglés es una herramienta de integración de un conjunto de datos acumulativos que tiene como particularidad tres factores, el tamaño o volumen de la información, la complejidad de los datos o variabilidad de datos acopiados y la velocidad de crecimiento de la información (data, 2019). El *big data* se emplea para la recolección masiva de datos con el fin de condensar la información en elementos estadísticos utilizables para la generación de información de valor para la toma de decisiones a nivel empresarial. En los sectores productivos industriales los macro datos cumplen con funciones de agilidad en la recolección, análisis de datos y presentación de información en tiempo real.

Su aplicación en las distintas industrias yace en la reducción de costos para la recopilación de datos, la velocidad para la analítica de la información, la agilidad que representa para la toma de decisiones y la rápida comprensión de las tendencias y proyecciones. Para la gerencia de proyectos el *big data* representa una rápida integración y presentación de información a nivel proyectual, y de gestión de beneficios, los límites están representados en la utilización del *big data*, la programación de los compiladores y las herramientas que integren la información. De igual forma los ordenadores y servidores para la compilación de datos, las rutas informativas y los *firewalls* para la seguridad representan la base física que permiten agilizar o aletargar la información y será de autonomía de cada organización su configuración y empleo.

El empleo de los macro datos también contiene una gran cantidad de procesos internos preoperativos asociados a la manera de ingresar los datos, la focalización de la información, el alineamiento de las fuentes y los métodos de recolección que establezcan la base del plan *data governance*, plan adaptable y configurable a las necesidades específicas de la organización al nivel del detalle para la estructuración de datos en un proyecto.

Los macro datos por sí solos no funcionan para la generación de información, son necesarios elementos adicionales que permitan la integración, las plataformas integradas para la conducción de los datos, las herramientas de gestión de metadatos, los programas integradores de resultados y las herramientas para el soporte de datos entre otros, generan el *big data analytic*, entorno de gestión de datos para el análisis, también conocido como la minería de datos. (LOGICALIS, 2019)

2.4.7 Inteligencia de negocios

La inteligencia de negocio o *Business Intelligence* BI por su terminología en inglés tiene como concepto la combinación de tecnología, herramientas y procesos que permiten la transformación de datos en información, la información en conocimiento y a su vez transformarlo en estrategia organizacional (ORACLE.CORP, 2016). La inteligencia de negocios se genera a partir de la necesidad de procesamiento de datos organizacionales y operativos para la generación de información y conocimiento del negocio, datos internos y externos permiten emplazar a las empresas y organizaciones en entornos laborales competitivos. Sin embargo, los datos no contienen información sin un proceso de análisis, los procesos manuales de recopilación de datos y los tiempos prolongados de análisis provocan el retardo en la adquisición de información que permita la toma de decisiones. Para dar respuesta desde el sector TI se generó la solución por medio de la compilación de la información de manera digital, sin embargo, esta compilación se realizaba por medio de la transcripción de información física en la década de 1980. A partir de la entrada masiva de la conectividad por medio del internet y la difusión masiva de la computación, la integración de datos logro centralizarse, a su vez amplió la capacidad de las organizaciones y provoco la apertura comercial a nivel global. Empresas como Microsoft, Oracle, IBM, Siemens, entre otras, forjaron la minería de datos y el desarrollo de herramientas, software y aplicaciones de integración de datos para la generación de la inteligencia de negocios.

La inteligencia de negocios está compuesta por una estructura adaptativa intregrada por fuentes de datos, compiladores, servidores, sistemas de gestión de datos, integradores de información, estructuras de analítica de datos (OLAP) y software de gestión de la información, que de manera integrada generan la estructura ETL (extracción, transformación y carga de datos). En los repositorios de información, y por medio de los softwares de gestión de la información como las estructuras de análisis PPM de Microsoft, o Oracle *BI suite enterprice* (ORACLE.CORP, 2016), se tImagen 3. Arquitectura de inteligencia de negocios^[08] se muestra de manera gráfica como la inteligencia de negocios se integra de manera lógica en la organización.

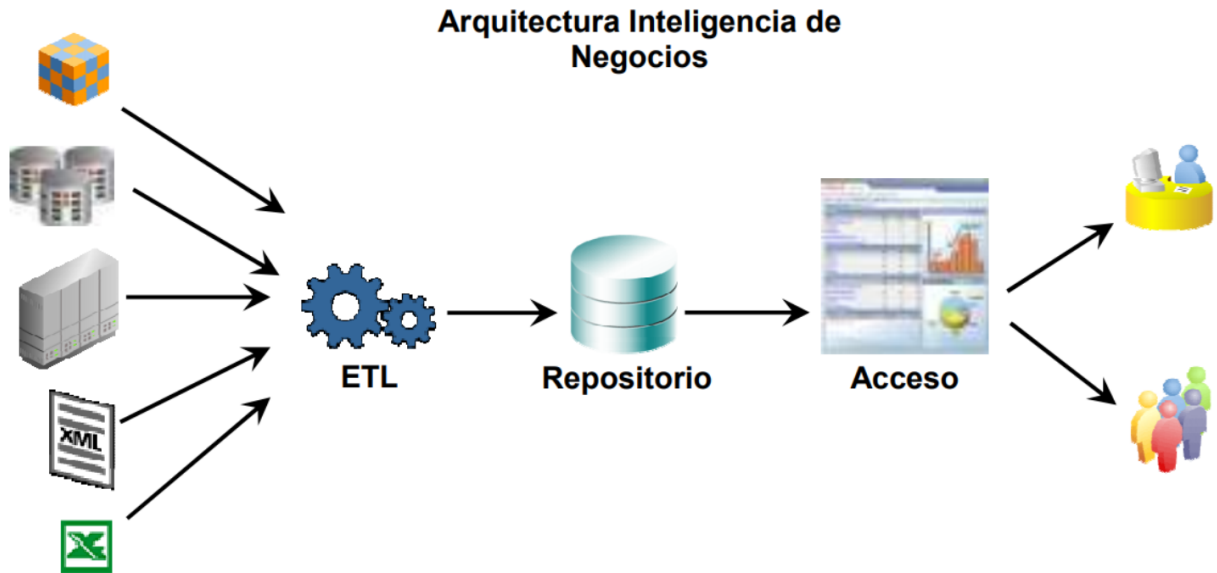


Imagen 3. Arquitectura de inteligencia de negocios (ORACLE.CORP)

La transformación de la información a nivel gerencial representa para la organización la integración proyectual y operativa, esto le permite a la alta gerencia contar con la información transversal proveniente desde el área financiera, operativa, logística y gerencial para la toma de decisiones, además proporcionar la información general y puntual direccionada a los directos interesados de la mismas.

3. Metodología de la investigación

En esta sección se muestran las metodologías empleadas para la investigación, la estructuración metódica compositiva del modelo PSC y las bases de verificación de la propuesta realizada. Por medio de la conceptualización de la hipótesis y la aplicación del enfoque de investigación mixto cualitativo y cuantitativo expuesto por (Sampieri, Collado, & Baptista, 2014), se genera una base de modelo conceptual, desarrollado con instrumentos de enfoques inductivo como el pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas, e instrumentos con resultados y enfoques deductivos de carácter cualitativo como el análisis comparativo entre el proyecto tipo contrato EPC contra el estándar de gerencia de proyecto PMBOK. Estos enfoques permitan establecer el contexto de análisis y la constitución de escenarios compositivos, además, bajo el empleo de instrumentos cuyo resultado es de carácter cuantitativo como encuestas y entrevistas, permiten la recopilación de la información, la verificación y el afinamiento del modelo teórico planteado, que se describe a continuación.

3.1 Tipo de investigación

La investigación es de perfil mixta cualitativa y cuantitativa. El punto de partida para el análisis empieza con una estructura cualitativa realizando la comprensión y la estructuración de la metodología utilizada para el desarrollo en todas las fases para el ciclo de vida del proyecto tipo contrato EPC, que es la etapa inicial conceptual para la comprobación del modelo de integración (Sampieri, Collado, & Baptista, 2014). Este análisis se realiza bajo la comprensión sistémica de las relaciones entre la gerencia de proyectos y la estructura compositiva de un proyecto EPC, teniendo en cuenta la forma, sus relaciones, los componentes y las fronteras de la investigación. Este proceso utiliza el modelamiento sistémico bajo el análisis de la dinámica de sistemas, empleando relaciones lógicas de interrelación, componentes principales y comportamientos para la estructuración del modelo de comprobación.

El enfoque de la investigación cuantitativa se fundamenta primero en la comprobación de las bases establecidas, para ello se utiliza el software de dinámica de sistemas *Vensim PLE*, en este se determina el escenario base para el análisis, y posteriormente se lleva el modelo a escenarios de criticidad con el fin de establecer los parámetros límites para su comprensión, posteriormente se desarrolla el análisis de relación entre el contrato EPC y los procesos expuestos por el estándar PMBOK del PMI, adicional se emplean encuestas y entrevistas con enfoques deductivos para la comprobación de los escenarios y parámetros propuestos anteriormente, adicionalmente estos resultados generan una realimentación al instrumento dinámica de sistemas para afinar, estabilizar y generar la simulación final de los escenarios de hipótesis. El propósito final es generar un modelo PSC estable, que luego de una verificación y análisis a los elementos planteados por expertos externos se obtenga la estructura definitiva.

A partir de los resultados se generan los hallazgos, las conclusiones y las recomendaciones, que son base para la comprensión de la criticidad de los elementos componentes del modelo PSC, el establecimiento del protocolo de actuación para cada fase propuesta y a su vez, organizar y priorizar la utilización de dichos elementos y las recomendaciones para la correcta utilización dentro del desarrollo de este tipo de proyectos.

A manera explicativa a continuación en la Ilustración 3. Estructura de investigación para la construcción del modelo PSC se muestra la forma de desarrollo del proceso de investigación.

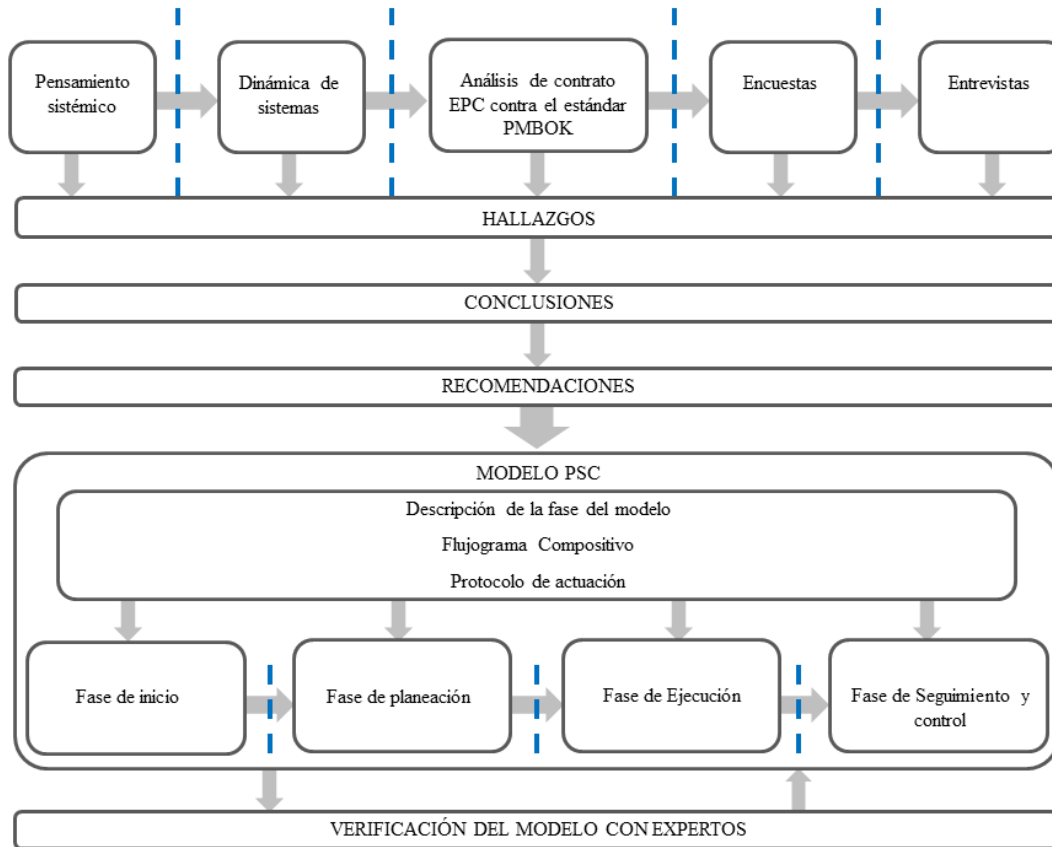


Ilustración 3. Estructura de investigación para la construcción del modelo PSC

A continuación, se desarrolla la estructura compositiva de los instrumentos de investigación.

3.2 Estructura de los instrumentos de investigación

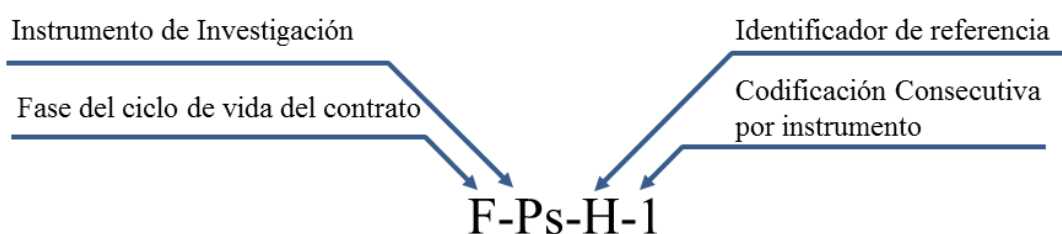
Los instrumentos de investigación anteriormente mencionados serán descritos en detalle a continuación, la elección de éstos se justificó teniendo en cuenta una estructura metodológica propia que permite adquirir información descriptiva, analítica y propositiva de carácter concluyente para la construcción del modelo PSC. La estructura determinada para cada instrumento está compuesta de la siguiente manera:

1. Descripción del instrumento.
2. Análisis del instrumento (elementos vistos en los anexos)
3. Hallazgos del instrumento.

Para la comprensión de los hallazgos, a continuación, en la

Acronimo	Significado	ACRONIMO	INSTRUMENTO
F	FRAMEWORKS	PS	PENSAMIENTO SISTEMICO
I	INICIO	DS	DINÁMICA DE SISTEMAS
P	PLANEACIÓN	PMI	PMI VS CONTRATOS EPC
E	EJECUCIÓN	ENC	ENCUESTAS
S&C	SEGUIMIENTO Y CONTROL	ENT	ENTREVISTAS

Ilustración 4. Explicación codificación de hallazgo se describe a manera explicativa la forma de codificación.



Acronimo	Significado	ACRONIMO	INSTRUMENTO
F	FRAMEWORKS	PS	PENSAMIENTO SISTEMICO
I	INICIO	DS	DINÁMICA DE SISTEMAS
P	PLANEACIÓN	PMI	PMI VS CONTRATOS EPC
E	EJECUCIÓN	ENC	ENCUESTAS
S&C	SEGUIMIENTO Y CONTROL	ENT	ENTREVISTAS

Ilustración 4. Explicación codificación de hallazgo

Elaboración Propia

Esta estructura permite la consolidación de la información para la presentación de los resultados de la investigación. A continuación, se desarrollan los instrumentos descritos.

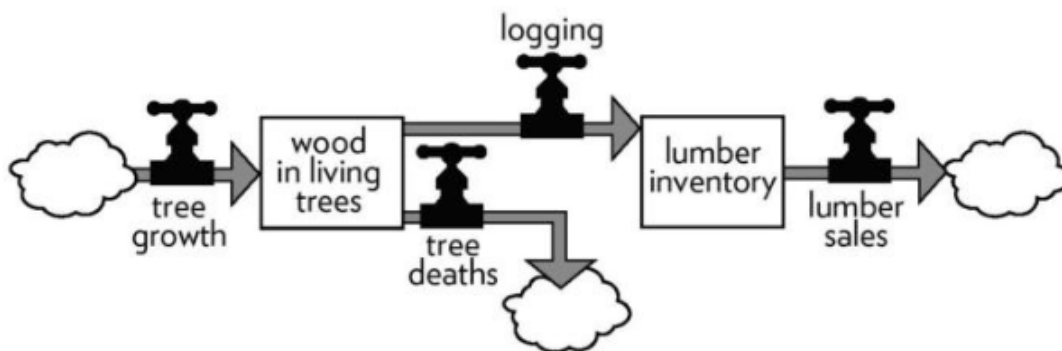
3.3 Pensamiento sistémico

El pensamiento sistémico establece los parámetros para la integración de los distintos elementos componentes y la integración entre las distintas disciplinas. Para Meadows (2008) el pensamiento sistémico: “trasciende disciplinas y culturas, cuando se hace bien,

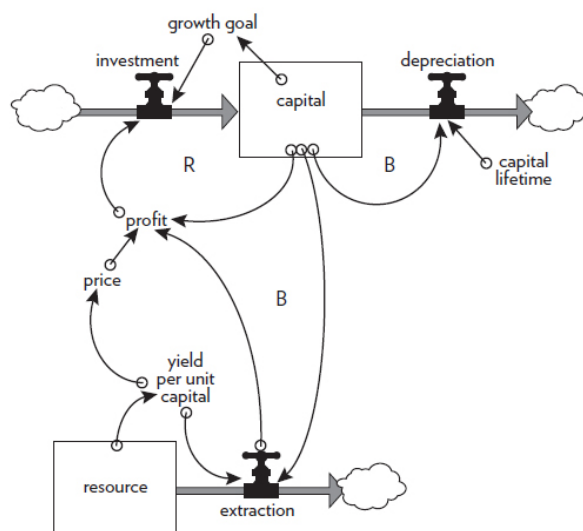
también sobrepasa la historia. Habiendo hablado de la trascendencia, también debo reconocer el faccionalismo. Los analistas de sistemas usan conceptos generales...” (Meadows, 2008)

3.3.1 Descripción del Instrumento Pensamiento sistémico

La estructura que plantea Meadows en su libro *Thinking in Systems* (2008), relaciona las variables, las entradas los procesos de transformación, las formas de dinamización para el balance de los componentes y subsistemas y las salidas, representados por los diagramas de flujos, en la Gráfica 1. Integración de elementos componentes del sistema, análisis de flujos se muestra la forma inicial para la comprensión de los diagramas de flujos en su descomposición de los elementos componentes dentro de un sistema.



Gráfica 1. Integración de elementos componentes del sistema, análisis de flujos. Fuente: Meadows (2008)



Gráfica 2. Variables del diagrama de flujos en un sistema. Fuente: Meadows (2008)

En la Gráfica 2. Variables del diagrama de flujos en un sistema. se muestra la inclusión de las variables, la integración de dinámicas dentro del proceso de transformación y la entrega o salida de productos diferentes por medio de la toma de decisiones; estos elementos influyen tanto en las herramientas como en los procesos emergentes bajo la concepción de variables adyacentes.

El análisis de subsistemas permite establecer los ciclos provenientes de los diagramas causales, siendo estos de dos tipos, ciclos de balance y de refuerzo, en los cuales se establecen dinámicas armónicas en los ciclos de balance, donde es preponderante el equilibrio entre las entradas y las salidas, y los ciclos de refuerzo en los cuales se ejemplifica el aumento exponencial con el paso de los ciclos, bajo la realimentación de las dinámicas en estudio. En la Imagen 4. Dinámicas en los ciclos causales. Balance y Refuerzo a continuación se muestran los ciclos anteriormente mencionados.

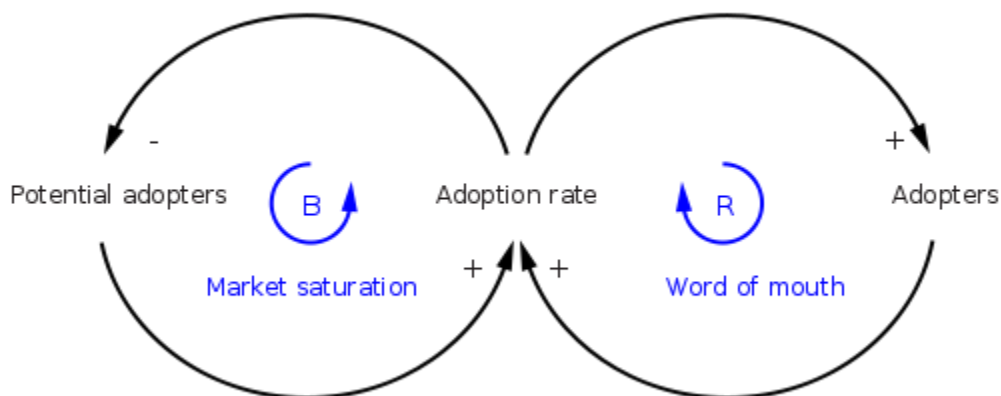


Imagen 4. Dinámicas en los ciclos causales. Balance y Refuerzo

La relación que tienen los distintos ciclos establece la base de ciclos dominantes, los cuales presentan en gran medida la integración de los procesos indispensables para el desarrollo operativo de un sistema, son preponderante ante los demás ciclos producto de la gran cantidad de variables que la integran. Existen ciclos de balance y de refuerzo los cuales permiten entender la dinámica del comportamiento del sistema, de esta forma se integra un plan de acción que, bajo una estrategia de uso de arquetipos, se realiza de manera metódica la aplicación de la dinámica de sistemas. En primera instancia se realiza la identificación de variables, la relación inercial con los factores negativos a trabajar dentro del sistema; siendo estas la base para el establecimiento de las medidas y la aplicabilidad de la respuesta para la integración de la solución como un sistema.

La intervención en sistemas supone la identificación de puntos de apalancamiento en el sistema, entendiendo éstos como puntos o lugares en el sistema donde un cambio pequeño puede generar gran impacto en su comportamiento y posterior diseño del cambio a realizar.

Es de gran importancia tener en cuenta que debido a la complejidad de los sistemas actuales no es posible generalizarlos, es por esto que los puntos de apalancamiento requieren su comprensión y trabajo, para ello es necesario analizarlos y entenderlos de forma rigurosa. Ahora bien, existen diferentes maneras de intervenir un sistema, entre ellas encontramos:

- La cibernética organizacional.
- La planeación interactiva.
- La metodología flexible de sistemas.
- La teoría de complejidad.
- La dinámica de sistemas

El sistema asociado al proyecto tipo contrato EPC se intervendrá por medio de la dinámica de sistemas, en la cual se toman como base el estudio de la frontera de análisis, los actores, y los factores incidentes bajo un análisis de la estructura compositiva con base en la literatura y los antecedentes, seguido por el análisis de las relaciones intrínsecas que se generan por medio de los ciclos causales, la comprensión de los ciclos de balance, de refuerzo y el establecimiento de los ciclos dominantes. Información como insumo para la construcción de los análisis posteriores dentro del instrumento de diagnóstico de la dinámica de sistemas.

El análisis del pensamiento sistémico, integro de manera directa los actores y factores predominantes bajo el análisis deductivo de los elementos componentes del contrato EPC, teniendo en cuenta el punto de vista del observador como constructor y ejecutor del proyecto. Esta frontera permitió identificar los elementos que integran y generan una dinámica entre los ciclos, su naturaleza de balance o de refuerzo, así mismo establecer los procesos de decisión y sus comportamientos.

3.3.2 Análisis del Instrumento Pensamiento sistémico

Para tener una mayor claridad del análisis ver el anexo A. Pensamiento Sistémico.

3.3.3 Hallazgos del Instrumento Pensamiento sistémico

A continuación, se expondrán los hallazgos adquiridos de este instrumento ver Tabla 4. Hallazgos instrumento pensamiento sistémico

Tabla 4. Hallazgos instrumento pensamiento sistémico

Fase	Instrumento	Referencia	#	Codificación	Observación	Conclusión
F	Ps	H	1	F-Ps-H-1	La identificación de los actores y variables de entrada, los stocks y los flujos de procesos radica en la experiencia y el establecimiento de un proceso lógico	F-1

					deductivo que integre de manera concatenada las relaciones y los ciclos que permiten establecer la frontera de análisis de sistemas complejos.	
F	Ps	H	2	F-Ps-H-2	La frontera debe establecer de manera clara cuales elementos y bajo que perspectiva se va a abordar el identificación y análisis.	F-1
F	Ps	H	3	F-Ps-H-3	Los componentes deben integrarse de manera directa en búsqueda de los ciclos relevantes.	F-2
I	Ps	H	1	I-Ps-H-1	La frontera de análisis desde la fase de inicio está determinada para la configuración de la perspectiva constructiva, sin tener en cuenta elementos jurídicos y normativos. Serán los procesos internos de la organización y en los procesos de adjudicación los que tomarán parte de estos elementos.	F-2
P	Ps	H	1	P-Ps-H-1	Las interacciones de los elementos del contrato EPC se presentan de manera directa en relación de la planificación del proyecto.	I-7
F	Ps	H	4	F-Ps-H-4	El uso de los métodos de análisis de diagramas causales permitió la identificación de herramientas y técnicas empleadas de manera recurrente para el desarrollo de las interacciones como medio para la adquisición de la información necesaria para la planificación del proyecto.	P-2
F	Ps	H	5	F-Ps-H-5	Las interacciones determinaron los actores principales y relevantes para los ciclos de iniciación, la asociación de la fase de planeación y los procesos trasversales en el ciclo del proyecto.	F-2
P	Ps	H	2	P-Ps-H-2	Los procesos de decisión de la organización determinaron las dinámicas iterativas que se generan para la consolidación de los procesos de comunicación, de planeación del proyecto, y su relación con la ejecución a nivel de recursos, cantidades de obra y parámetros de seguimiento y control.	P-2
F	Ps	H	6	F-Ps-H-6	Los ciclos de balance determinaron las herramientas y técnicas necesarias para la estabilización de los procesos para el modelamiento y la simulación del modelo en sus distintas fases del ciclo de vida del proyecto.	F-2
F	Ps	H	7	F-Ps-H-7	Los ciclos de refuerzo integrados por las variables de tiempo, los elementos de eficiencia determinados por los componentes de herramientas utilizadas para las distintas fases del modelo agilizan o ralentizan los tiempos totales de cada	F-2

					fase.	
P	Ps	H	3	P-Ps-H-3	Las interdependencias que se generan de manera preponderante en la fase de planeación despliegan la mayor cantidad de ciclos iterativos donde no solo la gerencia del proyecto y la gestión operativa consolidan la información para el desarrollo de la documentación, los procesos de gestión financiera y gerencial.	F-1
S&C	Ps	H	1	S&C-Ps-H-1	El interlocutor de la construcción y la entrega en la ejecución del proyecto lo realizan la interventoría y la auditoría del proyecto. Quienes realizan la validación de los entregables de manera definitiva.	S&C-6

3.4 Dinámica de sistemas

La dinámica de sistemas como medio de análisis de sistemas complejos representa una herramienta de tipo iterativa que busca generar modelos que visualicen situaciones reales desde una realidad virtual, de esta manera permite realizar pruebas que busquen mejorar esa realidad virtual o por otro lado simular cambios con el propósito de llevar trazabilidad de los impactos en el tiempo.

En la actualidad la dinámica de sistemas hace parte de múltiples investigaciones de tipo social, técnico, gerencial y problemas ambientales (System Dynamics Society, 2018), esto implica que las necesidades y las investigaciones van en crecimiento, los propósitos siempre están enfocados en ayudar a entender sistemas, resolver problemas y evaluar efectividad en cambios en el tiempo.

3.4.1 Descripción del Instrumento Dinámica de Sistemas

El modelado es un proceso de retroalimentación y no una secuencia lineal de pasos (Stermán, 2000), esto referencia el concepto de las simulaciones en el tiempo bajo los parámetros: *initial time*, *final time*, *time step*, *units for time* y *integration type*, que son campo propios de los software de simulación, y representan la cantidad de iteraciones que se quieren hacer para el modelo en cuestión. Los modelos se caracterizan por iteraciones continuas que están enfocadas en mejorar la estabilidad y la sensibilidad del modelo, luego de representar la realidad de un sistema, permite analizar rangos y valores críticos en variables para entender y finalmente tomar las decisiones que representen las mejores decisiones frente al sistema.

El proceso de modelado cuenta con los siguientes elementos: articulación del problema, formular una hipótesis dinámica, formular un modelo de simulación, probar el modelo y finalmente diseñar y evaluar políticas de mejora (Sterman, 2000), tal como lo muestra la Imagen 5.

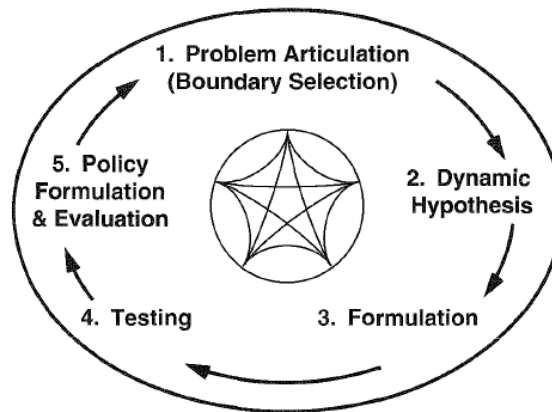


Imagen 5. Procesos de Modelado (Sterman, 2000)

- 1. Articulación del problema:** Este paso está relacionado con la selección del problema, esto incluye analizar cuáles son las variables claves para el sistema que se está determinando, para ello es importante el horizonte de análisis y así mismo los *setups* para la simulación, y finalmente es fundamental tener claro los históricos comportamentales de las variables consideradas.
- 2. Formulación de la hipótesis dinámica:** En este proceso es importante determinar una hipótesis inicial bajo la perspectiva actual del sistema, específicamente sobre las causas del problema como tal, ello implica un análisis endógeno a partir de las variables clave, para ello se deben tener límites claros de análisis, utilizando subsistemas relacionados, diagramas causales y estructurando las variables en auxiliares, de nivel y de flujo.
- 3. Formulación del modelo de simulación:** Durante esta fase es importante la especificación de la estructura, estimación de parámetros, relaciones y condiciones iniciales de las variables respectivas, con ello se realizan las primeras pruebas de consistencia del modelo con el propósito de modelar el problema bajo los parámetros de la hipótesis dinámica.
- 4. Pruebas:** Durante la etapa de pruebas es importante realizar la comparación del modelo con la situación de referencia para confirmar el propósito del este, luego se prueban condiciones extremas en rangos de las variables para determinar límites importantes, y por último, determinar la sensibilidad de todo el modelo generado por las condiciones iniciales y los rangos determinados.

5. Diseño de políticas y evaluación: En la última fase se determina el escenario clave para el sistema modelado, se determinan las condiciones y reglas que hacen parte del diseño de las políticas propias al modelo y finalmente se realiza el análisis a la sensibilidad para verificar qué tan robusta es la modelación y posterior aplicación de las políticas en búsqueda de los objetivos propuestos.

La dinámica de sistemas ha sido utilizada en muchas ocasiones para resolver problemas complejos (Amelia, Jung, & Iurchenko, July 20-24, 2014), como herramienta de simulación permite identificar las variables críticas con sus rangos y valores predeterminados en búsqueda de una operación efectiva y óptima.

Toda organización o proceso requiere de mejora continua, es así, como las nuevas políticas organizacionales deben generar crecimiento organizacional y optimización de métodos para alcanzar objetivos primordiales; pero ¿cómo saber que una política puede ser eficiente?, una forma de saberlo es a través de un modelo basado en dinámica de sistemas, este puede resolver este tipo de inquietudes y sin ningún tipo de costo o intervención real sobre el sistema.

La dinámica de sistemas vista como una herramienta que permite analizar la complejidad de la interacción de los distintos actores y ciclos que tiene un proyecto tipo contrato EPC, adquiere mérito preponderante en la forma que se pueden evidenciar las distintas relaciones de las variables propias del contrato involucradas en cada una de sus fases; por otro lado, la relación inherente que tiene este tipo de proyectos con las prácticas en gerencia de proyectos, determinan la necesidad de identificar, establecer y determinar el orden metodológico de actuación de los distintos factores en pro del éxito de proyectos de tal envergadura. Bajo esta perspectiva, esta investigación establece los elementos críticos que influyen en el desarrollo de este tipo de contratos, identifica sus actores y establece sus ciclos dominantes, de manera tal que se puedan integrar en un proceso lógico que permita modelarlo y analizarlo desde sus componentes principales (variables y stocks).

La planeación, ejecución y seguimiento y control dentro del desarrollo de un proyecto tipo contrato EPC (*Engineering, Procurement, and Construction*) implica una gran cantidad de interacciones por parte de actores incidentes en la dinámica misma del contrato, esto requiere tener el conocimiento de los elementos inerciales y los factores principales que impactan la correcta ejecución del proyecto. Lo anterior determina el punto de partida para el análisis desde la dinámica de sistemas, es decir, la magnitud de la influencia que tienen las especificaciones provenientes por parte del contratante y los detalles previamente desarrollados durante la ingeniería básica, nos permiten determinar los requerimientos del proyecto dentro de los parámetros de tiempo, rangos de calidad y costos asociados directos e indirectos para el proyecto. (Federación internacional de ingenieros consultores; FIDIC, 2017).

En este numeral se presentan las variables por grupo de proceso (inicio, planeación, ejecución y seguimiento & control) del proyecto, su modelamiento, estabilidad y análisis de sensibilidad en cada una de estas para un proyecto tipo contrato EPC. Cada modelo utilizará tres tipos de variables: auxiliares, de nivel y de flujo. Las variables de nivel están relacionadas con la acumulación en el tiempo de una cierta magnitud, las variables de flujo básicamente muestran la variación por unidad de tiempo o medida de simulación de las variables de nivel y las variables auxiliares están enfocadas a dar soporte al sistema y apoyar las variables de flujo.

La estructura de desarrollo de la dinámica de sistemas consiste en el empleo de una estructura compuesta por tres momentos, primero se genera el modelamiento del proyecto en el cual se incluyen los distintos elementos, sus variables principales y auxiliares, de esta manera, se estipula la estructura de análisis para la configuración del escenario base y su simulación inicial, seguidamente vienen las pruebas y la estabilidad del sistema, parte que comprende la integración, la transformación de la información recibida en los instrumentos de comprobación, entrevistas y encuestas cuyo procesamiento requiere de una analítica de transformación bajo algoritmos matemáticos en términos de ecuaciones y funciones; esto permite generar la afinación, estabilización del sistema y el establecimiento de los rangos de criticidad, finalmente, se desarrolla el análisis de sensibilidad que permite establecer la criticidad de variables y la sensibilidad sobre los espectros del sistema.

3.4.2 Análisis del Instrumento Dinámica de Sistemas

El desarrollo y análisis relacionados con dinámica de sistemas se encuentran en el anexo B, en este se desarrollan a cabalidad los procesos de la dinámica de sistemas (modelo, hipótesis del modelo y pruebas).

3.4.3 Hallazgos del Instrumento Dinámica de Sistemas

Los hallazgos de este instrumento se encuentran descritos a continuación.

Tabla 5. Hallazgos instrumento Dinámica de sistemas.

Fase	Instrum.	Ref.	#	Codificación	Observación	Conclusión
I	Ds	H	1	I-Ds-H-1	La variable denominada FAO presenta en el modelo de inicio gran importancia, el sistema es muy sensible a variaciones de esta. La representación real de la variable está relacionada con las costumbres de la organización, y para ello el equipo involucrado en esta fase del contrato puede determinar con su experiencia los detalles	I-1

					para una óptima licitación.	
I	Ds	H	2	I-Ds-H-2	La complejidad del proyecto bajo la cantidad de requerimientos es fundamental, en ese sentido, variables como FAO y el factor PI, se involucran algebraicamente en el proceso de llevar estos requerimientos a APU's con un gran nivel de sensibilidad en tiempo.	I-4
I	Ds	H	3	I-Ds-H-3	Para el contrato el número de APU's puede determinar un punto crítico en la consolidación de la liquidación, la complejidad del sistema por este factor es alta y la inclusión del cliente para la validación de estos es vital, con una buena gestión se determina un valor óptimo para cerrar a tiempo la fase de Inicio.	I-6
P	Ds	H	1	P-Ds-H-1	La variable denominada FAO presenta en el modelo de planeación gran importancia, el sistema es muy sensible a variaciones de esta, a tal punto que puede llevar el sistema a estar inestable por indeterminaciones matemáticas, esto hace que los elementos involucrados deben ser prioritarios en la organización.	P-1
P	Ds	H	2	P-Ds-H-2	El modelo en esta fase soporta el factor PI de los interesados como un punto importante en la transición de los documentos desde la entrega de requerimientos y APU's hasta generar la PMB, internos y externos deben ser tenidos en cuenta desde el inicio del proceso, la sensibilidad de esta variable puede llegar en algún momento a indeterminar matemáticamente los procesos.	P-2
P	Ds	H	3	P-Ds-H-3	Dentro del modelo es importante detallar dentro de los FAO, con cuáles herramientas cuenta la organización para soportar esta fase, software de gestión de proyectos, herramientas de análisis dinámico de datos y aplicaciones de gestión colaborativa son muy importantes.	P-12
P	Ds	H	4	P-Ds-H-4	La validación desde el modelo determina que es importante la revisión continua del cronograma, bajo la estructura de la PMB y con lineamientos del cliente, esto representa la ruta para el proyecto y los compromisos cliente / constructor en cada periodo de análisis.	P-2
E	Ds	H	1	E-Ds-H-1	La variable denominada FAO presenta en el modelo de ejecución gran importancia, el sistema es muy sensible a variaciones de esta, puede llevar al proyecto a estados de retraso y sobre costo, por ello las prácticas	E-1

					organizaciones, la sinergia en el desarrollo de la obra, los supervisores de obra, el gestor del contrato y una buena dinámica de equipos son componentes de gran valor para este tipo de contratos.	
E	Ds	H	2	E-Ds-H-2	La variable Promedio de entrega de ingeniería está en el comienzo del proceso de ejecución, determina el nivel de rendimiento al cual debe desarrollarse la ingeniería durante el proyecto, de este primer ciclo depende la construcción de la obra y por ende es la encargada de llevar el contrato en el ritmo óptimo	E-3
E	Ds	H	3	E-Ds-H-3	Los proveedores representan una variable muy importante dentro del modelado, estos se involucran al momento de iniciar con la obra, así, es importante dimensionar, que una construcción eficaz se soporta en una gestión de procura efectiva, y para que esto suceda la gestión de proveedores bajo negociaciones financieras equilibradas es pilar en la estabilidad de esta conjunción.	E-2
E	Ds	H	4	E-Ds-H-4	Las liberaciones en campo representan una variable muy importante dentro del modelado, estas son necesarias para iniciar a construir, es un panorama que normalmente sucede cuando diferentes contratistas están interviniendo bajo un mismo objeto de macro contrato, si es así, la coordinación bajo estructuras de proyectos maestros es fundamental, esta puede determinar rutas críticas mixtas que, bajo un buen modelo de gestión, puede soportar el aseguramiento de este tipo de variables.	E-4 / P-2
E	Ds	H	5	E-Ds-H-5	Respecto a la obra, es importante en el modelo la visual de <i>stocks</i> concatenados, estos representan las posibilidades que tiene la obra respecto al seguimiento de esta, por esto, el plan de calidad se convierte en un documento muy importante ya que en él se encuentran las condiciones de prueba que se estipulen desde el inicio del contrato entre los involucrados, cliente, constructor e interventoría.	E-7
S&C	Ds	H	1	S&C-Ds-H-1	El valor del CPI (índice de rendimiento de costo) como variable dentro del modelo es fundamental, muestra la importancia, rangos y sensibilidad de esta variable que para los contratos es fundamental en todo momento de su ejecución.	S&C-7
S&C	Ds	H	2	S&C-Ds-H-2	El valor del SPI (índice de rendimiento de la programación) como variable dentro del modelo es fundamental, representa la importancia, rangos y sensibilidad de esta variable que para los contratos es	S&C-7

					fundamental en todo momento de su ejecución.	
--	--	--	--	--	--	--

3.5 El proyecto tipo contrato EPC vs el Estándar de gerencia de proyectos PMBOK

La ejecución de proyectos con características de gran tamaño, alta complejidad y gestión por fases, presentan actualmente ciertas dificultades a nivel de la gestión relacionadas con los procesos orientados a la gerencia de estos. De lo anterior podemos referenciar, que en la ejecución de estos proyectos se evidencian debilidades respecto a la gestión general del contrato, este difícil escenario se presenta generalmente por percepciones erróneas por parte de los ejecutores de estos, la falta de conocimiento respecto a conceptos de gerencia de proyectos, el desconocimiento de la integración tecnológica hacia la gestión de proyectos y finalmente, a estructuras de modelación y planificación básicas y de baja calidad. Estos factores son preponderantes en las fallas y fracasos de los proyectos, y son finalmente, esa motivación base de las organizaciones para invertir en modelos más robustos que soporten efectivamente la ejecución de este tipo de contratos. Sin embargo, hoy la mayoría de los países realizan distintos esfuerzos para la divulgación, enseñanza y aplicabilidad de buenas prácticas, y de manera general, incrementar la correcta gestión y ejecución de proyectos por medio de la aplicación de estándares internacionales. En ese sentido, para mostrar de manera directa, la relación que tiene la gerencia de proyectos y los proyectos tipo contratos EPC, se debe generar la integración entre las distintas posturas, prácticas, procesos y procedimientos que son establecidos por las instituciones que producen conocimiento relevante en el tema.

3.5.1 Descripción del Instrumento el proyecto tipo contrato EPC contra el Estándar de gerencia de proyectos PMBOK

Con el fin de exponer el panorama que involucra la gerencia de proyectos en este tipo de contratos, se realizó un análisis comparativo de los procesos actuales comunes en la gestión de contratos EPC, referenciados bajo los 49 procesos proporcionados por el PMI (*Project Management Institute*) en su guía del PMBOK. El propósito es tomar como base del análisis la integración de las partes bajo un cuadro comparativo, que permita realizar un símil y establecer parámetros de concordancia y de igual forma identificar los elementos disyuntivos, que pueden complementarse para dar una luz al establecimiento del modelo PSC para la gerencia de proyectos tipo contrato EPC en Colombia.

3.5.2 Análisis del Instrumento el proyecto tipo contrato EPC contra el Estándar de gerencia de proyectos PMBOK

El análisis generado para este instrumento se encuentra en el anexo C, en el cual se presenta de manera profunda todos los elementos identificados transversalmente a cada proceso estructurado por el PMI en comparación con las consideraciones expuestas por entidades, empresas y expertos en la ejecución de proyectos tipo contrato EPC.

3.5.3 Hallazgos del Instrumento el proyecto tipo contrato EPC contra el Estándar de gerencia de proyectos PMBOK

A continuación, se encuentran los hallazgos consolidados de este instrumento.

Tabla 6. Hallazgos instrumento El proyecto tipo contrato EPC contra los estándares de gerencia de proyectos

Fase	Instrum.	Ref.	#	Codificación	Observación	Conclusión
I	PMI	H	1	I-PMI-H-1	Ambas organizaciones (PMI / FIDIC) presentan condiciones generales para el desarrollo del acta de inicio.	I-2
I	PMI	H	2	I-PMI-H-2	El FIDIC genera en mayor detalle la constitución del documento del acta de inicio, haciendo mención no a elementos a nivel gerencial, sino además incluye temas de financiación y manejo de anticipos	I-1
I	PMI	H	3	I-PMI-H-3	EL contrato presenta un cambio entre la autorización formal, gerente de proyecto (PMI) y director del contrato (FIDIC).	I-1
I	PMI	H	4	I-PMI-H-4	El FIDIC tiene como elementos principales la gestión financiera y de financiación para los proyectos	I-2
P	PMI	H	1	P-PMI-H-1	Los Costos y gastos del proyecto son contemplados por ambas organizaciones a nivel de condiciones y acuerdos generales	P-9
P	PMI	H	2	P-PMI-H-2	EL FIDIC tiene artículos generados de manera exclusiva para la generación de planes de gestión del contratista y del contratante	P-1
P	PMI	H	3	P-PMI-H-3	El PMI tiene como guía principal y elemento rector el plan de gestión del proyecto como el proceso de integración a nivel de planificación del proyecto	P-1
E	PMI	H	1	E-PMI-H-1	La gestión para el FIDIC a nivel de reportes de recursos proporciona mayor especificidad, en cuanto a las recomendaciones que se generan para el control de personal, avance y culminación	E-10

					del proyecto	
E	PMI	H	2	E-PMI-H-2	El PMI tiene como entradas todos los planes de gestión, bajo los cuales se establecen los parámetros para la medición de rendimientos.	S&C-7
E	PMI	H	3	E-PMI-H-3	El FIDIC menciona la gestión del trabajo y sus variaciones de manera específica, incluyendo las ajustas de trabajo por legislación y costos	S&C-6
E	PMI	H	4	E-PMI-H-4	EL FIDIC tiene un capítulo dedicado a las condiciones generales asociadas a las pruebas, testeos, y determinación de retrabajos y ajustes.	E-7
E	PMI	H	5	E-PMI-H-5	El PMI no contempla descripciones asociadas a los retrabajos y ajustes propios de la obra que son responsabilidad del contratista en los procesos de pruebas de obra	E-7
E	PMI	H	6	E-PMI-H-6	El FIDIC no presenta de manera directa las directrices para la gestión del conocimiento del proyecto y las lecciones aprendidas	E-8
E	PMI	H	7	E-PMI-H-7	El PMI integra de manera directa para el desarrollo del proyecto la documentación del proyecto, para el desarrollo de proyectos futuros	E-9
S&C	PMI	H	1	S&C-PMI-H-1	Desde la gerencia de proyectos y la gestión de los proyectos ambas organizaciones, determinan el control del trabajo del proyecto, sus variaciones y las formas de entrega de información	S&C-6
S&C	PMI	H	2	S&C-PMI-H-2	La ejecución del seguimiento y control en las empresas se genera por medio de seguimientos de EVM	S&C-7
S&C	PMI	H	3	S&C-PMI-H-3	La gestión del cambio en el PMI y el FIDIC cuentan con procesos para el control integrado de cambio	S&C-2
S&C	PMI	H	4	S&C-PMI-H-4	Con respecto a la generación de análisis, pruebas y reportes el FIDIC genera a mayor profundidad los lineamientos para el control y la valoración de desviaciones en la ejecución de los proyectos	S&C-5
S&C	PMI	H	5	S&C-PMI-H-5	El FIDIC tiene como argumento de control para el trabajo la construcción de un trabajo diario por RWP para la disminución de incidentes en el proyecto.	S&C-6
E	PMI	H	8	E-PMI-H-8	Para ambas entidades la validación de requerimientos es la base del proceso de cierre, se fundamentan en pruebas efectivas entre contratista / cliente / interventoría.	E-7
P	PMI	H	4	P-PMI-H-4	El PMI y el FIDIC presentan como elementos rectores para el proyecto el desarrollo de un plan de gestión que defina el alcance, las especificaciones y los	P-2

					critérios para la aceptación del proyecto	
P	PMI	H	5	P-PMI-H-5	El alcance proviene desde el área comercial, para el PMI es fundamental los requerimientos, que vistos desde la perspectiva del contrato EPC, la estructura de ingeniería FEED nos presenta la base de la estructura respecto al alcance.	I-1
P	PMI	H	6	P-PMI-H-6	Tanto el PMI como el FIDIC presentan como el proceso primordial la recolección de requerimientos.	P-1
P	PMI	H	7	P-PMI-H-7	El proceso de recolectar requerimientos debe contener a cabalidad todos los requerimientos, provenientes de todos los interesados.	P-1
P	PMI	H	8	P-PMI-H-8	Para el PMI y el FIDIC la definición del alcance hace parte fundamental del horizonte de planeación, la diferencia es que el PMI plantea un proceso de recolección de requerimientos inicial como base de la definición del alcance (enfoque convencional), en cambio, un contrato epcista por su característica FEL (Front End Loading) tiene como objetivo principal lograr una comprensión del proyecto propuesto suficientemente detallado como para minimizar los cambios en las fases de ingeniería, construcción y puesta en marcha.	P-2
P	PMI	H	9	P-PMI-H-9	El PMI tiene un desarrollo específico acerca de la forma procesar los requerimientos y definir el alcance, del proyecto y del producto	P-1
P	PMI	H	10	P-PMI-H-10	El PMI tiene como eje principal la EDT/WBS como base de la estructura de planeación del proyecto	P-2
P	PMI	H	11	P-PMI-H-11	Las organizaciones de manera directa generan un control del alcance de acuerdo con los requerimientos y acuerdos pactados en el <i>charter</i> .	I-1
P	PMI	H	12	P-PMI-H-12	El modelo de seguimiento y control más usado dentro de los proyectos tipo contrato EPC son las técnicas EVM, así mismo las curvas S para alcance hacen parte comúnmente en los informes relacionados.	S&C-7
P	PMI	H	13	P-PMI-H-13	Tanto el PMI como el FIDIC tienen dentro de sus procesos la generación de cronogramas asociados a las actividades, su duración y la cuantificación de tiempos para la ejecución del contrato.	P-2
P	PMI	H	14	P-PMI-H-14	El PMI de manera específica determina un proceso lógico para la estructuración del proceso haciendo énfasis en los métodos posibles aplicables a la gestión del cronograma	P-2
P	PMI	H	15	P-PMI-H-15	La definición de actividades tanto para las	P-2

					empresas como organizaciones hacen de la definición de actividades el proceso clave como guía para el desarrollo de la planeación del proyecto	
P	PMI	H	16	P-PMI-H-16	El proceso de secuenciar actividades tiene un amplio uso en los modelos de planificación de contratos EPC (a nivel interno y externo) brindando métodos que permiten la secuenciación rápida y concluyente para las actividades identificadas	P-2
P	PMI	H	17	P-PMI-H-17	En la estimación de la duración de las actividades, la valoración por juicio de expertos y la indagación de lecciones aprendidas de trabajos similares anteriormente ejecutados hacen de la programación una estimación acertada con la menor cantidad de riesgos asociados	P-1
P	PMI	H	18	P-PMI-H-18	El desarrollo del cronograma es ampliamente usado en la gestión de proyectos epcistas, sin importar el sector productivo; pero la realidad es que presenta grandes falencias dentro de la estructura metodológica aplicada a este proceso	P-1
S&C	PMI	H	6	S&C-PMI-H-6	El seguimiento de proyectos en contratos de esta magnitud presenta limitaciones, técnicas como EVM, requieren un fundamento técnico alto desde el manejo del software para que los controles a nivel de proyectos, subproyectos y proyectos maestros sean representativos.	S&C-5
P	PMI	H	19	P-PMI-H-19	El desarrollo del plan de gestión de los costos a nivel organizacional tiene un valor preponderante producto de la relevancia para la alta gerencia por ser un determinante para la planeación estratégica de las organizaciones más que para los proyectos.	P-4
P	PMI	H	20	P-PMI-H-20	El PMI no establece el gerenciamiento de los recursos financieros y de financiación, siendo estos claves para aseguramiento del proyecto.	P-6
P	PMI	H	21	P-PMI-H-21	El FIDIC en su libro <i>silver book</i> , cuenta con una estructura amplia para el aseguramiento de los recursos, la cuantificación de los rubros y los acuerdos entre las partes contratante y contratista. Desde las primeras etapas del proyecto.	P-6
P	PMI	H	22	P-PMI-H-22	La estimación de los costos es desarrollada de manera acertada de en alto grado gracias a la aplicación de los análisis de precios unitarios APUS.	I-4
P	PMI	H	23	P-PMI-H-23	La utilización de juicio de expertos y estimaciones paramétricas, son recomendadas tanto por el PMI como por	P-2

					el FIDIC como métodos con alto grado de probabilidad de certeza para la planificación del proyecto.	
P	PMI	H	24	P-PMI-H-24	Las empresas toman el presupuesto como herramienta de programación y de plantación sin tener en cuenta los procesos de gestión del cronograma.	P-2
P	PMI	H	25	P-PMI-H-25	La falta de planificación de los recursos económicos genera en gran medida los retrasos en la ejecución de los proyectos.	P-6
P	PMI	H	26	P-PMI-H-26	Los proyectos tipo contrato EPC requieren de manera directa la gestión financiera como eje principal para el aseguramiento de los recursos y de igual forma el control a nivel proyectual y organizacional.	P-6
P	PMI	H	27	P-PMI-H-27	Las empresas epcistas integran de manera importante los métodos de seguimiento para los costos, EVM se hace como la herramienta más empleada en distintos sectores productivos a nivel nacional.	P-7
P	PMI	H	28	P-PMI-H-28	La gestión de la calidad para los proyectos de los sectores industriales representa un factor representativo respecto a temas de sobrecosto, para ello la inclusión de todos los modelos de pruebas bajo la referencia de ingeniería FEED, propone un escenario más eficiente durante la ejecución del proyecto.	P-1
E	PMI	H	9	E-PMI-H-9	La validación de la calidad de los procesos y actividades programadas se generan de manera directa por parte del cliente haciendo una verificación de las condiciones y requerimientos establecidos en el <i>charter</i> .	E-7
E	PMI	H	10	E-PMI-H-10	La aplicación de las metodologías de control como planes de inspección y pruebas en los sectores productivos, genera una reducción significativa respecto a retrabajos y sobrecostos del contrato.	E-7
S&C	PMI	H	7	S&C-PMI-H-7	La relación directa que tiene la calidad con los procesos de planeación de cronograma y costo radica en la correcta aplicación de métodos, herramientas y técnicas que le permiten asegurar la calidad al momento de validar y controlar la calidad.	S&C-1
P	PMI	H	28	P-PMI-H-28	La gestión de los recursos para las organizaciones es de gran importancia, la asignación de estos y su respectiva gestión, deben estar vinculados directamente con el cronograma del proyecto.	P-9
P	PMI	H	29	P-PMI-H-29	La estimación de los recursos en contratos epcistas provienen principalmente de la relación conjunta entre el cronograma, los costos, la información de los APU's y las especificaciones necesarias para el proyecto.	P-9

P	PMI	H	30	P-PMI-H-30	La estimación de los recursos subcontratados, deberán contener un contrato propio establecido entre el contratista y el ejecutor, descritos a profundidad por el FIDIC en el <i>silver book</i> .	E-2
E	PMI	H	11	E-PMI-H-11	Los proyectos asociados a este tipo de contratos requieren de manera importante un área encargada que se dedique en su totalidad al manejo de las adquisiciones de los recursos	E-2
E	PMI	H	12	E-PMI-H-12	Los equipos de trabajo y su formación deben establecerse de manera estructurada y complementaria desde la iniciación del proyecto con el fin de garantizar la continuidad y reducir la rotación de personal en sus distintas etapas.	E-5
E	PMI	H	13	E-PMI-H-13	El equipo debe propender por la sana convivencia, la ayuda y el desarrollo de habilidades a nivel laboral.	E-5
E	PMI	H	14	E-PMI-H-14	La gestión del equipo del proyecto debe garantizar alineación respecto a los objetivos personales y estratégicos del proyecto, esto permitirá que el aporte del equipo este acorde con las necesidades del proyecto.	E-5
E	PMI	H	15	E-PMI-H-15	El gerente de proyectos o director del proyecto debe procurar la integración y transformación del grupo del proyecto en un equipo del proyecto, procurando el trabajo colectivo, la colaboración y el apoyo.	E-5
P	PMI	H	31	P-PMI-H-31	Las comunicaciones representan en un aporte significativo en la gestión de interesados frente al proyecto desde la fase de planificación.	P-11
P	PMI	H	32	P-PMI-H-32	Las comunicaciones representan el medio por el cual se gestionan la mayor cantidad de acciones del gerente o el director del proyecto, esto implica una correcta gestión y planificación.	P-7
P	PMI	H	33	P-PMI-H-33	Las herramientas colaborativas como SharePoint soportan de manera eficiente la gestión efectiva de las comunicaciones, específicamente en cuanto a documentación se refiere.	P-12
S&C	PMI	H	8	S&C-PMI-H-8	La gestión y la trazabilidad continua de las comunicaciones proporciona la auditoría necesaria la gestión del cambio, el monitoreo de los riesgos, la validación del alcance y la trazabilidad de los costos y del cronograma del proyecto.	S&C-8
P	PMI	H	34	P-PMI-H-34	La gestión de los riesgos para los proyectos de este tipo implica un proceso desarrollado y planificado de manera minuciosa y precisa para disminuir al	P-8

					mínimo el impacto de los riesgos y generar el aseguramiento de los recursos del proyecto.	
P	PMI	H	35	P-PMI-H-35	La identificación de los riesgos debe comenzar desde las primeras etapas del proyecto, esto con el fin de contemplar lo más temprano posible los eventos que se puedan generar.	P-11
P	PMI	H	36	P-PMI-H-36	Los riesgos contemplados para estos proyectos por lo general son identificados y valorados por personas expertas en la gestión del riesgo, lo que provoca un salto inmediato de la identificación a la cuantificación del riesgo.	P-11
P	PMI	H	37	P-PMI-H-37	La cualificación de los riesgos ayuda al esclarecimiento de los factores incidentes del evento en el proyecto, y de igual forma catalogarlos de manera que se puedan estimar fácilmente su probabilidad e impacto.	P-11
P	PMI	H	38	P-PMI-H-38	La cuantificación de los riesgos genera las reservas de contingencia necesarias para que no se detenga la ejecución del proyecto y de igual forma coadyuva a la gestión de los recursos de dichas reservas de contingencia.	P-11
P	PMI	H	39	P-PMI-H-39	Las respuestas deben considerarse de manera preponderante para la totalidad de los eventos priorizados como planes de contingencia que permitan la gestión efectiva, la asignación del responsable y la respuesta rápida y eficiente en el caso de la materialización del riesgo.	P-11
S&C	PMI	H	9	S&C-PMI-H-9	El monitoreo efectivo de la totalidad de los eventos posibles y la generación de las juntas y reuniones que permitan la realización de los ciclos iterativos para la identificación continua de los riesgos asegura que el monitoreo y el control preparen al proyecto en general y se tenga un pensamiento colectivo que minimice el impacto que puedan generar dichos eventos.	S&C-6
P	PMI	H	40	P-PMI-H-40	Para el FIDIC y el PMI la gestión de las adquisiciones no solo representa las estimaciones de las compras y la gestión de las adquisiciones de material, implica, todas las relaciones a nivel de contratación y sus modalidades, los procesos de subcontratación con sus artículos relacionados a los acuerdos y las garantías que se deben generar para la protección del proyecto.	P-4
E	PMI	H	16	E-PMI-H-16	La selección de los proveedores en este tipo de proyectos, donde las cuantías llegan al 70 % de los costos de este, hacen	P-5

					de este proceso esencial y de alta criticidad para el aseguramiento previo, en ejecución y posterior al proyecto.	
E	PMI	H	17	E-PMI-H-17	Para cada sector productivo cambia de manera radical la selección, los criterios de aceptación, las condiciones de entrega, el respaldo económico y la solvencia financiera para la adquisición de productos, fabricación de elementos y la distribución en el sitio del proyecto.	P-5
E	PMI	H	18	E-PMI-H-18	La logística de la operación se convierte en un criterio preponderante para la selección de proveedores, es claro que la inmediatez de los materiales en obra garantiza la mayor eficiencia para el avance del proyecto, en ese sentido, la conducción de las compras se convierte en la columna vertebral del proyecto.	P-5
S&C	PMI	H	10	S&C-PMI-H-10	Los proyectos de este tipo y tamaño pueden llegar a tener divisiones a nivel organizacional que realizan de manera integral el control y la verificación de las condiciones aceptadas con los proveedores. Las auditorías internas a nivel financiero, las verificaciones a nivel contractual, y las pruebas a nivel de desarrollo se convierten en instrumentos utilizados de manera recurrente y aumentan la probabilidad de éxito.	E-2
P	PMI	H	41	P-PMI-H-41	Los interesados en el proyecto pueden provenir desde los mismos clientes hasta los entes gubernamentales, producto de la magnitud y el impacto de este tipo de proyectos.	P-1
P	PMI	H	42	P-PMI-H-42	Los interesados más influyentes con mayor poder e interés son los internos producto de los beneficios que se generan con la realización del proyecto.	I-1
P	PMI	H	43	P-PMI-H-43	La planificación de la participación de los interesados deberá buscar el involucramiento activo de quienes están a favor del proyecto, de tal manera que puedan generar un impacto positivo sobre el mismo, y de igual forma, hacer que el involucramiento pasivo de los interesados en contra del proyecto genere el menor impacto posible.	I-2
E	PMI	H	19	E-PMI-H-19	Los procesos de comunicación juegan un papel protagónico en la gestión efectiva de los interesados, para obtener la información de manera rápida y tomar acción que permita al proyecto dar respuesta en la forma planeada y prevenir cualquier evento de riesgo no planificado en el proyecto.	E-9

S&C	PMI	H	11	S&C-PMI-H-11	El monitoreo efectivo de todos los interesados previene de manera directa la generación de factores de riesgo, de igual forma que toda influencia sobre los mismos este direccionado de la manera planificada y su tendencia este direccionada para lo que fue proyectada la gestión.	S&C-6
-----	-----	---	----	--------------	---	-------

3.6 Encuestas

Las encuestas son un instrumento de recolección de datos, el cual debe contar con tres requisitos principales, validez, confiabilidad y objetividad. (Sampieri, Collado, & Baptista, 2014) Como instrumento aplicable para los enfoques de investigación mixtos cualitativos y cuantitativos, se realiza bajo procesos estandarizados, con el fin de que cada individuo de la encuesta tenga las mismas opciones de respuesta y no sesgar las respuestas que puedan influir en los resultados. (QUESTIONPRO, 2019)

Se integra al proceso de investigación como método de comprobación empírico, utilizando una estructura de encuesta alineada a los criterios de investigación concebidos en etapas anteriores. La muestra de una encuesta debe estar compuesta por individuos con las mismas características, que cumplan con los criterios de escogencia, criterios de afinidad, idoneidad, cumplimiento de requisitos, conveniencia entre otros. El tamaño de la muestra está determinado por la población o el universo del estudio, contemplando criterios de selección para obtener una muestra representativa bajo métodos de escogencia aleatoria o muestras por conveniencia establecidas por el ejecutor de la encuesta, con el fin de obtener información específica de temas puntuales del estudio (QUESTIONPRO, 2019). La selección de los encuestados en este caso se realiza por medio de la afinidad y pertinencia, siendo criterios preponderantes para la adquisición de información de manera objetiva, definida y direccionada a un resultado comprobable.

3.6.1 Descripción del Instrumento encuestas

La recolección y análisis de la información se realiza a través de preguntas por medios físicos y digitales, este último medio ampliamente usado por su practicidad en la divulgación y eficiencia en la transformación de la información en datos concluyentes. Questionpro (2019) brinda recomendaciones para la estructuración, selección y formulación de las preguntas, haciendo énfasis en la extensión de estas; de igual forma recomienda determinar un orden lógico y secuenciado de preguntas para así generar un hilo conductor en las encuestas que permita al encuestado mantener una idea clara de los temas tratados. Por último, da recomendaciones sobre el manejo de la información, y de establecer el

consentimiento de las personas encuestadas de manera explícita, con el fin de enfocar el uso de la información, análisis y divulgación de resultados.

La estructuración de las preguntas debe representar de manera directa las intenciones del dato objetivo, la secuencia de las preguntas debe proporcionar un orden lógico y una lectura secuenciada que permita al encuestado mantener la concentración y el interés en el desarrollo de las preguntas. Es importante realizar la validación de la estructura y el contenido de las preguntas por medio del asesoramiento de una persona experta en el desarrollo de encuestas, realizar una prueba piloto para percibir las reacciones, dudas e inquietudes, recibir las recomendaciones y poder realizar la afinación de las preguntas para proceder a la aplicación de las encuestas a la población objetivo. En ambos métodos de comprobación es necesario proporcionar la información suficiente para contextualizar a las personas, que realicen las pruebas con el fin de brindar el panorama bajo el cual entender las preguntas y su objetivo.

Las encuestas como instrumento del trabajo de grado fueron creadas bajo una visual de desarrollo estructurada, bajo la modalidad de respuestas bajo dos principales opciones, opciones de única respuesta y selección de múltiple. Se utilizaron los instrumentos de configuración de las preguntas de manera estructurada bajo bloques de preguntas. Cada una de ellas bajo componentes interrelacionados con la estructura de composición de la modelación dentro de la dinámica de sistemas. La información suministrada por los encuestados se integra al modelamiento por medio de la analítica de datos, lo que permite realizar la extrapolación de los resultados en datos numéricos que permiten la identificación de valores, la estructuración de las ecuaciones y los parámetros límites para cada uno de los elementos para la ejecución y la modelación de los resultados para el modelo.

La muestra para el desarrollo de las encuestas está directamente relacionada con la muestra de las entrevistas expuestas en el siguiente capítulo. En el cual fueron tomados bajo los criterios de un muestreo por conveniencia y afinidad para la adquisición de datos de empresas donde se desempeñan los entrevistados, generando de manera directa la relación de la información, con los factores ambientales de la organización y aunar resultados para una mejora en los acervos de procesos en dichas organizaciones. Esto como acción en doble vía, la adquisición de información veraz y la retroalimentación para la organización de hallazgos y resultados.

Ahora bien, la muestra para las encuestas en cada organización involucró como mínimo cinco personas que se encuentran inmersas en los equipos de trabajo y grupos que desarrollan los proyectos para las organizaciones, su selección fue aleatoria y determinada por los responsables de la investigación con el propósito de evitar el sesgo de la información, así, el número será tomado como muestra por conveniencia. Este proceso permite de manera aunada con las demás organizaciones, la obtención de un panorama agrupado de la información que permite configurar y afinar datos compositivos del modelo.

El acceso a los encuestados se hizo de manera impersonal y por medio del envío de la encuesta de manera on-line, utilizando la tecnología informática móvil o fija e internet como canal único de comunicación.

En el anexo D se encuentra la ficha de la encuesta, en ella se realizó la descripción resumida de la investigación, de igual forma la configuración estructurada de la información, los grupos de preguntas y su contexto, a su vez el tratamiento de la información. Esto con el fin de asegurar que la información suministrada no configura una acción de auditoría, siendo esta encuesta una investigación académica para el trabajo de maestría de la Escuela Colombia de Ingeniería Julio Garavito.

El número de encuestados fue 25 personas, pertenecientes a empresas de diferentes sectores industriales (automatización, alimenticia, energía, telecomunicaciones y construcción) que ejecutan contratos EPC en Colombia. Así mismo, se determinaron en este grupo diferentes perfiles técnicos que están directamente involucrados con este tipo de proyectos (gerentes de proyectos, residentes, directores de obra, *planner* y analistas de gestión).

3.6.2 Análisis del Instrumento encuestas

Los resultados de la ejecución de las encuestas se encuentran en el anexo E, en el cual se hacen las observaciones generales de los grupos poblacionales para cada pregunta ejecutada.

3.6.3 Hallazgos del Instrumento encuestas

Los hallazgos identificados de este instrumento se exponen a continuación.

Tabla 7. Hallazgos instrumento encuestas

Fase	Instrum.	Ref.	#	Codificación	Observación	Conclusión
I	Enc	H	1	I-Enc-H-1	Para el 84% de los encuestados las organizaciones cuentan con equipos multidisciplinarios para la gestión de las ofertas.	I-1
I	Enc	H	2	I-Enc-H-2	El incremento en la cantidad de los requerimientos para los encuestados representa un aumento proporcional en la complejidad de gestión para la fase de Inicio.	I-2

I	Enc	H	3	I-Enc-H-3	La relación entre la complejidad y la cantidad de análisis de precios unitarios APU's a realizar para los encuestados es directamente proporcional, de esta por encima de 1000 APU's el 68% de los encuestados determinan una alta complejidad.	I-3
I	Enc	H	4	I-Enc-H-4	Para los encuestados la cantidad de los interesados no es tan influyente los procesos relacionados con la fase de inicio del proyecto por otro lado es muy importante para los encuestados (84%) la cooperación mutua entre el cliente y el equipo desarrollador de la oferta específicamente en la validación de los APU's.	I-2
I	Enc	H	5	I-Enc-H-5	Las herramientas más utilizadas para la integración de la fase de inicio son MS Excel con el 94%, MS Project con el 63%, MS SharePoint con el 57% y estándares para la gerencia de proyectos PMI con el 52%.	I-3
P	Enc	H	1	P-Enc-H-1	Para el 72% de los encuestados es muy importante contar con especialistas en gestión de cronogramas y presupuestos para la planeación del proyecto.	P-1
P	Enc	H	2	P-Enc-H-2	La cantidad de requerimientos es directamente proporcional a la complejidad que tiene la integración de estos para la fase de planeación en pro de la generación de la PMB.	P-2
P	Enc	H	3	P-Enc-H-3	La cantidad de paquetes de trabajo y paquetes de planeación incide de manera directa en la complejidad para el desarrollo de estos, por encima de 150 paquetes, en promedio el 70% de los encuestados cree que la complejidad es muy alta.	P-2
P	Enc	H	4	P-Enc-H-4	La cantidad de actividades para programar incide de manera directa en la complejidad para el desarrollo de la planificación del proyecto, a partir de 600 actividades la complejidad se incrementa de manera tal, que, en el rango de más de 1000, el 90% de los encuestados determina una muy alta complejidad.	P-3
P	Enc	H	5	P-Enc-H-5	Para el 94% de los encuestados es de vital importancia contar con la PMB para la finalización de la fase de planeación de un proyecto tipo contrato EPC.	P-2
P	Enc	H	6	P-Enc-H-6	Los interesados en el proyecto son de gran incidencia independiente a la cantidad de estos en la fase de planeación. Sin embargo, con una mayor cantidad de interesados aumenta de manera preponderante la incidencia sobre la fase de planeación del proyecto.	P-2

P	Enc	H	7	P-Enc-H-7	Las herramientas y técnicas empleadas en la fase de planeación están relacionadas de manera directa con la fase de inicio. En la fase de planeación el 100% de los encuestados usan MS Project, el 84.2% incluyen MS Excel y la utilización de los estándares de gerencia para esta fase 63.2%, así mismo, aparecen herramientas emergentes como <i>Sharepoint</i> (47.4%), <i>Ms Power BI</i> (10.5%) y <i>Ms Project Web App</i> (21.1%).	P-3
E	Enc	H	1	E-Enc-H-1	Para el 68 % de los encuestados es muy importante realizar una entrega progresiva de la ingeniería de detalle para la ejecución del proyecto.	E-3
E	Enc	H	2	E-Enc-H-2	Para la tercera parte de los encuestados es muy importante la efectividad y el cumplimiento de los proveedores en el éxito del proyecto.	P-5
E	Enc	H	3	E-Enc-H-3	La mitad de los encuestados considera muy importante la capacidad respecto a la ejecución de obra que tenga el contratista para el éxito del proyecto.	E-5
E	Enc	H	4	E-Enc-H-4	El 63% de los encuestados considera muy importante las liberaciones en campo para el avance en la ejecución del proyecto.	E-4
E	Enc	H	5	E-Enc-H-5	Para la totalidad de los encuestados es de vital importancia que se realice la integración entre el desarrollador del proyecto y la interventoría en pro de la validación de las obras ejecutada.	E-4
E	Enc	H	6	E-Enc-H-6	El 68 % de los encuestados al momento de realizar la entrega y validación de las obras ejecutadas, mencionan que son recibidas en su totalidad aproximadamente en un porcentaje mayor al 70%, así mismo el 60% de los encuestados exponen que menos del 10% de la obra no es aceptada por incumplimiento de requerimientos, y finalmente un 70% de los encuestados determina que aproximadamente en el 10% de la obra entregada deben realizar retrabajos para la entrega efectiva de las mismas.	E-7
E	Enc	H	7	E-Enc-H-7	Para la mitad de los encuestados las obras que no son aceptadas representan un 5% de las obras ejecutadas en su totalidad para el proyecto. sin tener complicaciones legales para la entrega o conflicto.	E-7
E	Enc	H	8	E-Enc-H-8	Respecto a herramientas y técnicas utilizadas para la fase de ejecución del proyecto, los encuestados usan con el 94% MS Project y MS Excel, el 68% emplean los estándares de gerencia de proyectos, 47% fundamentan este trabajo bajo los sistemas integrados de gestión y el uso plataformas colaborativas de gestión de información como MS SharePoint, y finalmente con bajo porcentaje se	E-8

					mencionan herramientas como primavera P6, Ms Project Web App y cubos OLAP.	
S&C	Enc	H	1	S&C-Enc-H-1	Para la tercera parte de los encuestados la reserva de contingencia es variable y depende del tipo de proyecto a ejecutar. En igual porcentaje de encuestados la reserva de contingencia se encuentra entre el 3% y 5% del presupuesto.	E-8
S&C	Enc	H	2	S&C-Enc-H-2	Para el 57% de los encuestados la gestión de costos representada en plan de gestión es vital y su uso debe estar integrado al sistema de gestión. Cabe resaltar que el 26% de los encuestados es consciente de la importancia del documento de gestión de costos, pero la organización no cuenta con estos documentos.	S&C-3
S&C	Enc	H	3	S&C-Enc-H-3	Aproximadamente el 90% los encuestados usan el EBIDTA y el índice de rendimiento de costo CPI, como herramientas para el seguimiento y control de los costos del proyecto.	S&C-5
S&C	Enc	H	4	S&C-Enc-H-4	Para los encuestados el porcentaje más recurrente de sobrecostos en los proyectos, independiente de su cuantía se encuentra entre el 5% y el 10% del valor del contrato.	S&C-7
S&C	Enc	H	5	S&C-Enc-H-5	Las herramientas y técnicas empleadas con porcentajes de 94.7% y 84% de los encuestados son Ms Project y Excel respectivamente, con un componente del 68% respecto SGI y con una mínima aparición (15.8%) de herramientas de inteligencia de negocios enfocadas a la creación de paneles de control.	S&C-6
S&C	Enc	H	6	S&C-Enc-H-6	En un porcentaje de 68% las organizaciones integran su información para el seguimiento y control de proyectos de manera online en tiempo real.	S&C-8
S&C	Enc	H	7	S&C-Enc-H-7	Solo el 31% de los encuestados reconocen un esfuerzo alto que realizan sus organizaciones respecto al uso de PMB's en la gestión de proyectos, para el 42% de estos es medio y finalmente el 21% expone que es realmente muy bajo.	P-2
P	Enc	H	8	P-Enc-H-8	En los sectores productivos industriales, la secuencia de actividades permite no solo generar una planeación efectiva, además ayuda a la disminución de riesgos asociados a los procesos de construcción.	P-2
P	Enc	H	9	P-Enc-H-9	La articulación efectiva de la información en la nube permite la verificación rápida de este proceso, sin embargo, es poco usado por las	P-11

					organizaciones, ralentizando la planificación de los proyectos.	
--	--	--	--	--	---	--

3.7 Entrevistas

Las entrevistas son un método de recolección de datos cualitativos que permiten la comprensión de un comportamiento, una situación o una percepción sobre un tema específico. En la mayoría de las entrevistas el entrevistador es la persona experta que por medio de la ejecución de las preguntas indaga y lleva el ritmo con el fin de determinar, ahondar, enfatizar, aclarar o garantizar los objetivos de esta. Las entrevistas pueden tener estructuras distintas, cada una de ellas con un grado de profundidad y complejidad diferente. Las entrevistas pueden ser estructuradas, semiestructurada y no estructuradas. Y pueden ser a profundidad o no. Estos criterios deben ser establecidos de manera objetiva a la población objetivo. (QUESTIONPRO, 2019), de esta manera, se determinará la profundidad de las preguntas de acuerdo con la especificidad del objetivo de la entrevista.

3.7.1 Descripción del Instrumento entrevistas

Para el desarrollo estructural de este instrumento se debe proporcionar el alcance y los ejes temáticos pertinentes, incluyendo, aclaraciones de manera explícita claves para la buena gestión de la entrevista, y finalmente el tratamiento de la información recolectada en la misma. De acuerdo a lo anterior expuesto por Sampieri (2014) y QUESTIONPRO (2019), el guion de la entrevista que se llevó a cabo dentro de esta investigación, contiene la mayor información sobre el tema, los realizadores y el objetivo. Esto con el fin de generar la fiabilidad de esta y la garantía para sus entrevistados.

La utilización de las entrevistas semiestructuradas es ampliamente utilizada por quienes buscan información mutuamente relacionada, su estructura no es rígida, esto significa que puede contener una estructura, pero permite un rango de libertad hacia las respuestas, el contenido y extensión de estas. El desarrollo de la entrevista permite una conversación fluida entre el investigador y el entrevistado, de manera que se hace flexible y adaptable el guion de la entrevista, su secuencia y la posibilidad de inclusión de preguntas indagatorias derivadas de una pregunta estructurada.

El análisis propio de los resultados requiere proceso analítico de los datos, que partiendo de elementos de tipo cuantitativo permita a su vez obtener elementos con características o propiedades de carácter cualitativo, los cuales permiten obtener información concluyente sobre los objetivos planteados. La realización de este tipo de entrevistas tiene como

beneficio la flexibilidad, la adaptabilidad, la informalidad a nivel conversacional, y la fiabilidad de la información tanto cualitativa como cuantitativamente. Como desventajas se encuentran la extensión de la entrevista ya que puede generar una prolongación inadecuada de la entrevista. La comparación entre las respuestas puede complicar de manera directa el análisis de los resultados y que se requiera mayor cantidad de tiempo para determinar las conclusiones.

La practicidad que tiene este tipo de entrevistas, permite la obtención de resultados de manera eficiente, producto de la conducción intencionada de los resultados, ahora bien esto dependerá de la selección efectiva de los entrevistados, su alineación con el tema principal y el objetivo de la entrevista, la selección debe considerar temas como la idoneidad, la experiencia, la afinidad y la relevancia del entrevistado a nivel individual; de igual forma se deben considerar elementos relacionados del entorno productivo como la organización, el campo de acción y el sector productivo. Lo anterior para establecer el entorno del entrevistado y acotar el perfil de la persona.

La muestra y el tamaño de la entrevista puede determinarse bajo distintos parámetros, una muestra representativa, determinada por el universo de la entrevista y la población que será establecida por la cantidad de elementos que conforman el total de la población. Los datos de entrada para este análisis deben provenir de una fuente de información poblacional, a su vez la muestra debe contener una fracción que contemple de manera aleatoria la población. Sin embargo, este tipo de muestra representa grandes esfuerzos a nivel de adquisición de información, comunicaciones para lograr el acceso a la entrevista y lograr dentro de ese rango un alto factor de aceptación para el desarrollo de la entrevista. Este proceso de selección busca el análisis cuantitativo de datos, y por lo tanto el proceso de selección se realiza de manera aleatoria y su tamaño garantiza la percepción de un comportamiento.

Para temas exploratorio en una escala menor, se puede implementar un muestreo mucho menor y desarrollar el proceso de selección de manera direccionada. Este proceso es llamado proceso de selección por conveniencia (Sampieri, Collado, & Baptista, 2014) el cual busca la obtención de información a nivel apreciativo. Su funcionamiento varía, ya que puede realizarse la selección de manera intencionada, y bajo la utilización de canales de comunicación directos; de esta manera permite una reducción de los tiempos en el proceso de selección y ejecución de la entrevista, así como, la interpretación y el análisis de la información es más eficiente.

Las entrevistas desarrolladas para este trabajo de grado fueron creadas bajo la estructura de composición de preguntas semiestructuradas, esta formulación permite mantener un hilo conductor para el desarrollo de la entrevista con un diálogo abierto e informal, sin embargo, se mantiene una estructura de respuestas alineadas de acuerdo con las intenciones del investigador y la estrategia planteada de manera que se pueda obtener la información objetivo para esta investigación.

La formulación de las preguntas se concibió bajo los lineamientos principales de los objetivos del trabajo de grado, en búsqueda de información relevante para identificar los acervos de procesos de la organización en la que se desempeñan. Para ello las preguntas hacen referencia a los procesos de planeación, seguimiento y control que son empleados para sus proyectos, de igual forma indagar por las herramientas y técnicas que se utilizan para cada grupo de procesos. La entrevista es realizada de manera presencial con el fin de garantizar que los canales de comunicación directos logren la mayor eficiencia en la búsqueda de la información.

El tiempo general de la entrevista y de igual forma el ritmo de las preguntas que se realizaron, estuvieron administradas por el entrevistador, a su vez se enfatizó de manera objetiva en la búsqueda de información asociada a la forma de ejecución de los proyectos, los procesos y su alineación con la gerencia de estos. Los entrevistados hacen parte de la alta gerencia de las organizaciones inmersas en los distintos sectores productivos que mueven la economía de la nación. Según el DANE en el año 2018 la construcción tuvo un crecimiento del 0.3%, el desarrollo de productos de consumo aumento el 2%, la infraestructura de energía aumento el 2.7% y las telecomunicaciones con un aumento del 3.1% son parte de los sectores que dinamizan la economía, de igual forma el fomento y la ejecución de proyecto EPC como los descritos en la primera sección de este documento.

Para el instrumento se entrevistaron 8 personas, estas pertenecen a empresas que impactan de manera directa los sectores mencionados anteriormente por medio del desarrollo de proyectos de este tipo, y seleccionados por conveniencia bajo perfiles como, gerentes, residentes, directores de obra, desarrolladores de negocios, directores de PMO's y consultores; quienes aportaron su conocimiento y experiencia en la consecución de los objetivos de este trabajo de grado.

Las entrevistas fueron desarrolladas de manera presencial y a distancia por medio de comunicaciones telefónicas, lo que permitió la obtención de información importante a nivel del panorama de los procesos de la organización, las herramientas y técnicas empleadas y de igual forma ahondar en las interacciones que realizan las organizaciones con los clientes en las distintas fases del proyecto.

3.7.2 Análisis del Instrumento entrevistas

Los resultados de la ejecución de las entrevistas se encuentran en el anexo F en el cual se hacen las observaciones generales de los entrevistados para cada pregunta ejecutada.

3.7.3 Hallazgos del Instrumento entrevistas

Los hallazgos identificados de este instrumento se exponen a continuación.

Tabla 8. Hallazgos Instrumento Entrevistas

Fase	Instrum.	Ref.	#	Codificación	Observación	Conclusión
I	Ent	H	1	I-Ent-H-1	Es muy importante que las organizaciones cuenten con equipos de expertos para generar este tipo de ofertas, dinámicas en conjunto del equipo comercial y técnica determinan la efectividad de esta, así mismo, el uso de plataformas colaborativas representa un aporte tecnológico primordial a favor de este proceso.	I-5
I	Ent	H	2	I-Ent-H-2	El proceso de gestión de APU's es fundamental en las organizaciones, sin importar si la estructura del proyecto es P*Q, suma alzada o híbrida, estos hacen parte fundamental de la base del modelo de oferta.	I-4
E	Ent	H	1	E-Ent-H-1	Las empresas con alta madurez en el desarrollo de proyectos tipo contrato EPC tienen un repositorio integrado bajo el manejo del portafolio en la nube.	I-1
S&C	Ent	H	2	S&C-Ent-H-2	La mayoría de las organizaciones gestionan de manera local los proyectos sin contar con una plataforma de integración online.	S&C-6
S&C	Ent	H	3	S&C-Ent-H-3	La generación de reportes de estados de avance se realiza de manera manual, bajo la utilización de software tradicionales de cuantificación (Ms Excel).	S&C-8
S&C	Ent	H	4	S&C-Ent-H-4	Se evidencian dificultades de tipo técnico en el desarrollo y actualización de PMB's enfocadas en procesos efectivos de seguimiento y control.	S&C-2
P	Ent	H	5	P-Ent-H-5	Las empresas cuentan con procesos de recolección de requerimientos de manera directa con el cliente.	I-6
P	Ent	H	6	P-Ent-H-6	Las empresas usan de manera amplia la EDT/WBS siendo mucho más importante para la asignación de responsables.	P-2
P	Ent	H	7	P-Ent-H-7	Las empresas cuentan con procesos propios para la validación del alcance, de manera interna, bajo la aplicación de auditorías internas, y hacia el cliente, por medio de entregas a interventoría referenciadas con un plan de calidad.	S&C-2
P	Ent	H	8	P-Ent-H-8	Respecto a la definición de actividades, es posible afirmar, que deben asegurar de manera clara y concisa lo que se debe hacer en el proyecto para lograr los objetivos.	P-2
P	Ent	H	9	P-Ent-H-9	Las empresas en distintos casos no usan la secuencia de actividades de manera analítica, en su lugar emplean la experiencia para el desarrollo de las	P-2

					actividades.	
P	Ent	H	10	P-Ent-H-10	En los procesos iterativos la relación de las actividades solo se secuencian para las cuentas de control.	P-2
P	Ent	H	11	P-Ent-H-11	La construcción paramétrica de estimaciones para proyectos de desarrollo e innovación son la herramienta más empleada, brindando parámetros de seguridad para los ejecutores del proyecto.	P-1
S&C	Ent	H	5	S&C-Ent-H-5	Respecto al control del cronograma, la mayoría de los sectores productivos presentan falencias importantes, esto se debe principalmente a la retroalimentación poco efectiva del trabajo en la obra, determinado generalmente por equipos poco dinámicos frente a los procesos administrativos que requieren este tipo de contratos.	E-5
S&C	Ent	H	6	S&C-Ent-H-6	La falta de información bajo los repositorios de proyectos genera vacíos a nivel organizacional, lo que desvirtúa la aplicación de lecciones aprendidas de manera continua en los proyectos.	E-1
P	Ent	H	12	P-Ent-H-12	El desarrollo de la línea base de costos permite al gerente del proyecto tener un panorama de costos y gastos asociados al proyecto, la forma de controlar los rubros y generar los flujos de caja.	P-1
P	Ent	H	13	P-Ent-H-13	El presupuesto en la mayoría de los casos no contempla las reservas de contingencia, esto como una mala práctica a nivel organizacional.	P-1
P	Ent	H	14	P-Ent-H-14	Las falencias principales en la aplicación de la metodología EVM en este tipo de contratos, se emplazan al considerar los presupuestos estáticos, los constantes adicionales de obra requieren métodos dinámicos para un óptimo seguimiento y control del proyecto.	S&C-5
P	Ent	H	15	P-Ent-H-15	El plan de gestión de la calidad está establecido de manera directa en la constitución del contrato, haciendo una integración en doble vía entre el cliente por medio de la interventoría y de los contratistas, por medio de la aplicación de la auditoría interna.	E-7
E	Ent	H	2	E-Ent-H-2	El documento denominado "Plan de Calidad" es quien determina los procesos relacionados con el aseguramiento de la calidad, representa los lineamientos del precomisionamiento, comisionamiento, puesta en marcha y estabilización de cada	E-1

					parte de la obra construida.	
S&C	Ent	H	7	S&C-Ent-H-7	El control de la calidad en proyectos epcistas se realiza por medio del control efectivo de los requerimientos representados en sus entregables.	E-7
P	Ent	H	16	P-Ent-H-16	Los recursos principales en los contratos epcistas son de talento humano, quienes generan la mayor cantidad de avances en el proyecto.	E-5
P	Ent	H	17	P-Ent-H-17	El material, planta y equipos soportan el proyecto de manera operativa generando valor agregado desde la parte interna de la organización.	E-2
E	Ent	H	3	E-Ent-H-3	Para los proyectos tipo contrato EPC el proceso de adquisición de los recursos a nivel de materiales y equipos representa un 70% del esfuerzo total del proyecto.	E-2
S&C	Ent	H	8	S&C-Ent-H-8	Para el control de los recursos del proyecto la utilización de las herramientas y aplicaciones proporciona posibilidades para la gestión efectiva de los recursos físicos y de talento humano en el menor tiempo posible. Posibilita la toma de decisiones en tiempo real y brinda de manera integrada la preparación de informes de rendimiento de valor para la organización.	S&C-6
E	Ent	H	4	E-Ent-H-4	La mejora continua de los canales de comunicación garantiza que la planificación y ejecución del proyecto tenga la menor cantidad de elementos de incertidumbre y riesgo para el proyecto.	E-4
P	Ent	H	18	P-Ent-H-18	En las empresas desafortunadamente no se emplea de manera masiva la gestión de los riesgos. Producto de una falta de comprensión de importancia de esta gestión para proyectos de grandes cuantías.	P-1
E	Ent	H	5	E-Ent-H-5	La implementación de las respuestas a los riesgos estará supeditada a la correcta ejecución de todos los procesos planeados para el aumento en el éxito del proyecto, sin tener que proporcionar nuevos planes de gestión a cuenta de los imprevistos.	E-6
P	Ent	H	19	P-Ent-H-19	Para la gerencia financiera una directriz importante respecto al proceso de gestión de las adquisiciones está relacionada con la efectividad del manejo del flujo de caja, de esta relación depende en gran parte la estabilidad financiera del proyecto y a su vez de la organización.	P-4

P	Ent	H	16	P-Ent-H-16	Es muy importante reconocer dentro de la estructura base de ejecución del proyecto la criticidad que tienen los proveedores, de esta relación se deben generar los modelos de negociación que apoyen la estabilidad financiera del proyecto.	P-10
S&C	Ent	H	8	S&C-Ent-H-8	Para este tipo de proyectos donde el componente de procura generalmente esta cercano al 60% del presupuesto del contrato, la gestión, codificación y carga de recursos en todas sus fases, requiere de una estructura propia hacia la organización que soporte de manera efectiva el seguimiento y control de la organización.	S&C-4
S&C	Ent	H	9	S&C-Ent-H-9	Dentro del escenario financiero es importante realizar un mapeo de la tendencia del AIU (planeado, ejecución, cierre), más allá del modelo de rendimientos a nivel de gerencia de proyectos, las organizaciones dentro de su funcionar están constantemente comprometidas con el resultado de los proyectos en términos de AIU (Administración, Imprevistos, Utilidad).	S&C-9

4. Conclusiones y recomendaciones como insumos para la creación del Modelo

Posterior a la aplicación de los instrumentos (pensamiento sistémico, dinámica de sistemas, símil PMI, encuestas y entrevistas) para la comprensión y el dimensionamiento en términos de su contexto, los elementos representativos, las interacciones y procesos desarrollados de manera directa para la ejecución de proyectos tipo contratos EPC en Colombia, se generaron 165 hallazgos que son el pilar de la estructura del modelo PSC, que es el producto del trabajo de grado. A partir de los hallazgos y su integración relacionada con los 5 instrumentos, se consolidaron 40 conclusiones, que a su vez dan soporte para las 33 recomendaciones, que son la base para la construcción del modelo PSC, sus fases, elementos de entradas, las herramientas, las técnicas, elementos de salidas, los flujogramas y finalmente los protocolos de actuación.

4.1 Conclusiones

A partir de los 166 hallazgos generados por los instrumentos mencionados en el capítulo 3 (ver Tabla 9. Resumen de Hallazgos), se realizó un proceso de análisis e integración bajo parámetros como la fase y el enfoque con el propósito de generar un determinado número

de conclusiones que enmarquen finalmente el resultado total de los instrumentos de investigación.

Tabla 9. Resumen de Hallazgos

HALLAZGOS						
Referencia	P. Sistémico	D. Sistemas	PMI	Encuestas	Entrevistas	Total
<i>Framework</i>	7					7
Inicio	1	3	4	5	2	15
Planeación	3	4	44	9	16	76
Ejecución		6	19	8	5	38
Seguimiento & Control	1	2	11	7	9	30
TOTAL	12	15	78	29	32	166

A continuación, se presentan las 40 conclusiones que se generaron de la investigación y la Ilustración 5. Explicación codificación de conclusiones para la comprensión de la codificación asignada. Ver Tabla 10. Conclusiones de los instrumentos de investigación.

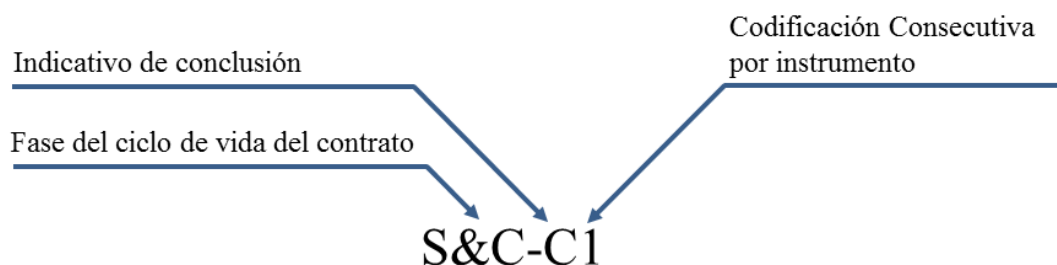


Ilustración 5. Explicación codificación de conclusiones

Tabla 10. Conclusiones de los instrumentos de investigación

Codificación	Conclusión	Hallazgos
F-C1	El proceso de pensamiento sistémico interviene de manera directa en la forma en que se desarrollan, componen y relacionan los distintos elementos que se interrelacionan para la gestión y generación de valor para la planeación, ejecución y el seguimiento y control de un proyecto tipo contrato EPC.	F-Ps-H-1 / F-Ps-H-2 / P-Ps-H-3

F-C2	Para la formulación y construcción de las bases de la modelación y simulación fueron necesarios todos los procesos deductivos, de identificación de elementos, de interacciones, de relaciones y de ciclos causales que proporcionan el marco lógico y los escenarios para la dinámica de sistemas.	F-Ps-H-3 / F-Ps-H-6 / F-Ps-H-7 / I-Ps-H-1
I-C1	Es necesario un equipo con experiencia en recolección de requerimientos y desarrollos de APU's, adicionalmente puede ser necesario un apoyo constante del área técnica.	E-Ent-H-1 / I-Ds-H-1 / I-Enc-H-1 / I-PMI-H-2 / I-PMI-H-3 / P-PMI-H-11 / P-PMI-H-43 / P-PMI-H-5
I-C2	Es necesario que las organizaciones contemplen un modelo efectivo para la gestión de clientes , específicamente desde el área comercial se deben involucrar herramientas tipo CRM (<i>Customer Relationship Management</i>) en pro del seguimiento efectivo de los clientes y las oportunidades de negocio de la organización	I-Enc-H-2 / I-Enc-H-4 / I-PMI-H-1 / I-PMI-H-4 / P-PMI-H-44
I-C3	El proceso requiere contar con recursos informáticos a nivel de hojas de cálculo (Ms Excel), esta es la base de la generación de APU's y la integración de estos.	I-Enc-H-3 / I-Enc-H-5
I-C4	La magnitud del contrato implica la creación de un número muy importante de APU's (análisis de precio unitarios) , esto determina la usabilidad de software de apoyo adicional o la utilización de macros y herramientas avanzadas de Excel para soportar este proceso.	I-Ds-H-2 / I-Ent-H-2 / P-PMI-H-22
I-C5	La importancia de la efectiva gestión colaborativa de la información referente a la licitación del contrato hace necesario la utilización de software online que permitan trabajar con últimas versiones de documentos en forma rápida y en tiempo real.	I-Ent-H-1
I-C6	Respecto a los requerimientos , es necesario llevar una trazabilidad al momento del desarrollo de la oferta, este número significativo requiere atención desde la gestión para asegurar una inclusión totalitaria al momento de generar la oferta del contrato.	I-Ds-H-3 / P-Ent-H-1
I-C7	La gestión de interesados internos debe ser muy ágil, por ello es necesario automatizar las fases relacionadas con el proceso de generación de componentes de la oferta mercantil (propuesta técnica, propuesta económica, elementos contractuales y jurídicos), para esto, existen herramientas que formalicen flujos de trabajo con activaciones online que generen alarmas y visibilidad a los principales involucrados en el proceso.	P-Ps-H-1
P-C1	Es necesario un equipo con experiencia en generación de PMB's, este debe tener experiencia en estructuras predictivas bajo modelos de contratos P*Q (APU's), suma alzada (juicio de expertos) e híbridos.	P-Ds-H-1 / P-Enc-H-1 / P-Ent-H-14 / P-Ent-H-7 / P-Ent-H-8 / P-Ent-H-9 / P-PMI-H-17 / P-PMI-H-18 / P-PMI-H-2 / P-PMI-H-28 / P-PMI-H-3 / P-PMI-H-42 / P-PMI-H-6 / P-PMI-H-7 / P-PMI-H-9
P-C2	la línea base de medición de desempeño PMB es trascendental porque permite aclarar el panorama del proyecto frente al alcance, los costos, el tiempo, el trabajo, los recursos y la procura del material, de esta manera, las técnicas avanzadas de planificación bajo estructuras de proyectos maestros y subproyectos, se convierten en cadena de valor de este elemento.	E-Ds-H-4 / F-Ps-H-4 / F-Ps-H-5 / P-Ds-H-2 / P-Ds-H-4 / P-Enc-H-2 / P-Enc-H-3 / P-Enc-H-5 / P-Enc-H-6 / P-Enc-H-8 / P-Ent-H-2 / P-Ent-H-4 / P-Ent-H-5 / P-Ent-H-6 / P-PMI-H-10 / P-PMI-H-13 / P-PMI-H-14 / P-PMI-H-15 / P-PMI-H-16 / P-PMI-H-23 / P-PMI-H-24 / P-PMI-H-4 / P-PMI-H-8 / P-Ps-H-2 / S&C-Enc-H-7
P-C3	La magnitud del proceso de reporting durante la ejecución del proyecto requiere un modelo automatizado, este debe integrar reportes masivos de trabajo que posteriormente soporten los	P-Enc-H-4 / P-Enc-H-7

	procesos de actualización en cada fecha de estado de este.	
P-C4	Es necesario estructurar un archivo de gestión de procura en el tiempo bajo el modelo que plantea la PMB del constructor, el propósito además de cuidar el flujo de caja del proyecto es llevar el proceso de compra de manera inteligente frente a la obra misma.	P-Ent-H-15 / P-PMI-H-19 / P-PMI-H-41
P-C5	Es necesario estructurar un proceso de selección de proveedores bajo el modelo que plantea la PMB del constructor, este debe tener en cuenta tiempos de la obra, proveedores sustitutos para mitigar riesgos y el apalancamiento de las finanzas del contrato.	E-Enc-H-2 / E-PMI-H-16 / E-PMI-H-17 / E-PMI-H-18
P-C6	Es necesario estructurar un proceso de gestión de cartera eficaz para el proyecto, este debe ser referenciado al modelo que plantea la PMB cliente, solo así y en referencia a la PMB de costos, nos permite obtener un panorama financiero estimado del proyecto y sus necesidades de apalancamiento externo si es el caso.	P-PMI-H-20 / P-PMI-H-21 / P-PMI-H-25 / P-PMI-H-26
P-C7	Es necesario mantener los interesados informados de manera efectiva, en ese sentido es prioritario desarrollar una solución colaborativa (dashboards) y online que proporcione en todo momento los rendimientos, desviaciones y pronósticos del proyecto	P-PMI-H-27 / P-PMI-H-33
P-C8	Es importante desarrollar informes de tendencias de las variables más importantes del contrato, estas permiten visualizar comparativos acumulativos respecto a lo planeado, lo ejecutado y proyectado en el tiempo.	P-PMI-H-35
P-C9	Es importante para el proyecto la clara visualización relacionada con la asignación de los recursos , esto requiere que, si la estructura del cronograma está desarrollada bajo proyectos maestros y subproyectos, los recursos deben estar vinculados hacia todos los subproyectos del contrato.	P-PMI-H-1 / P-PMI-H-29 / P-PMI-H-30
P-C10	La importancia de los proveedores para el contrato determina un componente fundamental en la estructura de planificación de este, por ello la PMB debe soportar la selección de proveedores estratégicos , y si es necesario debe incluir buffers y proveedores para soportar contingencias	P-Ent-H-16
P-C11	Es necesario para la gestión de grandes datos integrar desde la gerencia, técnicas de manejo de información , los datos son la base y el resultado de ellos permiten reconocer el estado y en general son el fundamento para tomar decisiones.	P-Enc-H-9 / P-PMI-H-32 / P-PMI-H-36 / P-PMI-H-37 / P-PMI-H-38 / P-PMI-H-39 / P-PMI-H-40
P-C12	La importancia de la efectiva gestión colaborativa de la información referente a la planificación del contrato hace necesario la utilización de software online que permitan trabajar con últimas versiones de documentos en forma rápida y en tiempo real.	P-Ds-H-3 / P-PMI-H-34
E-C1	La gestión de proyectos tipo contratos EPC requiere que la organización contrate personal administrativo con conocimientos y experiencia en: manejo de equipos de trabajo, gestión de proyectos desde perspectiva proyectizadas y con habilidades en términos del negocio, gerencia de proyectos y liderazgo.	E-Ds-H-1 / E-Ent-H-2 / S&C-Ent-H-5
E-C2	La importancia de los proveedores es clara bajo la estructura de contratos EPC, de esta manera la gestión de estos se convierte en procesos primarios de la fase de procura.	E-Ds-H-3 / E-Ent-H-3 / E-PMI-H-11 / P-Ent-H-13 / P-PMI-H-31 / S&C-PMI-H-10

E-C3	Es importante resaltar que un buen desarrollo de la ingeniería bajo características FEED (<i>Front End Engineering Design</i>), determina el mejoramiento de los niveles de incertidumbre en las fases de procura y construcción, esta característica, apoyada del concepto de trabajo llave en mano, hace del contrato más ejecutable con el cliente y la interventoría.	E-Ds-H-2 / E-Enc-H-1
E-C4	El trabajo de la interventoría es básico y propende siempre a favor del contrato, de esta manera, es necesario gestionarlos como interesados de alto poder e interés dentro del proyecto.	E-Ds-H-4 / E-Enc-H-4 / E-Enc-H-5 / E-Ent-H-4
E-C5	Respecto al tema del equipo y su entrenamiento es necesario además generar planes de capacitaciones adecuados en pro de las necesidades del alcance del proyecto, además es importante generar procesos motivacionales y de liderazgo de manera constante con el objetivo de formar un equipo sin altas tasas de rotación y de aprendizaje claro en el tiempo.	E-Enc-H-3 / E-PMI-H-12 / E-PMI-H-13 / E-PMI-H-14 / E-PMI-H-15 / P-Ent-H-12 / S&C-Ent-H-4
E-C6	El concepto llave en mano " <i>Turnkey</i> " propio de la gestión de obra (diseño y construcción) en este tipo de contratos, acompañado de un proceso de gestión interdisciplinario eficiente bajo la sinergia del director de obra, el cliente y la interventoría, permiten enfocar los procesos de riesgo en temas relacionados con seguridad industrial, bases culturales, cumplimiento de proveedores y responsabilidad ambiental.	E-Ent-H-5
E-C7	La planificación de la calidad es importante para garantizar el éxito del proyecto, y su base es el plan de calidad , de esta manera el director de proyectos debe procurar que los esfuerzos se centren en entregar lo solicitado, sin caer en el engaño de querer entregar algo mejor esperando que esto incremente la satisfacción del cliente o el éxito del proyecto.	E-Ds-H-5 / E-Enc-H-6 / E-Enc-H-7 / E-PMI-H-10 / E-PMI-H-4 / E-PMI-H-5 / E-PMI-H-8 / E-PMI-H-9 / P-Ent-H-11 / S&C-Ent-H-6
E-C8	La cantidad de variables a manejar desde la parte legal, contractual, técnica, recursos, proveedores, material y el día a día situacional de la obra determinan la necesidad más allá del director de obra un elemento claro para la gestión general del contrato , este recurso debe contar con enfoque administrativo y conocer la organización bajo los FAO de la misma.	E-Enc-H-8 / E-PMI-H-6 / S&C-Enc-H-1
E-C9	La importancia de la efectiva gestión colaborativa de la información referente a la obra y en general del contrato, hace necesario la utilización de software online que permitan trabajar con últimas versiones de documentos en forma rápida y en tiempo real.	E-PMI-H-19 / E-PMI-H-7
E-C10	El trabajo en campo de este tipo de proyectos puede estar gestionando semana a semana alrededor de 5000 o más horas hombre, esto hace necesario caracterizar procesos de reporte eficientes que vinculen una gestión especial por parte de residentes y supervisores, y que cuenten además con características óptimas de volumen, velocidad y veracidad	E-PMI-H-1
S&C-C1	Es necesario formar un equipo experimentado para la gestión del proyecto, con conocimientos específicos en actualización y análisis gerencial (rendimientos, desviaciones y pronósticos) de proyectos bajo modelos avanzados de cronogramas e integración de datos.	S&C-PMI-H-7
S&C-C2	Para el contrato es muy importante la gestión dinámica de PMB's , su característica llave en mano hace necesario visualizar en todo momento el alcance real de la obra bajo los modelos de constructor (alcance, tiempo, costos, trabajo) y cliente (alcance, tiempo, facturación).	P-Ent-H-3 / S&C-Ent-H-3 / S&C-PMI-H-3

S&C-C3	El uso de modelos de integración de datos es muy importante para el proyecto, para ello es importante involucrar técnicas avanzadas de seguimiento y control que bajo herramientas avanzadas de gestión de proyectos permitan una gestión efectiva del mismo.	S&C-Enc-H-2
S&C-C4	Es necesario determinar una efectiva estructura de recursos , esta debe permitir una efectiva gestión en cada fecha de estado para todos los elementos relacionados específicamente con el tipo material (consumibles, logística, herramientas, material de la procura, maquinaria, etc.) y debe incluir una codificación integrada bajo componente propios del contrato como: subproyecto, WBS, área, proveedor, fecha de estado, etc.	S&C-Ent-H-8
S&C-C5	Es muy importante el conocimiento propio y el uso eficiente de las técnicas para el cálculo de rendimientos, desviaciones y pronósticos en términos de alcance, costos, tiempo y trabajo a nivel del proyecto maestro, subproyectos y tareas.	P-Ent-H-10 / S&C-Enc-H-3 / S&C-PMI-H-4 / S&C-PMI-H-6
S&C-C6	Es importante desarrollar modelos dinámicos de análisis de la información , esto es, que desde la integración de la información de obra (horas hombre de todo el personal - <i>reporting</i>) y la posterior carga de datos en el software de gestión de proyectos, sin importar la periodicidad de fechas de estado determinadas para el proyecto como tal, se creen procesos y estructuras ágiles que mejoren tiempos de actualización, pero al mismo tiempo soporten el detalle necesario para el análisis gerencial del contrato.	E-PMI-H-3 / S&C-Enc-H-5 / S&C-Ent-H-1 / S&C-Ent-H-7 / S&C-PMI-H-1 / S&C-PMI-H-11 / S&C-PMI-H-5 / S&C-PMI-H-9 / S&C-Ps-H-1
S&C-C7	Las técnicas de visualización son muy importantes para el estado de un proyecto, esto involucra, la escogencia correcta entre modelos relacionados con curvas EVM (valor ganado, valor planeado y costo actual), curvas S (alcance, costo, trabajo y factura), diagrama CPI vs SPI, entre otros, y el tipo de interesado (interno y externo) al cual estamos presentando la información.	E-PMI-H-2 / P-PMI-H-12 / S&C-Ds-H-1 / S&C-Ds-H-2 / S&C-Enc-H-4 / S&C-PMI-H-2
S&C-C8	La necesidad propia del análisis para tomar decisiones hace necesario desarrollar informes dinámicos online (<i>desktop - mobile</i>), sin importar la técnica de visualización determinada, en este proceso la necesidad es una visual ágil y clara, que permite de manera automática y desde cualquier dispositivo electrónico inteligente conectado a una red de internet, acceder a la información del estado de un elemento de la estructura de cronograma del contrato (maestro, subproyecto, tarea).	S&C-Enc-H-6 / S&C-Ent-H-2 / S&C-PMI-H-8
S&C-C9	La necesidad del análisis financiero es importante durante la ejecución del proyecto, temas como la tendencia del AIU (administración, imprevistos y utilidad), beneficios de la relación facturación y costo real, acompañados además de una validación objetiva bajo el concepto de producción (valor ganado), determinan una visual distinta y complementaria al análisis propio de gerencia de proyectos que es muy valorada por las áreas financieras de la organización.	S&C-Ent-H-9

4.2 Recomendaciones

A partir de las 40 conclusiones generadas en el punto anterior (ver Tabla 11. Resumen de Conclusiones), se realizó un proceso de análisis e integración bajo referencias de similitud con el propósito de generar un determinado número de recomendaciones que enmarquen finalmente el espectro generado por las conclusiones. A continuación de muestra la Ilustración 6. Codificación de las recomendaciones para la comprensión de su estructura.

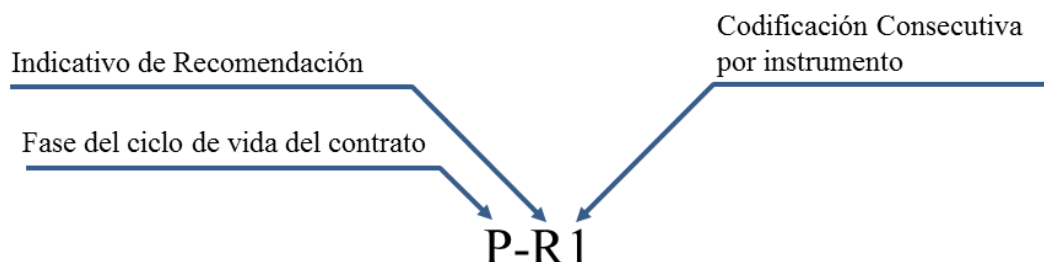


Ilustración 6. Codificación de las recomendaciones

Tabla 11. Resumen de Conclusiones

CONCLUSIONES	
Referencia	#
<i>Framework</i>	2
Inicio	7
Planeación	12
Ejecución	10
Seguimiento & Control	9
TOTAL	40

A continuación, se presentan las 33 recomendaciones que se generaron de la investigación. Ver Tabla 12. Tabla de Recomendaciones para el modelo PSC.

Tabla 12. Tabla de Recomendaciones para el modelo PSC

Codificación	Recomendación	Conclusiones
I-R1	Se recomienda que el equipo humano responsable de la propuesta este integrado por personas con relación directa para el tema específico, con la idoneidad y la experiencia suficiente para el desarrollo de las actividades que esta fase requiera.	I-C1
I-R2	Se recomienda desde el inicio del proceso para generar la oferta comercial realizar una gestión de cliente bajo un software CRM (<i>Customer Relationship Management</i>), esto permite tener un seguimiento en la temporalidad de la fase, teniendo en cuenta el estado del proceso de la licitación	I-C2

I-R3	Se recomienda para la fase de Inicio que las organizaciones cuenten con formatos y procedimientos estandarizados para la creación de APU's y su respectiva integración en el modelo de oferta económica total de la obra .	I-C1 / I-C4 / I-C3
I-R4	Se recomienda la utilización de procesos automáticos a nivel de flujos de trabajo , esto permite una buena gestión de interesados internos a nivel del estado del proceso del contrato.	I-C7
I-R5	Se recomienda en la fase de inicio el uso de herramientas de gestión documental de carácter colaborativo , estas permiten la modificación e integración efectiva de la información, en pro de la generación de las ofertas económica, comercial y la gestión de los temas legales y jurídicos propios del contrato.	I-C5
I-R6	Respecto a la recolección de los requerimientos se recomienda integrar los procesos de gestión (SGI) bajo la referencia de canales de comunicación dinámicos y los interesados del proyecto, esto le permite al equipo responsable de la propuesta, solucionar las inquietudes y demás necesidades, que soporten la estructuración de la oferta con la menor cantidad de sesgos posibles.	I-C1 / I-C6 / I-C3
I-R7	Se recomienda luego de la adjudicación del contrato, que el equipo técnico responsable de la ejecución del proyecto realice una validación de las bases de estimaciones de los APU's (P*Q) y los datos de los ítems sumaalzada, esta información permite realizar el empalme adecuado entre la fase de inicio y la fase de planeación.	I-C5
I-R8	Se recomienda la implementación de canales directos de comunicación cliente – contratista, estos soportan la efectiva validación de la información base del presupuesto del proyecto (APU's, oferta técnica / económica) y fortalecen la dinámica propia en respuesta a aclaraciones y/o validaciones propias de la fase de inicio.	I-C7
I-R9	Se recomienda realizar una lista de chequeo de la información recibida por parte del cliente o del área comercial que permita la integración de las bases documentales del negocio, y tener en cuenta la totalidad de estos durante el proceso de desarrollo de la propuesta.	I-C7 / I-C3
P-R1	Se recomienda que el equipo encargado del desarrollo de la planificación del proyecto este compuesto por personal capacitado en conceptos de gerencia de proyecto y manejo de software especializado de gestión de proyectos.	P-C1
P-R2	Se recomienda desarrollar PMB's que integren el alcance, el cronograma, los costos, los recursos y el trabajo del proyecto, para ello es indispensable utilizar un software de gestión de proyectos (por ejemplo, Ms Project) que integre todos los componentes mencionados anteriormente y junto con la solución PPM (<i>Project Portfolio Management</i>) de Microsoft, permita acceder a estos datos de manera integrada en datatos de información, que serán el soporte de análisis para el proyecto.	P-C2 / P-C9
P-R3	Se recomienda para soportar la generación de información integrada hacia la gestión colaborativa el uso de aplicaciones como MS PowerApps , la cual desarrolla instrumentos para el ingreso automatizado de datos, con la gran ventaja que su fuente puede relacionarse con las datatos sincronizadas de información en la nube generadas por PWA (Project Web App).	P-C3 /
P-R4	Se recomienda que la organización cuente con un proceso estandarizado para la gestión de procura de material, este debe estar soportado por las referencias brindadas por la PMB de costos, el uso de herramientas de bases de datos (cubos OLAP) y la generación de agendas en detalle para los diferentes rubros apropiados en la base de costos.	P-C4
P-R5	Con el propósito de mantener la estabilidad financiera del contrato, se recomienda generar acuerdos estratégicos con los proveedores desde la fase de planeación, esto acuerdos deben tener como referencia, la PMB del constructor (cronograma - costos) en donde pueden determinar los impactos	P-C5 / P-C10

	de los egresos por periodo, y la PMB cliente (cronograma - factura) que estima el beneficio de los ingresos por periodo; estos análisis en conjunto permiten determinar la estabilidad financiera del contrato.	
P-R6	Se recomienda crear modelos continuos para la gestión de la Cartera o Factura, deber incluir todos los escenarios (cartera planeada, cartera ganada, cartera real, cartera proyectada) y apoyados en la PMB cliente, permitirán estimar los flujos positivos en el tiempo para el proyecto, y bajo el esquema de costos soporten los beneficios financieros por periodo en el contrato.	P-C6
P-R7	Se recomienda usar bases de datos que posibiliten un efectivo seguimiento y control del proyecto a través de informes en tiempo real, este proceso debe incluir un servidor de proyectos en la nube (Ms Project Web App) como integrador de la información, un software para gestión de proyectos (Ms Project Professional) como base de carga de esta, y una herramienta estratégica para el desarrollo de <i>dashboards</i> (Ms Power BI) como soporte visual de la organización.	P-C3 / P-C7
P-R8	Con el propósito de mantener la estabilidad financiera del proyecto es recomendable generar informes de tendencias que involucren la variable de tiempo, estos deben considerar todos los escenarios (planeado, ganado, real y proyectado) de las variables de alcance, costos (<i>work / material</i>) y factura.	P-C8 / P-C11
P-R9	Debido que el componente de procura de material en contratos EPC es muy alto (aproximadamente en un 60%), se recomienda desarrollar un proceso de codificación estructurado de recursos que incluya la identificación estándar de estos (subproyecto, tipo de material, WBS, el proveedor entre otros) y su modelo de carga hacia el software de gestión.	P-C9
P-R10	Se recomienda que las organizaciones cuenten con herramientas de gestión documental que soporten el buen uso y desarrollo de la información pertinente en la fase de planeación	P-C12
E-R1	Se recomienda un equipo de trabajo administrativo con la experiencia suficiente para la ejecución de la obra, este debe soportar competencias en gerencia de proyectos, gestión de contratos, formación de equipos de trabajo, liderazgo y manejo de cliente.	E-C1 / E-C5 / E-C8
E-R2	Se recomienda efectuar las compras bajo un modelo de gestión de los proveedores muy eficiente, esto refiere que desde la PMB de cronograma y costos se puedan crear acuerdos estratégicos con los diferentes proveedores bajo la perspectiva de buenos acuerdos en tiempos de entrega y convenios de pago, factores que promueven el bienestar financiero del proyecto	E-C2
E-R3	Se recomienda que la organización de prioridad al proceso de desarrollo de la ingeniería , por su característica FEED (<i>Front End Engineering Design</i>) es fundamental en la construcción efectiva de la obra, como soporte a los modelos de tiempo referenciados en la PMB de cronograma, como base de los entregables que soportan la validación de la obra y finalmente proporciona (si los hay) los nuevos estimados de obra.	E-C3 / E-C4
E-R4	Se recomienda desde los procesos de comunicación trabajar en el desarrollo de modelos de informes, que bajo la estructura de la matriz de comunicaciones y herramientas de inteligencia de negocios y <i>big data</i> , puedan referenciar la importancia de los interesados internos (PMO y gerencias) y externos (cliente, interventoría, subcontratistas, proveedores y entes reguladores).	E-C4
E-R5	Este tipo de contratos por ser llave en mano “ <i>Turnkey</i> ” presentan un favorecimiento respecto a cambios en la gestión del alcance, en ese sentido, se recomienda que la gestión de riesgos por parte del equipo del proyecto esté enfocada en temas de seguridad industrial, subcontratación, subcontratación impleta, legal, social, cultural, ambientales y de proveedores.	E-C6
E-R6	Se recomienda que la construcción de la obra este referenciada siempre al plan de calidad , este documento es fundamental en los procesos de	E-C7

	validación de interventoría, y en conjunto de una efectiva gestión de los QAQC, proporcionan las bases de aprobación eficaz en la entrega de esta.	
E-R7	Se recomienda que las organizaciones gestionen la información propia del proyecto durante la ejecución bajo plataformas colaborativas online , esto permite gestión efectiva de la calidad en la documentación evitando retrabajos y posibles causas a detrimento de la información del proyecto.	E-C9
E-R8	Se recomienda en este tipo de contratos optimizar los procesos asociados al reporting bajo aplicativos en línea de carga masivas de datos , el propósito es que la recolección y posterior carga de datos no genere dificultad en los procesos relacionados con el seguimiento y control del proyecto.	E-C9 / E-C10
S&C-R1	Se recomienda que el equipo responsable de los procesos relacionados al seguimiento y control de proyectos tenga la experiencia necesaria para modelar todo tipo de contratos, de esta manera, es necesario que tengan conocimientos de gerencia de proyectos, configuración de servidores en la nube para proyectos, software de seguimiento y control, inteligencia de negocios y software para gestión de datos.	S&C-C1
S&C-R2	Se recomienda que la organización cuente con un proceso claro frente a la actualización de PMB's (Performance Measurement Baseline) , específicamente con este tipo de contratos donde es necesario actualizar el BAC (BAC dinámico) por cambios en las cantidades de obra, de esta manera, se deben realizar cambios hacia el cliente, en factura y hacia el constructor en costos.	S&C-C2
S&C-R3	Se recomienda tener conocimiento de técnicas avanzadas de seguimiento y control (metodologías EVM, ES, EW y AIU) por parte del equipo en esta fase, desde la teoría y la práctica en el software, esto requiere destreza en la usabilidad de los recursos tipo del software versus los diferentes actores que trabajan para el proyecto, los materiales de construcción, los consumibles, de tipo logístico, de licenciamiento y reembolsables.	S&C-C3 / S&C-C4 / S&C-C5
S&C-R4	Se recomienda la implementación de aplicativos online que soporten la integración de todo el trabajo del proyecto, para ello aplicativos como Ms PowerApps permiten a la organización consolidar de manera dinámica horas hombre del proyecto por periodos, esto es, con características de adaptabilidad hacia la organización y de consulta activa por medio de datos de gestión.	S&C-C6
S&C-R5	Respecto a la visualización de la información , se recomienda tener conocimientos a nivel de diferentes técnicas, el ideal es cumplir con los propósitos que tiene la organización bajo el estímulo del tipo de interesado que requiere la información, así, técnicas como: rendimientos, pronósticos y desviaciones de metodologías ganadas, curvas EVM, curvas S para costo, alcance, trabajo y factura, diagramas SPI vs CPI y modelos de tendencias y proyecciones, se convierten en soporte de los sistemas de gestión de comunicación de la organización.	S&C-C7
S&C-R6	Se recomienda el desarrollo de informes online que muestren el estado del proyecto sin importar la técnica de visualización determinada, de esta manera herramientas de inteligencia de negocios y aplicativos para gestión y visualización dinámica de datos (<i>dashboards / Ms PowerBI</i>), se convierten en la dual perfecta para el desarrollo de paneles de control (versión escritorio y versión móvil) con enfoque de proyectos maestros, subproyectos, tareas, recursos y AIU (inicial, ejecución y cierre).	S&C-C8 / S&C-C9

5. Verificación de Expertos

Este proceso tiene como objetivo principal obtener retroalimentación de expertos para el modelo PSC (planeación, seguimiento y control) desarrollado como producto del trabajo de grado. Para este propósito se determinaron 3 perspectivas, la primera, expertos en gerencia de proyectos que tengan experiencia en proyectos similares o que hayan sido directores de PMO's de compañías importantes, la segunda, directores de obra con experiencia en ejecución de este tipo de contratos, y finalmente, gerentes de contratos o unidades de negocio vinculadas con este tipo de proyectos.

Se evaluaron las variables, técnicas y herramientas en términos de verificación del modelo de gestión integrado para las fases de Inicio, planeación, ejecución y seguimiento & control de proyectos tipo contratos EPC en Colombia (Modelo PSC) bajo referentes como, aplicabilidad, cumplimiento de objetivos y aportes en general hacia la organización.

A continuación, los resultados.

5.1.1 Fase de Inicio

La retroalimentación en esta fase determino los siguientes resultados:

- Cambiar el nombre de liquidación (salida) por estimación general del contrato
- Cambiar la denominación de “Contrato” (salida) por Oferta Mercantil, incluye la propuesta económica, la oferta técnica y los elementos contractuales y de marco jurídico.
- Tener en cuenta que los riesgos conocidos deben estar calculados y los no conocidos son los asociados a los imprevistos.
- Adicionar la posibilidad de software desarrollado a la interna de la organización para apoyar procesos de generación de APU's.
- Incluir la gestión de bases de datos (recursos genéricos, rendimientos, material, equipos, herramientas, consumibles, EPI's, entre otros) por parte de las organizaciones como inputs de las herramientas automáticas de generación de APU's.
- Hacer énfasis en estimaciones de contratos, P*Q, sumaalzada e híbridos.
- Relacionar el concepto de FEED en el desarrollo de la oferta mercantil.

5.1.2 Fase de Planeación

La retroalimentación en esta fase determino los siguientes resultados:

- Cambiar el nombre de liquidación (entrada) por estimación general del contrato
- Cambiar la denominación de “Contrato” (entrada) por Oferta Mercantil, incluye la propuesta económica, la oferta técnica y los elementos contractuales y de marco jurídico.
- Incluir el concepto de EPC y EPCM respecto a la forma de gestión, vertical y transversal respectivamente.
- Referenciar la importancia del plan de calidad como una salida que involucra el plan de inspección y pruebas relacionando el tipo de prueba en obra (precomisionamiento, comisionamiento, puesta en marcha y estabilización).
- Incluir el análisis de riesgos y los documentos de contingencia en la salida de la PMB (riesgos calculados).

5.1.3 Fase de Ejecución

La retroalimentación en esta fase determino los siguientes resultados:

- Es muy importante darle la importancia a implementación de los riesgos.
- Resaltar la importancia de los recursos relacionados con HSEQ y QAQC en pro de la óptima ejecución del contrato.
- Resaltar la importancia de la estructuración personalizada de SharePoint como base en la gestión documental del contrato.
- Incluir herramientas como *Ms Skype for business* y *Ms Planner* como apoyo en esta fase.
- Resaltar el papel de la interventoría como soporte en la supervisión y aseguramiento contractual.

5.1.4 Fase de Seguimiento y Control

La retroalimentación en esta fase determino los siguientes resultados:

- Referenciar la necesidad de *dashboards* gerenciales, de seguimiento y control de proyectos, de seguimiento y control de tareas, gestión de factura y beneficios.
- Desarrollar modelos de alertas (gerencial, financiero) a nivel de las variables determinadas por la organización
- Realizar seguimiento y control de recursos, equipos y herramientas por medio de histogramas de gestión.

6. Construcción del modelo de integración PSC (Planeación, Seguimiento y Control)

El modelo de integración PSC tiene como fundamento la información recolectada en los capítulos anteriores, entre los cuales se realizó el análisis de documentación teórica, la construcción del modelo bajo el ordenamiento lógico de componentes y la verificación de los procesos lógicos del modelo PSC por medio métodos computarizados y de verificación bajo la recopilación de información con encuestas y entrevistas. De esta forma se logra comprender el comportamiento conjunto entre: herramientas, técnicas y los procesos de gestión para la planificación, ejecución, seguimiento y control de proyectos tipo contrato EPC. Todo contexto anteriormente valorado tuvo como punto central la identificación de los componentes para cada fase del proyecto, en ellas, la utilización de herramientas es disímil, así mismo, las técnicas empleadas para la correcta ejecución del modelo son transversales al proyecto, cuentan con características de tipo adaptativo y funcional que se enfocan en mejorar las probabilidades de éxito del proyecto.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación ¿Cómo articular y gestionar de manera eficiente los componentes críticos del proyecto tipo contrato EPC?, se realizó de manera progresiva y secuenciada la investigación concentrada en el contexto colombiano, se evidenció un proceso iterativo de análisis que permitió la identificación de información necesaria para el desarrollo de la base conceptual del modelo. Estructuralmente el modelo cuenta con entradas, salidas, herramientas y técnicas por fase específica (Inicio, Planeación, Ejecución, seguimiento y control), donde bajo un protocolo de actuación y un flujograma se establecen los elementos que apoyan la gestión de proyectos tipo contrato EPC. Para la generación del modelo se ahondó de manera teórica bajo la búsqueda de información, proveniente de organizaciones dedicadas al estudio de este tipo de contratos y sus consideraciones específicas, además se compararon las consideraciones con instituciones que centran sus esfuerzos en el desarrollo de conocimientos hacia la gerencia de proyecto que tengan impacto a nivel Colombia como lo es el PMI, para determinar las similitud de consideraciones al momento de abordar contratos y proyectos con características llamadas EPC.

Posteriormente se realizó la identificación de interacciones propias entre actores y factores relevantes bajo la consideración del pensamiento sistémico como primer instrumento de estructuración teórica, esto permitió la consolidación de la información en un proceso lógico secuencial como base para la construcción primaria de la estructura del modelo, elementos como, la identificación de las fronteras de análisis y composición, la secuencia en la utilización de los elementos componentes y la implementación de los procesos

deductivos para determinar los hallazgos pautan el camino de análisis y estructuración de los componentes del modelo integral para la gestión de un proyecto tipo contrato EPC.

Ahora bien, posterior a la integración de la información obtenida en el primer instrumento de análisis se empleó la dinámica de sistemas como método de comprensión teórico práctico para estructuración sistémica de las fases los ciclos de relación y los procesos internos de conexión entre los actores identificados en el pensamiento sistémico y sus variables incidentes. Esto determinó el proceso lógico de actuación de los elementos componentes para cada uno de los ciclos identificados, lo que permitió el ingreso de información y la formulación de la base del modelo de simulación computarizado con la herramienta Vensim PLE. Este es un software de modelamiento matemático para la comprensión de sistemas complejos, en él, se articula información proveniente de los instrumentos de validación teórica, con la comprobación matemática que sintetizara la información necesaria para dar soporte a las conexiones lógicas planteadas.

La dinámica de sistemas también proporcionó la forma de validación de la sensibilidad de las variables incidentes sobre los actores, sus rangos críticos y las indeterminaciones asociadas a las variables y los actores principales. Rangos que por medio de la aplicación de los instrumentos de verificación encuestas y entrevistas proporcionaron la afinación de los criterios de valoración utilizando la analítica de datos que permitió sintetizar la información proveniente de los encuestados.

El instrumento que permitió integrar los procesos de gerencia de proyecto con los lineamientos provenientes de fuentes dedicadas a los contratos EPC fue el análisis del proyecto contra el Estándar de gerencia de proyectos PMBOK, este proceso comparativo permitió relacionar directamente los procesos de la gerencia de proyectos nombrados por el PMI en relación a la gestión de los contratos y proyectos tipo contrato EPC como lo es la Federación internacional de ingenieros Consultores, quienes de manera directa ofrecen los lineamientos generales y específicos para la realización este tipo de proyectos. De este análisis se identificaron 78 hallazgos hacia la composición de las similitudes y disyuntivas entre estos estamentos y a su vez poder tomar los elementos de valor para el modelo de integración PSC para la gerencia de proyectos tipo contrato EPC en Colombia. A continuación, se presenta la descripción del macroproceso generado para la comprensión de las fases descriptivas del modelo.

6.1 Macroproceso del modelo

6.1.1 Descripción general, terminología y simbología

La descripción a continuación permite la comprensión del proceso de desarrollo y composición para la Construcción de un Modelo de integración PSC (planeación, seguimiento y control) para la Gerencia de proyectos tipo Contratos EPC (*Engineering, Procurement and Construction*) en Colombia. Por medio de la explicación gráfica del flujograma en la Gráfica 3. Macroproceso modelo PSC, Elaboración propia, se puede mostrar los documentos a nivel general agrupados para cada entrada de la fase, de igual forma, los procesos incidentes de manera general y por último las interacciones generadas en el desarrollo del proyecto.

El modelo PSC está compuesto por cuatro fases: Inicio, en la cual se relacionan procesos referidos a la integración de los procesos provenientes de las áreas comercial y alta gerencia, su consolidación otorgamiento y construcción de las bases proyectuales para la planeación; Planeación, en la cual se realiza la transformación de la información inicial en la planeación de costos, presupuestos, financiación, cronograma, contratos, y procesos de adquisiciones necesarios para la planeación detallada del proyecto; Ejecución, en la cual se proceden a hacer los desarrollos de la ingeniería en detalle, la entrega a obra para la ejecución, la validación y la entrega progresiva de actividades, y los procesos de control de calidad que aseguren este tipo de proyectos; Y por último seguimiento y control, en el cual se incluyen los procesos de valor ganado dinámicos, los procesos hacia el cliente como la cartera, y de igual forma los procesos para el control del avance y los indicadores de gestión integrados por medio de herramientas colaborativas en la nube para la divulgación de información relevante.

Cada fase cuenta con procesos y documentos de entrada, herramientas y técnicas que se integran en un orden lógico establecido por un protocolo de actuación gerencial de alto nivel generando documentos y procesos de salida. Este proceso estos articulados por medio de una estructura lógica expuesto por medio de flujogramas y protocolos de actuación. Los elementos del flujograma utilizan la simbología que se muestra en Ilustración 7. Simbología para flujogramas.

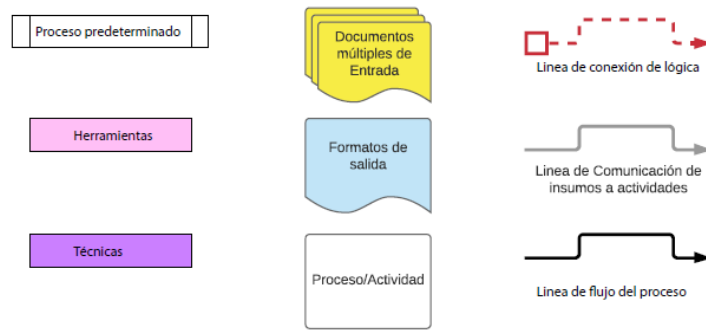


Ilustración 7. Simbología para flujogramas

Con lo anterior se desarrolló una estructura visual representativa que funciona como base del desarrollo de los flujogramas por cada una de las fases del modelo PSC. El detalle se muestra en la

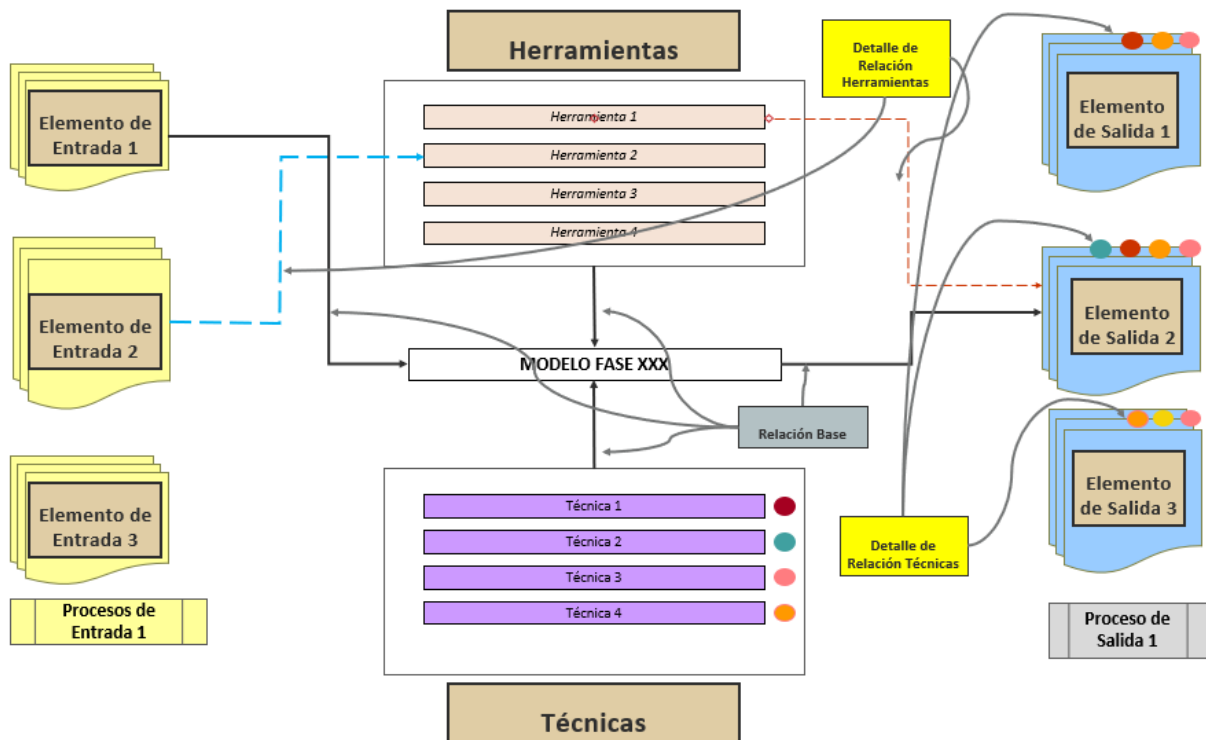
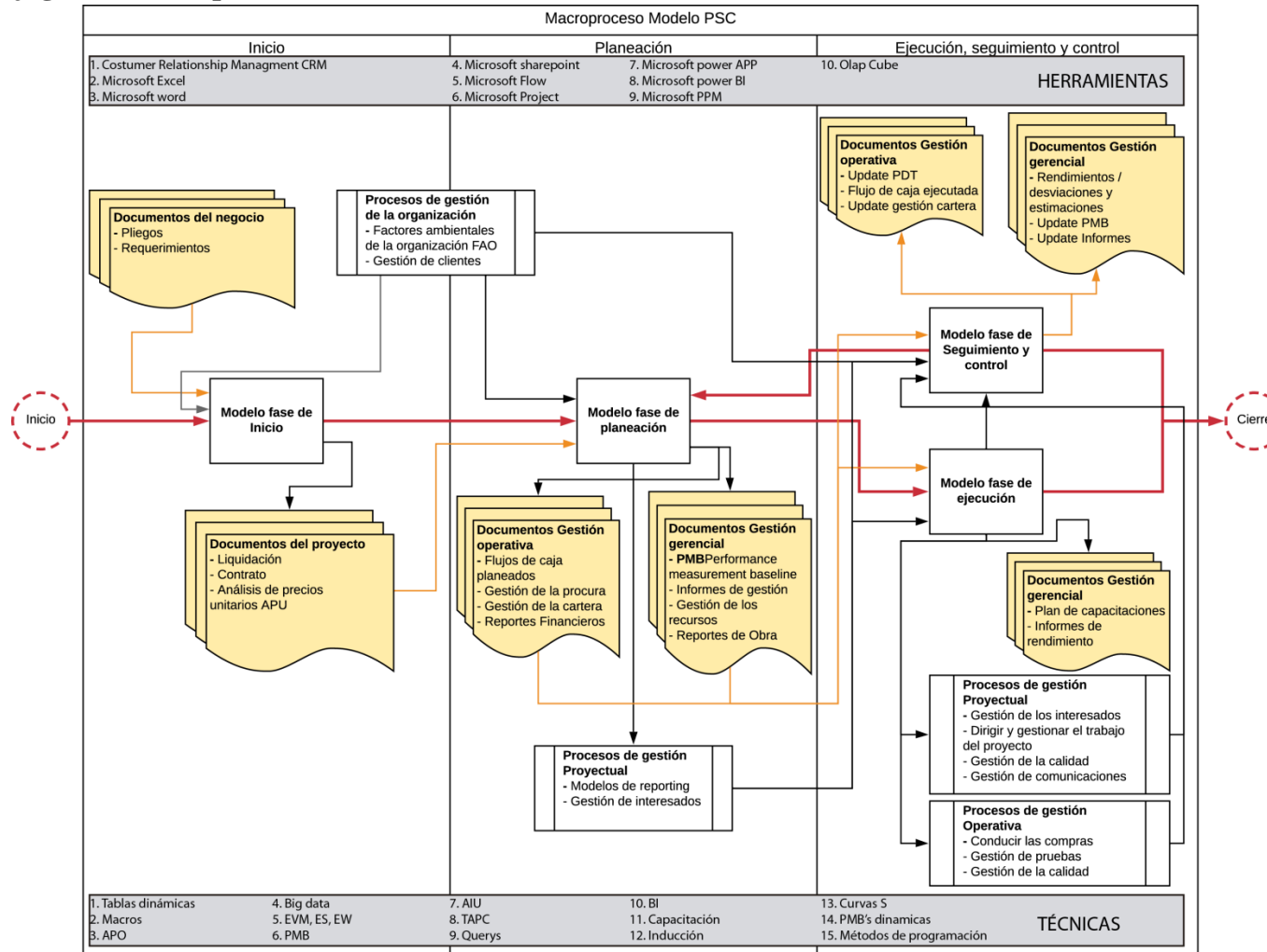


Ilustración 8. Estructura flujograma Modelo PSC

6.1.2 Flujograma macroproceso



Gráfica 3. Macroproceso modelo PSC, Elaboración propia

6.2 Modelo PSC fase de inicio

6.2.1 Descripción general

La fase de inicio tiene como partida la recepción de la información proveniente del área comercial, allí se recibe toda la documentación de la propuesta, en la cual se integran los requerimientos generales, los presupuestos generales, las condiciones del contrato y de la contratación, los materiales y sus especificaciones a nivel general, los recursos y demás consideraciones a nivel de personal de acuerdo con la recomendación I-R6 e I-R2. De igual forma como documentos de entrada se encuentra la ingeniería básica, planimetrías y documentos a nivel de especificaciones técnicas hacia los equipos y demás elementos contemplables para la estructuración de la propuesta relacionarlos e inventariarlos en una lista de chequeo verificable por los miembros del equipo de la propuesta atendiendo a la recomendación I-R9

Desde ese momento se debe crear y codificar la propuesta dentro de la organización con el fin de asignar los recursos para el desarrollo de la propuesta, para ello los factores ambientales de la organización coadyuvan en la centralización de la información, la creación de los canales de comunicación entre el cliente y el equipo del proyecto y la estructuración del plan de trabajo para la propuesta. Ahora bien, las herramientas que deben contener en esta fase de acuerdo con la conclusión I3 y las recomendaciones I-R2 e I-R5 son:

- *Customer Relationship Management CRM*
- Microsoft Office Word
- Microsoft Office Excel
- Microsoft SharePoint
- Microsoft Flow

Estas herramientas integradas a los acervos de los procesos de la organización, bajo la estructuración y análisis de la información bajo el uso de macros y tablas dinámicas permiten el desarrollo de la analítica de la información de manera integrada con las herramientas colaborativas, esto de acuerdo con la recomendación I-R3. Posterior a esta parte de desarrollo por parte del equipo de la propuesta se comienza el proceso iterativo de validación entre el cliente y el equipo de trabajo bajo la modalidad de las intervenciones por parte del cliente, lapso en el que posterior a la definición de las cantidades y la estructuración de los análisis de precios unitarios, se genera la consolidación de la propuesta.

Con el otorgamiento del proyecto, se consolida la información por parte del equipo de la licitación y se procede a la entrega de la información a la fase de planeación del proyecto, para ello se entregan documentos relacionados al contrato, teniendo en cuenta toda la

documentación proveniente del cliente, la consolidación de las normativas aplicables bajo las consideraciones de carácter legal y demás consideraciones contempladas bajo común acuerdo. Adicional a estos documentos deberán entregarse todas las bases de las estimaciones para las cantidades y para el presupuesto.

6.2.2 Flujograma del modelo PSC fase de Inicio

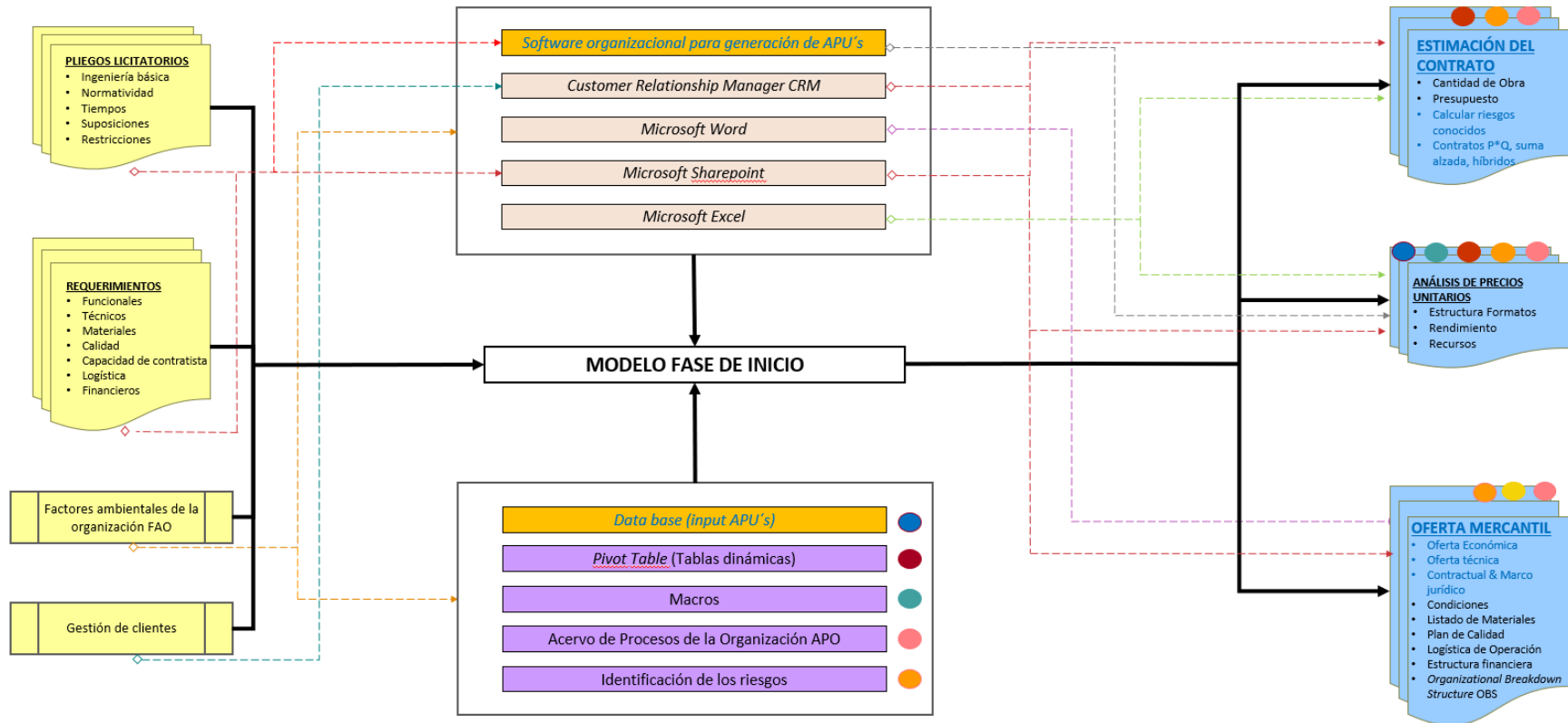


Imagen 6. Flujograma fase de inicio

6.2.3 Protocolo del modelo PSC fase de Inicio

El protocolo de actuación de carácter procedimental en un alto nivel para el desarrollo de esta fase en un proyecto tipo contrato EPC, deberá contener como mínimo las siguientes consideraciones:

1. Recibir, codificar e integrar la información proveniente del área comercial y del cliente.
2. Direcccionar la información a los distintos miembros dentro del equipo multidisciplinario para el desarrollo de la propuesta. I-R1
3. Las áreas encargadas realizan la verificación de la información y se genera la consolidación de esta de manera colaborativa en las bases del proyecto I-R4
4. Se emplean las distintas técnicas (Macros y tablas dinámicas) para el ingreso de la información dentro de las estructuras de gestión colaborativas (Ms SharePoint)
5. Se desarrolla el proceso iterativo entre el cliente y el equipo de la propuesta para realizar las intervenciones por parte del cliente, y dar solución a las recomendaciones y requerimientos establecidos durante el proceso. I-R8
6. Se realiza la definición final de la propuesta y es entregada para cumplir con el proceso licitatorio I-R9
7. Posterior al otorgamiento del proyecto, se realiza la integración definitiva de la información y se hace el registro del proyecto dentro del área de proyectos de la organización. I-R6
8. Se genera la documentación definitiva de los elementos base del proyecto, la oferta mercantil, la propuesta técnica, la propuesta económica y los elementos de gestión legal. I-R7

6.2.4 Verificación de Recomendaciones fase de Inicio

Finalmente, en esta sección se realiza un breve proceso de verificación respecto a cómo el modelo propuesto soporta las recomendaciones relacionadas en la sección 4.2 para la fase de Inicio. Ver Tabla 13. Verificación de recomendaciones fase de Inicio.

Tabla 13. Verificación de recomendaciones fase de Inicio

Codificación	Conclusiones	Verificación Modelo
I-R1	I-C1	En el modelo la visual del recurso humano está inmerso en el conocimiento necesario para el manejo de las herramientas y técnicas presentadas

I-R2	I-C2	Se visualiza con la herramienta CRM dentro del grupo propuesto.
I-R3	I-C1 / I-C4 / I-C3	La salida de APU's es clara y está conectada con las herramientas y técnicas propias para su gestión
I-R4	I-C7	Esta recomendación se debe integrar dentro de los APO
I-R5	I-C5	Se visualiza con la herramienta Ms SharePoint dentro del grupo propuesto.
I-R6	I-C1 / I-C6 / I-C3	Esta recomendación involucra los APO relacionados desde el SGI de la compañía, el bloque de entrada de requerimientos y su análisis y las herramientas asociadas.
I-R7	I-C5	En la salida relacionada con la estimación del contrato se relacionan estos elementos, con las herramientas base.
I-R8	I-C7	Está representada con la vinculación de los APU's y la gestión del cliente bajo las herramientas Ms SharePoint y CRM.
I-R9	I-C7 / I-C3	La salida relacionada con la Oferta mercantil relaciona los elementos principales que pertenecen a este proceso final.

6.3 Modelo PSC fase de planeación

6.3.1 Descripción general

La fase de planeación cuenta con una gran cantidad de interacciones que de manera directa inciden sobre la realización adecuada de la planeación del proyecto. Esta fase del modelo comienza con la integración de la información realizando el empalme de la información proveniente de la fase de inicio para la cual los documentos y las herramientas utilizadas deben integrarse a los programas de gestión colaborativa a nivel proyectual. Los documentos del negocio, las especificaciones a nivel del contrato, los desarrollos de la ingeniería básica toman relevancia como base sustentada para la orientación de la planificación del proyecto.

La entrada de la información deberá contener las recomendaciones P-R2 y P-R7 las cuales direccionan la utilización de herramientas de integración del *data base* como Microsoft *Project Web App*, la estructuración de la plataforma de información local con la herramienta Microsoft *Project professional*, y el espectro de integración de la información PPM (Microsoft *Project, Program and Portfolio Managment*), para establecer los parámetros para el ingreso, la trazabilidad y la adaptabilidad de la información, en pro de la planificación efectiva del proyecto.

El desarrollo de la planificación debe considerar las recomendaciones P-R2 Y P-R4 donde la transformación de los requerimientos en procesos de planeación, deben direccionar a la creación de la PMB línea base de medición de desempeño, que integra de manera mancomunada el alcance, los costos, los recursos, el cronograma y el trabajo del proyecto. Para el desarrollo de la PMB el acervo de los procesos de la organización juega un papel

relevante, proporcionando los métodos, los procesos y los procedimientos para la estructuración de la información, los parámetros para la medición del desempeño y los indicadores de gestión, la coordinación de los recursos y demás elementos incidentes sobre la planeación del proyecto, dispuestos en las recomendaciones P-R7, P-R5 Y P-R10, relacionadas en el capítulo cuarto de este documento.

Las consideraciones deben contener no solo los procesos de gerencia del proyecto, también deben contener la gestión financiera y de cartera, el establecimiento de los modelos financieros, la gestión del AIU, la planeación de los recursos económicos y los flujos de caja para el proyecto, la planeación de los recursos para la gestión de los proveedores y sus estrategias de negociación referenciada con la PMB de cronograma y finalmente la logística, elementos de planta y equipos necesarios para la ejecución del proyecto.

Ahora bien, para la gestión de las comunicaciones, debe desarrollarse de manera integrada a la gestión de los interesados, por medio de la utilización de las herramientas *Microsoft Flow*, *Microsoft Sharepoint*, *Microsoft Power Business Intelligence* y *Microsoft PowerApps* como portafolio funcional para la trazabilidad, integración y presentación de la información. De manera general estas herramientas y técnicas representan, no solo para los proyectos, sino para la organización, la integración de la información de manera que se puedan escalar todos los datos hacia la alta gerencia por medio de cubos OLAP (*Online Analytical Processing*), que le permitan recopilar la información proveniente de distintas fuentes integrándola en el *data warehouse*. Como base para la presentación de la información se requiere el uso de técnicas de Big data, la gerencia del valor ganado EVM, el cronograma ganado ES, el trabajo ganado EW, y las técnicas avanzadas para la planeación y control que de manera conjunta presenten la información transversal a la planeación del proyecto.

6.3.2 Flujograma del modelo PSC fase de Planeación

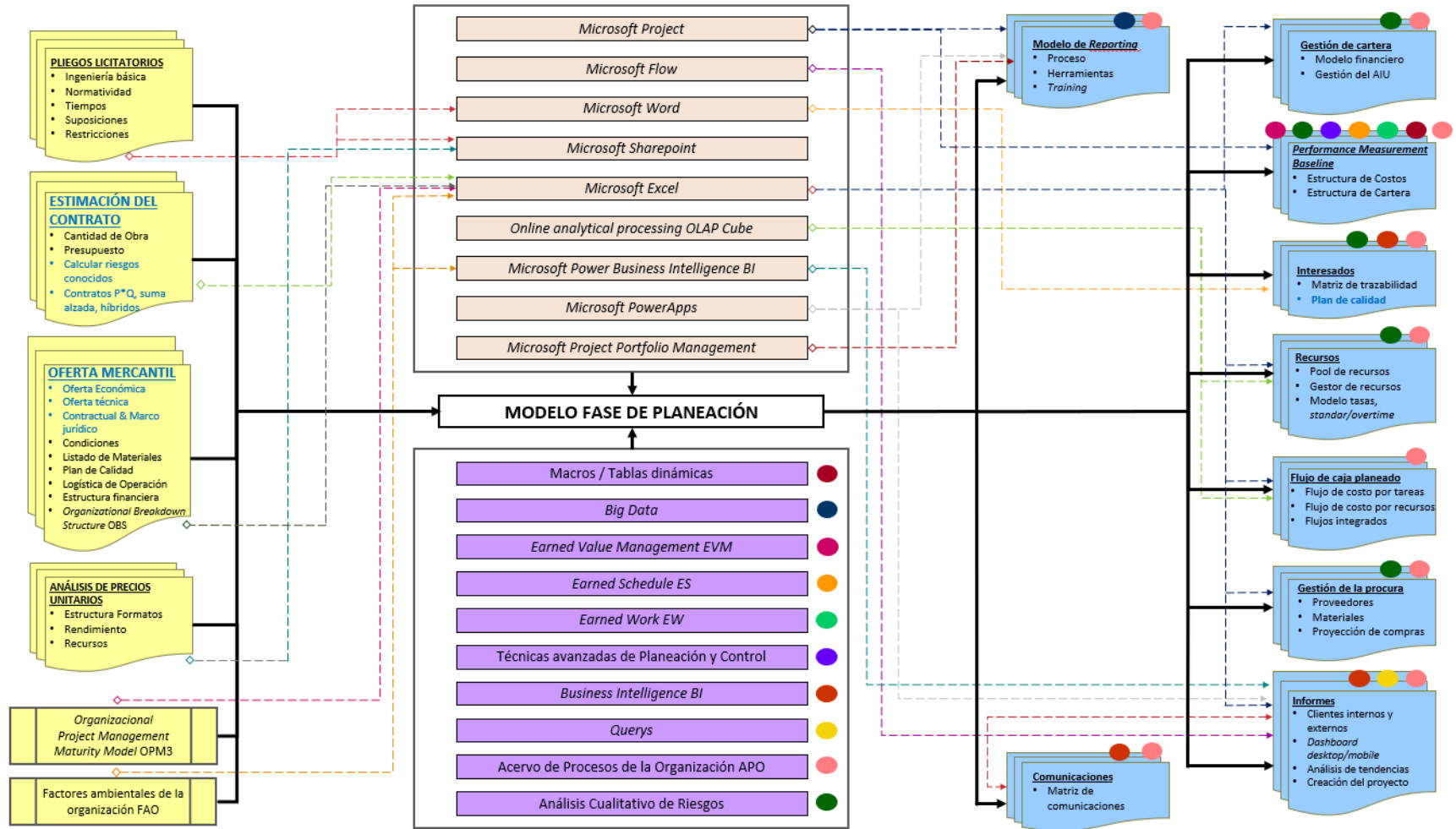


Imagen 7. Flujograma fase de Planeación

6.3.3 Protocolo del modelo PSC fase de planeación

El protocolo de actuación de carácter procedimental en un alto nivel para la fase de planeación debe contener como mínimo las siguientes consideraciones:

1. Analizar la información documental proveniente de la fase de inicio, documentación a nivel del cliente y del área comercial con los acuerdos generales y el contrato. P-R1.
2. La ingeniería básica entra en un proceso de verificación y validación por parte del área técnica quienes realizan la estimación confrontándola con los APU's y las cantidades establecidas en el proceso de licitación.
3. Se empieza la estructuración de la PMB bajo las consideraciones para el cliente y para el constructor. P-R2
4. La PMB para el cliente tiene como elementos incidentes la integración de los flujos de cartera, las proyecciones de factura, el alcance y el cronograma. P-R2
5. La PMB para el constructor debe contener los planes de gestión del alcance, el cronograma, el costo, los proveedores, las proyecciones de pagos, el material planta y equipos. P-R2
6. Determinación de archivos para la gestión efectiva de proveedores. Procura y cartera bajo modelos acordes a la PMB de cronograma y costos. P-R4/R5/R6.
7. La integración de la información del proyecto de manera local se genera por medio de informes colaborativos integrados *Dashboards* bajo la utilización de Microsoft *Project web app* y Microsoft *power business intelligence* aunado las técnicas de inteligencia de negocio. P-R7
8. La generación de los informes locales como las tendencias y proyecciones deberán desarrollarse por medio de los recursos de Microsoft Excel, y articularlos por medio de Microsoft *Sharepoint* para la integración en los reportes actualizables en la nube. P-R8/R10.
9. Los informes financieros, bajo las distintas posibilidades entre ellas AIU o EBIDTA se generan por medio de la configuración de los espacios *Microsoft Project web app* gestionados por los *Online Analytical Processing OLAP CUBE* y de igual forma se visualizan hacia la gerencia por medio de la aplicación Microsoft *Power Business Intelligence*. P-R8
10. Finalmente es necesario estructurar la gestión de los recursos tipo *work* de *Ms Project*, bajo la creación de archivos para la gestión de *reporting* efectiva usando herramientas como *Ms PowerApps*, acompañados de bases de codificación de material para los recursos propios del tipo *material* de *Ms Project*. P-R3/R9.

6.3.4 Verificación de Recomendaciones fase de Planeación

Finalmente, en esta sección se realiza un breve proceso de verificación respecto a cómo el modelo propuesto soporta las recomendaciones relacionadas en la sección 4.2 para la fase de Planeación. Ver Tabla 14. Verificación de recomendaciones fase de Planeación.

Tabla 14. Verificación de recomendaciones fase de Planeación

Codificación	Conclusiones	Verificación Modelo
P-R1	P-C1	Esta recomendación es visual dentro del modelo bajo las habilidades que deben tener los equipo para el manejo y gestión de las herramientas y técnicas mencionadas
P-R2	P-C2 / P-C9	La PMB es una salida clara dentro del modelo en esta fase y está relacionada con las herramientas y técnicas propias para su desarrollo.
P-R3	P-C3 /	El modelo soporta esta recomendación bajo la utilidad de herramientas de <i>Reporting</i> en términos de proceso, herramientas y entrenamiento.
P-R4	P-C4	El elemento de salida llamado gestión de procura y su relación con proveedores, materiales y proyecciones relacionadas soporta esta recomendación
P-R5	P-C5 / P-C10	Dentro del elemento de salida de gestión de compras, el tema de proveedores y su determinación para el proyecto requiere los procesos de negociación necesarios.
P-R6	P-C6	El elemento de salida llamado gestión de Cartera y su relación con el modelo financiero y AIU's dan soporte a esta recomendación.
P-R7	P-C3 / P-C7	El elemento de salida denominado Informes contiene los elementos de información necesarios para el seguimiento y control, la construcción de los <i>dashboards</i> soporta esta recomendación.
P-R8	P-C8 / P-C11	El elemento de salida denominado Informes contiene los elementos de información necesarios para el seguimiento y control, el desarrollo de informes para tendencias donde se vincula en la visual el tiempo está incluido en estos elementos.
P-R9	P-C9	La salida denominada Recursos incluye dentro de sus elementos el gestor de recursos, este elemento específicamente soporta la necesidad de estructura o codificar los recursos que se asignaran en el proyecto.
P-R10	P-C12	Todas las salidas están referenciadas por la herramienta colaborativa Ms SharePoint, esta nos permite realizar la gestión documental de manera eficiente.

6.4 Modelo PSC fase de Ejecución

6.4.1 Descripción general

La fase de ejecución para el Modelo PSC tiene como proceso inicial la integración de la ingeniería básica y el desarrollo de la ingeniería de detalle, bajo las cuales se realiza la retroalimentación de las líneas base de rendimiento, tomando los documentos provenientes de la fase de planeación, la PMB de la estructura costos y la estructura programada para la gestión de los recursos financieros, esto inicia la ejecución del proyecto. Para ello la solución de Microsoft PPM permite tener una visual del cronograma, los hitos hacia la entrega de la ingeniería de detalle, las proyecciones de tiempo para la adquisición y la procura de los recursos tipo trabajo y material, atendiendo a las recomendaciones E-R2 Y E-R3 en el capítulo cuarto de este documento. De igual forma la gestión de la procura comienza con la concentración del *pool* de recursos y con ello la gestión de contratos y subcontratos, proceso que tiene un trabajo conjunto con el área legal, compras, logística, y talento humano, quienes alinean todos los recursos tipo trabajo y tipo material para el proyecto.

En coordinación entre el director del proyecto y el equipo administrativo y técnico se realiza la planificación de los recursos utilizando la información dispuesta en la PMB de recursos, a partir de la finalización de esta etapa se proyecta el flujo de caja, las disposiciones de anticipos y se ejecutan los procesos dispuestos en la conducción de las compras. La finalización de este proceso se integra con los procesos financieros de la organización, esta configuración se hace bajo las disposiciones propias de la organización utilizando herramientas como SAP, JIRA y SINCO ERP entre otros. La información se transforma y se condensa por medio de los paquetes de material direccionados hacia la WBS y se realiza el ingreso en la *data warehouse* haciendo uso de las herramientas del software de gestión de proyectos Ms *Project Professional* y mediante la analítica de la información haciendo uso de *Ms Web App* como integrador de la información en la nube. E-R2/R4.

La interacción generada en el desarrollo progresivo del proyecto produce el ingreso masivo de la información, que es la base para determinar el estado general del proyecto, los rendimientos de los recursos y la generación de los reportes de estado. Para ello la herramienta Microsoft *PowerApps* recopila la *data base* proveniente de las distintas fuentes del proyecto a nivel de recursos tipo trabajo y consolida la data, luego, quien integra esta data con el componente de los recursos tipo material bajo condiciones de tiempo y alcance es la herramienta Ms *Project Professional*, finalmente quien hace el papel de integrador de

subproyectos al máster general es la herramienta *Ms Project Web App*. Por último, el estado del proyecto tiene una visual desde la gestión de la información por medio de informes online conectados a las datas de PWA, para ello, se utiliza la herramienta *Ms Power Businnes Intelligence*, quien conectada a la *data base* y aplicando técnicas de inteligencia de negocios permite construir *dashboard (desktop, service, mobile)* como herramienta fundamental para la gestión de los interesados internos y externos. E-R4/R8.

Ahora bien, transversal a la ejecución del proyecto la organización deberá tener presente: estrategias para la gestión progresiva del trabajo del proyecto y *daily planning*, gestión de cambios y soporte desde la actualización dinámica de la PMB y los procesos dispuestos para el involucramiento y motivación de los equipos de trabajo, para ser objetivos en la alineación de esfuerzos en pro del aseguramiento de la calidad del producto y el éxito del proyecto, atendiendo a las recomendaciones E-R1.

6.4.2 Flujograma del modelo PSC fase de Ejecución

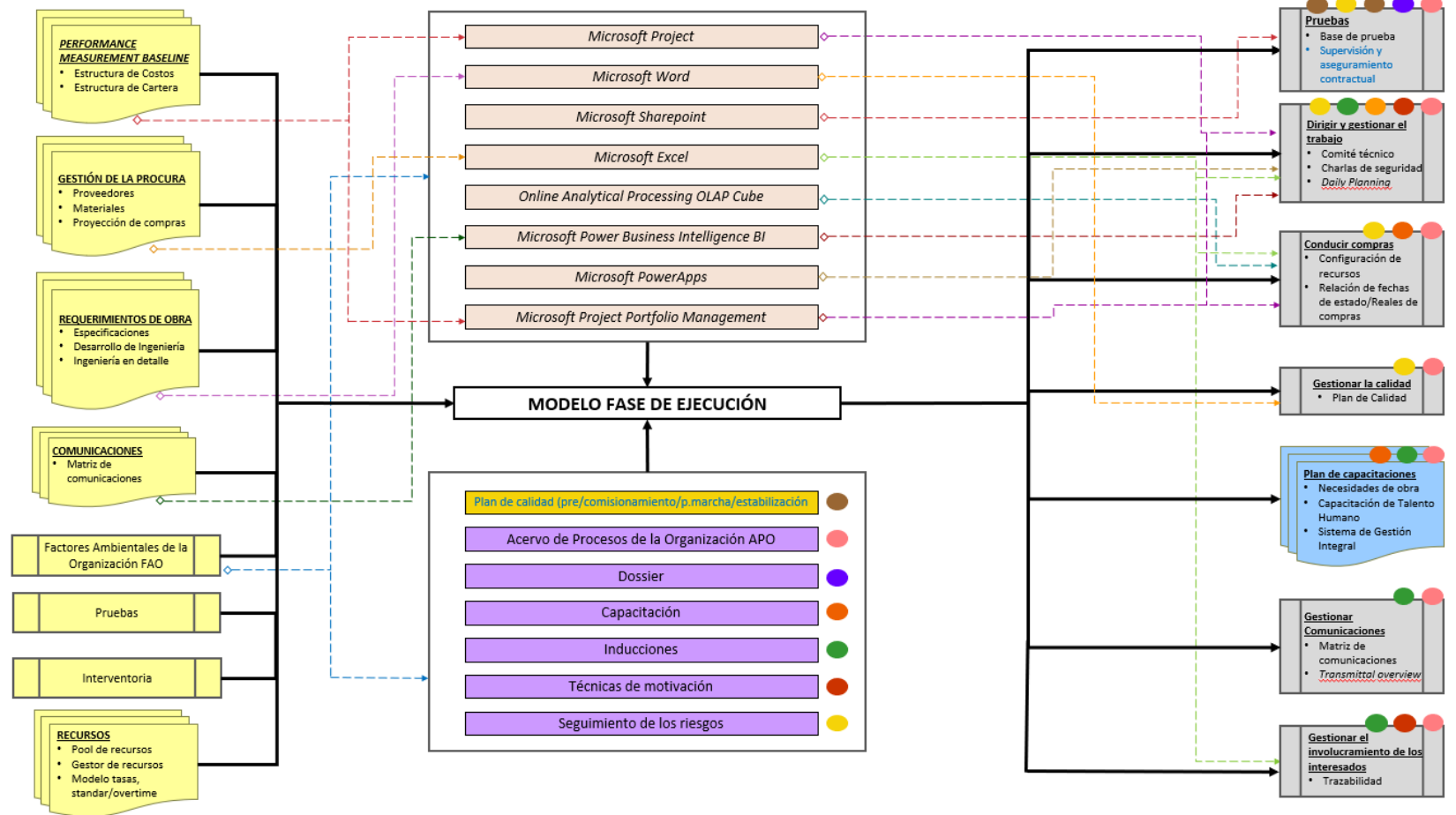


Imagen 8. Flujograma fase de Ejecución

6.4.3 Protocolo del modelo PSC fase de Ejecución

El protocolo de actuación para la fase de ejecución de carácter procedimental en un alto nivel contendrá como mínimo las siguientes consideraciones bajo un sistema dinámico y cíclico:

1. Se realizará la integración de la información proveniente de la fase de planeación, direccionando la información a las áreas encargadas. E-R1
2. Se realizará la validación de la ingeniería básica para el desarrollo de la ingeniería en detalle bajo características FEED, y así integrar la información a nivel de requerimientos, recursos y realizar la retroalimentación de la información para la consolidación de la PMB. E-R3.
3. El departamento legal y el área de talento humano procederá a la constitución de contratos y subcontratos con el fin de asegurar los recursos necesarios de tipo trabajo para la ejecución del proyecto. E-R1
4. Se realizan las proyecciones financieras para que el área de gestión financiera realice la reserva de los recursos. E-R1
5. Gestión del Trabajo diario bajo modelos de *daily planning*, comité técnico y charlas de seguridad, bajo la estructura de la PMB de cronograma. E-R1
6. Mantener actualizados los archivos de gestión de compras, bajo los componentes de WBS, codificación, fechas de estado y la PMB de cronograma.
7. Realizar de manera dinámica las pruebas y validaciones de obra bajo la estructura planteada por el plan de calidad y de manera sistemática con la interventoría. E-R6
8. Mantener activa la matriz de comunicaciones, referenciando interesados y su respectivo tipo de informe a desarrollar y enviar. E-R4
9. Generar e integrar reportes por semana del equipo de trabajo técnico y administrativo. E-R7/R8
10. Presentar valoraciones presupuestales de adicionales y/o cambios en el alcance, bajo modelos eficientes de gestión de cambios y estado presupuestal. E-R5

6.4.4 Verificación de Recomendaciones fase de Ejecución

Finalmente, en esta sección se realiza un breve proceso de verificación respecto a cómo el modelo propuesto soporta las recomendaciones relacionadas en la sección 4.2 para la fase de Ejecución. Ver Tabla 15. Verificación de recomendaciones fase de Ejecución.

Tabla 15. Verificación de recomendaciones fase de Ejecución

Codificación	Conclusiones	Verificación Modelo
E-R1	E-C1 / E-C5 / E-C8	Se evidencia de manera indirecta, esto es que el equipo de trabajo en esta fase debe tener experiencia en el uso de las herramientas y técnicas que se mencionan en el modelo
E-R2	E-C2	La gestión de proveedores se evidencia como un componente que hace parte del elemento de salida relacionado con la conducción de las compras, en referencia con el análisis de estado del proyecto en la fecha de estado determinada.
E-R3	E-C3 / E-C4	la importancia del desarrollo de la ingeniería bajo rendimientos apropiados para la obra hace parte de la estructuración del modelo FEED, esta característica referencia un proceso mucho más eficiente desde la planificación y posteriormente hacia la ejecución, está representada en las técnicas a referenciar en un grupo de salidas del modelo.
E-R4	E-C4	La gestión de las comunicaciones se evidencia como un componente que hace parte del elemento de salida y es la matriz de comunicaciones, así mismo utiliza para la efectiva gestión los componentes que involucra la salida relacionada con los informes en el modelo de S&C.
E-R5	E-C6	Esta necesidad esta referenciada en los procesos de pruebas, dirigir y gestionar el trabajo del proyecto, conducir las compras y la gestión de la calidad.
E-R6	E-C7	Es un elemento muy importante y se evidencia con un proceso cuyos componentes involucran al área HSEQ de la compañía, la interventoría y el cliente.
E-R7	E-C9	Es evidente cuando relacionamos la herramienta Ms SharePoint con la mayoría de los procesos de salida en la fase.
E-R8	E-C9 / E-C10	Se visualiza en la conexión de la herramienta Ms PowerApps con el proceso de salida relacionado con la gestión del trabajo del proyecto.

6.5 Modelo PSC fase de Seguimiento y Control

6.5.1 Descripción general

Esta fase del modelo tiene como referencia los procesos necesarios, las interacciones analizadas, los hallazgos generados, las conclusiones y recomendaciones adquiridas para realizar un proceso de seguimiento y control eficaz.

La fase de seguimiento y control cuenta con una gran cantidad de interacciones que de manera directa inciden sobre la realización adecuada de la actualización del proyecto. Esta

fase del modelo es paralela con la fase de ejecución y tiene como propósito fundamental conocer el estado del proyecto en términos de alcance, cronograma, costos, procura y trabajo.

Para la fase es muy importante la gestión de datos a nivel organizacional (reportes de todas las áreas involucradas en el proyecto bajo datos funcionales), estos son el insumo corporativo que, junto con procesos técnicos y avanzados de seguimiento y control, puedan integrarse bajo un software de gestión de proyectos (*Ms Project Professional*) bajo modelos de inclusión de variables de tiempo y alcance. Esta estructura de actualización determina los rendimientos, desviaciones y pronósticos para el proyecto (alcance, costo, tiempo y trabajo), y para ello es importante resaltar, que en una estructura de proyectos maestro y subproyectos, primero se intervienen los subproyectos a la fecha de estado en detalle y posteriormente el maestro se actualiza automáticamente.

Los modelos de gestión cliente (**PDT:** maestro / subproyectos – **Variables:** alcance, tiempo, factura) determinan estados de facturación y sus proyecciones, análogamente el modelo de gestión constructor (**PDT:** master / subproyectos – **Variables:** alcance, tiempo, costos, recursos) determinan estados de costo y sus proyecciones (S&C-R3), esta dualidad permite la visual financiera del proyecto en cada fecha de estado, y sobre la cual se soporta el estado financiero del mismo. Las visuales utilizadas deben construirse en elementos de gestión de datos online, bajo la utilización de consultas de *macro datas* con características *cloud*, generadas por la herramienta *Ms Project Professional* en apoyo de la plataforma PWA.

Finalmente, en esta fase es importante manejar: conceptos de PMB dinámicas para representar en forma óptima las PMB's al momento de generarse variaciones de cantidades de obra o en el alcance propias de este tipo de contrato, modelos matemáticos y tendencias de AIU (Administración, Imprevistos y Utilidades) y procesos de visualización y análisis de consultas avanzadas bajo cubos OLAP.

6.5.2 Flujograma del modelo PSC fase de Seguimiento y Control

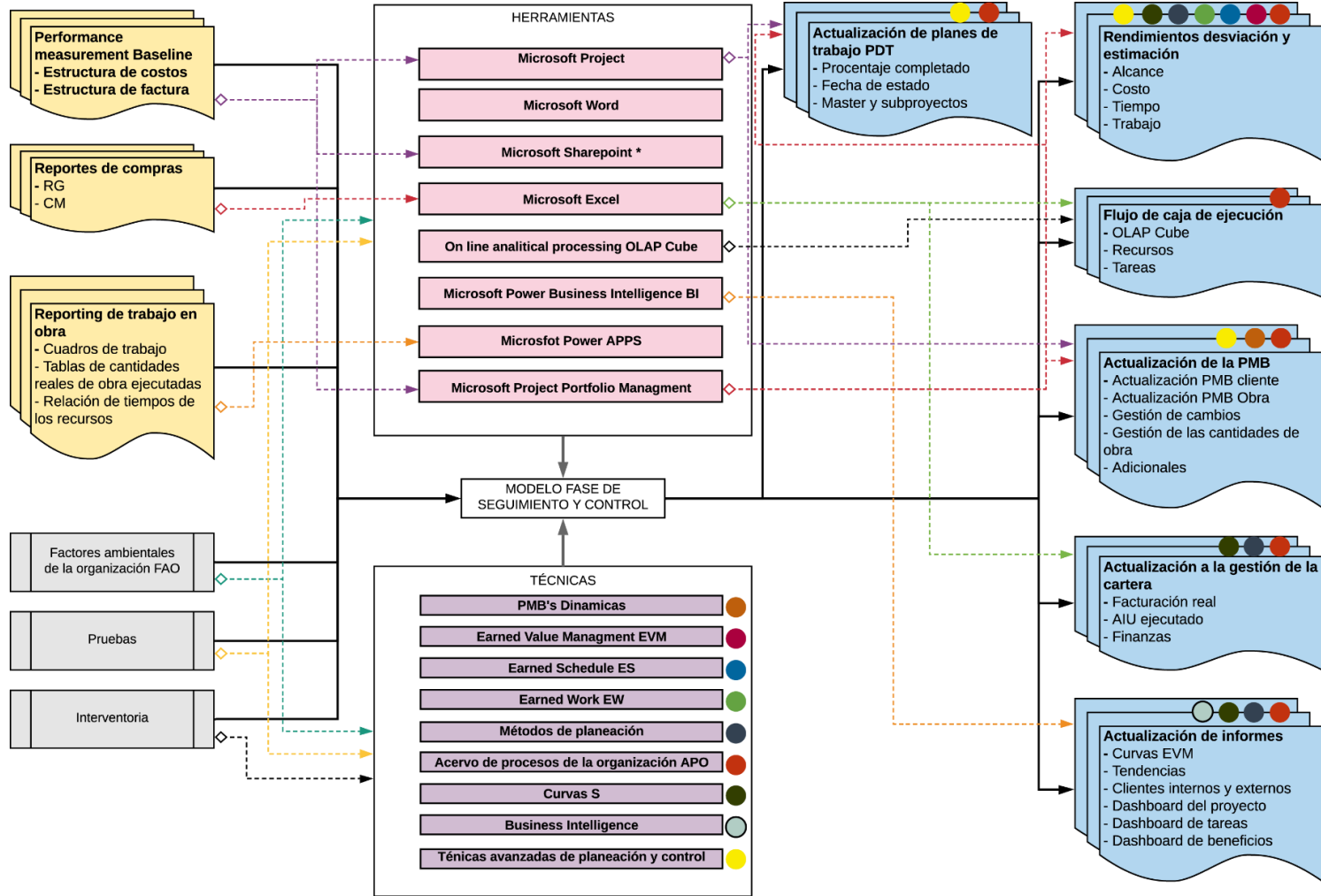


Imagen 9. Flujograma fase de seguimiento y control

6.5.3 Protocolo del modelo PSC fase de Seguimiento y Control

El protocolo de actuación para la fase de seguimiento y control de carácter procedimental en un alto nivel contendrá como mínimo las siguientes consideraciones bajo un sistema dinámico y cíclico:

1. Se realiza la validación de la información respecto a los reportes relacionados con el proyecto, este proceso de gestión de reportes para recursos tipo *work* (horas hombre vs WBS) y tipo *material* (procura, logística, consumibles, equipos, herramientas, relaciones de gasto, cajas menores, camionetas, etc vs WBS) es fundamental para la actualización. S&C-R3
2. Se realiza la carga de la información en el software de gestión de proyectos para los subproyectos pertenecientes a la estructura del contrato en mención (cliente – constructor), bajo las técnicas de gestión avanzada de proyectos, metodologías EVM, ES, EW, en la fecha de estado correspondiente y publicados bajo el modelo del servidor de proyectos en la nube.
3. Se actualiza el proyecto maestro (cliente – constructor) y se publica bajo el modelo del servidor de proyectos en la nube.
4. Seguidamente se actualizan los *dashboards* online (indicadores, desviaciones y pronósticos), informes de proyecciones (alcance, costos, Factura) y finalmente los informes relacionados con la interventoría. S&C-R6/R5
5. Para cada fecha de estado de seguimiento y control es importante realizar una reunión sistemática de análisis del contrato, esta reunión incluye todas las áreas de la organización que están vinculadas con el proyecto.
6. Finalmente se actualiza la PMB del contrato si durante este periodo de actualización se generan otros sí que ameriten este tipo de actualización. S&C-R2

6.5.4 Verificación de Recomendaciones fase de Seguimiento y Control

Finalmente, en esta sección se realiza un breve proceso de verificación respecto a cómo el modelo propuesto soporta las recomendaciones relacionadas en la sección 4.2 para la fase de Seguimiento y Control. Ver Tabla 16. Verificación de recomendaciones fase de Seguimiento y Control.

Tabla 16. Verificación de recomendaciones fase de Seguimiento y Control

Codificación	Conclusiones	Verificación Modelo
S&C-R1	S&C-C1	Se evidencia de manera indirecta, esto es que el equipo de trabajo en esta fase debe tener experiencia en el uso de las herramientas y técnicas que se mencionan en el modelo
S&C-R2	S&C-C2	Se evidencia en la salida relacionada con la actualización de la PMB la importancia que tiene este componente para el cliente, el constructor y los procesos con la actualización de la cartera
S&C-R3	S&C-C3 / S&C-C4 / S&C-C5	Se relaciona con la salida de actualización de PDT's, donde elementos de técnicas avanzadas de PSC son de vital importancia para este componente
S&C-R4	S&C-C6	Se relaciona con la salida de actualización de PDT's, donde la herramienta PowerApps se hace determinante para la eficaz carga de trabajo del personal asignado al proyecto.
S&C-R5	S&C-C7	Se evidencia en las salidas relacionadas con Informes, flujos de caja y gestión de la cartera, estas cuentas con elementos muy importantes que se relacionan con herramientas como los cubos OLAP e inteligencia de negocios y múltiples técnicas de visualización.
S&C-R6	S&C-C8 / S&C-C9	La salida relacionada con los informes evidencia la importancia y soporte de este componente para la fase, las diferentes técnicas permiten dar al interesado lo que quiere ver y en el tiempo correcto.

6.6 Lineamientos gerenciales para integración del modelo PSC a contratos EPC

Para una buena integración del modelo frente a un contrato es importante tener presente las siguientes recomendaciones:

- Ver desde el sistema de gestión qué actividades propuestas por la organización pueden aportarle valor a la implementación del modelo PSC
- Revisar el tema de infraestructura a nivel de hardware y software en la organización.
- Evaluar las competencias del área encargada de realizar PMB's y actualización de PDT's en ejecución.
- Validar competencias en la construcción y manejo de datos de información base, y en el manejo de macro datos bajo tendencia 7V (velocidad, veracidad, variabilidad, volumen, visibilidad, valor, variedad).
- Validar conocimientos de gerencia de proyectos y técnicas avanzadas de seguimiento y control del personal responsable.

- Conocer el ideal respecto a las intenciones de la alta gerencia frente a la gestión de este tipo de contratos.
- Evaluar los factores de la organización respecto a la gestión de cambios a nivel procedimental dentro de la organización.

7. Conclusiones generales

- Del análisis de los hallazgos obtenidos en la gestión de los instrumentos se pudo determinar que los componentes críticos de los proyectos tipo contratos EPC en Colombia son: los procesos relacionados con la PMB y el PDT, los FAO y APO de la organización respecto a la gestión de proyectos, la gestión de proveedores, flujos de caja y cartera, y finalmente los procesos de ingeniería, construcción y validación de obra.
- El conocimiento de las técnicas apropiadas para la construcción de **PMB's** y actualización de **PDT's** (cliente – constructor) incluyendo las metodologías de gestión ganadas, permiten referenciar temas de rendimientos, desviaciones y estimaciones propias del proyecto como primer objetivo, adicionalmente, en este tipo de contratos se genera información importante respecto a la gestión efectiva proveedores, realidad y proyección de obra, administración de la procura, escenarios de los recursos, panorama de la cartera y la gestión de los beneficios.
- El **modelo de integración PSC** involucra los procesos, documentos, herramientas, técnicas, flujogramas y protocolos por fase (inicio, planeación, ejecución y seguimiento y control) que soportan la articulación y gestión de manera eficiente de los componentes críticos del proyecto tipo contrato EPC, actualizando de esta manera el componente procedimental que pertenece a los APO y los factores tecnológicos relacionados con los FAO de la organización.
- El proceso de crear un modelo PSC bajo la integración de los elementos más importantes para una efectiva gestión de proyectos tipo contratos EPC, determinó que, adicionalmente a la importancia que tiene para el PMI las habilidades y competencias de un Gerente de Proyectos enmarcados en el Triángulo del Talento (la gestión técnica de proyectos, el liderazgo y la Estrategia y gestión de negocios), es necesario un cuarto elemento que está relacionado con el **conocimiento y la apropiación de la tecnología**, este último es el componente que proporciona la sinergia eficiente entre la gestión de proyectos, la modelación y análisis de datos y la inteligencia de negocios.
- La herramienta de **Análisis dinámico** bajo la técnica de Forrester permite el modelamiento y análisis de cualquier sistema complejo, para esta investigación específicamente, proporcionó la relación de los proyectos tipo contrato EPC y sus componentes bajo un modelo dinámico que incluye variables auxiliares, de nivel y

de flujo, que a través de la simulación en el software *Vensim PLE*, determinó los rangos y puntos críticos de cada una de las variables, finalmente a través de un análisis de sensibilidad de los espectros de salida se concluyó la importancia frente a la estabilidad del proyecto de las siguientes variables: PMB, los factores ambientales de la organización (APU's, aseguramiento contractual y obra), el promedio de entrega de la ingeniería, proveedores, contratista y las liberaciones en campo.

- El modelo PSC presentado como producto de este trabajo de grado está determinado como un estándar que puede ser adaptable para cualquier tipo de industria que ejecute proyectos tipo contratos EPC, adicionalmente puede llevarse a otro tipo de **escenarios con proyectos diferentes** donde los elementos presentados como salida sean alineados de acuerdo con las fases del ciclo de vida del proyecto referenciado.

8. Recomendaciones generales

- Las grandes organizaciones que dentro de su portafolio de negocio involucran la ejecución de proyectos tipo contratos EPC, necesitan una estrategia visionaria, que bajo elementos propios de la **Planeación Estratégica** como los objetivos estratégicos, la visión y la misión, puedan determinar los componentes de gestión y administración más adecuados hacia la organización, referenciados en la madurez de gestión de proyectos a nivel interno en la organización y las necesidades propias de los clientes y la interventoría.
- Las organizaciones deben comprometerse de manera transversal desde dos componentes fundamentales para su óptimo desarrollo, el primero está relacionado con los **estándares internacionales**, cuyo propósito está enfocado en las mejoras procedimentales a nivel de la gestión y administración de los proyectos, el segundo componente está enfocado a los **desarrollos y tendencias tecnológicas**, los cuales se involucran directamente con los procesos orientados al producto y unidos al primer componente, mejoran de manera tecnológica y estratégica los procesos enfocados a la labor administrativa propia del negocio.
- La integración efectiva en una organización, de un proceso innovador relacionado con la aplicabilidad de un estándar y la implementación de herramientas tecnológicas de última generación, debe apropiarse desde las áreas, sus caracterizaciones, formatos, instructivos y procedimientos; estos dan el soporte al sistema de gestión integral **SGL**, que representa para la organización hacia sus interesados internos los protocolos de actuación y hacia los externos protocolos de gestión y administración de los proyectos.
- La generación de nuevos procesos orientados al crecimiento organizacional debe obedecer a un proceso eficaz de **gestión de cambios**, esto requiere entender las

fuerzas que favorecen o no los procesos de cambios organizacionales, de esta manera la mejor estrategia para una compañía es visionar los cambios como un proyecto interno de la organización, así, las características de proceso sistemático, ordenado y controlado bajo modelos interdisciplinarios participativos, aportarán la sostenibilidad de los cambios en pro del crecimiento funcional de la organización y sus equipos de trabajo.

- Es importante que las organizaciones de manera recurrente evalúen su **modelo de madurez** a nivel de gestión de proyectos, solo este análisis permitirá reconocer el ciclo más consistente en la compañía en términos de planear y conducir evaluaciones, analizar y desarrollar planes de acción y finalmente realizar las implementaciones, que sean la base para mejorar los procesos relacionados con los activos de los procesos de la organización APO.

9. Trabajos futuros

La investigación respecto a la usabilidad de herramientas en pro de la gestión efectiva de componentes críticos de contratos de gran magnitud nos deja retos importantes:

- Ampliar el espectro de desarrollo de *dashboards* online, esto refiere que además de visualizar el estado general de proyectos, puedan visualizar el estado de recursos, las tareas, la gestión de material y la cartera en el tiempo.
- Automatizar los procesos de transferencia de datos en la ejecución de proyectos, esto involucra la recolección de la información en campo y la carga de la misma en el software de gestión de proyectos, esto determinaría movimientos automáticos de la información mejorando las características de rapidez y calidad.
- Incluir procesos de IA (inteligencia artificial) en los informes bajo la plataforma de *Ms Power BI* para el análisis de la información.
- Integrar datos de manera automática bajo activaciones de *Ms Flow* utilizando las vinculaciones de *SharePoint* y PWA.
- Ampliar el rango del estándar en términos de adaptabilidad para otro tipo de contratos o proyectos.
- Dentro de las posibilidades que nos brinda la gestión de datos es posible trabajar a futuro en la integración de sedes, el propósito es ir más allá de la gestión efectiva de un contrato EPC y posibilitar la visualización multinacional que proporcione el estado de cualquier proyecto en cualquier país bajo el dominio propio que refieren el estándar y las herramientas propuestas en el modelo PSC.
- Realizar estudios y análisis con entidades referentes en términos de estándares a nivel de gestión proyectos y desarrollos a nivel de herramientas tecnológicas, el propósito es realizar alianzas estratégicas que sean exitosas y estén enfocadas en la modernización del ejercicio de la gerencia de proyectos en Colombia.

- Protocolizar a nivel de guías metodológicas e instructivos las fases del modelo PSC que brinden los procedimientos para la aplicación del modelo en distintos sectores productivos.

Bibliografía

- A., L., F., S., M., B., & J.I., V. (2013). *Creación de un módulo espacial OLAP para Saiku*. Girona: SIGTE.
- AACE. (2019). El uso del valor ganado en el control de costos y cronograma. *2o congreso Iationamericano AACE internacional de costos* (págs. 57-71). Bolivia: www.aace-bolivia.org.
- Amelia, D. F., Jung, D., & Iurchenko, V. (July 20-24, 2014). Analysis of project management processes at a Dutch public infrastructure agency using group model-building. *32nd International Conference of the System Dynamics Society* (pp. 1-12). Delf, Netherlands: www.systemdynamics.org.
- Anzola, J. d. (2010). *SISTEMA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA PARA LA INTEGRACIÓN FÍSICA DE LA INFRAESTRUCTURA ENTRE CENTRO Y SURAMÉRICA DENTRO DEL MARCO IIRSA Y EL PPP*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Cámara Colombiana de la Infraestructura. (2013). *Informe Dirección técnica, proyecto vial ruta del sol sector 1, 2 y 3*. Bogotá: Cámara Colombiana de la infraestructura.
- Chiavenato, I. (2017). *Planeación Estratégica*. Readiris.
- Cox, R. F., Issa, R. R., & Ahrens, D. (2003). Management's Perception of Key Performance Indicators. *JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 142-151.
- data, P. (2019). *powerdata.es*. Obtenido de <https://www.powerdata.es/big-data>
- Federación Internacional de Ingenieros Consultores, Fidic. (2017). *Silver Book EPC/turnkey projects*. (segunda edición. ed.). Genova, Italia: FIDIC.
- Federación internacional de ingenieros consultores; FIDIC. (2017). *Silver Book EPC/turnkey projects*. (segunda edición. ed.). Genova, Italia: FIDIC.
- <http://www.portafolio.co>. (27 de mayo de 2008). Obtenido de 2. <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/nuevas-tendencias-gerencia-moderna-234140>
- Lemus, J. F. (2015). *Gestión, calidad e interventoría en proyectos de Construcción*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- LOGICALIS. (2019). *logicalis.com*. Obtenido de <https://blog.es.logicalis.com/analytics/en-que-consiste-big-data-analytics-y-como-beneficia-a-tu-empresa>
- Loots, P., & Henchie, N. (2007). EPC and EPCM Contracts: Risk issues and allocation. *MAYER BROWN*, 1-18.

- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in Systems*. Vermont: Chelsea Green Publishing.
- Negrín, S. S., & Kolesch, S. P. (2004). *La gerencia de proyectos IPC en América Latina. Factores claves de supervivencia y éxito de las empresas de ingeniería y construcción*. Buenos Aires, Argentina: Project Management Institute.
- ORACLE.CORP. (2016). *¿que es inteligencia de negocios?* Redwood city: Oracle.
- Phil Loots, N. H. (2007). EPC and EPCM Contracts: Risk issues and allocation. *MAYER BROWN*, 1-18.
- Portafolio. (07 de Junio de 2010). *Portafolio.com*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/presupuesto-ruta-sol-sube-17-paso-04-billones-licitacion-fallida-billones-421530>
- Project Management Institute. (2011). *Practice Standard for Earned Value Management*. Newton Square, Pennsylvania: Project management Insitute Inc.
- Project Management Institute. (21 de Enero de 2015). *El laboratorio de las TI*. Obtenido de <http://www.laboratorioti.com>.
- Project Managment Institute. (2015). *Requirements Managment a core competency for project and program success*. Newton Square, Pennsylvania: Project Managment Institute.
- QUESTIONPRO. (2019). *QUESTIONPRO*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/es/una-encuesta.html>
- QUESTIONPRO. (2019). *www.questionpro.com*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/entrevista-estructurada-y-no-estructurada/>
- revista Semana. (2015). la apuesta por la infraestructura energetica. *Semana*, 12-15.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Mexico: Mc Graw Hill.
- Standish Group. (16 de Mayo de 2016). *El laboratirio de las TI*. Obtenido de <http://www.laboratorioti.com>: <http://www.laboratorioti.com/2016/05/16/informe-del-caos-2015-chaos-report-2015-bien-mal-fueron-los-proyectos-ano-2015/>
- Sterman, J. (2000). The Modeling Process. En J. Sterman, *Business dynamics: System thinking and modeling for a complex world* (págs. 83-105). United States of America: McGraw-Hill.
- System Dynamics Society*. (2018). Obtenido de System Dynamics Review: <https://www.systemdynamics.org/system-dynamics-review>

Torres, M. P. (23 de Julio de 2019). *Vía al llano, 24 años en obra, 7 claves para entender el problema*. Obtenido de RCNradio: <https://www.rcnradio.com/especiales/al-llano-cuanto-se-estimo-que-costaba-cuanto-se-ha-gastado-y-cuanto-costaria-finalmente>

TPG The Project Group. (2014). *The Project Group*. Obtenido de www.theprojectgroup.com/newsletter