

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**ASEGURANDO EL VALOR EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN:
PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN
EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

Carlos Alberto Guerra Vera

ASESOR: Ing. Ricardo Del Águila Herrera

Lima, Setiembre de 2014

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad, el Perú es testigo de un crecimiento de la industria de la construcción producto del evidente crecimiento económico de los últimos años. Dicha situación permite la ejecución de diversos proyectos de construcción de variada naturaleza, magnitud y complejidad; no obstante, no necesariamente se estarían utilizando las herramientas más adecuadas para asegurar la integridad del producto final.

En tal sentido, se evidencia que algunos proyectos de construcción vienen presentando problemas en torno a los cambios del alcance acordado contractualmente y al acceso de la información actualizada durante la etapa de ejecución, generando diversos impactos negativos relacionados a los objetivos de costo, tiempo, calidad, seguridad, riesgo y productividad del proyecto.

Un proyecto de construcción está permanentemente expuesto a sufrir cambios durante su desarrollo, por lo que será fundamental el uso de una metodología que permita asegurar que todo cambio requerido se realice a través de un procedimiento ordenado, a fin de obtener el mayor valor del producto final o instalación construida y lograr satisfacer los requerimientos del cliente y las necesidades del usuario.

Bajo este contexto, la Gestión de la Configuración emerge como una técnica de gestión de proyectos que permite proteger la integridad y trazabilidad de los productos creados durante un proyecto de construcción, a través del estricto control de los cambios a toda la información y documentación crítica relacionada a la creación, mantenimiento y verificación de cada producto del proyecto.

En el presente estudio se propone un Sistema de Gestión de la Configuración como una metodología que permite controlar, en forma ordenada y sistematizada, los cambios del alcance de un proyecto de construcción durante su ejecución, creándose procedimientos y estándares de trabajo, definidos dentro una estructura organizacional de roles y responsabilidades, establecidos en un Plan de Gestión de la Configuración (PGC) como un documento técnico de aplicación y mejora continua del sistema.

DEDICATORIA

A mis padres por su constante e incondicional amor y apoyo a lo largo de toda mi vida; a mi hermana Natalia por ser mi ejemplo y motivo de perseverancia; a mis abuelos, por brindarme sabiduría y cariño en todo momento.

A la memoria de mi querida abuelita Manuela.



MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

PARTE I. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN	1
2.1 Acerca de la práctica actual.....	2
2.2 Reconocimiento del problema	3
2.3 Aspiración, objetivo y estrategia	3
2.4 Metodología de investigación	4
2.5 Alcance y limitaciones del estudio	5
2.6 Estructura de la Tesis.....	5
2. LOS CAMBIOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	7
2.1 Conceptos del cambio.....	8
2.1.1 Definición.....	8
2.1.2 Clasificación	9
2.1.3 Causas	9
2.1.4 Efectos	10
2.2 El cambio y la Gestión de la Configuración	12
2.3 Particularidad de un proyecto de construcción	13

PARTE II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

3. GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN.....	15
3.1 Antecedentes y evolución.....	16
3.2 Normas y Estándares	17
3.3 Definiciones.....	17
3.3.1 Producto	18
3.3.2 Configuración	18
3.3.3 Elemento de configuración	19
3.3.4 Información de la configuración del Producto	20
3.3.5 Línea Base de configuración	21
3.3.6 Gestión de la Configuración.....	22
3.3.7 Sistema de Gestión de la Configuración (SGC)	24
4. PROCESO DE GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN	26
4.1 Planificación y gestión de la configuración	28

4.1.1	Plan de Gestión de la Configuración.....	29
4.2	Identificación de la configuración.....	30
4.2.1	Selección de elementos de configuración.....	
4.2.2	Asignación de códigos.....	
4.2.3	Establecimiento de líneas base de configuración.....	32
4.3	Control de la configuración.....	35
4.3.1	Control del cambio.....	35
4.3.2	Control de documentos.....	37
4.4	Registro del estado de la configuración.....	38
4.4.1	Repositorio de información.....	39
4.5	Auditoría y verificación de la configuración.....	40
5.	GESTIÓN DE PROYECTOS BAJO EL ENFOQUE PRINCE2.....	42
5.1	Introducción.....	42
5.2	Estructura del PRINCE2.....	43
5.2.1	Principios.....	44
5.2.2	Temas.....	44
5.2.3	Procesos.....	46
5.3	Documentos Línea Base PRINCE2.....	48
5.4	Gestión de la Configuración en PRINCE2.....	50
PARTE III. PROPUESTA TÉCNICA		
6.	PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	53
6.1	Sistema de Gestión de la Configuración.....	53
6.2	Política.....	53
6.3	Normas y Estándares internacionales.....	54
6.4	Plan de Gestión de la Configuración.....	54
6.4.1	Propósito.....	56
6.4.2	Alcance.....	56
6.4.3	Herramientas y técnicas.....	56
6.4.4	Organización del proyecto durante la construcción.....	57
6.4.5	Roles y responsabilidades.....	58
6.4.6	Línea Base del Proyecto.....	60
6.4.6.1	Estructura de Desglose del Producto.....	60

6.4.6.2	Establecimiento de la Línea Base	61
6.4.6.3	Gestión de la Línea Base	62
6.4.7	Control de Issues y Cambio de la Línea Base	62
6.4.7.1	Procedimiento de Issue nuevo	62
6.4.7.1.1.	Solicitud de Información (RFI).....	65
6.4.7.1.2.	Instructivo de Campo (SI)	67
6.4.7.1.3.	Tema de Preocupación (PC)	69
6.4.7.1.4.	Fuera de Especificación (OS)	71
6.4.7.1.5.	Solicitud de Cambio (RFC)	73
6.4.7.2	Procedimiento de Cambio de la Línea Base	73
6.4.8	Control de la Documentación.....	78
6.4.8.1.	Procedimiento de control de documentos	78
6.4.8.2.	Estructura de codificación	80
6.4.8.3.	Submittals	80
6.4.9	Registro del estado de la Línea Base	82
6.4.9.1.	Registros.....	82
6.4.9.2.	Informes.....	84
6.4.9.3.	Métricas	85
6.4.10	Auditoría del SGC.....	86
6.5	Verificación del Plan de Gestión de la Configuración	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		88
GLOSARIO.....		91
BIBLIOGRAFIA		

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Diagrama de la aspiración, objetivo y estrategia de la tesis.
- Figura 2.1.** Evolución de los requisitos de un proyecto.
- Figura 2.2.** La jerarquía de los mecanismos de control del proyecto.
- Figura 2.3.** Factor de costo del cambio durante un proyecto.
- Figura 3.1.** Configuración de un proyecto de construcción.
- Figura 3.2.** Proceso de gestión de la configuración.
- Figura 3.3.** Componentes de un Sistema de Gestión de la Configuración (SGC).
- Figura 4.1.** Proceso de gestión de la configuración y sus relaciones.
- Figura 4.2.** Planificación y gestión de la configuración.
- Figura 4.3.** Estructura jerárquica de productos.
- Figura 4.4.** Establecimiento de Líneas Base durante un proyecto de construcción.
- Figura 4.5.** Proceso del Control del Cambio.
- Figura 5.1.** Gestión de proyectos PRINCE2.
- Figura 5.2.** Estructura del PRINCE2.
- Figura 5.3.** Estructura Organizacional PRINCE2.
- Figura 5.4.** Procesos PRINCE2.
- Figura 6.1.** Diagrama de Flujo para la elaboración de un PGC.
- Figura 6.2.** Organización del proyecto.
- Figura 6.3.** Estructura PBS para un proyecto de construcción.
- Figura 6.4.** Diagrama de Flujo del Procedimiento - Issue Nuevo.

- Figura 6.5.** Diagrama de Flujo del Procedimiento - Solicitud de Información.
- Figura 6.6.** Diagrama de Flujo del Procedimiento - Instructivo de Campo.
- Figura 6.7.** Diagrama de Flujo del Procedimiento - Tema de Preocupación.
- Figura 6.8.** Diagrama de Flujo del Procedimiento - Fuera de Especificación.
- Figura 6.9.** Diagrama de Flujo del Procedimiento - Cambio de la Línea Base.
- Figura 6.10.** Diagrama de Flujo del Procedimiento - Cambio de la Línea Base con Roles y Responsabilidades.
- Figura 6.11.** Diagrama de Flujo del Procedimiento - Control de Documentos.
- Figura 6.12.** Diagrama de Flujo del Procedimiento - Registro y evaluación de Submittals.
- Figura 6.13.** Formato - Registro de Issues
- Figura 6.14.** Formato - Registro de Lecciones Aprendidas
- Figura 6.15.** Formato - Informe de Issue
- Figura 6.16.** Formato - Informe de Auditoría
- Figura 6.17.** Formato - Auditoría del Sistema de Gestión de la Configuración

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Causas de los cambios.

Tabla 2.2 Efectos de los cambios.

Tabla 3.1 Documentos Línea Base para un proyecto de construcción.

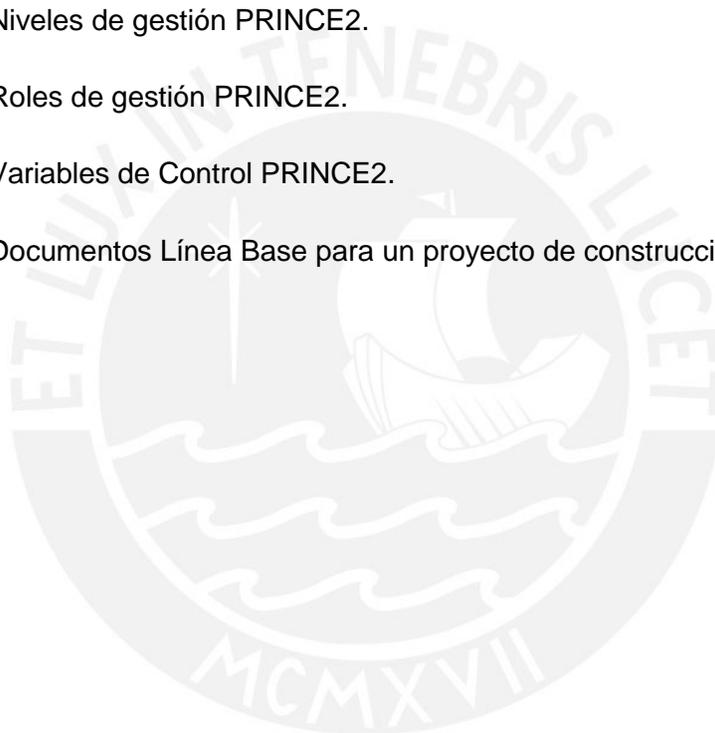
Tabla 5.1 Principios PRINCE2.

Tabla 5.2 Niveles de gestión PRINCE2.

Tabla 5.3 Roles de gestión PRINCE2.

Tabla 5.4 Variables de Control PRINCE2.

Tabla 6.1 Documentos Línea Base para un proyecto de construcción



LISTA DE ABREVIATURAS O SIGLAS

ANSI	: American National Standards Institute
APM	: Association for Project Management
FHWA	: Federal Highway Administration
FTA	: Federal Transit Administration
GC	: Gestión de la Configuración
INTECO	: Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación
ISO	: Organización Internacional de Normalización
OGC	: Office of Government Commerce
PBS	: Estructura de Desglose del Producto
PGC	: Plan de Gestión de la Configuración
PMI	: Project Management Institute
PRINCE2	: PRojects IN Controlled Environments
SGC	: Sistema de Gestión de la Configuración

PARTE I. INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

“No existe proyecto que no necesite algún nivel de Gestión de la Configuración; a medida que los proyectos son más complejos, grandes y tienen más interesados, se necesita realizar registros más claros y utilizar herramientas adicionales”

Larry Miller

*Configuration Management Hits Rutgers Curriculum
Engineering News-Record, Octubre 27, 2008*

La Gestión de la Configuración es una técnica que se desarrolló desde la década de los 50's por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para gestionar los cambios en el diseño y fabricación de armas y aviones; posteriormente, fue adoptada por otras industrias, principalmente para el desarrollo de software, estableciéndose estándares y buenas prácticas de implementación en organizaciones y proyectos, tales como el ISO 10007 (2003) y el Practice Standard for Project Configuration Management del PMI (2007).

Actualmente, viene siendo utilizada por entidades americanas como la Federal Transit Administration (FTA) y la Federal Highway Administration (FHWA), para controlar los cambios en proyectos de construcción de gran envergadura (carreteras, puentes, puertos, etc.), así como gestionar la extensa documentación que implica construir dichas estructuras y la presencia de numerosas partes interesadas del proyecto como cliente, consultores, proveedores, contratistas y subcontratistas.

La configuración del producto final o entidad a construir queda definida por los planos, especificaciones y documentos de gestión que definen su alcance inicial; sin embargo, dichos documentos técnicos sufren cambios y modificaciones durante el ciclo de vida del proyecto, los cuales pueden ser originados por situaciones imprevistas, errores u omisiones en los planos, condiciones de lugar, requisitos ambientales, y cambios de los requerimientos del cliente, entre otros.

El inadecuado control de los cambios a la configuración de un proyecto puede derivar en aspectos negativos relacionados al tiempo, costo y calidad. Es así que nace la necesidad de utilizar la Gestión de la Configuración a fin de proteger la integridad y

trazabilidad de los productos creados durante un proyecto de construcción. Ello implica establecer procedimientos para controlar y documentar correctamente los cambios al alcance del proyecto, y asegurar el acceso a la versión correcta de cada documento asociado al cambio.

El presente estudio abarca los principales conceptos de las normas y estándares que relacionan la Gestión de la Configuración, los cuales se utilizaron para la elaboración de la Propuesta Técnica. El Capítulo 1 inicia con la descripción de la práctica actual y reconocimiento del problema; seguidamente, se define la aspiración, objetivo y estrategia de la investigación. Así mismo, la metodología de investigación, los alcances y limitaciones del estudio, para finalmente presentar la estructura de la Tesis.

2.1 Acerca de la práctica actual

El crecimiento económico del país y diversas políticas estatales promueven la inversión nacional y extranjera en el sector público y privado, lo que ha originado la ejecución de diversos proyectos de construcción en áreas específicas tales como: edificaciones, centros comerciales, infraestructura urbana y rural, minería, entre otros.

En estudios referidos a dichos sectores que están relacionados con los cambios que se producen durante la etapa de ejecución de los proyectos, éstos se derivan en adicionales de obra y ampliaciones de plazo, según lo siguiente:

“Las modificaciones solicitadas con posterioridad al inicio de las faenas constituyen una de las causas de conflicto frecuente en las obras de construcción, debido a que interfieren con el desarrollo programado y generan incertidumbre sobre los resultados finales. Si bien, algunas de ellas son destinadas a aclarar y mejorar los diseños de arquitectura e ingeniería, otras dependen de condiciones inciertas, no conocidas al empezar los trabajos tales como las del terreno, variaciones en los mercados, cambios en las necesidades del mandante, intervención de entidades gubernamentales de empresas de servicios públicos y eventos fortuitos.” (Espejo y Veliz, 2013).

En los proyectos desarrollados en el Perú se puede encontrar entidades altamente especializadas que utilizan técnicas y herramientas sistematizadas para gestionar

cambios y controlar la documentación asociada al proyecto; sin embargo, dichas técnicas requieren una mayor investigación y difusión en el sector construcción.

2.2 Reconocimiento del problema

En los proyectos de construcción y, particularmente durante la etapa de ejecución, los cambios representan una variable crítica que puede ser originada por diversos factores tales como cambios en los requerimientos del cliente, errores en el expediente técnico, condiciones de terreno no previstas, complejidad del proyecto, entre otros; y pueden generar múltiples efectos negativos relacionados a las extensiones de plazo, incrementos de costos, problemas de seguridad por aceleramientos de actividades, e incertidumbre sobre el resultado final del proyecto.

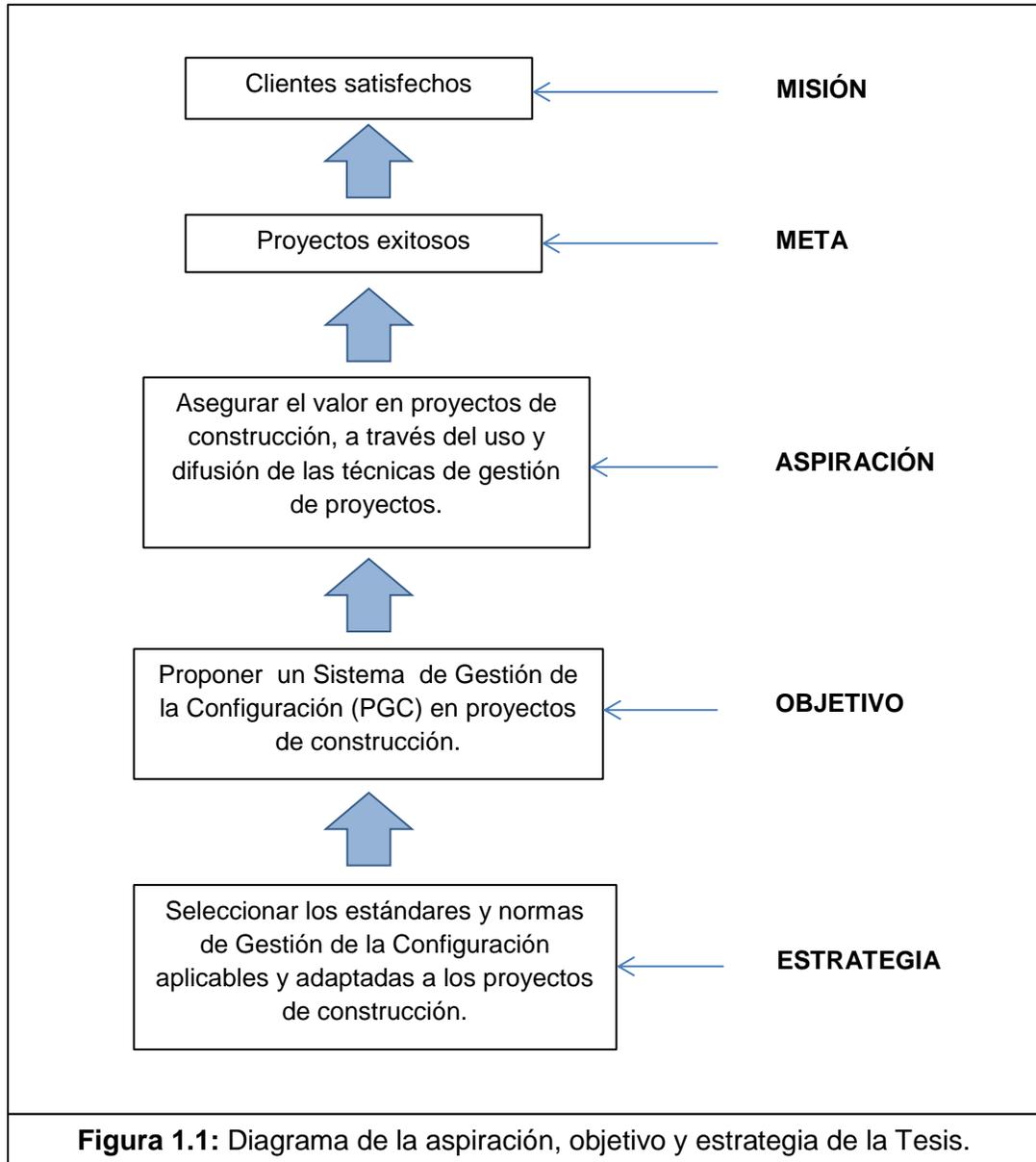
En este contexto, un inadecuado control de los cambios y deficiente gestión de la información en un proyecto de construcción, dificulta el acceso a la versión actualizada y completa de los documentos técnicos del proyecto como planos, especificaciones y planes de gestión, produciendo confusión, sobrecostos, reprogramaciones, trabajos rehechos y de mala calidad. Es decir, se pierden cantidades significativas de recursos, reduciendo el valor final que el cliente espera recibir y generando sobrecostos.

El problema es aún mayor cuando se realizan actividades fuera de alcance contractual del proyecto, sin la aprobación previa y formal del cliente, e incluso sin el registro de documentos que podrían servir para sustentar dichos cambios. Esta situación origina conflictos, reclamaciones y negociaciones interminables entre el cliente y el contratista, generando fricciones entre ambas partes.

2.3 Aspiración, objetivo y estrategia

El presente estudio nace ante la necesidad de plantear una alternativa de solución respecto a los problemas generados por el impacto negativo de un cambio al no ser gestionado adecuadamente, por lo que la presente investigación propone un Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) que permita controlar en forma ordenada y sistematizada los cambios que afectan el alcance, costo y tiempo de un proyecto de construcción, independientemente a su naturaleza y magnitud. Adicionalmente, pretende generar conciencia respecto a la difusión y uso de técnicas emergentes de gestión de proyectos en el sector construcción.

A continuación se presenta la Figura 1.1, mostrando un diagrama integral de la misión meta, aspiración, objetivos y estrategia de la presente investigación.



Fuente: El Autor

2.4 Metodología de investigación

La Tesis inicia con la revisión literaria de los conceptos fundamentales, procedimientos y herramientas descritos en libros, normas y estándares internacionales, así como

artículos académicos relacionados a las buenas prácticas utilizadas por diversas organizaciones del sector de construcción.

En la elaboración del marco teórico se utilizaron los diversos estándares de gestión de proyectos, tales como el APM, PMI, PRINCE2, ANSI y el ISO 10007, así como también libros relativos al tema, bajo el contexto de un proyecto de construcción. Posteriormente, en el desarrollo de la Propuesta Técnica se investigaron artículos académicos aplicados a la gestión de la configuración, procedimientos, herramientas y buenas prácticas de implementación utilizadas por diversas entidades, para llevar a cabo dicha metodología en sus proyectos.

2.5 Alcance y limitaciones del estudio

El presente estudio propone un Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) en proyectos de construcción, en base a procedimientos y una estructura organizacional que cumplan con las normas indicadas en el acápite 6.3 de la presente Tesis, así como los estándares de gestión referidos en el párrafo anterior en función a los objetivos propuestos, el mismo que se desarrollará para la fase de ejecución.

El sistema propuesto se materializa en la elaboración de un Plan de Gestión de la Configuración (PGC), el cual constituye un documento técnico que describe las políticas, procedimientos de trabajo y una estructura organizacional con roles y responsabilidades de cada uno de los involucrados del proyecto.

Este plan permite asegurar la integridad y trazabilidad de cada uno de los entregables del proyecto, a través del acceso a la información ordenada y actualizada de todos los documentos técnicos, y a su vez que todo cambio del alcance del proyecto sea formalmente registrado, evaluado e implementado, para desarrollar un Sistema de la Gestión de la Configuración (SGC).

2.6 Estructura de la Tesis

La presente investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera:

- **Parte I** → Introducción
- **Parte II** → Revisión Literaria

- **Parte III** → Propuesta Técnica

La **Parte I** contiene la Introducción al tema propuesto y su relación con la industria de la construcción.

El Capítulo 1 describe el reconocimiento del problema, el objetivo y estrategia, así como la metodología de investigación, alcances y limitaciones del presente estudio.

El Capítulo 2 inicia con la definición y clasificación del cambio, sus principales causas y efectos y su relación con la Gestión de la Configuración.

La **Parte II** contiene la revisión literaria, en la cual se definen los principales conceptos en torno a la Gestión de la Configuración.

El Capítulo 3 describe los antecedentes y la evolución de la Gestión de la Configuración, las normas y estándares vigentes y la definición de términos del SGC.

El Capítulo 4 define las actividades que componen el proceso de Gestión de la Configuración: planificación, identificación, control, registro y auditoría.

El Capítulo 5 describe el enfoque de gestión de proyectos PRINCE2 (2009) para controlar los cambios durante un proyecto.

Finalmente, la **Parte III** presenta la propuesta técnica y las conclusiones y recomendaciones finales.

El Capítulo 6 desarrolla el contenido de un Plan de Gestión de la Configuración (PGC) en proyectos de construcción.

2. LOS CAMBIOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

“Los cambios son y seguirán siendo parte inevitable del diseño y construcción de cualquier proyecto. Incluso los planos mejores diseñados y las especificaciones contractuales más detalladas no son garantía de que un proyecto en particular no experimentará numerosos cambios”

Michael Steinberg, Frank Otero
*Using Configuration Management to Mitigate the Impact of
Design and Construction Contract Changes, 2007*

Es un hecho que muchos proyectos de construcción han finalizado experimentando incrementos importantes en los costos, la entrega de un producto final fuera del plazo contractual y sin cumplir con todos los requerimientos solicitados por el cliente. Así mismo, muchas de las prácticas actuales incluyen la ejecución de actividades fuera del alcance original del proyecto realizadas en base a supuestos, información incompleta, errónea, y documentos en versiones superadas.

Un proyecto de construcción, debido a su condición intrínseca dinámica y multidisciplinaria, estará expuesto al impacto de múltiples variables las cuales podrían ser determinantes e influir en el éxito del proyecto o, en su defecto, el fracaso del mismo. Una de esas variables es el *cambio*.

Un mal control de los cambios puede dar lugar a retrasos, sobrecostos, distorsiones al alcance, reducción de productividad, pérdida de trazabilidad, así como problemas en la comunicación e, incluso, en el clima laboral del proyecto. Por lo tanto será necesario establecer y mantener procedimientos de control de cambios a lo largo de todo el proyecto, a fin de mitigar su impacto negativo en el proyecto.

El presente capítulo inicia con la definición y clasificación del cambio, para luego dar lugar a las posibles causas que originan un cambio y los efectos que podrían producir en un proyecto de construcción. Posteriormente, se define la relación entre los cambios y la Gestión de la Configuración para, finalmente, establecer la particularidad de un proyecto de construcción.

2.1 Conceptos del cambio

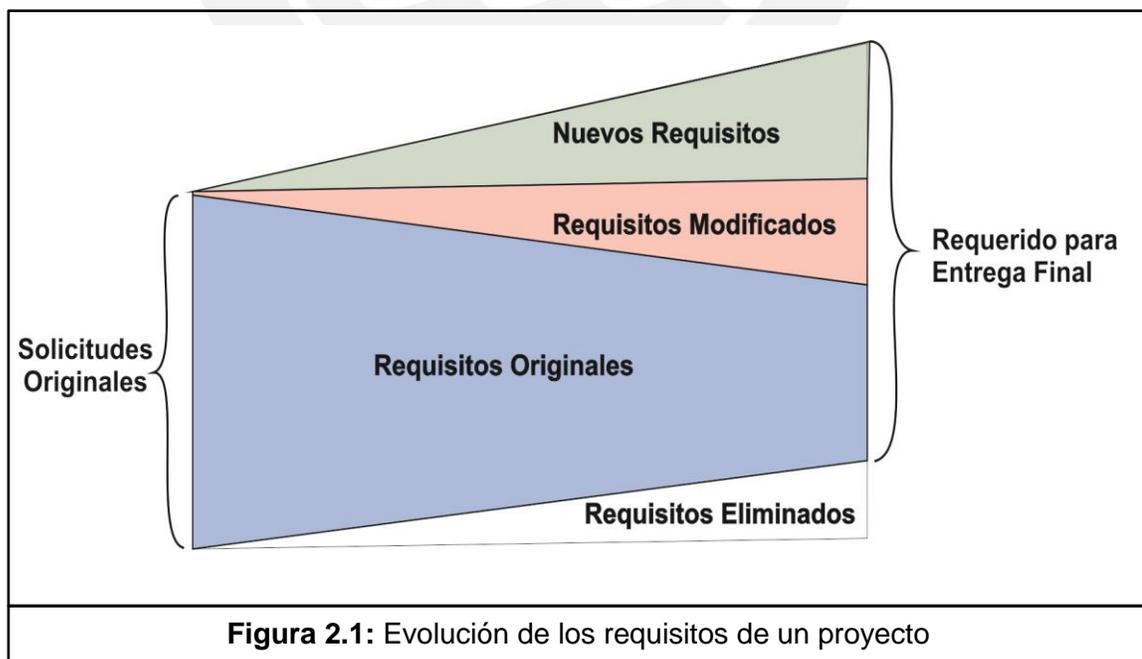
Abarca los principales conceptos asociados a la definición, clasificación, causas y efectos de un cambio en proyectos de construcción.

2.1.1 Definición

Steinberg y Otero (2008) definen un cambio como toda desviación (adición, suspensión o modificación) cuantificable del alcance del proyecto acordado de manera bilateral y contractual entre el contratista y el cliente.

Hwang y Low (2011) hace referencia a Park (2002) para indicar que un cambio en la construcción refiere a los trabajos, procesos o métodos que difieren del plan de construcción o especificación original, y usualmente resulta de la diferencia en la calidad y condiciones de trabajo, cambios en el alcance o incertidumbres que hacen que la construcción sea dinámica e inestable.

Así mismo, Xu *et al.* (2013) hace referencia al International Council on Systems Engineering (2006) para mostrar gráficamente la evolución de los requisitos de un proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida, de acuerdo a la Figura 2.1.



Fuente: Xu *et al.* (2013)

2.1.2 Clasificación

Hwang y Low (2011) hace referencia a Ibbs *et al.* (2001) para clasificar los cambios en benéficos y perjudiciales. Un cambio benéfico podría ser resultado de la gestión del valor, la cual podría incrementar inicialmente los costos pero a largo plazo podría generar beneficios para el proyecto; mientras que un cambio perjudicial genera un impacto negativo al proyecto y reduce el valor de la inversión del cliente.

Por otro lado, Pérez y Sabador (2004) define que los cambios deben ser clasificados atendiendo a su impacto y los efectos que pueden producir, así como dependiendo del problema del que surgen y sus repercusiones en la obra. Para ello, los clasifica en internos y de ingeniería. Los cambios internos son aquellos que no afectan a las líneas base aprobadas por el cliente, mientras que los cambios de ingeniería se pueden clasificar a su vez en cambios de *clase I* y cambios de *clase II*.

Los cambios de la clase I son aquellos que tienen un impacto importante en el proyecto y que requieren de la aprobación del cliente para su implantación, mientras que los cambios de clase II corresponden a cambios menores que normalmente son implementados con la puesta en conocimiento del cliente pero que no requieren su aprobación expresa. (Sols *et al.*, 2013)

Con relación a los cambios de clase I, Sols *et al.* (2013) señalan que se consideran como tales a aquellos que afecten a cualquiera de las líneas base o que puedan tener un impacto importante en la seguridad, operatividad, mantenibilidad, efectividad del producto o sistema. También son cambios de clase I todos aquellos que puedan tener un impacto negativo en el costo, cronograma, entregas, hitos y/o condiciones contractuales del proyecto.

2.1.3 Causas

Sun y Meng (2009) definen origen de un *cambio* como las condiciones o eventos que desencadenan directamente o contribuyen a un cambio en un proyecto de construcción. Asimismo, utilizan las investigaciones realizadas por Chan y Kumaraswamy (1997), Hsieh *et al.* (2004) y Wu *et al.* (2004) para definir los factores más incidentes que originan cambios durante un proyecto de construcción,

relacionados al proyecto, cliente, diseño, contratista y factores externos, según se especifica en la Tabla 2.1.

Factores	Causa de los cambios
Relacionados al Proyecto	Complejidad del proyecto Lenta toma de decisiones del equipo de proyecto Falta de comunicación entre el cliente, consultores y contratistas Lento flujo de información entre el equipo de proyecto Disputas / Conflictos Restricciones del sitio Retrasos de equipos y materiales
Relacionados al Cliente	Cambios en los requerimientos Duraciones de los contratos poco realistas impuestos por el cliente Variaciones iniciadas por el cliente
Relacionados al Diseño	Retrasos en la información de diseño Largo tiempo de espera para la aprobación de planos Errores y omisiones en el diseño y planos Errores y omisiones en estimaciones cuantitativas Inconsistencia entre los planos y condiciones in situ
Relacionados al Contratista	Inadecuada capacidad de gestión y supervisión Control inadecuado en la asignación de recursos Falta de experiencia del contratista Retrasos en los trabajos de subcontratista Cronograma deficiente Mano de obra deficiente
Factores Externos	Condiciones de terreno no previstas Cambio en las regulaciones normativas Cambio de autoridad en la toma de decisiones Factores climáticos Desastres naturales Residentes locales
Tabla 2.1. Causas de los cambios	

Fuente: Sun y Meng (2009)

2.1.4 Efectos

Sun y Meng (2009) definen efecto de un *cambio* como el impacto directo o indirecto de un cambio en varios aspectos del proyecto. Así mismo, los autores referidos utilizan las investigaciones realizadas por Arain y Pheng (2005), Hanna *et al.* (2005) y D. Bower

(2000), para definir los efectos o consecuencias más incidentes que producen los cambios en un proyecto de construcción, según lo especificado en la Tabla 2.2:

Factores	Efectos de Cambios
Relacionados al Tiempo	Retrasos en los pagos Retrasos en la procura y logística de equipos y materiales Trabajos re-hechos y demolición Extensiones de plazo Sobre tiempos (horas extras) Re-planeamiento
Relacionados al Costo	Incrementos en costos Aumentos de gastos generales Pagos adicionales al contratista Costo de horas extras
Relacionados a la Productividad	Degradación de la productividad Trabajos sin ritmo / Desbalance de cuadrillas Exceso de mano de obra Sobre stock de materiales Pérdida de curva de aprendizaje
Relacionados al Riesgo	Aceleramiento de actividades Pérdida de holguras Aumento de sensibilidad para con los retrasos
Otros efectos	Deficientes relaciones profesionales Reclamaciones y disputas Deficientes condiciones de seguridad Problemas de calidad Daño a la reputación
Tabla 2.2. Efectos de los cambios	

Fuente: Sun y Meng (2009)

Kerzner (2009) indica que el costo de los cambios de ingeniería puede crecer ilimitadamente a medida que el proyecto avanza a través de su ciclo de vida. Isaac y Navon (2009) hacen referencia a Cox *et al.* (1999) para indicar que el costo directo de los cambios relacionados al diseño ascienden a 5.1%-7.6% del costo total del proyecto.

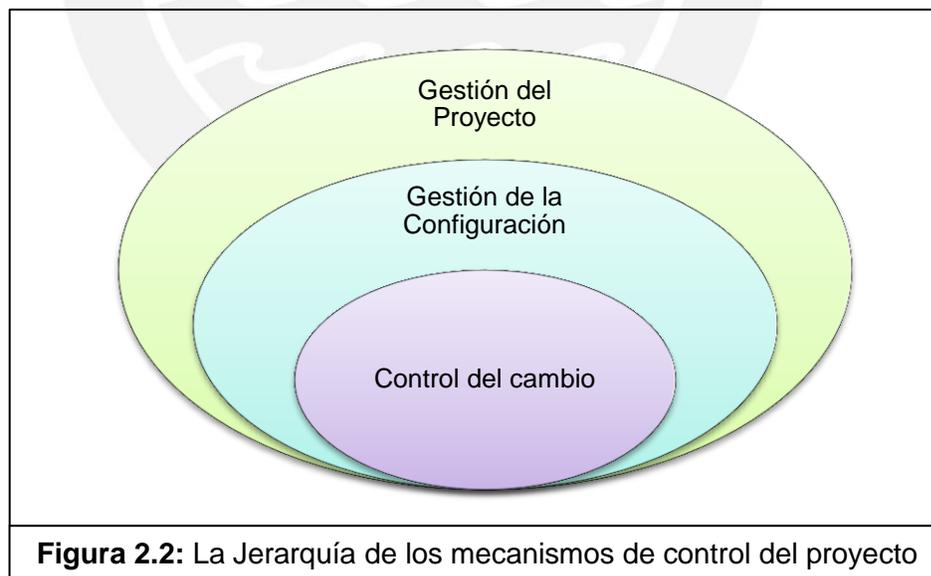
Finalmente, Sun y Meng (2009) consideran que los trabajos rehechos pueden llegar a ser muy perjudiciales en un proyecto de construcción, e indican que el costo relacionado a ello representa el 10-15 % del valor del contrato.

2.2 El cambio y la Gestión de la Configuración

Los cambios representan una variable crítica inevitable en un proyecto de construcción y pueden llegar a generar múltiples efectos negativos en un proyecto; por lo tanto, es necesario establecer y mantener un proceso que permita controlar los cambios de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida.

Un adecuado proceso de control de cambios permite evaluar y cuantificar los recursos necesarios para realizar las actividades adicionales y cumplir con los requerimientos nuevos y/o modificaciones solicitadas, mantener dichos cambios bajo control para obtener un producto final con las especificaciones deseadas, y asegurar que exista un registro documental de todo el proceso.

La Gestión de la Configuración es una herramienta de gestión de proyectos que integra procedimientos destinados a gestionar y controlar cada uno de los cambios al alcance de un proyecto de construcción, y mitigar el impacto negativo que dichos cambios puedan causar al proyecto a lo largo de su ciclo de vida, según la Figura 2.2:



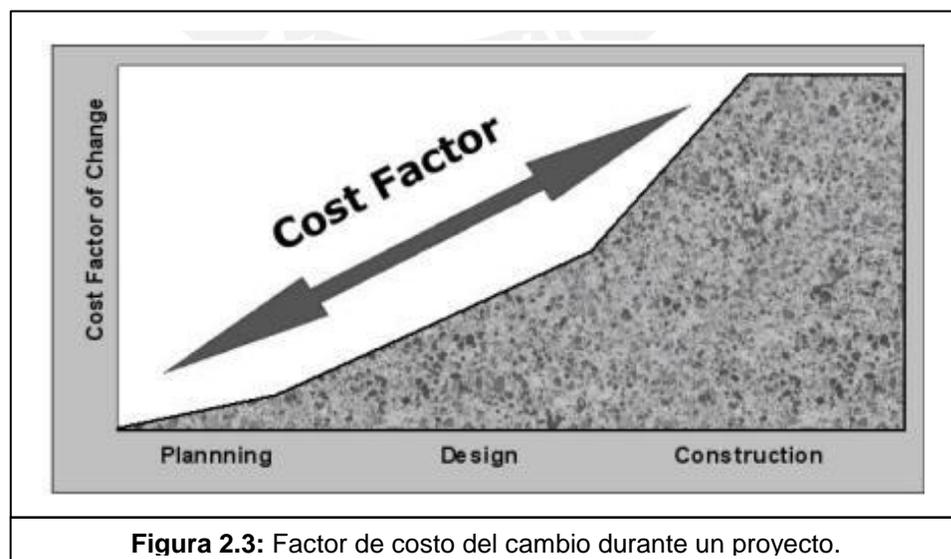
Fuente: Adaptado del PMI (2007)

2.3 Particularidad de un proyecto de construcción

La actividad de la construcción presenta singularidad como la intervención de múltiples agentes: constructores, proyectistas, clientes, entidades de crédito públicas y privadas. Así mismo, el producto final obtenido muestra ciertas características especiales, como el hecho de trabajar por pedido, la especificidad de cada obra, y la gran magnitud, complejidad y heterogeneidad que los productos finales presentan.

El primer aspecto a destacar es que, debido a la naturaleza exclusiva e inmóvil del producto final, el proceso de ejecución se organiza como un proceso productivo por proyecto. Esta circunstancia les da a las instalaciones un carácter provisional y a la actividad un carácter itinerante. De hecho, las empresas del sector funcionan de forma descentralizada, con autonomía y cada obra puede considerarse como una pequeña empresa que se mide por resultados.

Un segundo aspecto a considerar, de acuerdo al Federal Transit Administration (2012), indica que los niveles más altos de actividad, en términos de cantidad de personal y los costos incurridos por día de un proyecto de construcción, ocurren durante la fase de ejecución. Esta fase cuenta con el mayor número de oportunidades para los excesos de costos debido a los cambios y retrasos, disputas con los contratistas y reclamaciones contractuales resultantes, de acuerdo a la Figura 2.3.



Fuente: Stephen Anderson (2012)

PARTE II. REVISIÓN DE LA LITERATURA



3. GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN

“Gestión de la Configuración comprende las actividades administrativas relacionadas a la creación, el mantenimiento, control del cambio y control de calidad del alcance del trabajo”

*APM Body of Knowledge
Association for Project Management
Sexta Edición, 2012*

A través de los años, muchas industrias vienen adoptando e implementando la Gestión de la Configuración en el desarrollo de sus proyectos como una técnica para controlar, proteger y asegurar el valor de sus productos. Los proyectos de construcción, cuyos productos se caracterizan por estar expuestos a experimentar cambios y múltiples versiones a lo largo de todo su ciclo de vida, no deberían ser ajenos a este contexto.

La Gestión de la Configuración es una técnica de gestión aplicada a los productos creados durante un proyecto y a toda la documentación que los define a fin de asegurar que los cambios sean evaluados a través de un proceso formal, que se verifiquen los criterios de calidad y desempeño requeridos para cada producto, y proveer un histórico documental del desarrollo de cada producto a lo largo de todo su ciclo de vida.

No obstante, la adecuada implementación de la Gestión de la configuración en un proyecto de construcción requiere el conocimiento *a priori* de los principales conceptos y terminología que engloba dicha técnica, los cuales son utilizados también a lo largo de la revisión literaria y, posteriormente, en la Propuesta Técnica.

El presente capítulo inicia con los antecedentes y evolución de la Gestión de la Configuración en el tiempo, las normas y estándares existentes, y la definición de los principales conceptos en torno a la Gestión de la Configuración, teniendo en cuenta los diversos estándares internacionales de gestión de proyectos, libros y artículos relacionados al presente estudio.

3.1 Antecedentes y evolución

La Gestión de la Configuración fue documentada y adoptada por primera vez por la Fuerza Aérea del Departamento de Defensa de los Estados Unidos en los años 50's, a partir de la preocupación por los problemas durante el diseño y fabricación de armas y aviones. En esta etapa inicial, la Gestión de la Configuración representaba una metodología cuyo principal objetivo era definir y controlar el cumplimiento de los requerimientos y especificaciones técnicas del producto a desarrollar.

Actualmente, viene siendo utilizada por entidades americanas como la Federal Transit Administration (FTA) y la Federal Highway Administration (FHWA), para controlar los cambios en proyectos de construcción de gran envergadura (carreteras, puentes, puertos, etc.), así como gestionar la extensa documentación que implica construir dichas estructuras y la presencia de numerosas partes interesadas del proyecto como cliente, consultores, proveedores, contratistas y subcontratistas. De igual manera, la empresa PACO Technologies ha implementado la Gestión de la Configuración en diversos proyectos de construcción, entre ellos:

- Sistema de Tren Automatizado - Aeropuerto Internacional Sky Harbor - Phoenix, Arizona, Estados Unidos. (2003, 1 billón de dólares americanos).
- Construcción y mantenimiento de carreteras - Trinidad y Tobago (2009, 2.4 billones de dólares americanos).
- Ampliación del Puerto de Barcelona - España (1997, 2.25 billones de dólares americanos).
- Sistema de Tránsito Ferroviario "Tren Urbano" - San Juan-Puerto Rico (1996, 2.4 billones de dólares americanos).

Fuente: <http://www.pacotechnologies.com/Pages/Projects.aspx>

Finalmente, se han realizado diversas investigaciones acerca de la implementación de la Gestión de la Configuración en la industria de la construcción, las cuales demuestran a través de casos de estudio, la efectividad y beneficios de su aplicación.

3.2 Normas y Estándares

La Gestión de la Configuración fue utilizada inicialmente por organismos militares. Es así que a finales del año 1960, el Departamento de Defensa de Estados Unidos convirtió los procesos de Gestión de la Configuración en una disciplina técnica mediante el desarrollo de las Normas MIL-STD 480 y MIL-STD 481, reemplazadas posteriormente por la Norma MIL-HDBK-61 en el año 2001.

En 1998, el American National Standards Institute (ANSI) publicó la Norma la ANSI-EIA-649-1998, orientada a las buenas prácticas industriales en torno a la Gestión de la Configuración. Dicha Norma tiene dos revisiones: ANSI-EIA-649-A, publicada en el 2004, y la ANSI-EIA-649-B, publicada en el 2011.

Debido a la implementación y uso de la Gestión de la Configuración en diferentes industrias, la Organización Internacional de Normalización (ISO) formalizó en el año 1995, el estándar ISO 10007 - "*Gestión de la Calidad – Directrices para la Gestión de la configuración*", con el objetivo de proporcionar orientación sobre el uso de la Gestión de la Configuración dentro de una organización. La ISO 10007 fue actualizada y reemplazada por una segunda edición en el año 2003.

Finalmente, en el año 2007 el Project Management Institute (PMI) de los Estados Unidos publica una guía de buenas prácticas de la Gestión de la Configuración orientadas a la gestión de proyectos: "*Practice Standard for Project Configuration Management*".

3.3 Definiciones

Se definen los principales conceptos relacionados a la Gestión de la Configuración, desde la perspectiva de un proyecto de construcción. Ello permitirá a las entidades y profesionales relacionados a la industria de la construcción relacionarse con la terminología utilizada durante la presente Tesis.

Con tal objetivo, se considera conveniente definir los siguientes términos:

- Producto
- Configuración

- Elemento de configuración
- Información de la configuración del Producto
- Línea Base de configuración
- Gestión de la Configuración
- Sistema de Gestión de la Configuración (SGC).

3.3.1 Producto

Un *producto* es una entrada o una salida (entregable), tangible o intangible, que pueda ser descrita con antelación, creada y probada. (PRINCE2, 2009). Durante un proyecto se crean dos (2) tipos de productos: los *productos técnicos* y los *productos de gestión*.

Un producto técnico es el objeto del proyecto, representa su inicio y es utilizado por los usuarios (Turley, 2010); son específicos para cada proyecto y pueden ser denominados entregables o salidas. (PRINCE2, 2009). En el contexto de un proyecto de construcción, un producto técnico representaría la entidad a construir y/o cualquier componente que lo defina.

Un producto de gestión es creado con la finalidad de gestionar y definir ciertos aspectos del proyecto, proveer comunicaciones entre el equipo del proyecto y establecer y mantener la calidad. Los productos de gestión son constantes en cualquier tipo de proyecto; no obstante, su contenido deberá ser adaptado a los requerimientos y al entorno de cada proyecto. (PRINCE2, 2009)

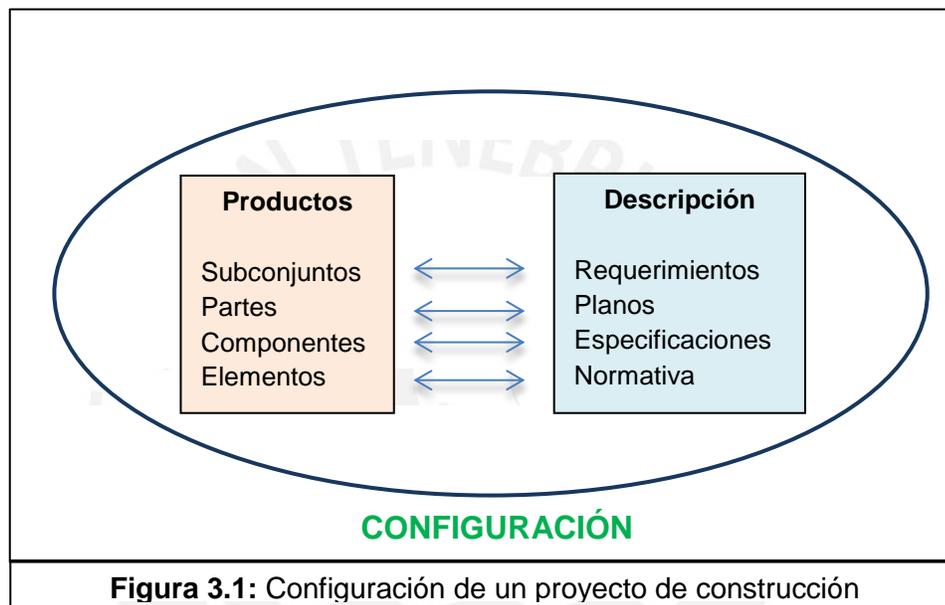
3.3.2 Configuración

El ISO 10007 (2003) define configuración como el conjunto de características físicas y funcionales interrelacionadas de un producto, definidas en la *Información de la configuración del Producto*.

Para un proyecto de construcción, Pérez y Sabador (2004) definen configuración como el conjunto de elementos, productos conjuntos o partes y subconjuntos que definen la obra de manera unívoca. Asociados a ellos, forman parte de la definición el conjunto de métodos, tareas y procesos, criterios, especificaciones y normativas utilizados en la obtención de dichos productos y la realización de los procesos asociados.

Por lo tanto, la configuración representa el conjunto de productos que serán creados durante un proyecto junto a la información requerida para el diseño, creación, verificación, operación y soporte de cada producto, según se muestra en la Figura 3.1.

El FTA (2012) de los Estados Unidos considera que la configuración representa el alcance de un proyecto, por lo tanto la Gestión de la Configuración constituye una de las técnicas para controlar el alcance de un proyecto.



Fuente: Adaptado de Pérez y Sabador (2004)

3.3.3 Elemento de configuración

El PRINCE2 (2009) define un elemento de configuración como aquella entidad que estará sujeta a la Gestión de la Configuración. Dicha entidad puede ser la componente de un producto, un producto o el conjunto de productos que forman una *entrega*¹.

De acuerdo al INTECO (2009) de España, un elemento de configuración es cualquier producto de trabajo, tanto producto final como productos intermedios y tanto productos entregables al cliente como productos internos del proyecto, cuyo cambio pueda

¹ Transferencia de la propiedad de un conjunto de productos al o a los respectivos usuarios. El contenido de una entrega se gestiona, se prueba y se utiliza como una única entidad. (PRINCE2, 2009).

resultar crítico para el buen desarrollo del proyecto; por lo tanto, requieren ser controlados a lo largo de todo su desarrollo.

Así mismo, existen elementos creados con la finalidad de proveer comunicaciones entre los miembros del proyecto y partes interesadas, otros proporcionan información acerca de la definición y la funcionalidad del producto final del proyecto y establecen los mutuos acuerdos entre las organizaciones que conforman el proyecto. (PMI, 2007)

El proceso de Gestión de la Configuración debe asegurar que cada elemento de configuración sea identificado a través de un sistema de referencia único; que todos los cambios realizados a un elemento sean documentados; que se elaboren registros e informes indicando el estado actual de cada elemento; y que se verifique que cada elemento cumpla con sus especificaciones y criterios de desempeño.

3.3.4 Información de la configuración del Producto

El ISO 10007 (2003) define la *Información de la configuración del producto* como los requerimientos para el diseño, realización, verificación, operación y soporte de un producto; es decir, toda la información relevante y necesaria para crear un producto, de acuerdo a los propósitos y criterios de calidad requeridos.

Pérez y Sabador (2004) denomina dicha información como la *documentación de configuración* la cual representa la documentación técnica asociada a cada elemento de configuración puesta al día y aprobada.

De acuerdo a Sols *et al.* (2013), la documentación de la configuración de un producto queda definida por los siguientes documentos:

- Especificaciones de los elementos de configuración.
- Especificaciones de material.
- Especificaciones de procesos (producción, ensamblaje y pruebas).
- Planos de ingeniería del producto.
- Documentos de requisitos de prueba.

En un proyecto de ingeniería/construcción, el alcance está definido y cuantificado por los planos y especificaciones los cuales son desarrollados a partir de los conceptos de

diseño y los estudios técnicos de la ingeniería conceptual/preliminar, la ingeniería de detalle de cada paquete de trabajo, hasta los planos *as-built* al final de la fase de ejecución del proyecto. (FTA, 2012)

Finalmente, toda la documentación de configuración asociada a cada elemento de configuración deberá ser puesta bajo un sistema de control y protección a fin de asegurar la integridad y trazabilidad de su contenido, de manera que dicha información sea precisa y accesible en todo instante del proyecto para quienes los requieran.

3.3.5 Línea Base de configuración

El ISO 10007 (2003) define una Línea Base de configuración como la *Información de la configuración del producto* aprobada que establece las características de un producto en un punto en el tiempo, de tal manera que sirve como referencia para diversas actividades durante el ciclo de vida del producto.

De acuerdo a Sols *et al.* (2013), una línea base representa la configuración del producto en un momento dado de su ciclo de vida. Las líneas base constituyen puntos de control en los que se comprueba que la configuración del producto en dicho momento cumple los requisitos técnicos, operativos y logísticos originarios y que la documentación técnica es fiel reflejo del producto en ese momento.

Una Línea Base de configuración es el conjunto de documentos formalmente designados, aprobados y fijados en un momento específico del ciclo de vida del proyecto, los cuales constituyen un registro documental de referencia y soporte para actividades relacionadas a la creación, mantenimiento, validación de cambios, auditorías y lecciones aprendidas de un producto.

El contenido de una Línea Base de configuración queda definido por lo siguiente:

- Elementos de configuración: una vez que un producto tiene una versión línea base, se convierte en una referencia fija para las siguientes versiones del mismo producto. (Turley, 2010)
- Información de la configuración del producto: toda la información asociada a la definición y funcionalidad de cada elemento de configuración.

- Documentación de Cambio: toda la documentación relacionada al proceso de control del cambio de un producto. Ej. Solicitudes de cambio, RFI, etc.

El nivel de detalle con el cual un producto es definido en una Línea Base de configuración depende del grado de control requerido. (ISO 10007, 2003). Finalmente, una Línea Base de configuración podrá ser modificada o actualizada solo a través de un procedimiento formal de Control de cambios.

3.3.6 Gestión de la Configuración

La Association for Project Management (APM) del Reino Unido define Gestión de la Configuración como las actividades administrativas relacionadas a la creación, el mantenimiento, control del cambio y control de calidad del alcance del trabajo.

El ISO 10007 (2003) define Gestión de la Configuración como las actividades coordinadas para dirigir y controlar la configuración. Así mismo, Williams (2009) define que, para un proyecto de construcción, la Gestión de la Configuración es la gestión cuidadosa de los cambios a la configuración de un proyecto, a fin de asegurar que el proyecto terminado cumpla con los objetivos y requerimientos del cliente.

De acuerdo a las definiciones mostradas, la Gestión de la Configuración constituye un conjunto de actividades que permiten asegurar la calidad de un producto, a través de la identificación de sus características físicas y funcionales, el estricto control de los cambios a dichas características, el acceso constante a informes indicando el estado, versión y ubicación de cada producto (y toda su documentación asociada), y el cumplimiento de los requerimientos de conformidad para cada producto.

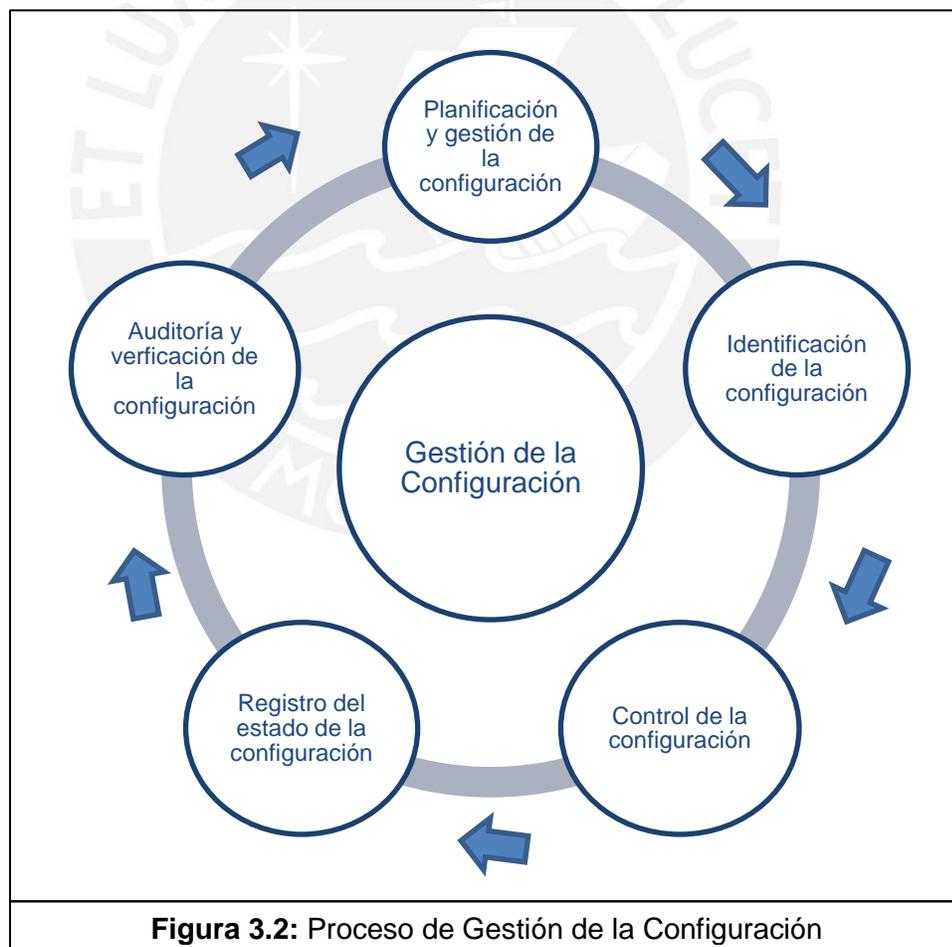
El proceso de Gestión de la Configuración está compuesto por cinco (5) actividades interrelacionadas, de acuerdo a la Figura 3.2:

- Planificación y gestión de la configuración
- Identificación de la configuración
- Control de la configuración
- Registro del estado de la configuración
- Auditoría y verificación de la configuración

Cada una de las actividades que componen el proceso de Gestión de la Configuración deberá ser aplicada de manera integral y continua durante todo el ciclo de vida del producto, a fin de obtener los beneficios asociados a su implementación.

De acuerdo al APM (2012), la Gestión de la Configuración representa una herramienta para controlar los entregables creados durante un proyecto y evitar errores y mal entendidos, lo cual será esencial en un contexto donde los entregables o productos a crear sean expuestos a tener más de una versión a lo largo de su ciclo de vida.

En ese sentido, la Gestión de la Configuración representa una técnica útil para el óptimo desarrollo de un proyecto de construcción, en el cual los productos del proyecto serán constantemente sometidos a sufrir cambios a medida que el proyecto avanza y/o nuevos requerimientos sean solicitados.



Fuente: El Autor

3.3.7 Sistema de Gestión de la Configuración (SGC)

El enfoque práctico de la Gestión de la Configuración y su implementación en un proyecto de construcción, será logrado únicamente a través del establecimiento y mantenimiento de un Sistema de Gestión de la Configuración (SGC).

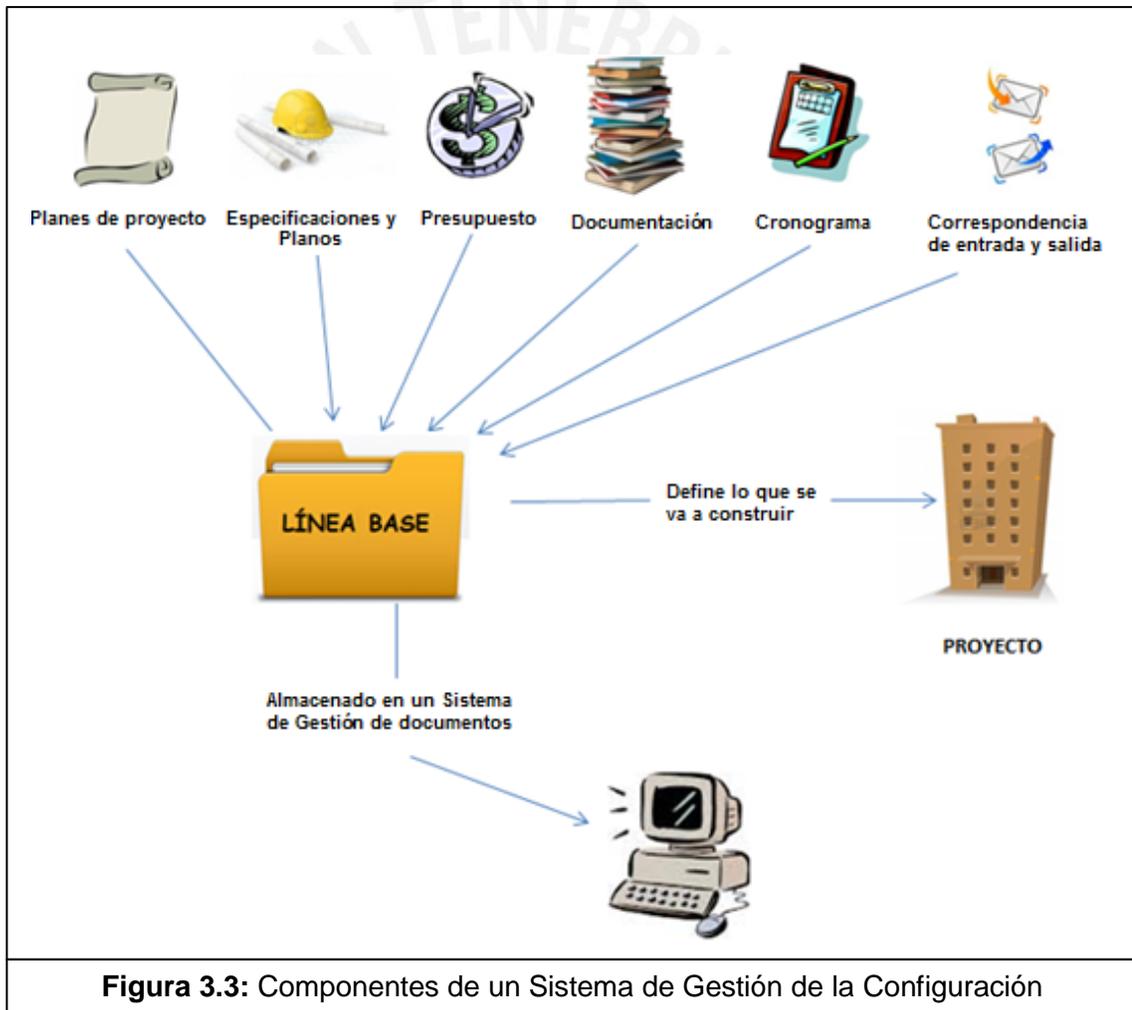
El PRINCE2 (2009) define un Sistema de Gestión de la Configuración como el conjunto de procesos, herramientas y bases de datos utilizados para gestionar la información de la configuración de un producto.

A continuación se definen los principales objetivos de un SGC:

- Garantizar la elaboración de un PGC, el cual defina los procedimientos a utilizar, la extensión de su aplicación, y los roles y responsabilidades para llevar a cabo la Gestión de la Configuración. (APM, 2012)
- Identificar oportunamente la configuración del proyecto, lo cual implica seleccionar los elementos de configuración, asignarles un código de referencia, y establecer Líneas Base de configuración.
- Garantizar la calidad en la consecución de la obra haciendo que cualquiera que trabaje en cualquier momento el ciclo de vida utilice una documentación exacta y correcta. (Pérez y Sabador, 2004)
- Implementar un Sistema de Gestión de Documentos, el cual permitirá registrar, almacenar y distribuir toda la información relacionada a los cambios del proyecto, de manera ordenada y sistematizada. (Williams, 2009)
- Definir un proceso de Control de cambios, a fin de evaluar el impacto de cada cambio solicitado al proyecto, y asegurar que la implementación del mismo se realice de manera ordenada. (Williams, 2009)
- Verificar el cumplimiento de los requerimientos y los criterios de desempeño para todos los productos creados durante el proyecto. Ello implica registrar y documentar las “lecciones aprendidas” extraídas de las auditorías y verificaciones.

Pérez y Sabador (2004) indican que para implementar un SGC a un proyecto de construcción, serán fundamentales los procedimientos y recursos de la empresa (humanos, técnicos, financieros, etc.), los cuales permitirán llevar a cabo las tareas fundamentales de Gestión de la Configuración de manera controlada y económica.

Finalmente, Williams (2009) establece gráficamente el contenido de un SGC para un proyecto de construcción, el cual incluye los documentos típicos de una Línea Base de configuración, el enlace al Sistema de Gestión de documentos, y el proyecto terminado, según se muestra en la Figura 3.3.



Fuente: Adaptado de Williams (2009)

4. PROCESO DE GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN

“El proceso de Gestión de la Configuración facilita la gestión ordenada de la información y de los cambios en el sistema con fines benéficos en cuanto a la capacidad de revisar, mejorar el rendimiento, confiabilidad, facilitar el mantenimiento, reducir costos, riesgos y corregir defectos.”

*ANSI/EIA Standard 649-B
American National Standards Institute, 2011.*

La Gestión de la Configuración fue definida como un conjunto de actividades que permiten asegurar la calidad de un producto a través de la identificación de sus características físicas y funcionales, el estricto control de los cambios a dichas características, el acceso constante a informes de estado, y la verificación del cumplimiento de los requerimientos de conformidad para cada producto.

El presente capítulo procede a definir cada uno de las actividades que permiten llevar a cabo el proceso de Gestión de la Configuración de manera planificada y sistemática, las cuales deberán ser aplicadas de forma integral y continua a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, a fin controlar y gestionar de manera eficaz la configuración de un proyecto de construcción.

El proceso de Gestión de la Configuración queda definido por las siguientes actividades, de acuerdo a la Figura 4.1.

- Planificación y gestión de la configuración
- Identificación de la configuración
- Control de la configuración
- Registro del estado de la configuración
- Auditoría y verificación de la configuración.

La implementación del proceso de Gestión de la Configuración deberá tomar en cuenta los requerimientos del cliente para cada producto, y el contexto en cual se desarrollará el proyecto. El proceso de Gestión de la Configuración deberá ser detallado en el Plan de Gestión de la Configuración. (ISO 10007, 2003)

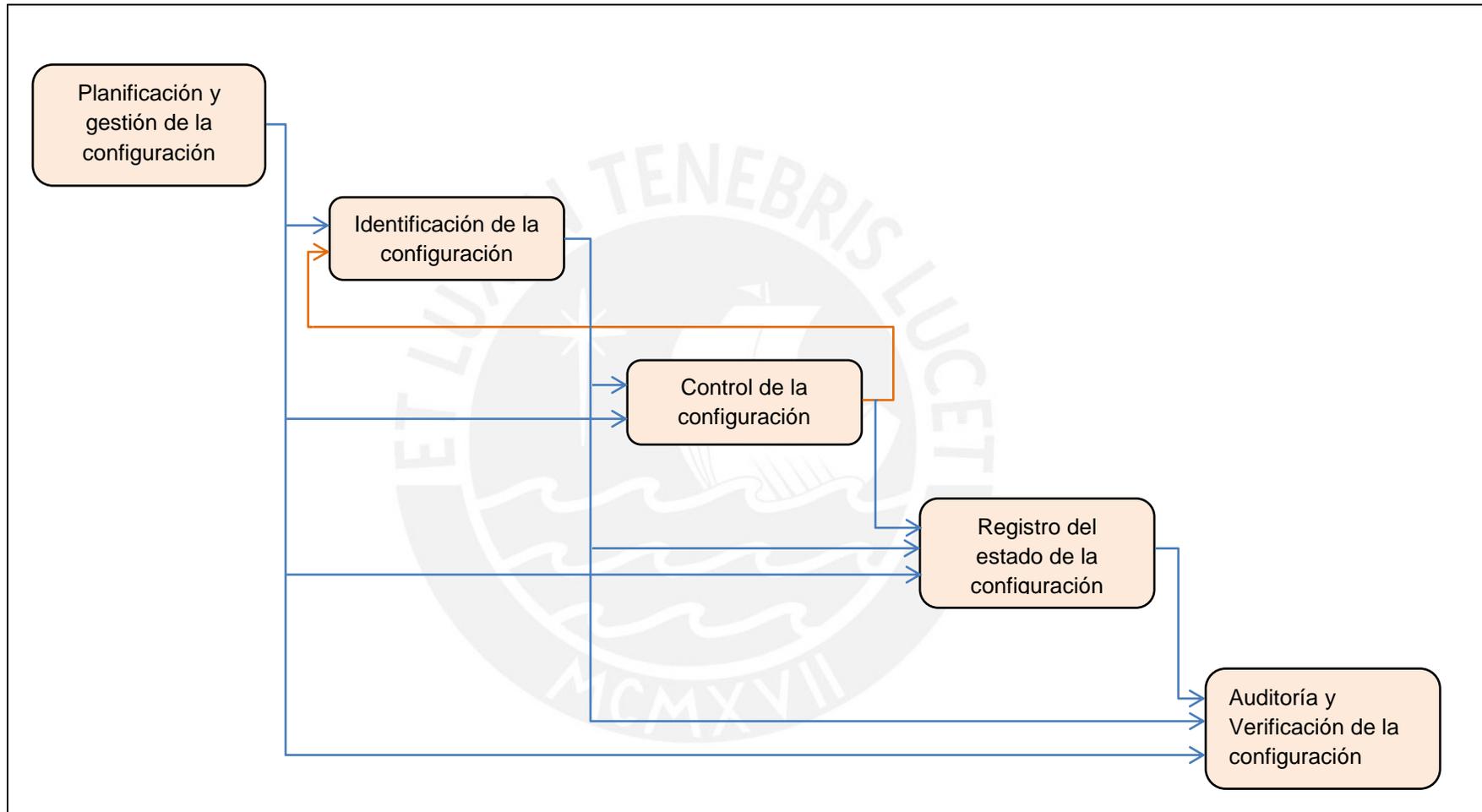


Figura 4.1: Proceso de Gestión de la Configuración y sus relaciones

Fuente: Adaptado de Sols *et al.* (2013)

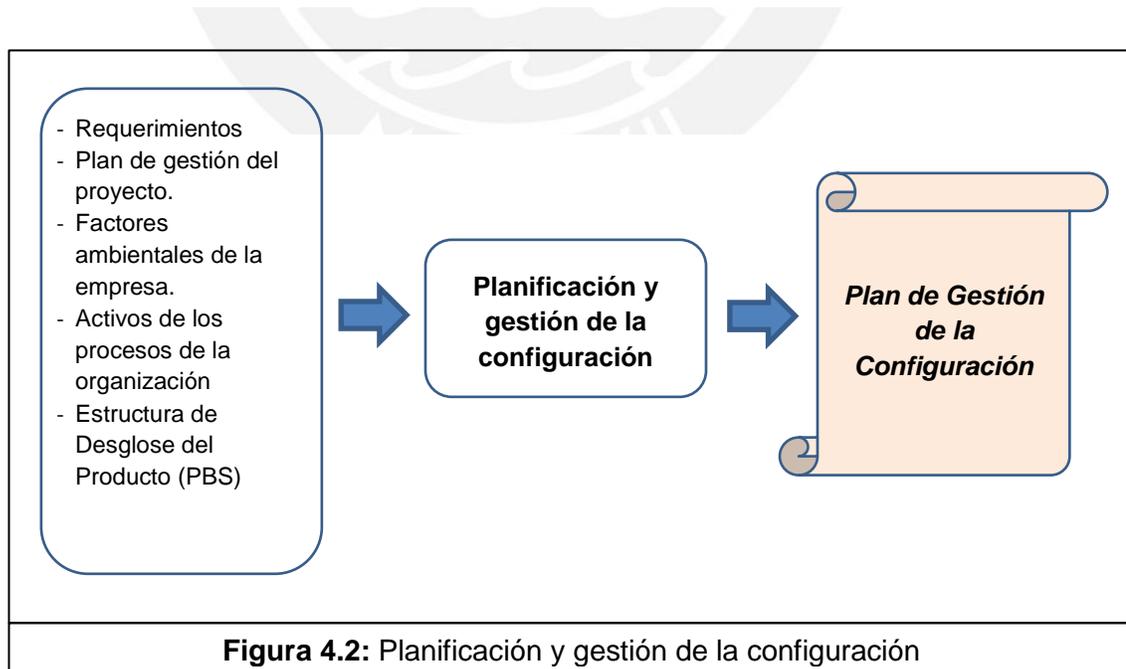
4.1 Planificación y gestión de la configuración

Es el primero de los procesos y engloba las actividades de planificación y la aplicación de técnicas de gestión necesarias para llevar a cabo la Gestión de la Configuración durante las distintas fases del ciclo de vida de un producto. (Sols *et al.*, 2013)

Durante esta etapa preliminar se definirá el alcance de implementación de la Gestión de la Configuración, tomando en consideración la naturaleza y magnitud del proyecto, el análisis de los requerimientos para cada uno de los entregables, y el nivel de control requerido para las actividades que componen el proceso.

Esta actividad involucra también la identificación de los interesados del proyecto (cliente, consultores, contratistas, etc.) que participarán en el proceso de Gestión de la Configuración, y la definición de roles y responsabilidades en relación a la implementación y mantenimiento del proceso, la recopilación y gestión de documentos, y la aprobación de cambios durante el proyecto.

Toda la información producida durante esta actividad es recopilada y se elabora el documento denominado *Plan de Gestión de la Configuración (PGC)*, según se muestra en la Figura 4.2.



Fuente: El Autor

4.1.1 Plan de Gestión de la Configuración

El Plan de Gestión de la Configuración (PGC) es el documento que describe los protocolos, procedimientos, herramientas que serán utilizados para llevar a cabo la Gestión de la Configuración del proyecto, y el alcance de su aplicación a través del ciclo de vida del mismo.

De acuerdo al ISO 10007 (2003), un Plan de Gestión de la Configuración deberá:

- Ser documentado y aprobado.
- Ser controlado.
- Identificar los procedimientos de Gestión de la Configuración a utilizar.
- Referenciar los procedimientos internos relevantes de la organización, de acuerdo al contexto en el cual puedan ser aplicados.
- Describir las responsabilidades y niveles de autoridad para llevar a cabo la Gestión de la Configuración a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Sols *et al.* (2013) indican que el PGC se elabora una vez que se recibe la instrucción de iniciar el proyecto. El PGC, una vez aprobado, se irá actualizando a medida que el proyecto avanza; por lo tanto, servirá como documento de trabajo para planificar y medir el proceso de Gestión de la Configuración. (Pérez y Sabador, 2004). El PGC podrá ser un documento independiente, parte de otro documento, o un conjunto de varios documentos. (ISO 10007, 2003).

La elaboración del Plan de Gestión de la Configuración representa una actividad vital, ya que proporciona una ubicación central de toda la información relativa al proceso de implementación y mantenimiento de la Gestión de la Configuración al proyecto, lo cual evitará errores y malos entendidos durante su desarrollo. (Bonilla y Villeras, 2012)

Finalmente, de acuerdo a Steinberg y Otero (2007), la adaptación óptima de la Gestión de la Configuración en un proyecto de construcción implica la integración de una solución de software especializado para el registro y almacenamiento de documentos asociados al proyecto. Por lo tanto, el PGC deberá definir el procedimiento para el uso de dicha herramienta y la interrelación con las demás actividades del proceso.

4.2 Identificación de la configuración

El objetivo de ésta actividad es seleccionar a los elementos que serán controlados durante el proyecto junto con su documentación técnica aprobada asociada, de acuerdo al nivel de control requerido y al criterio de selección establecidos en el PGC.

De acuerdo al Association for Project Management (APM) del Reino Unido, el proceso de Identificación de la configuración involucra la realización de tres (3) actividades:

- Selección de elementos de configuración.
- Asignación de códigos.
- Establecimiento de Líneas base de configuración.

4.2.1 Selección de elementos de configuración

Para Pérez y Sabador (2004) un elemento de configuración será aquel elemento que, *a priori*, nos convenga que tenga una configuración perfectamente identificada en todo momento del ciclo de vida de la obra, y/o que en un momento dado haya que demostrar que han sido adecuadamente establecidos y cumplidos sus requisitos.

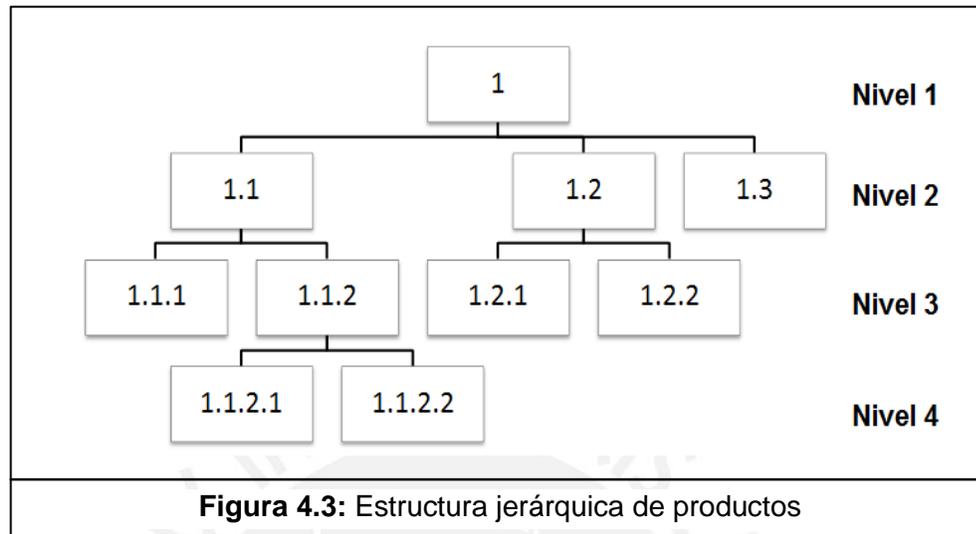
El INTECO (2009) de España propone ciertos criterios para la selección de elementos de configuración:

- Productos de trabajo que vayan a ser utilizados por dos o más grupos.
- Productos de trabajo que puedan cambiar con el tiempo debido a cambios en los requisitos o errores.
- Productos que dependan de otros en el sentido de que un cambio en uno de ellos implique un cambio en los otros.
- Productos de trabajo que sean críticos para el proyecto.

En la práctica, para facilitar la gestión, lo que se hace es descomponer el producto en elementos más pequeños de forma que controlando la configuración de éstos, se consigue controlar la configuración del producto final. (Sols *et al.*, 2013).

Esta actividad puede ser asistida por una herramienta denominada Estructura de Desglose del Producto (PBS), la cual identifica y define, a través de una estructura

jerárquica, los productos que deberán ser creados durante el proyecto, de acuerdo a lo mostrado en la Figura 4.3.



Fuente: Adaptado del APM (2009)

De acuerdo al ISO 10007 (2003), el número de elementos de configuración seleccionado deberá optimizar la habilidad para controlar un producto; no obstante, definir muchos y muy detallados elementos de configuración puede ser de un elevado coste, seguimiento y control. (Pérez y Sabador, 2004)

4.2.2 Asignación de códigos

En un proyecto de construcción, es frecuente que se presenten problemas respecto a las versiones de los documentos técnicos tales como planos y especificaciones. (Williams, 2009). Por lo tanto, será necesaria la creación de un sistema referencia para identificar cada elemento de configuración y a toda su documentación asociada.

El PMI (2007) de los Estados Unidos establece ciertos criterios de identificación:

- Categoría de Elemento (*ej. físico, documento, informe, registro*)
- Asociación jerárquica a otros elementos
- Versión (*ej. original, superada, actual, etc.*)
- Formato
- Fecha de creación
- Fuente (*ej. proyecto, subcontratista, etc.*)

Un sistema de codificación, adicionado a un procedimiento para el registro y distribución ordenada de documentos, evita confusiones respecto a las versiones de cada documento y facilita el control de la configuración.

4.2.3 Establecimiento de líneas base de configuración

De acuerdo al ANSI (2011), la configuración actual aprobada define la línea base del proyecto, la cual se formaliza a través de la interface cliente-proveedor, en función de las prácticas de la industria y la responsabilidad contractual del cliente respecto al proceso de cambio del producto.

El establecimiento de una línea base de configuración involucra la captura del estado exacto de un proyecto en puntos clave de su ciclo de vida, a través del registro y almacenamiento de la versión de cada documento, así como la captura de las interrelaciones entre dichos documentos. (Steinberg y Otero, 2008)

El ISO 10007 (2003) indica que una línea base de configuración debe ser establecida en el ciclo de vida del producto donde sea necesario definir una referencia para futuras actividades, la cual, una vez establecida, solo podrá ser modificada o actualizada a través de un procedimiento formal de control de cambios. El ANSI (2011) define las siguientes líneas base de configuración:

- **Línea Base Funcional (LBF)**

La LBF es establecida al concluir la etapa de concepción del proyecto, etapa en la cual se confirma la necesidad, oportunidad o problema, y se realiza el estudio de viabilidad correspondiente. La LBF contiene los documentos que definen las especificaciones preliminares de funcionalidad y desempeño que el cliente espera recibir del producto a desarrollar.

- **Línea Base de Alcance (LBA)**

Será al final de la ingeniería preliminar, antes de comenzar el diseño final que se debe establecer la Línea Base del Alcance. La LBA incluye los estudios técnicos, diseños conceptuales, planos y especificaciones de la ingeniería preliminar, el plan de gestión del proyecto (y sus anexos), estimaciones de costo y tiempo, entre otros

documentos. El contenido de la LBA deberá proporcionar la información necesaria para iniciar la fase de ingeniería de detalle y construcción. (FTA, 2012)

- **Línea Base de Diseño (LBD)**

La LBD es establecida cuando se entrega el diseño definitivo de la obra, momento inmediatamente anterior al inicio de la etapa constructiva del proyecto. (Pérez y Sabador, 2004). A medida que avance la fase de construcción, el contenido de la LBD será sometida a diversos cambios a los requerimientos físicos y funcionales del proyecto (diseño, especificaciones, etc.), los cuales deberán ser evaluados según el impacto que puedan ocasionar en los objetivos del proyecto.

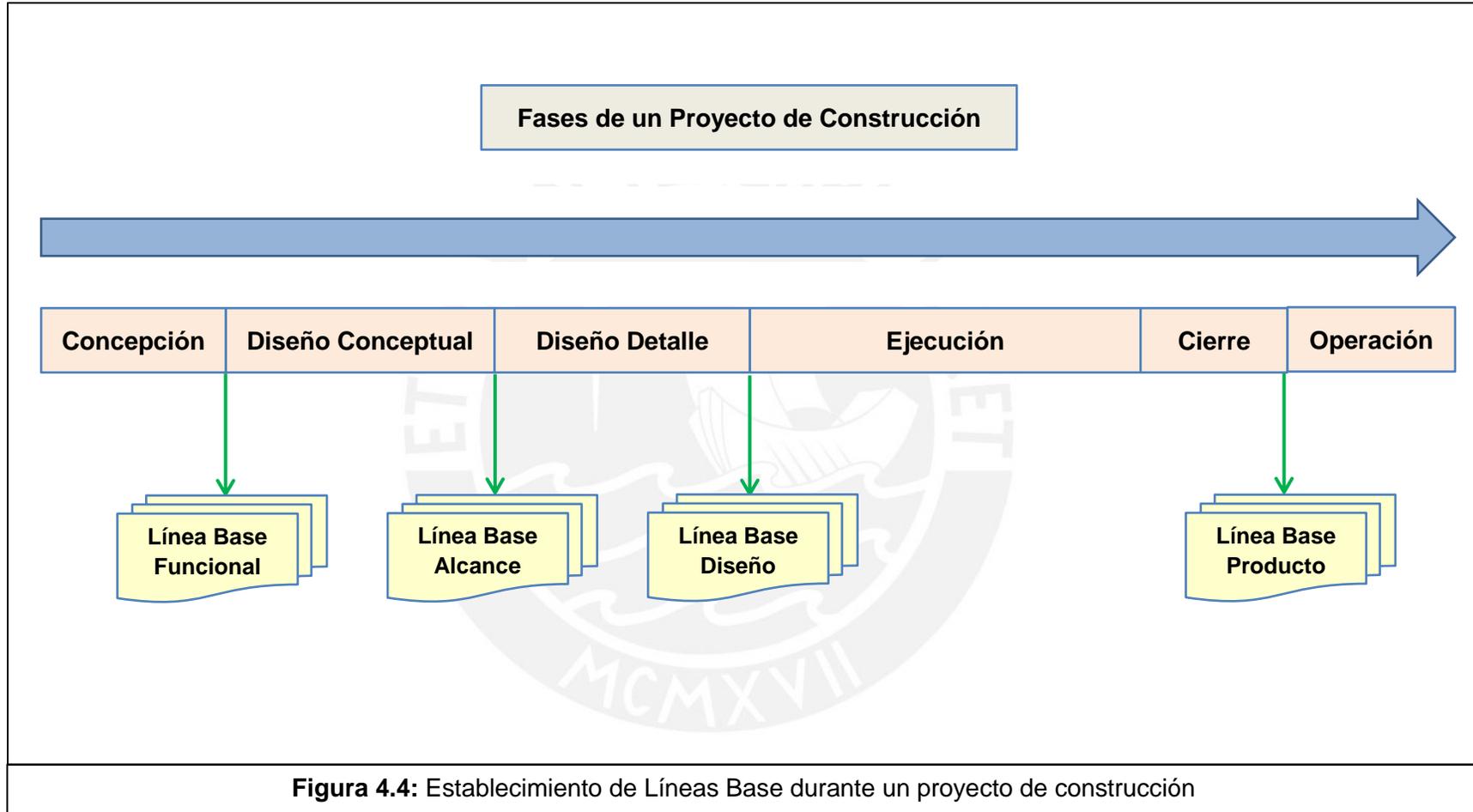
- **Línea Base de Producto (LBP)**

La LBP es establecida al final de la etapa de construcción, en la cual se ha realizado la entrega de la entidad construida, así como las verificaciones correspondientes a los requerimientos funcionales y físicos establecidos en las LBA y LBD, respectivamente. El contenido de la LBP abarca toda la documentación que refleja la configuración final del producto final, la cual deberá ser recibida de los contratistas de construcción, verificada y finalmente aprobada. (FTA, 2012)

Cada una de las líneas base definidas deberán ser aprobadas en las correspondientes reuniones de revisión. (Sols *et al.*, 2013) Así mismo, para que un documento sea registrado en una línea base de configuración deberá estar correctamente identificado (codificado) y formalmente aprobado. (INTECO, 2009)

De acuerdo a Williams (2009), el establecimiento de líneas base es una herramienta muy útil para controlar y cuantificar la extensión del alcance de un proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida. No obstante, dicha actividad involucra la documentación de grandes cantidades de información, sobre todo si se trata de un proyecto de gran magnitud y multi-contractual.

A continuación se muestra en la Figura 4.4, el establecimiento de Líneas Base durante un proyecto de construcción.



Fuente: Adaptado de Sols *et al.* (2013)

4.3 Control de la configuración

El Control de la configuración, refiere Sols *et al.* (2013), es el proceso encargado de la gestión, preparación, justificación, evaluación, coordinación e implantación de los cambios de ingeniería que afecten la configuración de los elementos de la configuración y de las líneas base. Para el APM (2012), este proceso implica también asegurar que todos los cambios a los elementos de configuración sean documentados.

De acuerdo a Sols *et al.* (2013), el primer objetivo del Control de la Configuración será establecer y mantener un proceso de gestión de cambios durante el ciclo de vida del producto el cual, según Raju y Williams (2010), establezca protocolos y procedimientos para llevar a cabo cambios a las especificaciones y entregables del proyecto.

De igual manera, Raju y Williams (2010) indican que la Gestión de la configuración integra procedimientos para dar seguimiento a los diversos documentos del proyecto, lo cual implica, según el PRINCE2 (2009), el registro, almacenamiento y recuperación de toda la información relevante y documentación generada durante el proyecto.

4.3.1 Control del cambio

La Association for Project Management (APM) del Reino Unido define Control del cambio como el proceso a través del cual todas las solicitudes de cambio al alcance del proyecto son capturadas, evaluadas y luego aprobadas, rechazadas o diferidas.

Del mismo modo, según el Project Management Institute (PMI), el nivel de intensidad de las actividades destinadas a controlar los cambios del proyecto dependerá del área de aplicación, la complejidad del proyecto, los requisitos contractuales, y el contexto en el cual se realiza el proyecto.

Adicionalmente, Sols *et al.* (2013) refieren que la incorporación de cualquier cambio a la documentación aprobada de las líneas base del producto deben realizarse a través de una Propuesta de Cambio de Ingeniería (PCI); documento que contiene información técnica y otros datos que permite soportar la aprobación de un cambio de ingeniería, así como también permite mantener registro y control de todos los cambios propuestos.

Trefor Williams (2009) propone un diagrama de flujo que se muestra en la Figura 4.5 que identifica cada una de las actividades de un proceso de control del cambio.

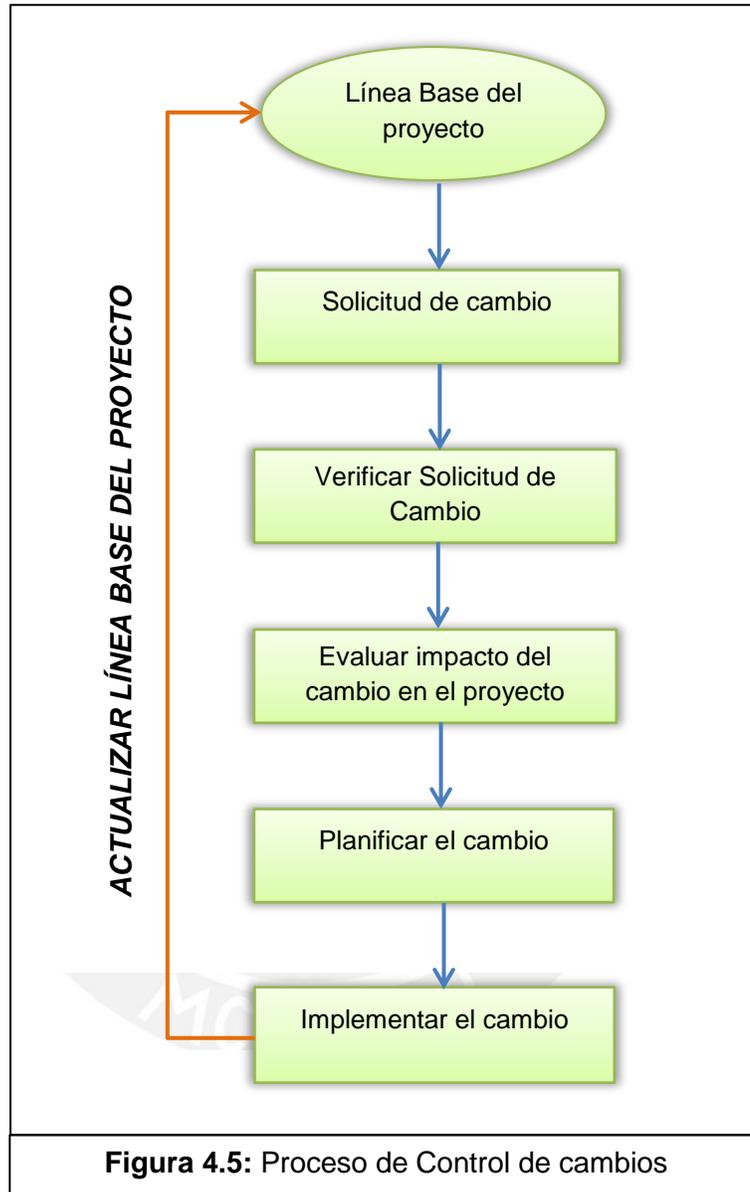


Figura 4.5: Proceso de Control de cambios

Fuente: Trefor Williams (2009)

Hao *et al.* (2008) establece ciertas funciones que deberá cumplir un adecuado proceso de Control del cambio, las cuales muestran a continuación:

- El proceso deberá consolidar toda la información relacionada al cambio: causas, síntomas e impacto; a fin de que se pueda evaluar a todos los elementos afectados por el cambio.

- Revisar, analizar y aprobar las solicitudes de cambio de forma rápida, lo cual es esencial ya que una decisión tardía puede influir negativamente en el tiempo, el costo o la viabilidad de un cambio.
- Establecer flujos de trabajo para los procedimientos de revisión, aprobación, planificación e implementación del cambio. Así mismo, se deberá incluir un procedimiento para la resolución de reclamaciones y conflictos.
- Asegurar la trazabilidad del proyecto a través del registro y almacenamiento adecuado de toda la información relacionada a un cambio. Se deberá incluir un procedimiento para actualizar y distribuir los documentos afectados por el cambio a fin de evitar el uso de documentos en versiones superadas.

Por otro lado, Sun y Meng (2009) indican que para reducir los efectos negativos de un cambio, será importante identificar, lo antes posible, las causas que puedan dar lugar a cambios así como establecer los posibles efectos en el caso que se produzca un cambio. Para ello, proponen el uso de una Taxonomía de Causas y Efectos, la cual permite evaluar cambios a través del análisis estadísticos sobre las sobre las causas y efectos de los cambios en proyectos terminados.

4.3.2 Control de documentos

De acuerdo a Steinberg y Otero (2008), esta actividad implica el seguimiento y almacenamiento de todos los documentos de cambio, versiones y comunicaciones de aprobación. Williams (2009) adiciona que entre los documentos gestionados formalmente durante un proyecto de construcción están los cronogramas, planos de ingeniería, especificaciones, planes de gestión, solicitudes de cambio, solicitudes de información, y toda la correspondencia diaria del proyecto.

El FTA (2012) de los Estados Unidos define ciertas actividades relacionadas al control de la documentación durante un proyecto de construcción; entre ellas:

- Documentar cada cambio solicitado, describiendo la naturaleza del cambio y su justificación. Dicha documentación incluye las solicitudes de información, ordenes de cambios, minutas de reuniones y demás registros de negociación.

- Actualizar los documentos del proyecto necesarios para reflejar un cambio en el contrato, incluyendo las adendas, planos, especificaciones, cronogramas, presupuestos y documentos de diseño.
- Documentar la recepción de las Solicitudes de Información (RFI) enviadas por los contratistas, realizar el seguimiento a fin de agilizar la respuesta, y coordinar la consulta con la agencia de diseño en caso involucre un cambio de ingeniería.
- Documentar la recepción y dar seguimiento a los documentos técnicos enviados por los contratistas. Dichos documentos incluyen el cronograma general, los planes de gestión, informes de avance y calidad, valorizaciones sustentadas, entre otros.

La adecuada implementación de la Gestión de la Configuración requiere el establecimiento de un Repositorio de Información, el cual permita consultar el estado (versión) actual de cualquier documento generado durante el proyecto y sirva como sustento documental para las auditorías.

4.4 Registro del estado de la configuración

De acuerdo a Sols *et al.* (2013), el Registro del estado de la configuración establece los mecanismos para conocer en todo momento el estado actual de la configuración, lo cual conlleva a mantener registros de la configuración inicial, los cambios aprobados y rechazados, así como el estado en que se encuentra la implementación de los cambios aprobados.

Para el ISO 10007 (2003), los registros e informes relacionados a ésta deberán ser actualizados durante todo el ciclo de vida del producto a fin de permitir un proceso de Gestión de la Configuración eficiente.

A continuación se definen las actividades propias del Registro del estado de la configuración para el contexto de un proyecto de construcción:

- Establecer y mantener un registro de toda la documentación aprobada e incluida en cada Línea Base de configuración, el cual incluya el estado actual de cada documento (código, versión, ubicación, historial de cambios, etc.).

- Establecer y mantener un registro de todos los cambios solicitados a la línea base de configuración establecida. Deberá incluir el estado de la solicitud de cambio dentro del proceso de Control del cambio, así como el estado de implementación una vez que el cambio es aprobado.
- Elaborar informes de estado de cada cambio solicitado a una línea base de configuración, incluyendo toda la documentación asociada a cada cambio, documentos línea base modificados, y los detalles de los cambios rechazados.
- Reportar el análisis y resultado de las métricas definidas para el proceso de Gestión de la Configuración. (INTECO, 2008)
- Registro y emisión de informes de los resultados de las auditorías de configuración realizadas, incluyendo el estado y disposición final de las discrepancias identificadas y las acciones propuestas. (Sols *et al.*, 2013)

Los informes generados pueden ser utilizados por distintas partes de la organización: la gerencia, el equipo de desarrollo, control de proyectos, equipo de calidad u otra área que requiera información relacionada al estado e histórico de cambios de toda la documentación generada durante el proyecto. (INTECO, 2008)

El PMI (2007) sugiere que los informes de estado deben ser realizados en un formato que facilite el análisis posterior de la información contenida. De igual manera, las actividades relacionadas a la recolección de datos y generación de informes requieren el soporte de una herramienta automatizada. (INTECO, 2008)

4.4.1 Repositorio de información

El Project Management Institute (PMI) de los Estados Unidos define un Repositorio de Información como el lugar (base de datos, biblioteca, o sistema de archivos) donde se deposita la información del proyecto para controlar el almacenamiento, acceso, y el control de versiones. El PMI (2007) indica que ésta herramienta permite también obtener y analizar métricas del proceso utilizando la información registrada.

El uso de una herramienta u otra dependerá de diversos factores como los requerimientos del cliente, la magnitud del proyecto y el tipo de producto a desarrollar, la capacidad financiera de la organización, y sobre todo la facilidad con la cual la herramienta elegida proporcionará los beneficios esperados.

Las investigaciones realizadas por Steinberg y Otero (2007), Williams (2009), Raju y Williams (2010) y Bonilla y Villeras (2012), concluyen que la aplicación tangible de las actividades de Gestión de la Configuración requiere el establecimiento de una herramienta virtual que facilite el registro, almacenamiento y distribución de toda la documentación involucrada en el proceso.

Dichas investigaciones indican también que el uso de una herramienta virtual permite reducir el tiempo de localización de documentos, evitar la pérdida de documentos críticos, evitar confusiones y malos entendidos entre los interesados, reducir los gastos administrativos, obtener sustento documental en caso de reclamaciones de contratistas y auditorías, validación de cambios y captura de lecciones aprendidas.

4.5 Auditoría y verificación de la configuración

El ISO 10007 (2003) indica que el proceso de Gestión de la Configuración deberá llevar a cabo auditorías para determinar si un producto cumple sus requerimientos; adicionalmente, el PMI (2007) refiere que dichas auditorías deben verificar que el proceso se lleve a cabo de acuerdo al PGC.

Consecuentemente, se debe elaborar un informe con las deficiencias detectadas, los potenciales riesgos y medidas correctivas. Asimismo, con respecto a los tipos de auditoría, el APM (2012) define las siguientes: *Auditoría Física*, *Auditoría Funcional* y *Auditoría del Sistema*.

- **Auditoría Física**

EL APM (2012) indica que una auditoría física confirma que un elemento de configuración cumpla sus especificaciones, para lo cual verifica los resultados de control de calidad. El INTECO (2008) adiciona que dicha auditoría podrá ser necesaria como prerrequisito para el establecimiento de una Línea Base.

▪ Auditoría Funcional

El ISO 10007 (2003) indica que una auditoría funcional permite comprobar que un elemento de configuración alcance las características funcionales y de desempeño especificados en su Información de configuración y tal como lo señala el PMI (2007), se deberá verificar que los documentos de soporte sean los adecuados.

▪ Auditoría del Sistema

El APM (2012) del Reino Unido, refiere que una auditoría del sistema verifica que el Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) funcione correctamente y realice las funciones necesarias para sostener el proceso, mientras que el INTECO (2008) señala que una auditoría del sistema implica asegurar lo siguiente:

- Que la información de una línea base se actualice de forma correcta.
- Revisar trazabilidad entre cambios realizados y productos afectados.
- Que se almacene y utilicen las versiones correctas de los productos.
- Que todos los documentos tengan una codificación correcta.

Las auditorías de configuración permiten diagnosticar el área, actividad y procedimiento que requieren de acciones correctivas para el cumplimiento de los objetivos, aseguran que los cambios se evalúen adecuadamente, y permiten obtener lecciones aprendidas, para la mejora continua del proceso de GC.

De acuerdo al ANSI (2011) de los Estados Unidos, el Plan de Gestión de Configuración (PGC) deberá definir los roles y responsabilidades específicas del personal involucrado en el proceso de auditoría; asimismo, el FHWA (2003) adiciona dicho plan deberá indicar también el tipo y la frecuencia de las mismas.

5. GESTIÓN DE PROYECTOS BAJO EL ENFOQUE PRINCE2

“Gestión de Proyectos es la planificación, delegación, y control de todos los aspectos del proyecto, y la motivación de las personas involucradas en conseguir los objetivos del proyecto dentro de las metas de desempeño en relación al tiempo, costo, calidad, alcance, beneficios y riesgos.”

Office of Government Commerce
Managing Successful Projects with PRINCE2
TSO, 2009

PRINCE2 (PROjects IN Controlled Environments) es un estándar de gestión de proyectos desarrollado por la Office of Government Commerce (OGC) del Reino Unido, y el cual viene siendo utilizado por diversos gobiernos, empresas y organizaciones internacionales como el estándar *de facto* para el desarrollo de sus proyectos. La metodología PRINCE2 abarca la gestión, control y organización de un proyecto, y tiene como objetivo principal lograr el éxito a través de la entrega de un producto, servicio o resultado final que satisfaga los requerimientos del cliente y/o usuario.

El presente capítulo inicia con una introducción a la metodología, para luego presentar la estructura que define y caracteriza un proyecto PRINCE2. Finalmente, se procede a definir el enfoque PRINCE2 para la Gestión de la Configuración durante un proyecto.

5.1 Introducción

El PRINCE2 (2009) define un proyecto como una organización temporal creada con el propósito de entregar uno o más productos comerciales de acuerdo a un Caso de Negocio convenido, el cual se caracteriza por ser temporal, multifuncional, único, incierto y por ser el medio por el cual se introduce un cambio comercial.

La gestión de un proyecto queda definida por el PRINCE2 (2009) como la planificación, delegación, supervisión y el control de todos los aspectos de un proyecto, y conseguir los objetivos del proyecto dentro de las metas de desempeño esperadas para el tiempo, costo, calidad, alcance, beneficios y riesgos, de acuerdo a la Figura 5.1.

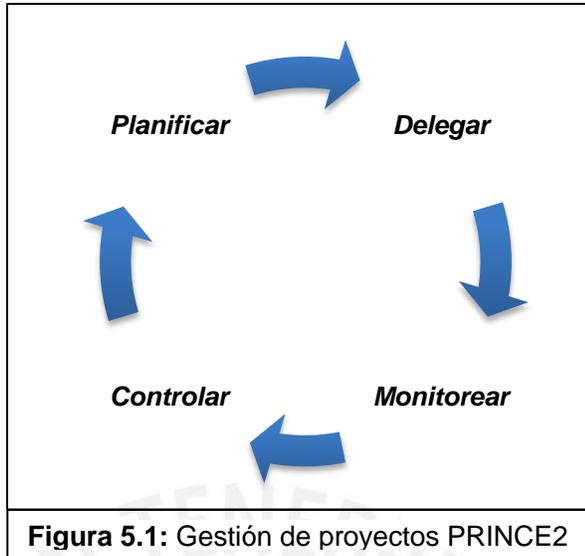


Figura 5.1: Gestión de proyectos PRINCE2

Fuente: Adaptado del PRINCE2 (2009)

5.2 Estructura del PRINCE2

La metodología PRINCE2 se caracteriza por tener una estructura compuesta por *Principios*, *Temas* y *Procesos*, los cuales representan las buenas prácticas de gestión y el tratamiento específico propuesto para el desarrollo óptimo de un proyecto, según se muestra en la Figura 5.2.

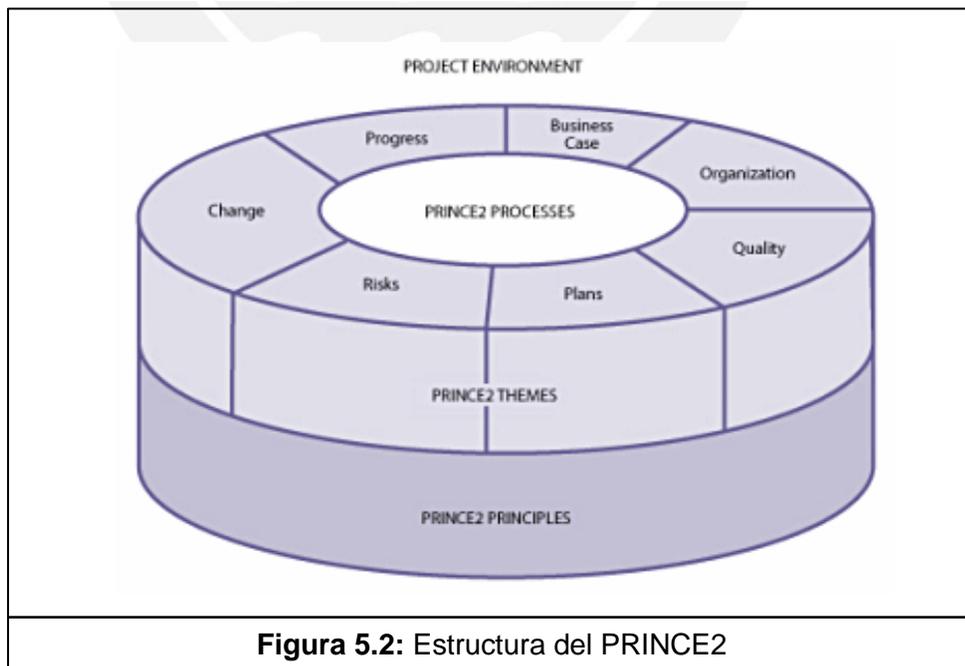


Figura 5.2: Estructura del PRINCE2

Fuente: PRINCE2 (2009)

5.2.1 Principios

La metodología PRINCE2 se apoya en siete (7) principios, definidos a continuación en la Tabla 5.1:

Principio	Descripción
Justificación comercial continua	Se requiere una justificación comercial válida y continua durante el ciclo de vida del proyecto, y la existencia de un retorno de inversión.
Aprender de la experiencia	Aprendizaje a través de lecciones aprendidas adquiridas en proyectos anteriores y durante la ejecución del proyecto.
Roles y Responsabilidades definidos	Son definidos en una estructura organizada, en la cual los intereses de negocio (económicos), del usuario y del proveedor, están representados en la toma de decisiones.
Gestión por fases	Un proyecto se planifica y controla a través de fases de gestión, las cuales son evaluadas de acuerdo a los beneficios esperados
Gestión por excepción	Se definirán tolerancias para cada objetivo del proyecto a fin de establecer límites para la delegación de autoridad.
Orientación a productos	Un proyecto tiene como objetivo la entrega de productos, los cuales proporcionan la base para la planificación y control del proyecto.
Adaptación al entorno del proyecto	La metodología de gestión de proyectos utilizada debe ser adaptada al tamaño, complejidad, importancia, capacidad, riesgo y necesidad de cualquier tipo de proyecto.

Tabla 5.1: Principios PRINCE2

Fuente: Adaptado del PRINCE2 (2009)

5.2.2 Temas

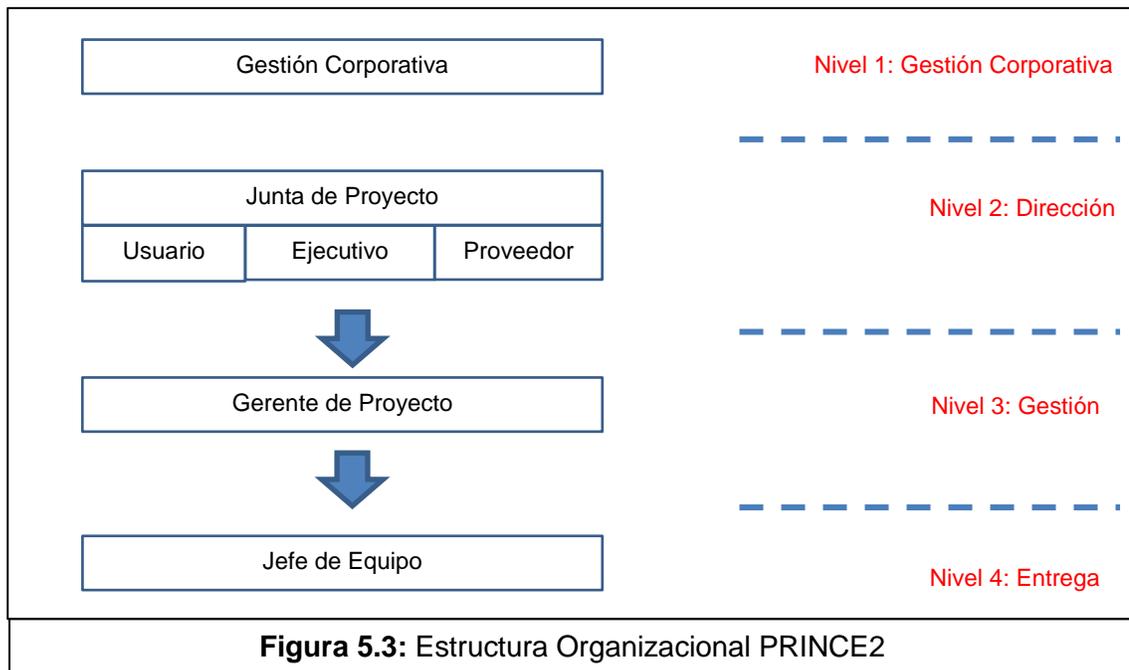
La Temas describen los aspectos de la gestión de proyectos que deberán ser tratados continuamente, los cuales deberán ser aplicados de acuerdo a la escala, naturaleza y complejidad del proyecto. A continuación se definen:

1. Caso de Negocio

El tema Caso de Negocio establece mecanismos para determinar si un proyecto es deseable, viable y factible, lo cual representa un medio para apoyar la toma de decisiones en relación a la continua inversión del proyecto. La justificación comercial de un proyecto se establece en un documento denominado *Caso de Negocio*.

2. Organización

El propósito del tema Organización es establecer los roles, responsabilidades y niveles de autoridad para todas las personas que integran un proyecto. Turley (2010) representa gráficamente la estructura organizacional PRINCE2, según la Figura 5.3.



Fuente: Adaptado de F. Turley (2010).

3. Calidad

El propósito del tema Calidad es definir las actividades destinadas a dirigir y controlar la calidad de un proyecto. Ello abarca los métodos y responsabilidades para la especificación, desarrollo y aprobación de los productos del proyecto, así como la captura de lecciones aprendidas a fin de contribuir a la mejora continua del proyecto.

4. Planes

El propósito del tema Planes es proporcionar la metodología para diseñar, desarrollar y mantener los planes del proyecto, los cuales facilitan la comunicación y el control durante el mismo. La metodología considera cinco (5) planes: Plan del Proyecto, Plan de la Fase, Plan del Equipo, Plan de Excepción y el Plan de Revisión de Beneficios.

5. Riesgo

Todo proyecto está constantemente expuesto a sufrir cambios durante su desarrollo, lo cual genera incertidumbre y por lo tanto riesgo. Por ello, el propósito del tema Riesgo será identificar, evaluar y controlar la incertidumbre y, en consecuencia, mejorar la capacidad del proyecto para alcanzar el éxito. (PRINCE2, 2009)

6. Cambio

El tema Cambio establece procedimientos para identificar, evaluar y controlar todo cambio potencial o aprobado a una línea base y asegurar un adecuado control de versiones. El cambio es inevitable, representa un riesgo para los objetivos del proyecto y por lo tanto por lo tanto necesita ser gestionado.

7. Avance

El enfoque PRINCE2 propone seis (6) variables de control, las cuales representan los aspectos a controlar durante un proyecto, de acuerdo a la Tabla 5.3.

Variable	Descripción
Costo	Controlar los costos en base a un presupuesto fijado al inicio del proyecto.
Tiempo	Controlar el cronograma a lo largo de todo el proyecto y asegurar que la fecha de término del proyecto se encuentre dentro de los límites esperados.
Calidad	Realizar las pruebas de calidad necesarias para que la instalación a construir cumpla con los requerimientos solicitados por el Cliente.
Alcance	Definir exactamente qué es lo que el proyecto va a desarrollar.
Riesgo	Establecer el riesgo a asumir por el proyecto y el procedimiento para gestionar los riesgos durante el proyecto.
Beneficios	Asegurar que el proyecto desarrolle y entregue un producto consistente con los beneficios esperados.

Tabla 5.3: Variables de control del proyecto

Fuente: Adaptado del PRINCE2 (2009)

5.2.3 Procesos

El PRINCE2 (2009) define un *proceso* como un conjunto estructurado de actividades orientadas a alcanzar un objetivo específico. A continuación se muestra la Figura 5.4:

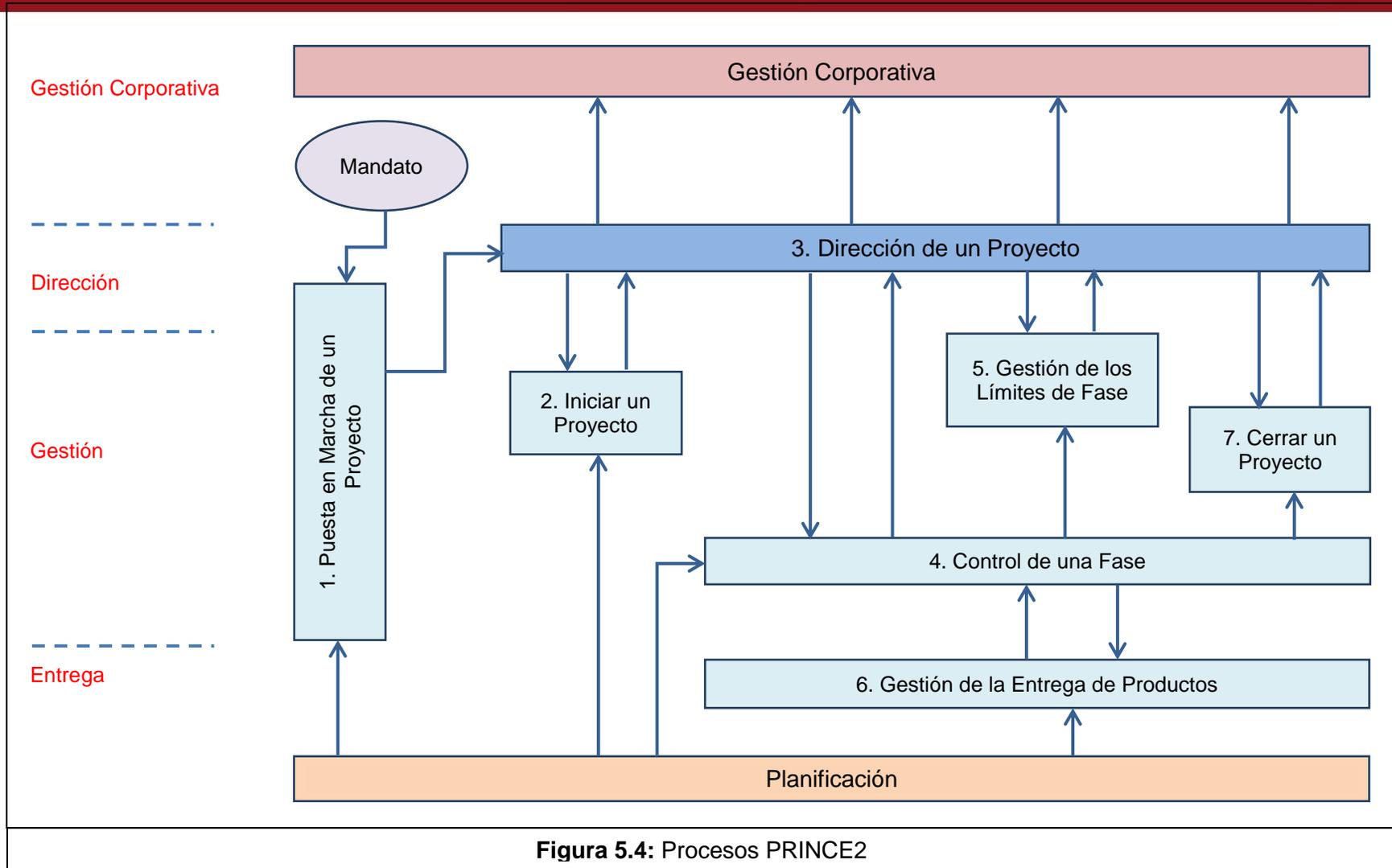


Figura 5.4: Procesos PRINCE2

Fuente: Adaptado del PRINCE2 (2009)

5.3 Documentos Línea Base PRINCE2

El PRINCE2 (2009) establece la creación, control y verificación de ciertos documentos orientados a definir aspectos del proyecto, proveer comunicaciones entre los interesados y asegurar la calidad del proyecto. Una vez aprobados, quedarán sujetos al proceso de control del cambio. A continuación se definen:

- Brief:

Documento que proporciona el sustento técnico y económico necesario para iniciar un proyecto. Describe el propósito del proyecto, los objetivos de desempeño y las especificaciones técnicas preliminares del producto a desarrollar.

- Descripción del Producto del Proyecto:

Documento que define las características del producto a desarrollar. Incluye el acuerdo con el usuario acerca del alcance y los requisitos del proyecto, las expectativas de calidad del cliente y el criterio de aceptación para el proyecto.

- Documentación Inicial del Proyecto (PID):

Conjunto de documentos que constituyen la base de gestión y evaluación del éxito global del proyecto. El PID está constituido por el Caso de Negocio, el Plan del Proyecto, y las Estrategias de calidad, configuración, riesgo y comunicación.

- Caso de Negocio:

Documento que establece la justificación para realizar un proyecto en términos de los costos estimados, riesgos y beneficios esperados, y utilizado para evaluar la viabilidad del proyecto y asegurar el valor de la inversión realizada.

- Plan del Proyecto:

Documento creado para cuantificar el progreso real del proyecto respecto a lo planificado, identificar puntos de control y establecer la metodología para alcanzar los objetivos deseados. Deberá incluir el presupuesto y el cronograma del proyecto.

- Estrategia de Gestión de Calidad:

Documento creado para definir las técnicas, procedimientos y estándares de calidad a utilizar, y las diversas responsabilidades para lograr los niveles requeridos de calidad, durante el proyecto.

- Estrategia de Gestión de la Configuración:

Documento creado para controlar y proteger los productos del proyecto. Contiene procedimientos para realizar cambios a las líneas base y asegurar el correcto almacenamiento y distribución de toda la información generada durante el proyecto.

- Estrategia de Gestión del Riesgo:

Documento que describe las técnicas específicas de gestión que serán aplicados para la identificación, evaluación y control de riesgos durante el proyecto.

- Estrategia de Gestión de la Comunicación:

Documento que define los medios y la frecuencia de comunicación entre todas las partes interesadas internas y externas del proyecto.

- Plan de Revisión de Beneficios:

Documento que define el procedimiento y la frecuencia de evaluación de los beneficios esperados del proyecto.

- Descripción del Producto:

Documento que detalla la naturaleza, propósito y los criterios de calidad requeridos para cada producto, permite identificar las actividades involucradas y definir las personas necesarias para producir, revisar y aprobar cada producto.

- Paquete de Trabajo:

Conjunto de información relevante para la creación de un producto; contiene la descripción del producto, los objetivos de tiempo y costo, y los acuerdos estableciendo el compromiso de entregar el producto dentro de esas limitaciones.

5.4 Gestión de la Configuración en PRINCE2

El enfoque de la metodología PRINCE2 (2009) involucra el establecimiento de procedimientos para la identificación, evaluación y control de *issues*, los cuales puedan dar lugar a un cambio a las líneas bases de los productos desarrollados por el proyecto. El término “issue” refiere a un evento relevante ocurrido durante el proyecto, no planeado, y que requiere acciones de gestión. Así mismo, clasifica un issue en:

- Solicitud de Cambio: propuesta de cambio a una Línea Base del proyecto.
- Fuera de Especificación: algo que el proyecto debería facilitar pero que actualmente no lo hace (o se prevé que no lo hará).
- Problema / Asunto: cualquier tipo de issue que no sea una Solicitud de Cambio o un Fuera de Especificación, el cual necesite ser tratado y resuelto.

El PRINCE2 (2009) indica que será necesario también el establecimiento de un Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) el cual de seguimiento a los productos aprobados y puestos bajo línea base, asegurar que se utilicen versiones correctas durante el proyecto y sean las, finalmente, entregadas al cliente.

Bajo esta metodología, ambos procedimientos, tanto el de control de issues y cambios como el de Gestión de la Configuración, deberán ser implementados de manera paralela. No obstante, las actividades que componen dichos procedimientos deberán estar interrelacionadas a fin de optimizar el proceso.

El enfoque PRINCE2 (2009) implica la creación de ciertos productos de gestión que deberán ser creados y actualizados durante todo el proyecto a fin de controlar los issues, cambios y la Gestión de la Configuración. A continuación se definen:

- Estrategia de Gestión de la Configuración: Documento que describe los procedimientos y herramientas que serán utilizadas para controlar los productos del proyecto, así como establecer los roles, responsabilidades y niveles de autoridad en relación a la implementación de la Gestión de la Configuración.

- Registro de Elementos de Configuración: Conjunto de documentos que describen el estado, versión e historial de cambios de cada elemento de configuración seleccionado, así como cualquier detalle relevante acerca de las interrelaciones entre dichos elementos.
- Registro Diario: Documento utilizado para registrar eventos que puedan ser manejados de manera informal. Un issue puede ser registrado inicialmente en el Log Diario para luego ser transferido al Registro de Issues si, después de examinarlo, se decide que debe ser tratado de manera más específica.
- Registro de Issues: Registro utilizado para capturar y mantener información acerca de todos los issues que surgen a lo largo del proyecto. El Registro de Issues contiene los issues que, ya sea por el riesgo inherente o contenido, son tratados de manera formal.
- Informe de Estado de los Productos: Informe que proporciona información acerca del estado de los productos desarrollados en un periodo definido, el cual puede abarcar el proyecto completo o una fase en particular. Este Reporte es utilizado usualmente para confirmar la versión de algún producto.
- Informe de Issues: Contiene la descripción, evaluación del impacto y recomendaciones para todos aquellos issues que vienen siendo tratados de manera formal, es decir, a través del procedimiento de Control de issues y cambios.

PARTE III. PROPUESTA TÉCNICA



6. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

“Un Sistema de Gestión de Configuración implica actividades interrelacionadas que aseguran que los cambios efectuados a un proyecto durante su ciclo de vida se llevan a cabo de una manera racional y proporcionen un entregable que satisfaga las necesidades del cliente.”

Trefor Williams
Construction Management: Emerging Trends & Technologies, 2009

6.1 Sistema de Gestión de la Configuración

Un Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) es aquella parte del sistema general de gestión de una organización que incluye una estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, los procedimientos, los procesos y los recursos como herramientas para aplicar la política de gestión de la configuración.

Los objetivos del Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) propuestos son:

- Elaborar un PGC que defina los procedimientos, roles y responsabilidades para llevar a cabo la Gestión de la Configuración.
- Establecer y actualizar la Línea Base inicial del proyecto y asegurar que todo cambio a dichos documentos sea registrado, evaluado e implementado.
- Asegurar que todo el equipo del proyecto utilice la documentación correcta y actualizada, a fin de mantener la integridad, visibilidad y trazabilidad.

6.2 Política

La política establece los criterios a seguir para apoyar las decisiones sobre los procedimientos de un SGC, lo que implica un análisis y criterios para clasificar las obras en función de sus riesgos. En el sector de construcción, se pueden clasificar las obras a ejecutar por categorías, en función de su naturaleza, complejidad estructural, impacto ambiental, exigencias de mantenimiento, duración de la obra, etc. Para cada

categoría se realizará una descomposición estructurada del producto a construir, y los procesos, normativa y documentación asociada.

Establecida la política general, se desarrollan los procedimientos y mecanismos de seguimiento y control para realizar la Gestión de la Configuración. De igual manera, será conveniente la revisión de los requerimientos contractuales solicitados por el cliente para el proyecto, así como recurrir al juicio de expertos y a toda la información de proyectos de similares características.

6.3 Normas y Estándares internacionales

El Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) propuesto es compatible con los siguientes Normas y Estándares internacionales estudiadas:

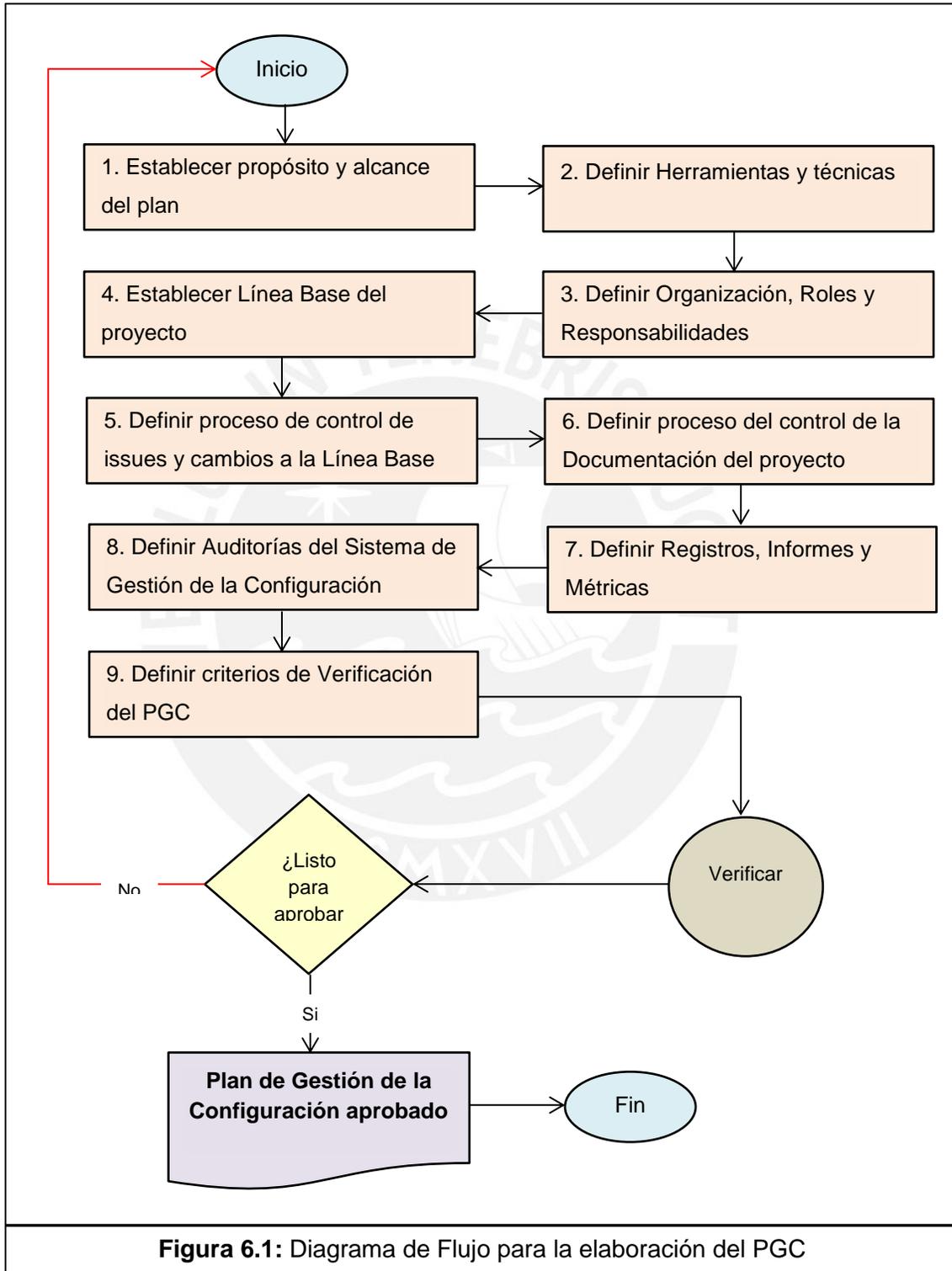
- American National Standards Institute (2011) - “Configuration Management Standard” EIA-649-B
- ISO 9001 (2008) - “Requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad”
- ISO 10007 (2003) - “Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la configuración”

6.4 Plan de Gestión de la Configuración

El SGC propuesto se materializa en la elaboración de un Plan de Gestión de la Configuración (PGC), el mismo que constituye un documento técnico de aplicación, mantenimiento y mejora continua del sistema. El PGC describe el alcance, políticas, herramientas, procedimientos de trabajo y una estructura organizacional con roles y responsabilidades de cada uno de los involucrados del proyecto.

El PGC deberá estar aprobado antes del inicio de la fase de ejecución bajo los requisitos contractuales establecidos por el cliente, el cual servirá como documento de trabajo para ejecutar y evaluar el proceso de GC. Una vez aprobado, el PGC forma parte de la Línea Base del proyecto, por lo que deberá ser sometido a procedimientos de identificación, control, registro y auditoría.

A continuación se ilustra un proceso dinámico para la elaboración del PGC propuesto, de acuerdo al diagrama de flujo de la Figura 6.1.



Fuente: El Autor

6.4.1 Propósito

El propósito del Plan de Gestión de la Configuración (PGC) es proveer una visión general de la organización, actividades, tareas en general y lineamientos que describen los procedimientos, roles, responsabilidades y herramientas que serán utilizados para llevar a cabo la Gestión de la Configuración del proyecto.

6.4.2 Alcance

Está definido por el Plan de Gestión de la Configuración (PGC) para la fase de ejecución de un proyecto de construcción, que contiene lo siguiente:

- Estructura organizacional, roles y responsabilidades de las partes interesadas.
- Documentos que conforman la Línea Base del alcance.
- Procedimientos y Formatos del control de Issues y cambio a la Línea Base.
- Estándares de codificación de los documentos técnicos.
- Registros e informes del estado actual de la configuración.
- Formato de auditoría del SGC.
- Formato de verificación del PGC.

6.4.3 Herramientas y técnicas

La aplicación tangible de las actividades de GC requiere el uso de una herramienta virtual que facilite el registro, almacenamiento y distribución de toda la documentación del proceso; ésta herramienta tiene las siguientes características:

- Deberá cumplir los requisitos contractuales, en relación a la comunicación interna, almacenamiento de documentos y la gestión del cambio.
- La capacidad de vincular y recuperar todos los documentos relacionados a un cambio.
- Visualizar el histórico de versiones de los documentos de una Línea Base.
- Regular el acceso de información para los interesados del proyecto.

El uso de una herramienta virtual permite automatizar los procedimientos, reducir el error e incrementar la eficiencia con relación al tiempo de localización y/o pérdida de documentos críticos, así como evitar confusiones entre los interesados.

6.4.4 Organización del proyecto durante la construcción

La estructura organizativa del proceso debe determinar las jerarquías e identificar la autoridad y responsabilidad en la toma de decisiones y definir las interacciones entre las partes interesadas que intervienen en la ejecución del proyecto. En ese sentido, se propone la siguiente estructura organizacional para el proceso de GC:

- a. Cliente: Entidad propietaria del producto final del proyecto. Dependiendo de la naturaleza del proyecto, puede existir un único cliente, grupo, entidad pública o privada. El cliente determina el inicio del proyecto, proporciona los recursos financieros necesarios, fija los objetivos de costo, tiempo y calidad; asimismo, monitorea el avance, toma decisiones, y formaliza la entrega final.

El personal del cliente está conformado por:

- Junta del Proyecto (PB): Es el portavoz frente a los altos niveles de dirección y puede participar en la autorización de cambios del alcance, revisiones al final de una fase y, cuando los riesgos son particularmente altos, decidir si el proyecto debe continuar o no. Es el responsable de asegurar que un proyecto cumpla sus objetivos, enfoque comercial y beneficios previstos.
 - Gerente de Proyecto (PM): El PM reporta a la Junta del Proyecto y es responsable de asegurar el cumplimiento de los objetivos establecidos, tomar las decisiones oportunas y decisivas durante la construcción. Para ello, monitorea el avance, costos, plazos, calidad, seguridad y riesgos de la obra, e identifica los problemas que impacten en su ejecución.
 - Autoridad del Cambio (AC): Persona o grupo formalmente constituido por la Junta del Proyecto y es responsable de evaluar, aprobar, diferir o rechazar las solicitudes de cambio que modifiquen severamente la línea base del proyecto, y registrar todas las decisiones y recomendaciones asociadas a los cambios durante la ejecución de una obra.
- b. Consultora en Gestión de la Construcción (CM): Entidad contratada por el Cliente para garantizar la correcta ejecución de la obra, el cumplimiento de los plazos y

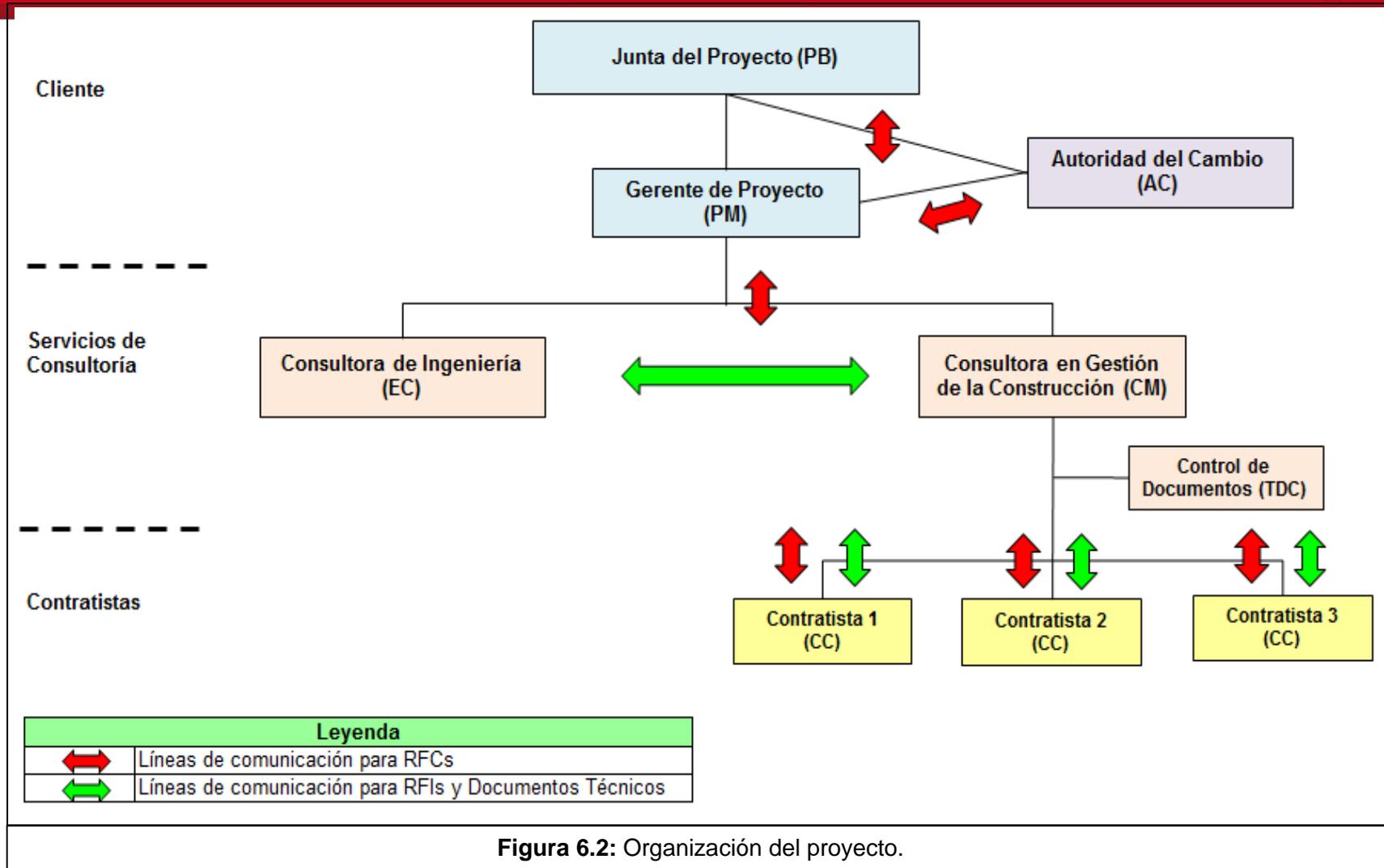
costos, asegurar la calidad de los trabajos y brindar asesoramiento técnico permanente. El CM actúa como representante del Cliente con los Contratistas (CC) y supervisa que los trabajos se realicen conforme a los planos y especificaciones contractuales. Dentro del Staff de especialistas del CM, participa el personal TDC (Control de Documentos) en la Gestión de la Configuración, de acuerdo a lo siguiente :

- Control de Documentos (TDC): Personal encargado de controlar el registro, almacenamiento, y distribución de los documentos técnicos del proyecto.
- c. Consultora de Ingeniería (EC): Entidad contratada por el Cliente para elaborar los planos y especificaciones del expediente técnico, y seguirá ofreciendo los servicios de ingeniería a fin de asegurarla correcta ejecución del proyecto. Así mismo, asesora al Cliente sobre los cambios en el diseño que impacten al proyecto y, de ser requerido, actualiza los documentos de la Línea Base. El EC reporta al PM y coordina con la Consultora de Gestión de la Construcción (CM).
- d. Contratista (CC): Entidad contratada por el Cliente, responsable de proporcionar los conocimientos técnicos y de gestión para construir el proyecto de acuerdo a los planos y especificaciones contractuales. El CC reporta permanentemente a la Consultora de Gestión de la Construcción (CM), en aspectos relacionados al avance y programación de la obra. El CC podrá requerir los servicios de subcontratistas para realizar trabajos específicos.

De lo anterior, la estructura organizacional propuesta para la Gestión de la Configuración, se muestra en la Figura 6.2.

6.4.5 Roles y responsabilidades

Las funciones específicas de cada miembro de la organización del proyecto para las actividades de GC, serán definidos en el Anexo 1: Roles y Responsabilidades en Gestión de la Configuración.



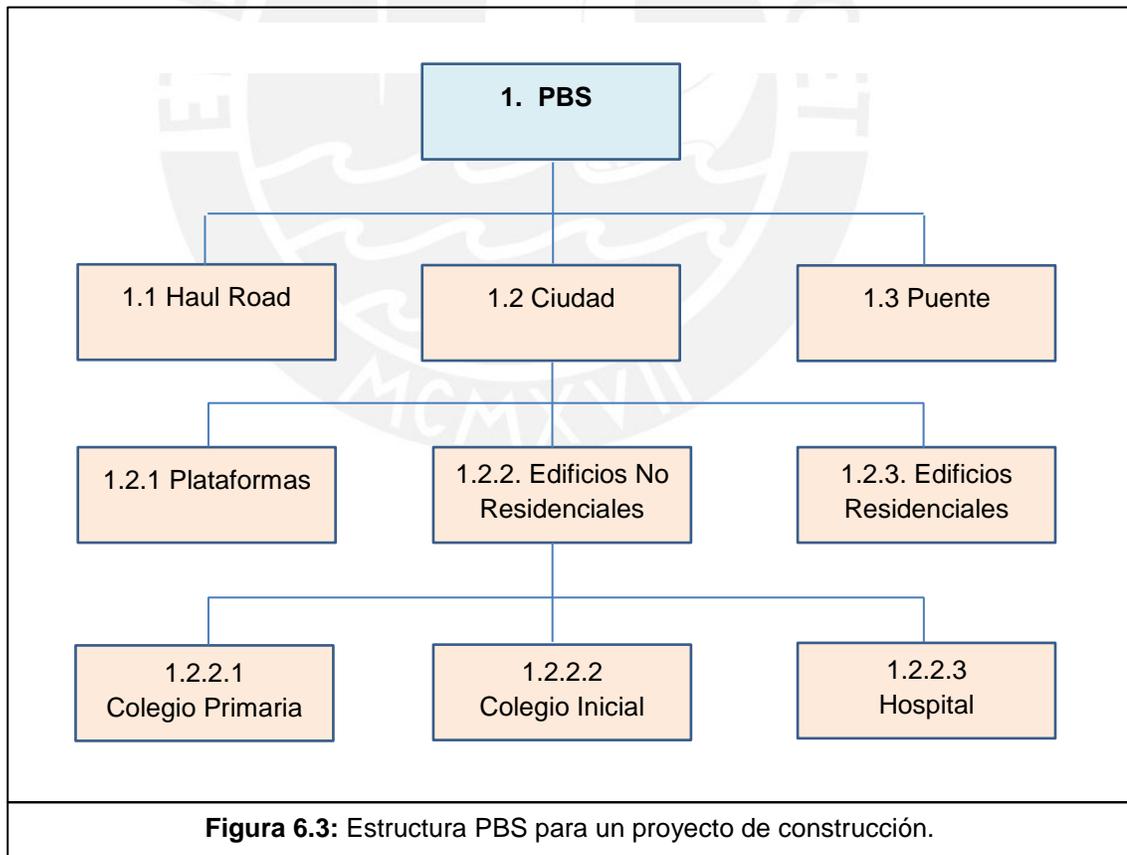
Fuente: Adaptado del FTA (2012)

6.4.6 Línea Base del Proyecto

La Línea Base del proyecto es el conjunto de documentos aprobados y fijados en un determinado momento del ciclo de vida del proyecto, y constituyen un registro documental de referencia para las actividades de GC, los mismos que, junto a los cambios efectuados a dichos documentos, determinan la configuración aprobada y vigente del proyecto.

6.4.6.1 Estructura de Desglose del Producto

La Estructura de Desglose del Producto (PBS) es una herramienta que representa la descomposición jerárquica de todos los entregables, con la finalidad de facilitar la identificación de la documentación técnica asociada a cada producto. A continuación en la Figura 6.3, se ilustra un PBS aplicado a un proyecto de construcción:



Fuente: El Autor

6.4.6.2 Establecimiento de la Línea Base

La Línea Base propuesta para la fase de ejecución de un proyecto de construcción, queda definida por los siguientes documentos, los cuales serán denominados en adelante como *Documentos Línea Base* y se muestran en la Tabla 6.1.

Función	Documento
Gestión y Control	- Brief
	- Caso de Negocio
	- Descripción de los Productos
	- Plan de Gestión del Proyecto
	- Presupuesto del proyecto
	- Cronograma del proyecto
	- Plan de Gestión de la Configuración
	- Plan de Gestión de la Procura
	- Plan de Revisión de Beneficios
	- Plan de Gestión de Interesados
	- Paquete de Trabajo
Calidad	- Plan de Gestión de la Calidad
Riesgo	- Plan de Gestión del Riesgo
Salud, Seguridad y Medio Ambiente	- Plan de Salud, Seguridad y Medio Ambiente
	- Plan de Emergencias
	- Estudio de Impacto Ambiental (EIA)
Diseño	- Criterios y Estándares de Diseño
	- Expediente de Diseño
	- Planos Contractuales
	- Especificaciones Contractuales
Contratos	- Bases de Licitación
	- Propuesta Técnica-Económica
	- Contratos de Contratistas
	- Contratos de Terceros
	- Términos y Condiciones Contractuales
	- Adenda
Construcción	- Reglamento Nacional de Edificaciones
	- Procedimientos Operativos
Operaciones	- Plan de Funcionamiento de Instalaciones
Comunicaciones	- Plan de Gestión de las Comunicaciones
	- Plan de Sensibilización de Comunidades
Tabla 6.1: Documentos Línea Base para un proyecto de construcción	

Fuente: Adaptado del FTA (2012)

6.4.6.3 Gestión de la Línea Base

Una vez establecida la Línea Base del proyecto, todo cambio o modificación a dichos documentos, deberá realizarse a través del procedimiento de cambio de la Línea Base, definido en el numeral 6.4.7.2. De igual manera, la información actualizada (estado, versión, ubicación actual, etc.) de los Documentos Línea Base, se encuentra contenida en el Registro de Documentos Línea Base.

Un cambio a la línea base puede ser solicitado por cualquier interesado del proyecto, denominado Iniciador del Cambio, quien deberá enviar a la Consultora de Gestión de la Construcción (CM) una Solicitud de Cambio (RFC) incluyendo la información del cambio solicitado y los Documentos Línea Base afectados.

Al finalizar la fase de ejecución y recepción definitiva de la obra, los Contratistas (CC) deberán entregar la documentación as-built, la cual deberá contener los cambios aprobados a la línea base del proyecto. Dicha información será recibida, registrada y verificada por la Consultora en Gestión de la Construcción (CM) a fin de establecer la línea base del producto entregada al cliente.

6.4.7 Control de Issues y Cambio de la Línea Base

El Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) propuesto requiere que los eventos que puedan generar un cambio a la Línea Base de un proyecto de construcción, sean evaluados a través de un procedimiento ordenado, estructurado y con roles y responsabilidades definidos; de esta manera, asegurar que los cambios se aprueben por la autoridad correspondiente antes de ser implementados, y toda la información relativa al cambio sea registrada y almacenada.

6.4.7.1 Procedimiento de Issue nuevo

El procedimiento inicia con la identificación de un *Issue* nuevo, referido como un evento ocurrido durante la ejecución de los trabajos, de naturaleza no planificada, y que requiere acciones de gestión debido a que posee el potencial de modificar la Línea Base del proyecto e impactar en los objetivos de costo, tiempo, alcance, calidad, riesgos y beneficios.

El objetivo del Procedimiento – Issue Nuevo (P-001) es la identificación y registro de todos los Issues que surgen durante el proyecto, indicando su tipo y prioridad, a fin de establecer un orden de evaluación relacionado al contenido y riesgo de cada Issue. La escala de prioridad definida para cada Issue depende del tiempo de respuesta requerido para el mismo, según lo definido en el Anexo 10B.

De acuerdo al tipo de gestión, un Issue puede ser formal e informal. Un Issue formal requiere una mayor evaluación debido a su alta probabilidad de originar un cambio y deberá ser resuelto a través de un procedimiento específico. Durante la ejecución de un proyecto de construcción, se identifican los siguientes Issues formales:

- Solicitud de Cambio (RFC)
- Solicitud de Información (RFI)
- Instructivo de Campo (SI)
- Tema de Preocupación (PC)
- Fuera de Especificación (OS)

Cada Issue será resuelto de acuerdo a su procedimiento definido y se verificará si modifican la Línea base del proyecto. En el caso de que un Issue modifique la Línea Base del proyecto, se procede a la elaboración de una Solicitud de Cambio (RFC) y deriva al Procedimiento - Cambio de la Línea Base (P-002) de la presente Propuesta Técnica.

La información de un Issue formal será registrada y actualizada por Control de Documentos (TDC), a través del Registro de Issues; asimismo, se deberá elaborar un Informe, definido como Informe de Issue, profundizando la información registrada, tal como el análisis de impacto, decisión, autoridad de respuesta, acciones correctivas, documentos relacionados, entre otros.

Un Issue informal no requiere una evaluación rigurosa y puede ser resuelto de manera inmediata por el Gerente de Proyecto o la Consultora en Gestión de la Construcción, debido a que no está definido como un evento formal y será resuelto a través del Procedimiento – Issue Informal (P-001A), adjunto en el Anexo 2A. Finalmente, cada Issue informal será registrado y actualizado por TDC, a través del Registro Diario.

El diagrama de flujo de la Figura 6.4 muestra el Procedimiento – Issue Nuevo.

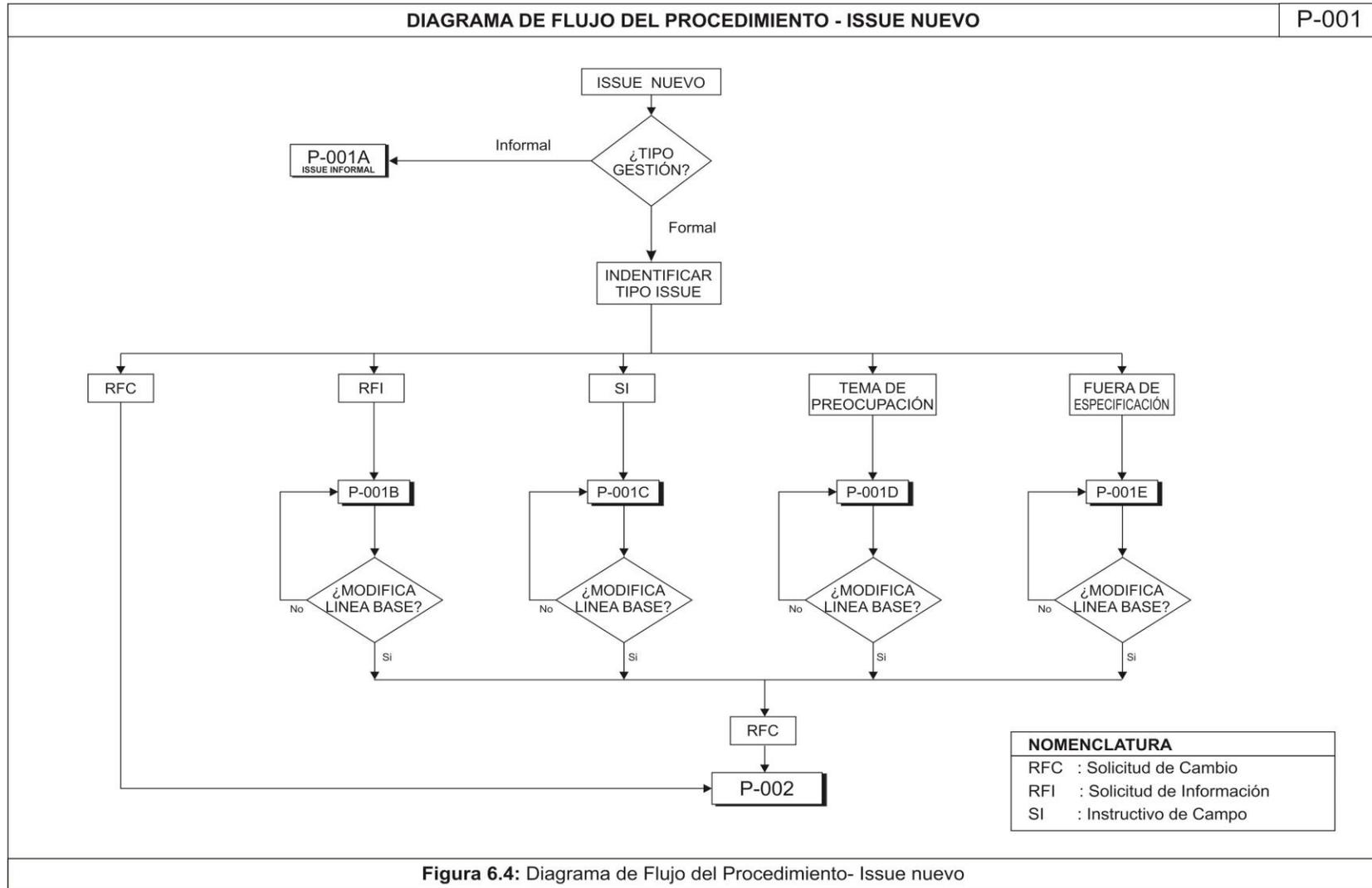


Figura 6.4: Diagrama de Flujo del Procedimiento- Issue nuevo

Fuente: El Autor

6.4.7.1.1. Solicitud de Información (RFI)

Es un tipo de documento por el cual el contratista solicita una información técnica específica, usualmente asociada a la interpretación o consulta de un detalle, especificación o plano, según el Formato - Solicitud de Información (RFI), del Anexo 5. En tal sentido, el contratista deberá enviar un RFI de acuerdo al Procedimiento – Solicitud de Información (P-001B), incluyendo la información técnica solicitada.

La Consultora en Gestión de la Construcción (CM) procederá a evaluar la consulta realizada; asimismo, se determinará si el RFI constituye un cambio a la línea base del proyecto; de confirmarse el cambio, se solicita el envío de una Solicitud de Cambio (RFC) para dar inicio al Procedimiento - Cambio de la Línea Base (P- 002).

El procedimiento propuesto para una Solicitud de Información (RFI) es el siguiente:

1. Una Solicitud de Información (RFI) es generada por el Contratista y enviada a la Consultora en Gestión de la Construcción.
2. El responsable de Control de Documentos (TDC) recibe el RFI lo registra y distribuye a las áreas correspondientes para su revisión, de acuerdo al Procedimiento - Control de Documentos (P-004).
3. El RFI será inicialmente examinado de acuerdo a la escala de prioridad, definida en el Anexo 10B, y se determina si requiere una evaluación específica del Consultor de Ingeniería (EC). En caso contrario, se procede con la evaluación.
4. De la evaluación anterior, se determina si el RFI afecta la Línea Base del proyecto. De ser así, se solicita el envío de un RFC al contratista, a través de una Notificación de Cambio (CN), según el formato adjunto del Anexo 3. En su defecto, se procede a dar respuesta al RFI.
5. El responsable de TDC notifica la respuesta de acuerdo al procedimiento de Control de Documentos (P-004) y se actualizan el registro e Informe correspondiente, según los Anexos 10B y 11A, y de acuerdo a la estructura de roles y responsabilidades del Anexo 1, de la presente Tesis.

El diagrama de flujo de la Figura 6.5 muestra el Procedimiento - Solicitud de Información (RFI).

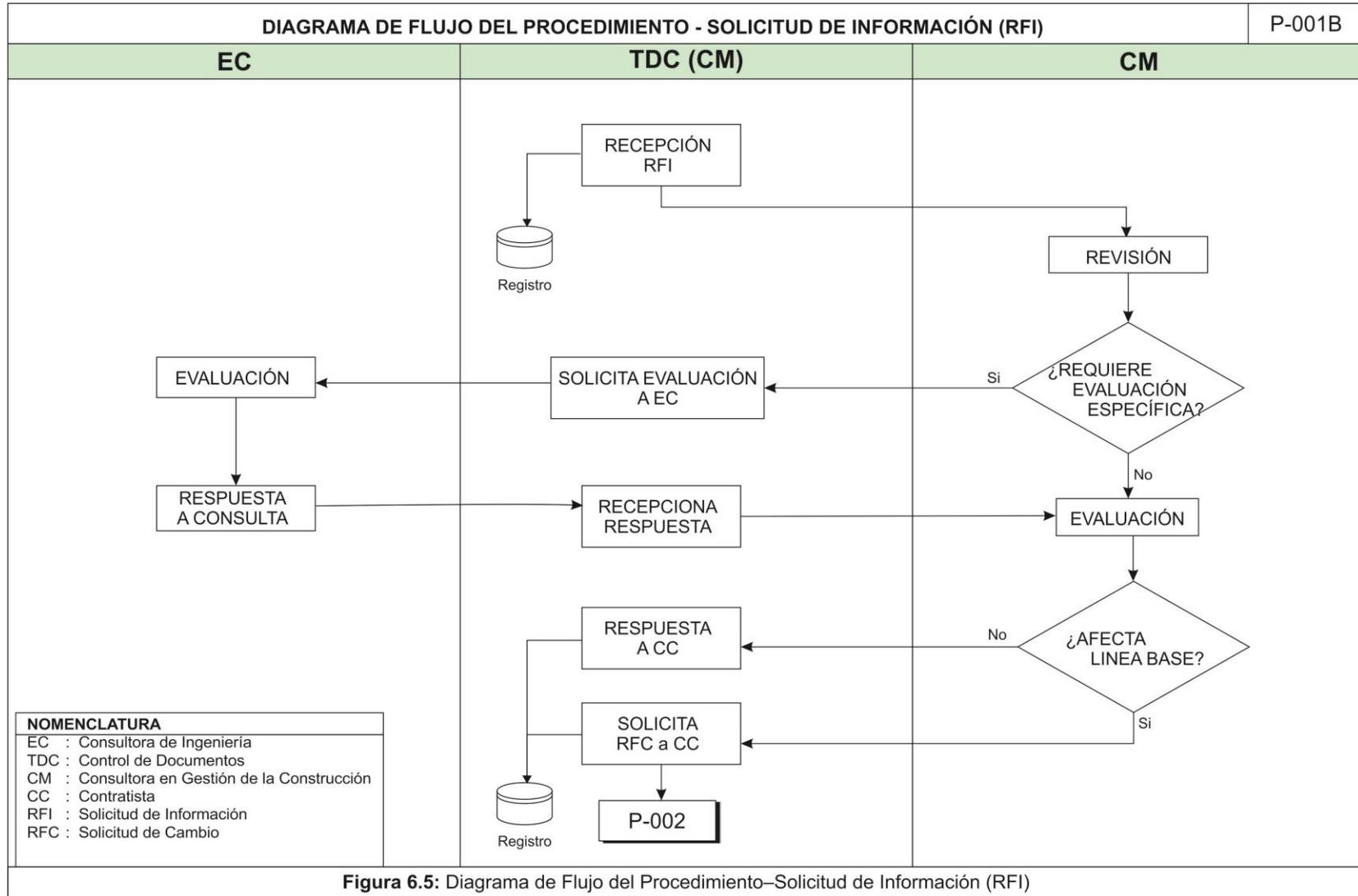


Figura 6.5: Diagrama de Flujo del Procedimiento–Solicitud de Información (RFI)

Fuente: El Autor

6.4.7.1.2. Instructivo de Campo (SI)

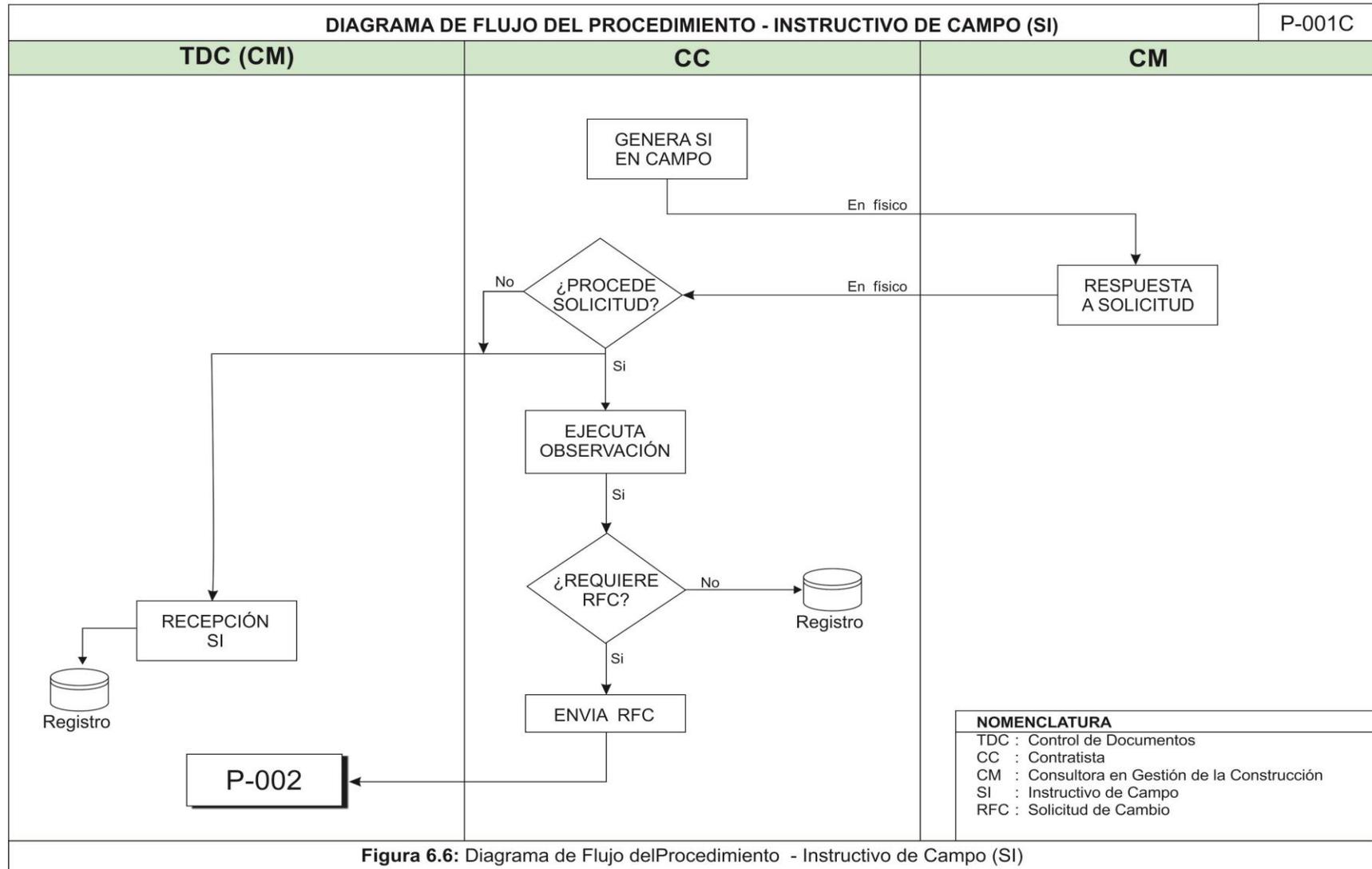
Es un instructivo generado durante la ejecución de los trabajos en obra, debido a una observación técnica realizada por un miembro de la organización del proyecto, de acuerdo al Formato – Instructivo de Campo (SI), adjunto en el Anexo 6. Dicho documento es emitido según el Procedimiento – Instructivo de Campo (P-001C), en el que se describe la observación y el sustento con relación a las especificaciones técnicas del proyecto.

La Consultora en Gestión de la Construcción (CM) evalúa el documento referido y, de ser aprobado, se procede a ejecutar el instructivo. De haber impactos en costos y/o tiempo, se envía una Solicitud de Cambio (RFC), para dar inicio al Procedimiento - Cambio de la Línea Base (P-002).

El procedimiento propuesto de Instructivo de Campo (SI) es el siguiente:

1. Un Instructivo de Campo (SI) es generado por el Contratista y enviado en físico a CM para su respuesta y/o conformidad.
2. Si procede la solicitud, el contratista deberá ejecutar de inmediato el instructivo y enviar el Formato - Instructivo de Campo (SI), debidamente suscrito por ambas partes, a Control de Documentos (TDC). En caso contrario, el Contratista envía a TDC el documento rechazado.
3. El responsable de TDC recibe el Instructivo de Campo (SI), lo registra y distribuye a las áreas correspondientes de acuerdo al Procedimiento – Control de Documentos (P-004).
4. Posteriormente, el Contratista evalúa el impacto en costo y tiempo originados por el Instructivo de Campo a fin de determinar si amerita enviar una Solicitud de Cambio (RFC).
5. Finalmente, se actualiza el registro e Informe correspondiente, según los Anexos 10B y 11A, y de acuerdo a la estructura de roles y responsabilidades del Anexo 1, de la presente Tesis.

El diagrama de flujo de la Figura 6.6 muestra el Procedimiento - Instructivo de Campo (SI).



Fuente: El Autor

6.4.7.1.3. Tema de Preocupación (PC)

Problema o asunto que representa una amenaza a los objetivos del proyecto y es evaluado formalmente a través del Procedimiento – Tema de Preocupación (P-001D), con la finalidad de tomar acciones correctivas inmediatas y evitar conflictos y retrasos en el proyecto.

Un Tema de Preocupación (PC) puede ser generado por cualquier parte interesada de la organización y es notificado al Gerente del Proyecto (PM) y a la Consultora en Gestión de la Construcción (CM), para su evaluación. Las medidas correctivas pueden originar un cambio de la Línea Base del proyecto; en este caso, se solicita el envío de una Solicitud de Cambio (RFC), para dar inicio al Procedimiento - Cambio de la Línea Base (P-002).

El procedimiento propuesto para un Tema de Preocupación (PC) es el siguiente:

1. El responsable de Control de Documentos (TDC) recibe el Tema de Preocupación, lo registra y distribuye a las áreas correspondientes para su revisión, de acuerdo al Procedimiento - Control de Documentos (P-004).
2. El Tema de Preocupación es inicialmente evaluado de acuerdo a la escala de prioridad, definida en el Anexo 10B para determinar si requiere asesoramiento de la Junta del Proyecto o la Autoridad del Cambio. De lo contrario, el PM y el CM proceden con la evaluación.
3. El Tema de Preocupación es evaluado nuevamente para determinar si se requiere un cambio de la Línea Base; en este caso se solicita un RFC a través de una Notificación de Cambio, según el formato adjunto del Anexo 3. En su defecto, se toman las acciones correctivas correspondientes.
4. El responsable de TDC notifica la respuesta de acuerdo al procedimiento de Control de Documentos (P-004) y se actualizan el registro e Informe correspondiente, según los Anexos 10B y 11A, y de acuerdo a la estructura de roles y responsabilidades del Anexo 1, de la presente Tesis.

A continuación se muestra en la Figura 6.7 el diagrama de flujo para el Procedimiento - Tema de Preocupación (PC) propuesto:

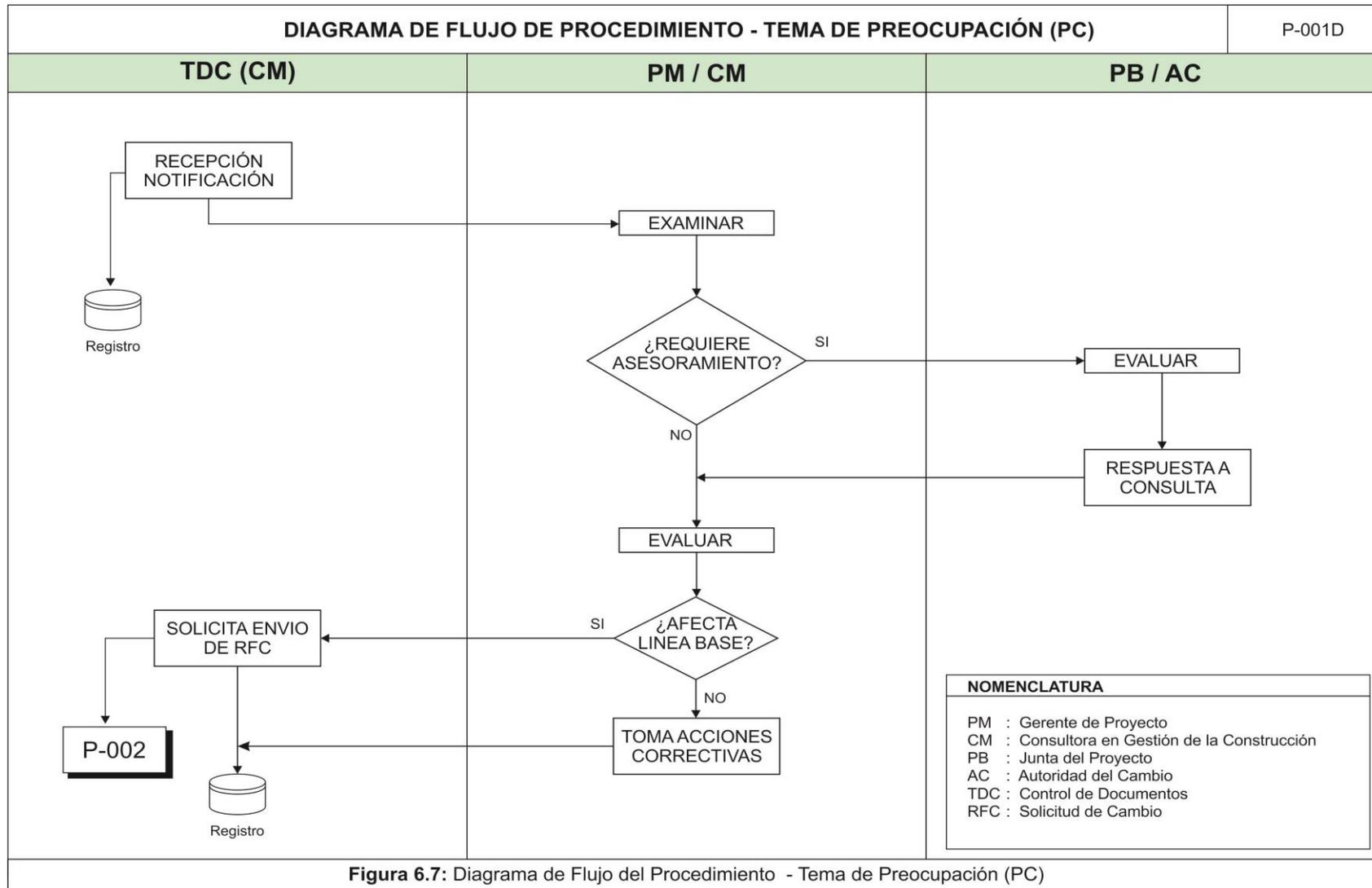


Figura 6.7: Diagrama de Flujo del Procedimiento - Tema de Preocupación (PC)

Fuente: El Autor

6.4.7.1.4. Fuera de Especificación (OS)

Es un documento que informa el no cumplimiento de los criterios de aceptación establecidos contractualmente, consultando una opción alternativa. Dicho documento es emitido de acuerdo al Formato – Fuera de Especificación (OS) del Anexo 7, y evaluado según el Procedimiento - Fuera de Especificación (P-001E).

La Consultora en Gestión de la Construcción (CM) evalúa la consulta, y en caso aceptar la omisión, se otorga una concesión, es decir, una autorización escrita del cliente que aprueba un cambio, sin modificar el contrato. En caso contrario, se solicita el envío de una Solicitud de Cambio (RFC) para dar inicio al Procedimiento - Cambio de la Línea Base (P - 002).

El procedimiento propuesto para un Fuera de Especificación (OS) es el siguiente:

1. El formato Fuera de Especificación (OS) es generado por el Contratista y enviado a la Consultora en Gestión de la Construcción (CM).
2. El responsable de Control de Documentos (TDC) recibe el documento, lo registra y distribuye a las áreas correspondientes para su revisión, de acuerdo al Procedimiento - Control de Documentos (P-004).
3. El OS es examinado de acuerdo a la escala de prioridad del Anexo 10B, y se determina si requiere una evaluación específica del Consultor de Ingeniería; en caso contrario, se procede a la evaluación de la solicitud.
4. De considerarlo necesario, se enviará dicha solicitud a la Junta del Proyecto y/o Autoridad del cambio, para una evaluación y decisión final.
5. Si la decisión final es no modificar el contrato, se otorga una concesión. En su defecto, se solicita el envío de un RFC al contratista, a través de una Notificación de Cambio, según el formato adjunto del Anexo 3.
6. El responsable de TDC notifica la respuesta según el procedimiento de Control de Documentos (P-004) y se actualizan el registro e Informe correspondiente, según los Anexos 10B y 11A, y de acuerdo a la estructura de roles y responsabilidades del Anexo 1, de la presente Tesis.

El diagrama de flujo de la Figura 6.8 muestra el Procedimiento – Fuera de Especificación (OS).

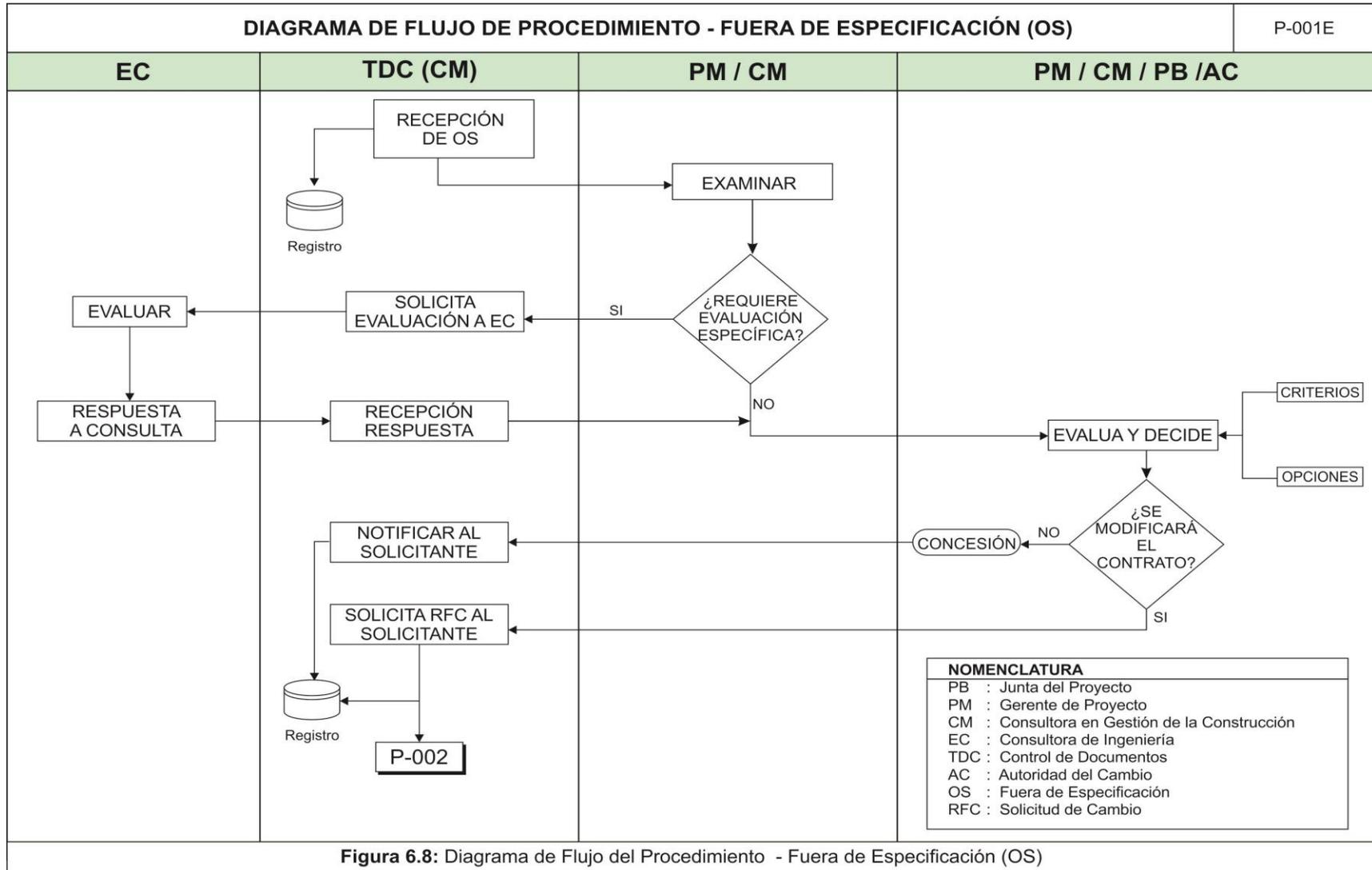


Figura 6.8: Diagrama de Flujo del Procedimiento - Fuera de Especificación (OS)

Fuente: El Autor

6.4.7.1.5. Solicitud de Cambio (RFC)

Es una solicitud formal y escrita para iniciar un cambio a la Línea Base vigente del proyecto, que describe y justifica el motivo del cambio. Dicha solicitud puede ser emitida por cualquier parte interesada de la organización, la misma que será enviada a la Consultora en Gestión de la Construcción (CM) para su revisión y aprobación, según formato del Anexo 02.

A continuación se detalla el procedimiento propuesto para la aprobación de Solicitudes de Cambio (RFC) de la Línea Base del proyecto.

6.4.7.2 Procedimiento de Cambio de la Línea Base

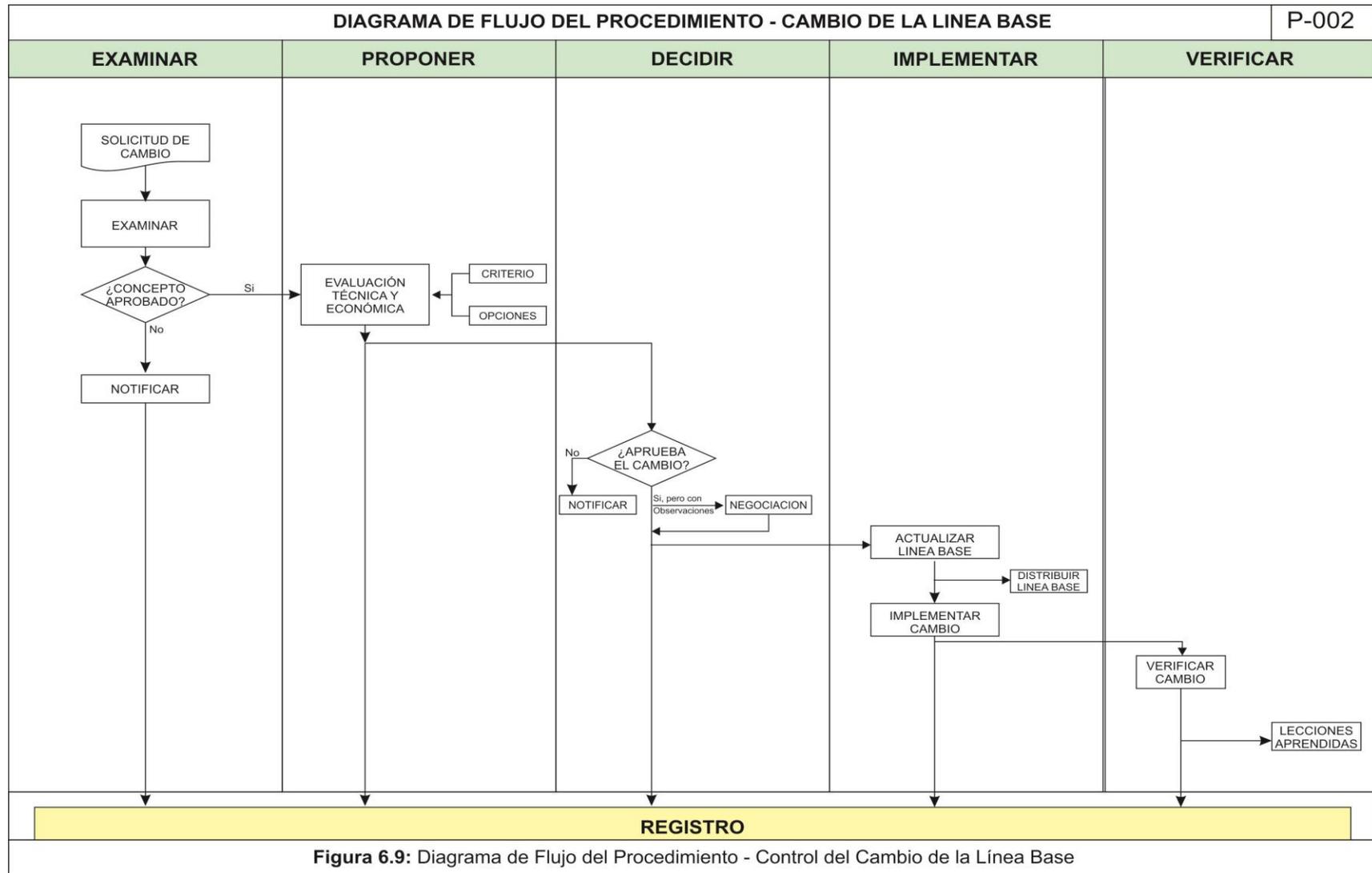
El Procedimiento - Cambio de la Línea Base del proyecto (P-002), se inicia con la recepción de una Solicitud de Cambio (RFC) según lo descrito en el Procedimiento - Control de Documentos (P-004) y la estructura de roles y responsabilidades del Anexo 1 de la presente Tesis.

El procedimiento propuesto para un proyecto de construcción consta de cinco (5) etapas: Examinar, proponer, decidir, implementar y verificar, según se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 6.9.

1. Etapa: Examinar

En esta etapa se examinan los posibles impactos del cambio en los objetivos del proyecto, considerando los criterios de alcance, origen, costo, tiempo, seguridad y riesgo. Asimismo, se determina al responsable de la evaluación y resolución del cambio solicitado, según la estructura de roles y responsabilidades, y la severidad del cambio asignada, definidos en los Anexos 1 y 10B respectivamente.

De la evaluación anterior, se decide la aprobación o rechazo del concepto del cambio y, finalmente, el responsable de Control de Documentos (TDC) notifica la decisión a las partes interesadas relevantes según el Formato - Notificación de Cambio (CN), del Anexo 3, y el Procedimiento - Control de Documentos (P-004). Asimismo, se crea un informe con la descripción completa del cambio, según el Anexo 11A de la presente investigación.



Fuente: El Autor

2. Etapa: Proponer

Esta etapa tiene por objetivo evaluar y determinar la viabilidad temporal, técnica y económica del cambio solicitado, según los criterios propuestos en el Anexo 8A de la presente Tesis. De requerirse mayor información, se solicitará el sustento respectivo al solicitante del cambio, y en caso de requerirse una evaluación técnica especializada, se deriva al Consultor de Ingeniería (EC) de la organización.

De la evaluación realizada se propone las opciones técnicas viables en función de los costos y beneficios asociados a los objetivos del proyecto. Finalmente, se actualiza el registro e informe según lo establecido en los Anexos 10B y 11A respectivamente, de acuerdo a la estructura de roles y responsabilidades del Anexo 1.

3. Etapa: Decidir

El objetivo de esta etapa es determinar si el cambio es aprobado o rechazado. De esta manera, se elige una propuesta de acuerdo a los requerimientos y los beneficios esperados por las partes interesadas del proyecto. Asimismo, un cambio puede ser parcialmente aprobado, derivándose a una negociación.

En el caso de aprobarse el cambio, se procede a elaborar una Orden de Cambio (CO), según formato adjunto en el Anexo 4, indicando las modificaciones en costos y/o plazos contractuales que deberán ser incluidas en la adenda. Dicho documento debe ser suscrito por las partes correspondientes para iniciar la implementación del cambio.

El personal de TDC notifica la decisión según el Formato - Notificación de Cambio del Anexo 3, y el procedimiento de Control de Documentos (P-004). Finalmente, se actualiza el registro e informe de los Anexos 10B y 11A respectivamente, y la estructura de roles y responsabilidades del Anexo 1 de la presente Tesis.

4. Etapa: Implementar

La implementación de un cambio aprobado representa las medidas adoptadas por las partes interesadas afectadas por el cambio. En ese sentido, se procede a actualizar la Línea Base del proyecto, la documentación asociada, y el Registro de Documentos

Línea Base, cuyo formato se adjunta en el Anexo 10A. Las partes involucradas en el procedimiento deben registrar la información relevante de los cambios, la misma que deberá estar vinculada entre sí a fin de facilitar el análisis y verificación posterior.

El personal TDC distribuye los documentos actualizados a las partes interesadas de acuerdo al procedimiento de Control de Documentos (P-004). Finalmente, se actualiza el registro e informe según los Anexos 10B y 11A respectivamente, y la estructura de roles y responsabilidades del Anexo 1 de la presente Tesis.

5. Etapa: Verificar

En esta etapa se verifica el estado de implementación del cambio aprobado, con la finalidad de cerrar los registros e informes creados durante el proceso. De igual manera, se verifica que el Procedimiento - Cambio de la Línea Base (P-002), haya sido realizado de acuerdo a los procedimientos, instructivos, formatos, herramientas, roles y responsabilidades definidos en el Plan de Gestión de la Configuración (PGC).

Durante esta etapa, se recomienda analizar las causas frecuentes y los efectos negativos de los cambios en proyectos de construcción, con la finalidad de contribuir a la mejora continua del proceso; para tal efecto se propone utilizar las Tablas adjuntas en los Anexos 8B y 8C respectivamente. Asimismo, obtener lecciones aprendidas durante el proceso y registrarlas, según el formato adjunto en el Anexo 10D.

Finalmente, la verificación del cambio aprobado lo realizará el personal designado según la estructura de roles y responsabilidades del Anexo 1, y la actualización del registro e informe del mismo, según lo establecido en los Anexos 10B y 11A de la presente Propuesta Técnica.

A continuación se define el diagrama de flujo del Procedimiento - Cambio de la Línea Base con los Roles y Responsabilidades (P-003) propuestos para la Gestión de la Configuración, de acuerdo a la Figura 6.10.

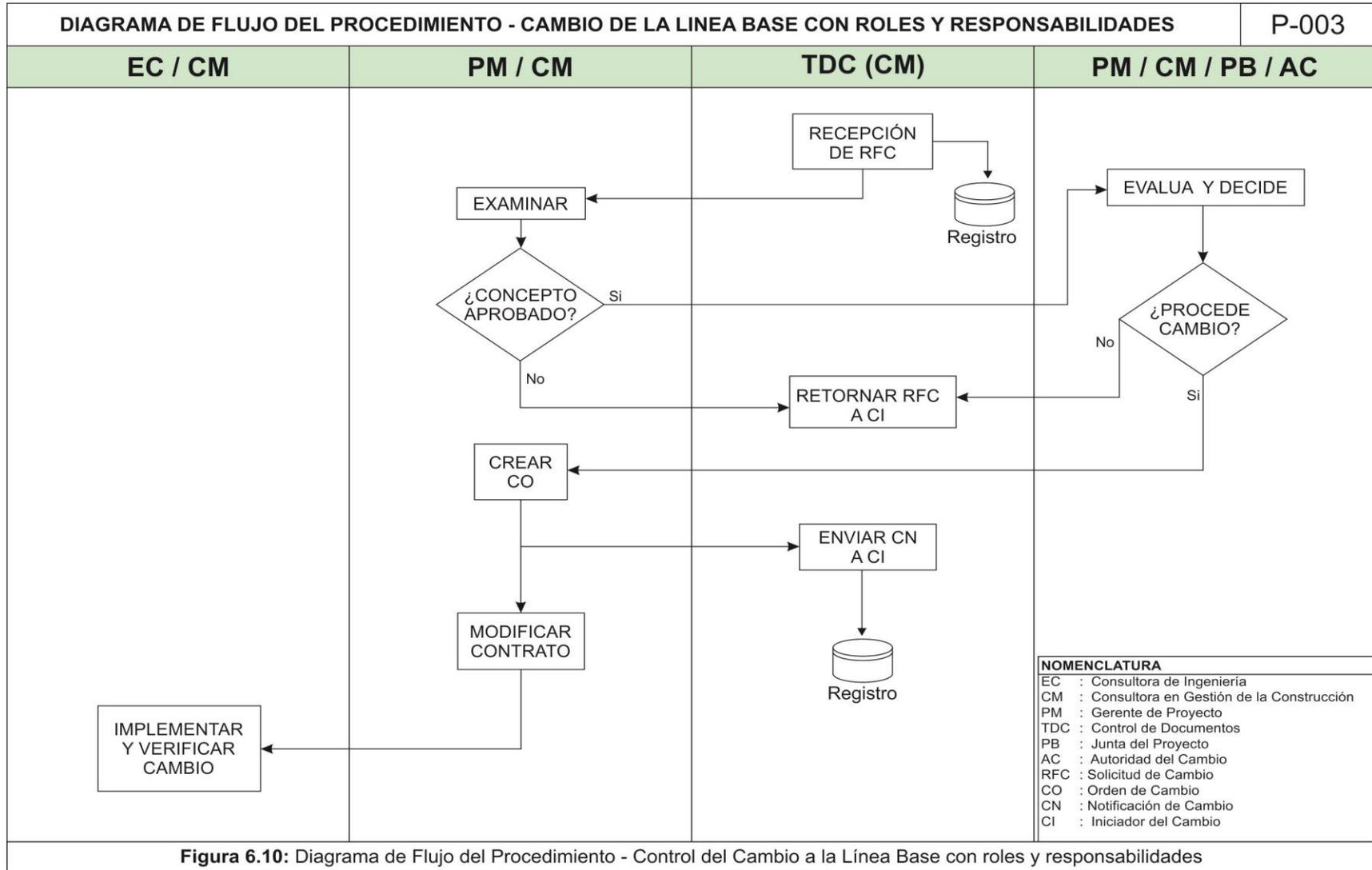


Figura 6.10: Diagrama de Flujo del Procedimiento - Control del Cambio a la Línea Base con roles y responsabilidades

Fuente: El Autor

6.4.8 Control de la Documentación

El Sistema de Gestión de la Configuración requiere el registro, seguimiento, almacenamiento y recuperación de los documentos que conforman la Línea Base del proyecto de construcción, bajo un criterio común y orden que permita una fluida información y consultas entre los involucrados del proyecto.

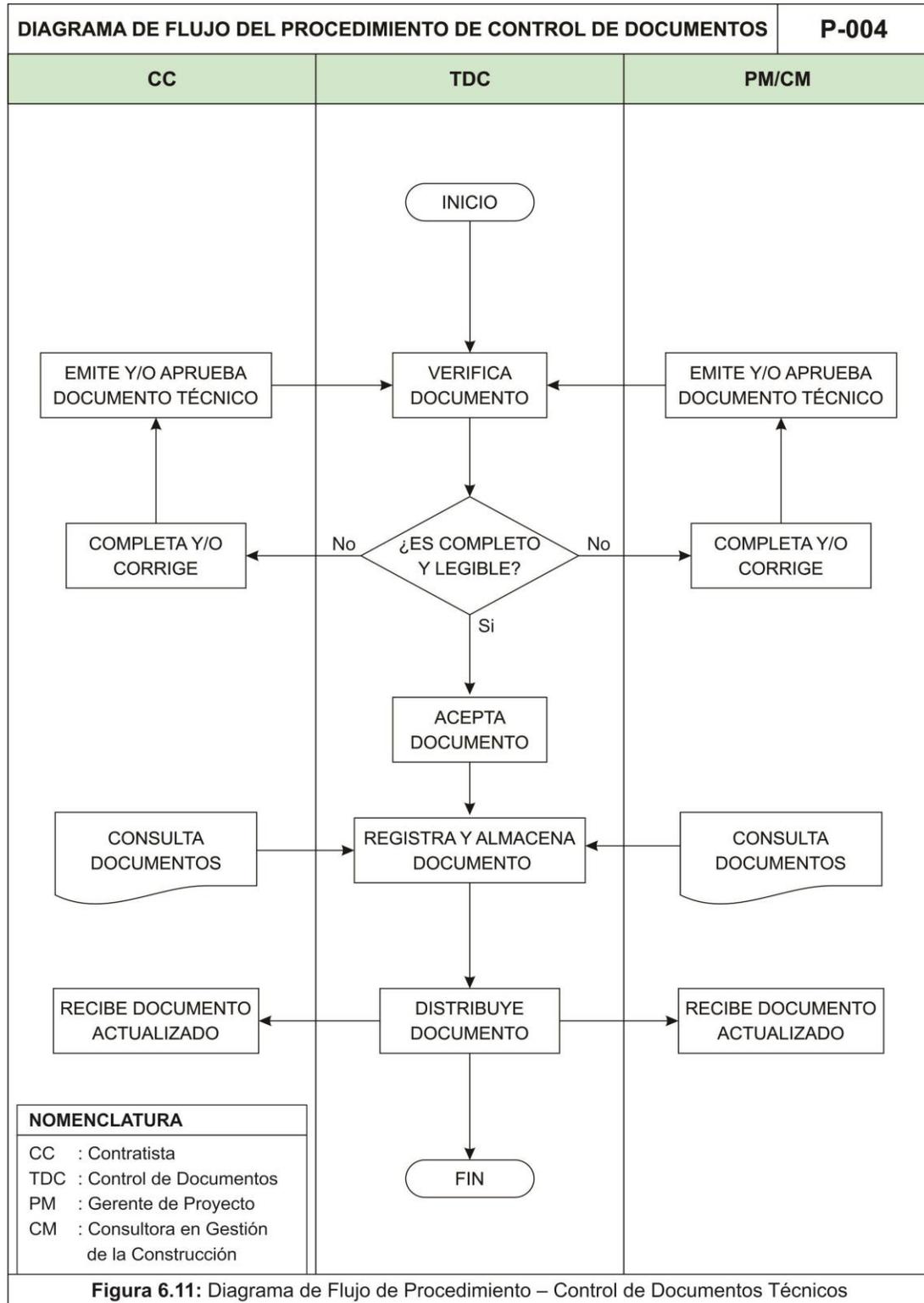
6.4.8.1. Procedimiento de control de documentos

El procedimiento permite mantener el control de todos los documentos y asegurar que las partes interesadas utilicen la documentación actualizada, dicho procedimiento se detalla a continuación:

- 1 La Consultora en Gestión de la Construcción (CM), el Gerente de Proyecto (PM), y el Contratista (CC) emiten y/o aprueban un documento técnico.
- 2 El responsable de Control de Documentos (TDC) recibe y verifica que el documento se encuentre completo y legible, en el formato correspondiente; caso contrario se devuelve el documento al emisor para su corrección.
- 3 Posteriormente, el documento es registrado y almacenado en el repositorio de información, actualizando los registros e informes correspondientes. A partir de esta actividad, las partes interesadas podrán consultar el documento.
- 4 El responsable de TDC distribuye el documento a sus respectivas áreas, y partes interesadas relevantes de acuerdo a la Matriz de Distribución de Documentos, cuyo Formato se adjunta en el Anexo 9A.
- 5 La Consultora en Gestión de la Construcción (CM), el Gerente de Proyecto (PM), y/o el Contratista (CC) reciben el documento actualizado.
- 6 El responsable de TDC retira el documento en revisión anterior de los puntos de distribución o uso en obra y actualiza los registros correspondientes.

El Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) requiere el uso de la herramienta virtual que permita vincular y recuperar los documentos relacionados a un cambio, asimismo, consultar el estado y versión actualizada de la totalidad de documentos de la GC, y finalmente, regular el acceso de información para los interesados del proyecto.

El diagrama de flujo de la Figura 6.11 muestra el Procedimiento - Control de Documentos propuesto:



Fuente: El Autor

6.4.8.2. Estructura de codificación

La presente Propuesta Técnica define una estructura para la codificación de documentos, el cual permite identificar cualquier documento generado durante la ejecución del proyecto de construcción, a fin de facilitar el control, localización, almacenamiento y trazabilidad sobre dichos elementos. Se adjunta la Estructura de Codificación de Documentos en el Anexo 9B.

6.4.8.3. Submittals

Son los documentos técnicos elaborados por el Contratista para mostrar aspectos del trabajo realizado o demostrar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en los planos y especificaciones, que requieren la aprobación del cliente. Principalmente están referidos a los cronogramas, procedimientos operativos, reportes, planes de gestión, informes de avance, valorizaciones sustentadas, planos as-built, entre otros.

El procedimiento propuesto (P-005) permite evaluar y registrar los submittals de la manera siguiente:

1. Los submittals son generados por el Contratista (CC) y enviados a la Consultora en Gestión de la Construcción (CM).
2. El responsable de Control de Documentos (TDC) recibe el documento técnico, lo registra y distribuye a las áreas correspondientes, para su revisión de acuerdo al Procedimiento – Control de Documentos (P-004).
3. La Consultora en Gestión de la Construcción (CM) examina el documento técnico y, de requerir una evaluación técnica específica, se envía al Consultor de Ingeniería. En caso contrario, el CM procede a la evaluación del documento.
4. Con la respuesta de EC enviada a través de TDC, la CM evalúa el documento técnico y determina su aprobación o rechazo. De igual manera, el CM podrá solicitar al contratista mayor información sobre el documento técnico.
5. Finalmente, Control de Documentos (TDC) notifica la respuesta final a las partes interesadas relevantes, y actualiza los registros correspondientes.

El diagrama de flujo de la Figura 6.12 muestra el Procedimiento - Registro y evaluación de submittals.

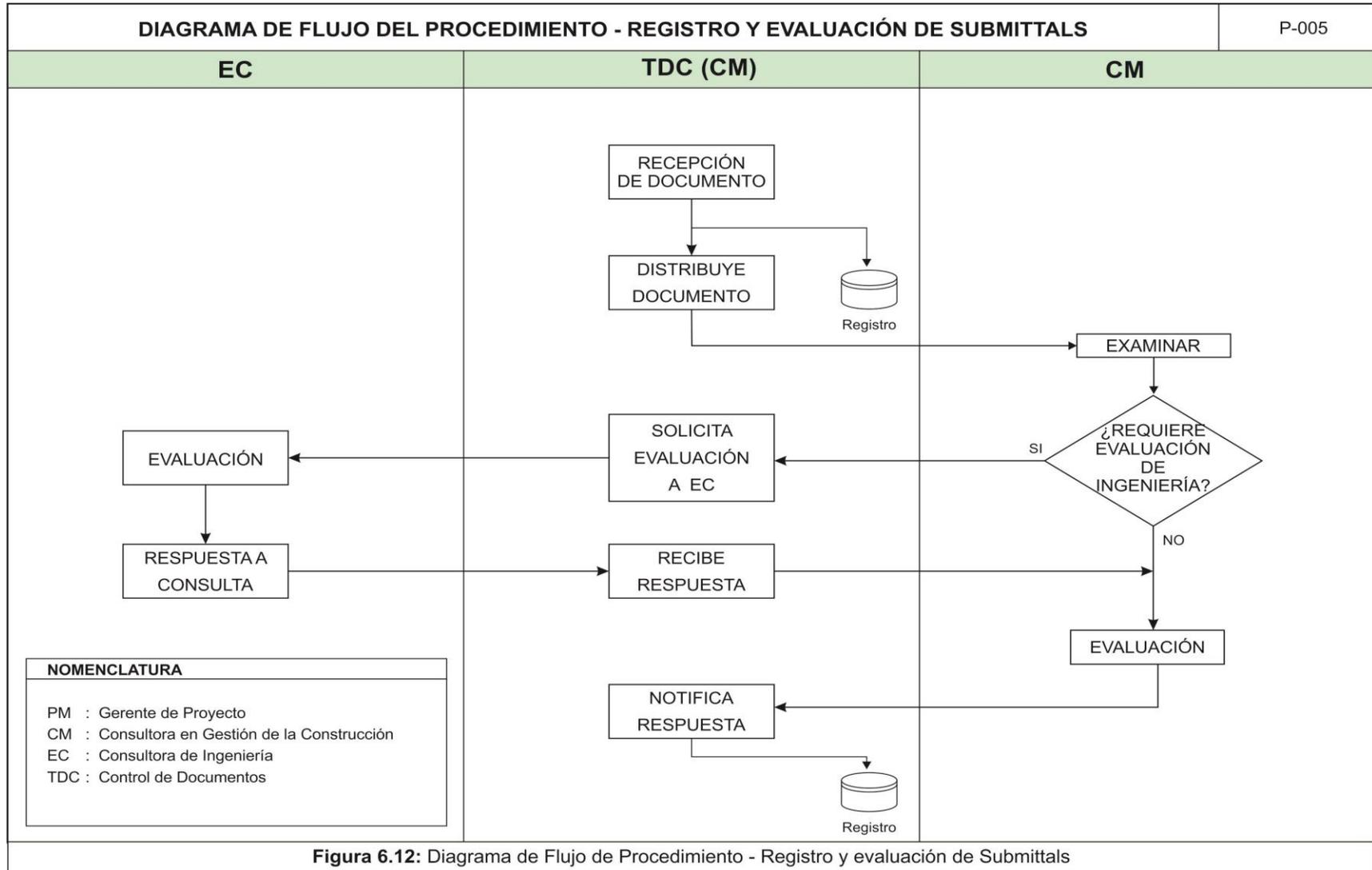


Figura 6.12: Diagrama de Flujo de Procedimiento - Registro y evaluación de Submittals

Fuente: El Autor

6.4.9 Registro del estado de la Línea Base

El Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) propuesto requiere el establecimiento de registros e informes para determinar, en todo momento, el estado actual e histórico de toda la documentación incluida en la Línea Base del proyecto y, definir métricas que permitan monitorear la efectividad de las actividades de Gestión de la Configuración.

6.4.9.1. Registros

Los Registros propuestos del PGC son creados y actualizados por el responsable de Control de Documentos (TDC) de acuerdo al Procedimiento - Control de Documentos (P-004), los cuales se definen a continuación:

a) Registro de Documentos Línea Base

Es un registro que permite mantener ordenada, actualizada y disponible, la información que identifica un Documento Línea Base, incluyendo el código, estado de aprobación, versión actual y ubicación de cada documento. El Formato – Registro de Documento Línea Base se encuentra adjunto en el Anexo 10A.

b) Registro de Issues

Es un registro propuesto que identifica y describe la información de todos los Issues formales que surgen durante la ejecución del proyecto, de acuerdo a lo mostrado en la Figura 6.13. El Formato – Registro de Issues se encuentra adjunto en el Anexo 10B.

ANEXO 10B: Formato de Registro de Issues											
Tesis: Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Propuesta de un Sistema de Gestión de Configuración en Proyectos de Construcción										Código	
FORMATO DE REGISTRO DE ISSUES										Versión	Fecha
Código proyecto:			Proyecto:				Cliente:				
Nº ISSUE	TIPO	FECHA ENVÍO	ENVIADO POR	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE INFORME DE ISSUE	SEVERIDAD	PRIORIDAD	ESTADO	FECHA LÍMITE RESPUESTA	ISSUES RELACIONADOS	

Figura 6.13: Formato – Registro de Issues

Fuente: El Autor

c) Registro Diario

Es un Registro propuesto que identifica y describe la información relacionada a todos los eventos gestionados de manera informal. El Formato – Registro Diario se encuentra adjunto en el Anexo 10C.

d) Registro de Lecciones Aprendidas

Es un formato propuesto para mantener el registro de todas las experiencias positivas y negativas obtenidas durante el proyecto para la mejora de los procesos del Sistema de Gestión de la Configuración (SGC), según la Figura 6.14. El Formato – Registro de Lecciones Aprendidas se encuentra adjunto en el Anexo 10D.

ANEXO 10D: Formato de Registro de Lecciones Aprendidas							
Tesis: Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Propuesta de un Sistema de Gestión de Configuración en Proyectos de Construcción						Código	
FORMATO DE REGISTRO DE LECCIONES APRENDIDAS						Versión	Fecha
Código Proyecto:				Cliente:			
Proyecto:				N° Contrato:			
N° LECCIÓN	FECHA	TIPO	DESCRIPCIÓN	ACCIONES IMPLEMENTADAS	RESULTADOS OBTENIDOS	RECOMENDACIONES	REPORTADO POR:

Figura 6.14: Formato – Registro de Lecciones Aprendidas

Fuente: El Autor

e) Registro de Submittals:

Es un Registro que permite identificar los documentos técnicos enviados por los contratistas para revisión y/o aprobación, y que, eventualmente, sirven de sustento para evaluar cambios a la Línea Base del proyecto. El Formato – Registro de Submittals se encuentra adjunto en el Anexo 10E.

f) Registro de Auditorías:

Es un formato propuesto para mantener un registro de las auditorías realizadas al Sistema de Gestión de la Configuración (SGC). El Formato – Registro de Auditorías se encuentra adjunto en el Anexo 10F.

6.4.9.2. Informes

Los informes propuestos del PGC son elaborados según los roles y responsabilidades establecidos del Anexo 1, y registrados por el responsable de TDC, de acuerdo al Procedimiento- Control de Documentos (P-004). Se proponen los siguientes Informes:

a) Informe de Issue

Proporciona una mayor información de cada Issue registrado, incluyendo la descripción, análisis de impacto, recomendaciones, y la respuesta para cada Issue, según lo considerado por las autoridades competentes, de acuerdo a la Figura 6.15. Cada Informe es elaborado y monitoreado por el personal asignado del proyecto, según la naturaleza del Issue, cuyo formato se adjunta en el Anexo 11A.

ANEXO 11A: Formato de Informe de Issue		
Tesis: Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Propuesta de un Sistema de Gestión de Configuración en Proyectos de Construcción		Código
FORMATO DE INFORME DE ISSUE		Versión Fecha
N° Informe:	Cliente:	
Código proyecto:	Proyecto:	
N° de Issue:	Prioridad:	
Tipo de Issue:	Severidad:	
Fecha registro:	Fecha de aprobación / respuesta:	
Iniciador del Issue:	Fecha cierre del Issue:	
I.- Contenido de Informe de Issue:		
1.- Descripción del Issue:		

Figura 6.15: Formato – Informe de Issue

Fuente: El Autor

b) Informe de Auditoría

Es un informe que contiene la información de los hallazgos obtenidos de una auditoría al Sistema de Gestión de la Configuración (SGC), con la finalidad de verificar el buen funcionamiento del mismo. Dicho documento describe los objetivos, hallazgos, Issues

relacionados, acciones correctivas y recomendaciones para cada auditoría, de acuerdo a la Figura 6.16. El Formato - Informe de Auditoría se adjunta en el Anexo 11B.

ANEXO 11B: Formato de Informe de Auditoría		
Tesis: Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Propuesta de un Sistema de Gestión de Configuración en Proyectos de Construcción		Código
FORMATO DE INFORME DE AUDITORÍA		Versión Fecha
N° Informe:	Código proyecto:	Cliente:
N° Auditoría:	Proyecto:	Auditor:
Área / Departamento auditado:	Fecha inicio auditoría:	Fecha fin auditoría:
1.- Alcance:		
2.- Objetivos:		
3.- Hallazgos:		

Figura 6.16: Formato – Informe de Auditoría

Fuente: El Autor

6.4.9.3. Métricas

Las métricas son una herramienta de comunicación que permiten monitorear la efectividad de las actividades de Gestión de la Configuración (GC), y determinar si se requieren mejoras al proceso. De encontrarse errores, deberán ser corregidos para no alterar los objetivos de GC, obteniendo las lecciones aprendidas correspondientes.

El uso de métricas aporta valor al proyecto y a la estrategia de la organización, permite enfocarse objetivamente en la solución a los problemas suscitados, justifica el uso de nuevas herramientas y procedimientos, identifica riesgos potenciales, y permite tomar decisiones adecuadas. A continuación se muestran ejemplos de métricas propuestas:

- Número de reclamaciones de contratistas originadas por un cambio.
- Número de órdenes de cambio
- Incremento del presupuesto original por cambios.
- Tiempo de respuesta de RFI.
- Número de no conformidades relativas a las auditorías realizadas.

6.4.10 Auditoría del SGC

El Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) propuesto requiere verificar el cumplimiento de las actividades, lineamientos, políticas, herramientas, roles y responsabilidades definidos en el Plan de Gestión de la Configuración (PGC) durante el proyecto de construcción.

En tal sentido, se propone el Anexo 12A que contiene un checklist de aspectos a verificar en relación a la gestión de registros, control de documentos, Línea base, control de Issues, control de cambios, auditoría y mejora continua del proceso de Gestión de la Configuración (GC). La Figura 6.17 muestra una de las actividades a verificar.

El resultado de las auditorías es comunicado a las partes interesadas relevantes a través del Informe de Auditoría, obteniéndose lecciones aprendidas, favorables para la retroalimentación del proyecto y la mejora continua del proceso de Gestión de la Configuración. De igual manera, se propone elaborar un cronograma de auditorías indicando sus respectivas fechas programadas. El Formato – Cronograma de Auditorías del SGC se adjunta en el Anexo 12B.

ANEXO 12A: Formato de Auditoría del Sistema de Gestión de la Configuración						
Tesis: Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Propuesta de un Sistema de Gestión de Configuración en Proyectos de Construcción				Código		
FORMATO DE AUDITORÍA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN				Versión	Fecha	
N° de Auditoría:		Cliente:				
Proyecto:		Código proyecto:				
CHECK LIST DE AUDITORIA DEL SGC			SI	NO	NO APLICA	OBSERVACIONES
5.- CONTROL DE CAMBIOS:						
5.1.-	Se utilizan los formatos establecidos para el procedimiento de control de cambios a la Línea Base.					
5.2.-	Las solicitudes de cambio han sido debidamente evaluadas y aprobadas antes de ser implementadas.					
5.3.-	Se identifican los documentos afectados por el cambio a la Línea Base.					
5.4.-	Se actualizan los documentos afectados por los cambios de la Línea Base.					
5.5.-	Se notifican a las partes interesadas la decisión respecto al cambio.					

Figura 6.17: Formato – Auditoría del Sistema de Gestión de la Configuración

Fuente: El Autor

6.5 Verificación del Plan de Gestión de la Configuración

Una vez concluida la elaboración del Plan de Gestión de la Configuración (PGC), debe ser verificado y aprobado por el Gerente del Proyecto (PM), teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- La estrategia corporativa de la Gestión de la Configuración (GC).
- La estructura organizativa, roles y responsabilidades.
- Las herramientas y técnicas apropiadas para la GC.
- Metodología para codificar documentos.
- Identificación de los documentos de la Línea Base.
- Procedimiento de control de Issues y Cambios a la Línea Base.
- Registros e informes para la GC.
- Información contenida en los Formatos propuestos en el PGC.
- El nivel de control de Gestión de la Configuración.
- Los recursos disponibles.
- Mejora continua del PGC.
- Cumplimiento de Normas y Estándares internacionales.

Finalmente, se propone el Anexo 13 - Verificación del PGC que contiene los aspectos a verificar en relación a los criterios antes referidos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los cambios en los proyectos de construcción representan una variable crítica y por lo tanto es necesario establecer y mantener un proceso que permita controlar dichos cambios durante la ejecución del proyecto, es decir, una metodología que asegure que todo cambio se realice a través de un procedimiento ordenado y sistematizado. En esta investigación, se presenta la Gestión de la Configuración como herramienta para gestionar los cambios al alcance y asegurar el valor de un proyecto de construcción.

En la revisión literaria se definieron los principales conceptos del proceso de Gestión de la Configuración, las Normas y Estándares vigentes, y las actividades que integran dicho proceso; destacando el uso del enfoque PRINCE2 para gestionar los cambios. Finalmente, se presentó la Propuesta Técnica de un Sistema de Gestión de la Configuración (SGC) que plantea una alternativa de solución respecto a los problemas generados por el impacto negativo de los cambios.

CONCLUSIONES

En la presente investigación quedó demostrado que la implementación de un Sistema de Gestión de la Configuración (SGC), permite controlar los cambios del alcance de un proyecto de construcción durante la etapa de ejecución, asimismo, asegura que todo el equipo de proyecto utilice la documentación correcta y actualizada, siendo ésta una herramienta útil para las empresas Peruanas del sector construcción.

El sistema propuesto se materializa en un Plan de Gestión de la Configuración (PGC), desarrollado en la Propuesta Técnica de la presente tesis, el cual constituye un documento técnico de aplicación, mantenimiento y mejora continua que establece los procedimientos y estándares de trabajo, definidos dentro una estructura organizacional con roles y responsabilidades, para llevar a cabo la Gestión de la Configuración.

De acuerdo a dicho proceso, se identificaron previamente los documentos técnicos que conforman la Línea Base del alcance de un proyecto de construcción, caracterizados por estar expuestos constantemente a sufrir modificaciones y cambios que puedan impactar negativamente en el proyecto. Dichos documentos son gestionados de acuerdo a los procedimientos y formatos del sistema propuesto.

Así mismo, la presente investigación identificó los principales eventos que podrían generar cambios a la Línea Base de un proyecto de construcción, denominados “*issues*”, siendo éstos eventos: *Solicitud de Información, Instructivo de Campo, Tema de Preocupación, Fuera de Especificación y Solicitud de Cambio*. Para cada evento referido se elaboró los procedimientos y formatos para su adecuada gestión.

La Propuesta Técnica incluye un procedimiento para el registro, almacenamiento y distribución de los documentos técnicos del proyecto, con la finalidad de que las partes interesadas relevantes utilicen la documentación correcta y actualizada relacionada a un cambio, bajo un mismo criterio y orden que permita una fluida información; de esta manera, asegurar la trazabilidad de todos los cambios que surgen durante el proyecto.

Bajo este contexto, se elaboraron formatos de Registros e Informes para mantener actualizada y disponible toda la documentación que conforman la Línea Base del proyecto, así como identificar y describir el estado actual e histórico de cada *issue* que surge durante los trabajos de ejecución. De igual manera, se elaboraron formatos para mantener el registro de las lecciones aprendidas y auditorías realizadas al proyecto.

En relación a la mejora continua del Sistema de Gestión de la Configuración (SGC), se elaboró un checklist de auditoría para verificar que el sistema funcione correctamente y cumpla lo establecido en el Plan de Gestión de la Configuración (PGC). Las auditorías permiten diagnosticar el área, actividad y procedimientos que requieren de acciones correctivas, obteniéndose las lecciones aprendidas correspondientes.

De lo anterior, un aspecto fundamental de la Propuesta Técnica radica en que todos los procedimientos y formatos propuestos del SGC, se integran a la estructura organizacional de las partes interesadas que intervienen durante la ejecución de un proyecto de construcción, establecida con roles y responsabilidades que definen la jerarquía y autoridad en la toma de decisiones para la aprobación de los cambios.

RECOMENDACIONES

Se recomienda elaborar un Plan de Gestión de la Configuración (PGC) para cada obra según sus particularidades, es decir, seleccionar los procedimientos que se ajusten a la naturaleza, magnitud, y contexto de un determinado proyecto.

De igual manera, es conveniente capacitar al equipo de proyecto de la organización, empresas contratistas y terceros (subcontratistas), en relación a los procedimientos y estándares de la Gestión de la Configuración.

Finalmente, se recomienda automatizar los procedimientos propuestos a través de una herramienta de software especializado, que facilite el registro, almacenamiento y distribución de toda la documentación del proyecto.



GLOSARIO

Activos de los Procesos de la Organización. Los planes, políticas, procedimientos y bases de conocimiento específicos que son utilizados por la organización ejecutante.

Adenda. Información escrita modificando los documentos de licitación. Una adenda tiene el objetivo de convertirse en parte de los documentos del contrato.

Alcance. La suma de productos, servicios y resultados que se proporcionarán como un proyecto.

Bases de Licitación. Los requisitos escritos mínimos aceptables establecidos por el propietario al contratista durante el proceso de licitación.

Calidad. La totalidad de características inherentes de un producto que proporciona la capacidad de demostrar que éste cumple las especificaciones establecidas.

Cronograma del Proyecto. Las fechas planificadas para realizar las actividades del cronograma y las fechas planificadas para cumplir los hitos del cronograma.

Contrato. Acuerdo mutuo y vinculante en el que el contratista está obligado a proveer un servicio o producto y el comprador está obligado a pagar por ello.

Documentos Técnicos. Documentos de carácter técnico como planos de ingeniería, especificaciones técnicas, procedimientos de construcción, informes y contratos.

Estructura de Desglose de Producto (PBS). Una descomposición jerárquica de todos los entregables que serán producidos durante el proyecto.

Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Informes, investigaciones y pruebas realizadas en un ambiente ante los impactos de un cambio en el medio ambiente.

Factores Ambientales de la Empresa. Condiciones, no sujetas al control inmediato del equipo, que influyen, limitan o dirigen el proyecto, programa o portafolio.

Iniciador del Cambio. Miembro del staff profesional del proyecto que tiene el sustento necesario para solicitar el cambio.

Interesado. Individuo, grupo u organización que pueda afectar, ser afectado, o percibirse a sí mismo afectados por el resultado de un proyecto.

Plan de Gestión del Proyecto. Un documento formalmente aprobado que define cómo se ejecuta, monitorea y controla un proyecto.

Plan de Gestión de la Procura. Documento que describe cómo el equipo de proyecto realizará la adquisición de bienes y servicios.

Plan de Gestión de los Interesados. Documento que define las técnicas para involucrar a los interesados en las decisiones y ejecución del proyecto.

Plan de Salud, Seguridad y Medioambiente. Plan de prevención de accidentes de trabajo, protección de la salud, y el cuidado del medio ambiente durante los trabajos.

Planos as-built. Son los planos definitivos de obra durante la etapa de su ejecución con todos los cambios aprobados y concluidos.

Presupuesto de cambio. Dinero asignado a la Autoridad del Cambio disponible para ser utilizado en las Solicitudes de Cambio autorizadas.

Presupuesto del Proyecto. El costo acordado o cuantificación de recursos necesarios para realizar una actividad por un tiempo determinado.

Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma técnica que define los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de las edificaciones.

Riesgo. Un evento o condición incierta que, si se produce, tiene un efecto positivo o negativo en los objetivos de un proyecto.

Trabajo rehecho. Acto de realizar nuevamente un proceso o actividad implementada incorrectamente.

Transmittal. Documento escrito utilizado para identificar la información que se envía a un receptor.

BIBLIOGRAFIA

CHO, Aileen (2008). "Configuration Management Hits Rutgers Curriculum". *ENR: Engineering News – Record*. Volumen 261, número 13, pp.17.

ISO (2003). *ISO 10007-2003, Quality management systems - Guidelines for configuration management*. Segunda edición. Suiza: International Organization for Standardization.

PMI (2007). *Practice Standard for Project Configuration Management*. Pennsylvania: Project Management Institute.

FTA (2012). *Construction Project Management Handbook*. Reporte N° 0015. California: Federal Transit Administration.

FHWA (2003). *Configuration Management for Transportation Management Systems*. Virginia: Federal Highway Administration.

ESPEJO, Alejandro y José VELIZ (2013). *Aplicación de la extensión para la construcción de la guía del PMBOK – Tercera Edición, en la gerencia de proyecto de una presa de relaves en la unidad operativa Arcata – Arequipa*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

APM (2012). *Body of Knowledge*. Sexta Edición. Association for Project Management.

PMI (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. PMBOK, Quinta Edición. Project Management Institute

OGC (2009). *Managing Successful Projects with PRINCE2*. Edición 2009. Londres: Office of Government Commerce.

ANSI (2011). *ANSI/EIA 649-B, Configuration Management Standard*. American National Standards Institute / TechAmerica Standard.

STEINBERG, Michael y Frank OTERO (2007). "Using Configuration Management to Mitigate the Impact of Design and Construction Contract Changes". *Conferencia presentada en el encuentro anual del Construction Management Association of America (CMAA)*. Chicago.

HWANG, Bon-Gang y Lee Kian LOW (2011). "Construction project change management in Singapore: Status, importance and impact". *International Journal of Project Management*. Volumen 30, número 7, pp. 817- 826.

PARK, Moonseo (2002). "Dynamic Change Management for Fast-Tracking Construction Projects". Conferencia presentada en el Simposio sobre Automatización y Robótica en la construcción. Maryland.

XU, Yuchun, Mahesh Malisetty, Michael Round (2013). "Configuration Management in aerospace industry". *2nd Internacional Through-life Engineering Services Conference*. Volumen 11, pp. 183-186.

International Council on System Engineering (2006). "System Engineering Handbook: A Guide for system lifecycle processes and activities". Número 3.

IBBS, William, Clarence WONG, Young KWAK (2001). "Project Change Management System". *Journal of Management in Engineering*. Volumen 17, número 3, pp. 159-165.

PEREZ, Juan y Antonio SABADOR (2004). *Calidad del diseño en la construcción*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos

SOLS, Alberto, Isabel FERNANDEZ, Javier ROMERO (2013). *La Gestión Integral de Proyectos*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.

SUN, Ming y Xianhai MENG (2009). "Taxonomy for change causes and effects in construction projects". *International Journal of Project Management*. Volumen 27, número 6, pp. 560-572.

CHAN, Daniel, Mohan KUMARASWAMY (1997). "A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction project". *International Journal of Project Management*. Volumen 15, número 1, pp. 55-63.

HSIEH, Ting-Ya, Shih-Tong LU, Chao-Hui WU (2004). "Statistical analysis of causes for change orders in metropolitan public Works". *International Journal of Project Management*. Volumen 22, número 8, pp. 679-686.

WU, Chao-Hui, Ting-YaHSIEH, Shih-Tong LU, Wen-Lon CHENG (2004). "Grey relation analysis of causes for change orders in highway construction". *Construction Management and Economics*. Volumen 22, número 5, pp. 509-520.

ARAIN, Faisal y Low PHENG (2005). "The potential effects of variation orders on institutional building projects". *Facilities*. Volumen 23, número 11, pp. 496-510.

HANNA, Awad, Craig TAYLOR, Kenneth SULLIVAN (2005). "Impact of extended overtime on construction labor productivity". *Journal of Construction Engineering and Management*. Volumen 131, número 6, pp.734-739.

BOWER, Denise (2000). "A systematic approach to the evaluation of indirect costs of contract variations". *Construction Management and Economics*. Volumen 18, número 3, pp. 263-268

KERZNER, Harold (2009). *Project Management: A systems approach to planning, scheduling and controlling*. Décima Edición. New Jersey: John Wiley & Sons

ISAAC, Shabtai y Ronie NAVON (2009). "An Automated Tool for Identifying the Implications of Changes in Construction Projects". *Construction Research Congress*. Seattle.

COX, D., J.P. MORRIS, J.H. ROGERSON, G.E. JARED (1999), "A quantitative study of post contract award design changes in construction". *Construction Management and Economics*. Volumen 17, número 4, pp. 427-439.

ANDERSON, Stephen (2011). *Preparing to Build: Practical Tips & Experienced Advice to Prepare Your Church for a Building Program*. Anderson Marketing.

ABAD, Pablo, Rafael Pastor, Janny VERA (2013). *Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental para la empresa CR Edificaciones S.A.C.* Tesis de Magíster en Gestión de Calidad, Seguridad y Medioambiente. Santiago: Universidad Viña Del Mar, Escuela de Ingeniería.

TURLEY, Frank (2010). *The Prince2 Training Manual*. Mgmt Plaza.

INTECO (2008). *Guía Avanzada de Gestión de Configuración*. Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación.

WILLIAMS, Trefor (2009). *Construction Management: Emerging Trends and Technologies*. Delmar Cengage Learning.

BONILLA, John y Karen VILLERAS (2012). *Análisis de los aportes de la implementación de Técnicas de gestión de cambios en comparación a procedimientos tradicionales, implementando la metodología Configuration Management a la obra de edificación BIOTERIO*. Tesis de maestría en Ingeniería Civil. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería.

RAJU, Arjun y Trefor WILLIAMS (2010). *A study of Configuration Management implementation in the construction industry*. Center for Advanced Infrastructure and Transportation. Rutgers University. New Jersey.

HAO, Qi, Weiming SHEN, Joseph NEELAMKAVIL y Russ THOMAS (2008) "Change Management in Construction Projects". Conferencia Internacional de Tecnología de la Información en la Construcción. Santiago de Chile.

EDGERTON, William y John MACDERMOTT (1996). "The three-category submittal review process". *North American Tunneling (NAT) Conference Proceedings*. Rotterdam.