

Pasantía de investigación ‘Apoyo en la elaboración de una guía conceptual para la gestión y estimación de costos de los recursos materiales de un proyecto de construcción’ en el grupo geomática, gestión y optimización de sistemas

Natali Escandon Leguizamo

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Civil

Director:

Guillermo Mejía Aguilar

PhD en Ingeniería de la Construcción

Codirector:

Jherson Jhadir Bohorquez Castellanos

Ingeniero Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2019

Contenido

	Pág.
Introducción	9
1. Objetivo General.....	11
2. Metodología	11
3. Resultados	13
3.1 Gestión de los Materiales bajo el Marco del PMI	13
3.1.1 Estimar los Recursos Materiales de las Actividades.....	15
3.1.2 Adquirir los Recursos Materiales	16
3.1.2 Controlar los Recursos Materiales	17
3.2 Estimación del Costo de los Materiales bajo el Marco del PMI	18
3.3 Gestión de los Materiales bajo el Marco de la Literatura Especializada en Construcción	22
3.3.1 Análisis del Flujo de los Materiales	22
3.4 Estimación del Costo de los Materiales bajo el Marco de la Literatura Especializada en Construcción	25
3.4.1 Análisis de precios Unitarios de los Materiales.....	26
4. Conclusiones	30
Referencias Bibliográficas	32

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Flujo de selección de información.	12
<i>Figura 2.</i> Procesos para la Gestión de los Recursos.	14
<i>Figura 3.</i> Diagrama de Flujo de los procesos para la Gestión de los Recursos.....	14
<i>Figura 4.</i> Procesos para la Gestión de los Costos.....	20
<i>Figura 5.</i> Diagrama de Flujo del proceso Estimar los Costos.	21
<i>Figura 6.</i> Diagrama de secuencia de los procesos de ejecución de la gestión de materiales.	25
<i>Figura 7.</i> Formato APU	26

Lista de Tablas**Pág.**

Tabla 1. <i>Porcentajes de desperdicio para algunos materiales de construcción</i>	28
--	----

Resumen

Título: Pasantía de investigación ‘Apoyo en la elaboración de una guía conceptual para la gestión y estimación de costos de los recursos materiales de un proyecto de construcción’ en el grupo geomática, gestión y optimización de sistemas*

Autora: Natali Escandon Leguizamo**

Palabras Clave: sobrecostos, retrasos, recursos materiales, gestión de materiales, estimación de costos.

Los sobrecostos y retrasos muchas veces se deben a las imprecisiones en la estimación de costos y a la falta de gestión para planificar y ejecutar proyectos por parte de la industria de la construcción. Para que la ejecución de un proyecto de construcción sea exitosa se deben gestionar adecuadamente los recursos que se utilizan, el material es el recurso primordial ya que puede representar hasta el 70% de los costos totales del proyecto. Por lo tanto, si se realiza una gestión y estimación de costos eficiente de los materiales se generarían ahorros sustanciales en el proyecto. La gestión de materiales permite tener el material en el momento oportuno, con un costo razonable y con la calidad requerida, pero aún no se comprende el fenómeno. Asociaciones profesionales como el Project Management Institute (PMI) ya se han preocupado por el tema y por medio de su libro Guía para los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK) da pautas generales para la dirección de proyectos por medio de la aplicación de unos procesos que se describen allí. Adicionalmente, hay gran cantidad de información relevante sobre la gestión y estimación de costos de los materiales en la literatura especializada en el tema. El presente documento tiene como objetivo proporcionar una guía conceptual para la gestión y estimación de costos de los recursos materiales en la construcción con base en la Guía PMBOK y la literatura especializada en el tema. La guía desarrollada en este documento mostró los procesos de la Guía PMBOK en los que se analizan todos los aspectos a tener en cuenta para gestionar y estimar los costos del material, el sistema rutinario que sufre el material para controlarlo efectivamente y la herramienta de Análisis de Precios Unitarios (APU) para estimar los costos del material correctamente.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar PhD en Ingeniería de la Construcción.

Abstract

Title: Research internship 'Support in the elaboration of a conceptual guide for the management and estimation of costs of the material resources of a construction project' in the geomatics group, management and optimization of systems*

Author: Natali Escandon Leguizamo**

Keywords: cost overruns, delays, material resources, material management, cost estimation.

The cost overruns and delays are often due to inaccuracies in estimating costs and lack of management for care and projects by the construction industry. For the execution of a construction project to be successful it is due to the management of the resources used, the material is the primary resource since it can represent up to 70% of the total project costs. Therefore, if a management and an estimation of the costs of the materials is carried out, substantial savings will be generated in the project. The management of the materials allows to have the material at the right time, with a reasonable cost and with the required quality, but the phenomenon is still not understood. Professional associations such as the Project Management Institute (PMI) have already been concerned with the subject and the medium of their book Guide for the Fundamentals for Project Management (PMBOK Guide) of the general guidelines for project management for the medium of application of some processes that are displayed there. In addition, there is a large amount of relevant information on the management and estimation of costs of materials in specialized literature on the subject. The purpose of this document is to provide a conceptual guide for the management and management of the costs of material resources in construction, based on the PMBOK Guide and specialized literature on the subject. The guide developed in this document showed the processes of the PMBOK Guide in which all aspects are analyzed and taken into account to manage and estimate the costs of the material, the routine system that is used to control the use and the analysis tool of Unit prices (APU) to estimate material costs correctly.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar PhD en Ingeniería de la Construcción.

Introducción

Los sobre costos y retrasos muchas veces se deben a las imprecisiones en la estimación de costos y a la falta de gestión para planificar y ejecutar proyectos por parte de la industria de la construcción (Gómez & Orobio, 2015),(The Business Roundtable, 1982). La ejecución exitosa de un proyecto depende directamente de la gestión efectiva de los recursos físicos y humanos que se utilizan en un proyecto de construcción (Solís Carcaño, Zaragoza Grifé, & González Fajardo, 2009),(Project Management Institute, 2017). Los recursos físicos incluyen el equipamiento, los materiales, las instalaciones y la infraestructura; mientras los recursos humanos se refiere a las personas (Project Management Institute, 2017). El material es el recurso principal en los proyectos de construcción ya que constituye la mayor parte tanto en cantidad como en costo de los recursos que se utilizan (Solís Carcaño et al., 2009).

Según los estudios de (The Business Roundtable, 1982), el costo de los materiales y equipo representa aproximadamente el 60% de los costos totales del proyecto, sin embargo otros autores dicen que el costo de los materiales puede representar entre el 30% y el 70% del costo del trabajo (Donyavi & Flanagan, 2009). Por lo tanto, si la gestión y estimación de costo del material no se realiza correctamente, se generarán variaciones en el costo del proyecto.

La gestión de materiales es un sistema encargado de planificar y controlar los recursos materiales que se requieren para la construcción de un proyecto teniendo en cuenta la calidad, cantidad correcta, costo razonable, y disponibilidad en el punto de trabajo cuando se les necesite (The Business Roundtable, 1982),(Veronika, Riantini, & Sagita, 2006). Por lo tanto, la efectividad

con que se realice la gestión de los recursos materiales puede generar ahorros sustanciales en costos, tiempo y desperdicio en un proyecto de construcción.

Por otro lado, la estimación de costos de los materiales consiste en realizar una aproximación de costo a través del método de Análisis de Precios Unitarios (APU), el cual consiste en desglosar el costo de los materiales que intervienen en el desarrollo de una actividad (Jaller Vanegas, 2016). Es importante calcular el APU correctamente para tener un resultado cercano a la realidad.

Asociaciones profesionales como el Project Management Institute (PMI) en su libro Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK 6ª Edición) da directrices y mejores prácticas que permiten perfeccionar las competencias, la formación y los procesos de gestión de proyectos (Fernando, Silva, Fabio, & Brand, 2013). Es importante mencionar que en la quinta versión existía el área de Gestión de los Recursos Humanos, pero el PMI en la sexta edición publicada en 2017, reconoció la existencia de otros recursos que deben ser administrados por lo que cambio el área por Gestión de los Recursos. Además de la Guía PMBOK, en la literatura especializada en construcción se encuentra información relevante sobre la gestión y estimación de costos de los materiales.

Los problemas de sobrecostos y demoras surgen desde la etapa de planificación del proyecto en donde no hay claridad en la estimación de costos de los recursos materiales. Adicionalmente, no se comprende ni aplica adecuadamente la gestión de este recurso durante el ciclo de vida del proyecto. El objetivo del presente escrito es proporcionar una guía conceptual para gestionar y estimar los costos de los recursos materiales de un proyecto de construcción, donde primero se darán las pautas generales según el PMI, para finalmente especificar según la literatura especializada en el tema.

1. Objetivo General

Esta pasantía de investigación tuvo como objetivo principal elaborar una guía conceptual para la gestión y estimación de costos de los recursos materiales de un proyecto de construcción, bajo los parámetros del Project Management Institute y la literatura especializada en el tema.

2. Metodología

La metodología consistió en la búsqueda de información en estándares internacionales en gestión de proyectos y en la literatura especializada en construcción. De los estándares internacionales solamente se estudió la Guía PMBOK, la cual describe 49 procesos para la dirección y gestión de proyectos, los cuales se clasifican en 10 áreas de conocimiento y 5 grupos de procesos. Además, cada proceso está descrito en términos de entradas, herramientas y técnicas, y salidas.

De la Guía PMBOK se estudiaron los procesos necesarios para la gestión y estimación de costos de los recursos materiales. En primer lugar, se analizaron las 10 áreas de conocimiento de las cuales solamente dos aportaban al cumplimiento del objetivo. Estas áreas de conocimiento son Gestión de los Recursos y Gestión de los Costos. Luego se estudiaron los procesos que se encuentran en estas áreas de conocimiento donde para Gestión de los Recursos de 6 procesos solamente 3 soportaban el objetivo, y para Gestión de los Costos de 4 procesos solamente 1 aportaba a el objetivo (Figura 1).

Para explicar los procesos se analizaron las principales entradas, herramientas y técnicas, y salidas. Adicionalmente, para comprender mejor la gestión y estimación de costo, se investigó en la misma Guía PMBOK sobre cómo se relacionan los procesos de la misma área de conocimiento y también con otros procesos de las otras áreas de conocimiento.

En lo concerniente a la literatura especializada se realizó la búsqueda en bibliotecas y en bases de datos como Scopus, Google Scholar. Los criterios de búsqueda fueron las siguientes palabras clave: “la administración de materiales”, “materials management”, “gestión de materiales”, “análisis de precios unitarios”, “costos en la construcción”, “presupuestos en la construcción”, y “en proyectos de construcción”, o “construction projects”. Se encontraron 6 artículos, 8 libros y 4 tesis (Figura 1).

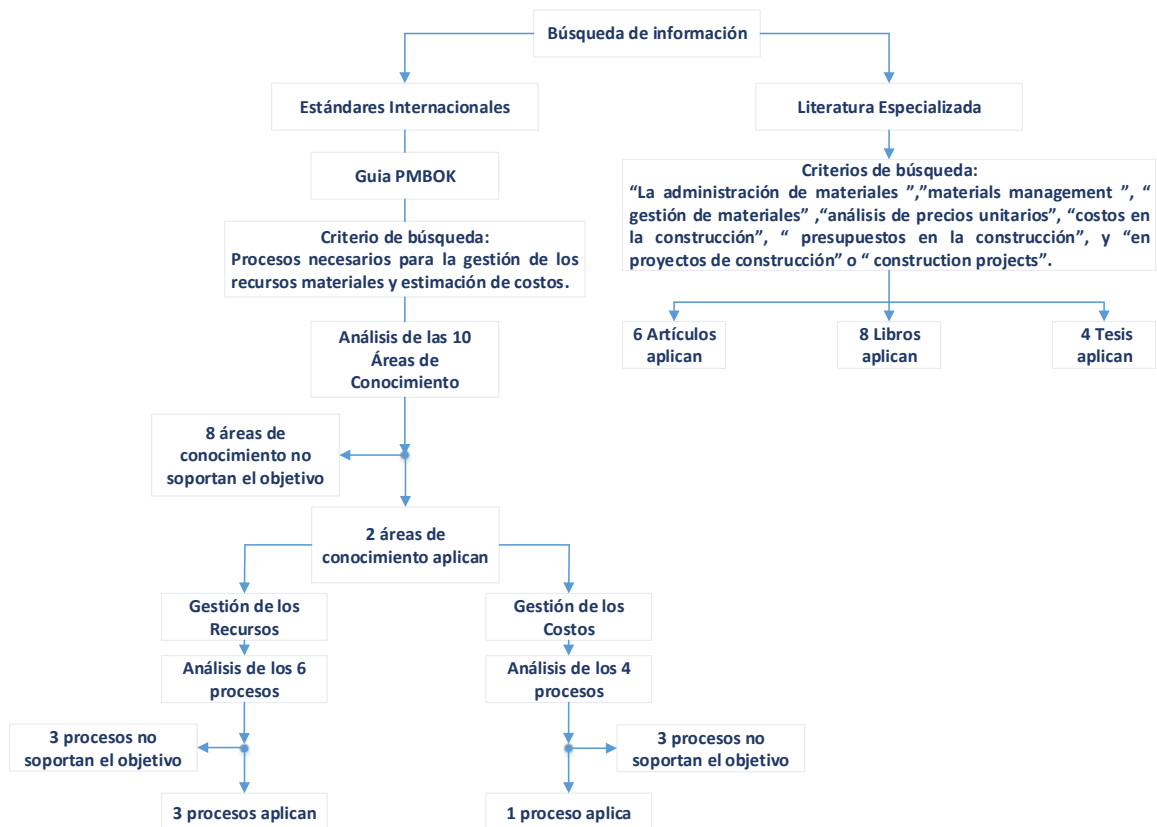


Figura 1. Flujo de selección de información.

3. Resultados

La Guía PMBOK contiene conocimientos y practicas aplicables a la mayoría de proyectos, lo que significa que no se centra solamente en la industria de la construcción. Por lo tanto, con base en esta Guía PMBOK (Project Management Institute, 2017) se explican las pautas generales para la gestión y estimación de costos de los materiales; y luego se entra en detalle según la literatura especializada en construcción.

3.1 Gestión de los Materiales bajo el Marco del PMI

En la Figura 2 se muestran los cinco grupos de procesos (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control y cierre) y el área de conocimiento Gestión de los Recursos, donde cada proceso pertenece a un grupo. Los procesos que están en negrilla se explicaran más adelante, y los que están en gris fueron excluidos como se mencionó en la metodología.

En la figura 3 se muestra la relación entre los procesos de Gestión de los Recursos y también con otras áreas de conocimiento. Cada cuadro es un proceso, los colores y los números de cada proceso indican el área de conocimientos al que pertenece tal como se muestra en la leyenda, las flechas indican una entrada o salida dependiendo del sentido de la flecha, el texto que esta sobre las flechas son los documentos que entran o salen del proceso. La relación se da de la siguiente manera: los procesos que están a la izquierda generan una salida que a la vez es una entrada de los procesos de gestión de los recursos, una vez se realiza el proceso se generan unas salidas que son entradas de otros procesos.

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Inicio	Planificación	Ejecución	Monitoreo y Control	Cierre
9. Gestión de los Recursos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de los Recursos 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desarrollar el Equipo 9.5 Dirigir al Equipo	9.6 Controlar los Recursos	

Figura 2. Procesos para la Gestión de los Recursos. Fuente: Guía PMBOK (Project Management Institute, 2017).



Figura 3. Diagrama de Flujo de los procesos para la Gestión de los Recursos.

A continuación, se explica cada proceso en términos de las entradas más importantes, técnicas y herramientas que se deberían utilizar, y los resultados que se obtienen principalmente.

3.1.1 Estimar los Recursos Materiales de las Actividades Este proceso permite estimar el tipo y la cantidad de materiales requeridos para realizar cada una de las actividades.

¿Qué se necesita para empezar?

Los documentos más importantes para realizar este proceso son: la lista de actividades, los atributos de la actividad, estimaciones de costo, registro de riesgos y calendario de recursos.

La lista de actividades identifica las actividades que necesitan recursos, los atributos de la actividad son las características de cada actividad, la estimación de costo permite conocer el costo de los recursos e influye en la selección de los mismos, el registro de riesgos describe los riesgos de cada recurso y el calendario de recursos brinda información sobre la disponibilidad de los recursos.

¿Qué herramientas y técnicas se pueden usar?

Las herramientas y técnicas más importantes son: estimación ascendente, estimación análoga, estimación paramétrica, análisis de alternativas y software.

La estimación ascendente consiste en estimar los materiales que necesita cada actividad, la estimación análoga utiliza información con respecto a los recursos de un proyecto similar, la estimación paramétrica utiliza información histórica y algoritmos para predecir las cantidades de los materiales, el análisis de alternativas estudia opciones como entre hacer o comprar, y por ultimo existen diversos softwares que sirven para planificar, organizar y gestionar los recursos.

¿Que se obtiene como resultado?

Los documentos más importantes que se obtienen son: requisitos de recursos y estructura de desglose de recursos.

En los requisitos de recursos se identifica la cantidad y tipo de materiales para cada actividad y la estructura de desglose de recursos es un diagrama jerárquico que muestra los materiales a usar clasificados por tipo de material.

3.1.2 Adquirir los Recursos Materiales Este proceso permite obtener los materiales necesarios para llevar a cabo las necesidades del proyecto.

¿Qué se necesita para empezar?

Los documentos más importantes para realizar este proceso son: requisitos de recursos, calendario de recursos, cronograma del proyecto y plan de gestión de adquisiciones. Los requisitos de recursos identifican los recursos a adquirir, el calendario de recursos muestra la disponibilidad de cada uno de los materiales, el cronograma del proyecto muestra las fechas de inicio y fin de las actividades para conocer cuando se deben adquirir los materiales y plan de gestión de las adquisiciones contiene información sobre los materiales que se obtendrán desde fuera del proyecto.

¿Qué herramientas y técnicas se pueden usar?

Las herramientas y técnicas más importantes son: decisión multi-criterio y negociación.

La decisión multi-criterio permite seleccionar recursos considerando diferentes criterios ponderados en función de las necesidades del proyecto, ejemplos de criterios son: disponibilidad, costo, referencias, etc., y la negociación permite negociar los mejores recursos con los proveedores.

¿Que se obtiene como resultado?

Los documentos más importantes que se obtienen son: asignaciones de recursos y calendario de recursos.

Las asignaciones de recursos es la documentación que registra los materiales que se deben adquirir y el calendario de recursos permite conocer el momento en que estarán disponibles los materiales disponibles.

3.1.2 Controlar los Recursos Materiales Este proceso permite asegurar que los materiales asignados y adjudicados al proyecto estén disponibles tal y como se planifico. Además, se debe monitorear su utilización y tomar acciones correctivas cuando sea necesario.

¿Qué se necesita para empezar?

Las entradas más importantes son: registro de incidentes, asignaciones de los recursos físicos, cronograma del proyecto, requisitos de recursos, registro de riesgos, datos de desempeño del trabajo y acuerdos.

El registro de incidentes identifica problemas tales como la escasez, retrasos y baja calidad de los materiales; las asignaciones de los recursos físicos describen la utilización prevista de los materiales, el cronograma del proyecto muestra que materiales, cuando y donde se necesitan; el requisito de recursos identifica los materiales necesarios, el registro de riesgos identifica los riesgos que pueden afectar a cada material, los datos de desempeño del trabajo contiene información de cantidad y tipo de materiales utilizados y por último los acuerdos definen el procedimiento de compras para cuando se haga necesario recursos que no estén planificados.

¿Qué herramientas y técnicas se pueden usar?

Las herramientas y técnicas más importantes son: análisis de alternativas, análisis costo-beneficio, revisiones de desempeño, análisis de tendencias, resolución de conflictos, negociación, influencia y software.

El análisis de alternativas ayuda a corregir variaciones en la utilización de materiales, el análisis costo-beneficio determina la mejor acción correctiva en términos de costo, las revisiones de desempeño comparan la utilización de los recursos utilizados con los que se habían planificado, el análisis de tendencias ayuda a determinar los materiales necesarios en las próximas etapas del proyecto, la resolución de conflictos ayuda a resolver problemas como, por ejemplo, el daño de materiales debido a condiciones de almacenamiento inadecuadas, esto con el uso de herramientas (identificar el problema, definir el problema, investigar, analizar, resolver, comprobar la solución), la negociación se usa para obtener o cambiar materiales, la influencia ayuda a resolver problemas y obtener los materiales en el momento oportuno y por ultimo existe gran variedad de software para el monitoreo y control de recursos.

¿Que se obtiene como resultado?

Las salidas que se obtienen son información de desempeño del trabajo y solicitudes de cambio.

La información de desempeño compara los requisitos de recursos y la asignación de recursos con la utilización real de los recursos, mostrando así los problemas de disponibilidad de los materiales; las solicitudes de cambio se deben presentar cuando las correcciones impactan en cualquiera de los componentes del plan para la dirección del proyecto.

3.2 Estimación del Costo de los Materiales bajo el Marco del PMI

En la Figura 4 se muestra los cinco grupos de procesos (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control y cierre) y el área de conocimiento Gestión de los Costos, donde cada proceso pertenece a un grupo. Los procesos que están en negrilla se explicarán más adelante, y los que están en gris fueron excluidos como se mencionó en la metodología.

En la Figura 5 se muestra la relación entre el proceso estimación de costos con otros procesos de la misma o diferente área de conocimiento. Cada cuadro es un proceso, los colores y los números de cada proceso indican el área de conocimientos al que pertenece tal como se muestra en la leyenda, las flechas indican una entrada o salida dependiente del sentido de la flecha, el texto que esta sobre las flechas son los documentos que entran o salen del proceso. Este proceso permite calcular los costos de los materiales para completar todo el trabajo del proyecto.

¿Qué se necesita para empezar?

Las entradas son: plan de gestión de costos, plan de gestión de calidad, línea base del alcance, cronograma del proyecto, requisitos de recursos y registro de riesgos.

El plan de gestión de costos describe los métodos de estimación que pueden utilizarse, el plan de gestión de calidad describe los materiales necesarios para que el proyecto alcance los objetivos de calidad, la línea base del alcance contiene el enunciado del alcance, la EDT/WBS y el diccionario de la EDT/WBS. El cronograma del proyecto incluye la cantidad y lapso que los materiales estarán activos en el proyecto, los requisitos de recursos consisten en las cantidades de materiales identificados que necesita cada actividad, y por último el registro de riesgos contiene detalles de los riesgos y proporciona información detallada que puede utilizarse para estimar los costos.

Es importante mencionar para la estimación de costos los factores ambientales de la empresa y los activos de los procesos de la organización. Dentro de los factores ambientales de la empresa están las condiciones de mercado, la información comercial publicada y la inflación que hay que tener en cuenta para proyectos que se extienden por varios años. Los activos son políticas y plantillas de estimación de costos.

¿Qué herramientas y técnicas se pueden usar?

Las herramientas y técnicas a utilizar son: juicio de expertos, estimación análoga, estimación paramétrica, estimación ascendente, estimación por tres valores, análisis de alternativas, análisis de reserva, software y toma de decisiones.

Para estimar los costos es importante el juicio de expertos con conocimientos en el tema, la estimación análoga utiliza costos de proyectos anteriores para estimar el costo del próximo proyecto, la estimación paramétrica utiliza información histórica para estimar los costos futuros, la estimación ascendente descompone la actividad en menores componentes para estimar con mejor precisión, la estimación por tres valores es una estimación que tiene en cuenta la incertidumbre y el riesgo, el análisis de alternativas evalúa diferentes opciones, el análisis de reserva consiste en agregar un costo adicional para aquellos eventos inciertos, el software son plantillas de cálculo, simuladores, bases de datos, etc., y la toma de decisiones es involucrar a los miembros claves del equipo para escoger las mejores alternativas.

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Inicio	Planificación	Ejecución	Monitoreo y Control	Cierre
7. Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	

Figura 4. Procesos para la Gestión de los Costos. Fuente: Guía PMBOK (Project Management Institute, 2017).

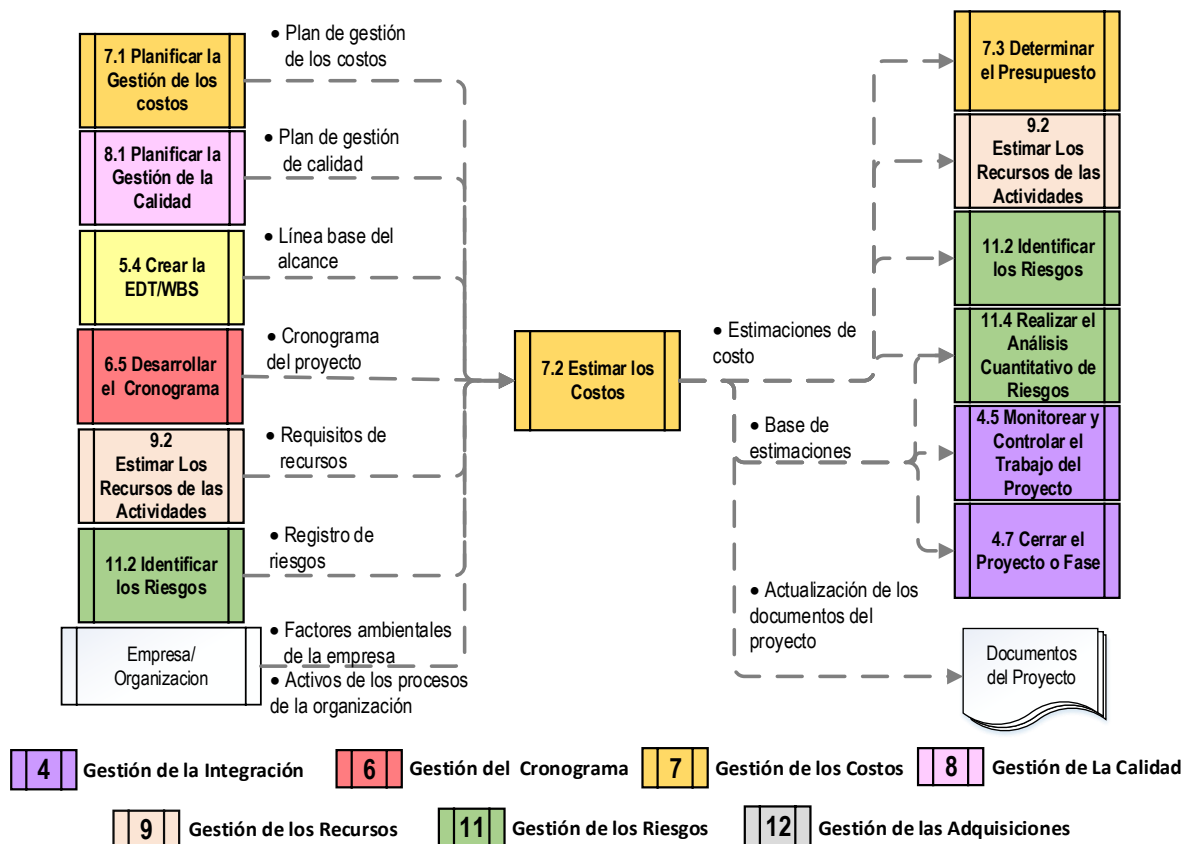


Figura 5. Diagrama de Flujo del proceso Estimar los Costos.

¿Que se obtiene como resultado?

Los documentos que se obtienen son estimación de costo y base de las estimaciones.

Se estiman los costos de los materiales teniendo en cuenta las reservas para contingencia y provisiones para inflación, la base de las estimaciones es un documento con información de respaldo que justifica las estimaciones de costo.

3.3 Gestión de los Materiales bajo el Marco de la Literatura Especializada en Construcción

La estimación de los recursos de las actividades en la industria de la construcción se hace como lo propone la Guía PMBOK, que básicamente es asignarle recursos a cada una de las actividades y determinar la cantidad de cada uno.

Dentro de los procesos de ejecución la Guía PMBOK se describe el proceso adquirir recursos lo que comúnmente se llama la compra, sin embargo, en la industria de la construcción existen otros procesos durante la ejecución que son la recepción, el almacenamiento y el uso (The Business Roundtable, 1982),(Solís Carcaño et al., 2009). Estos procesos se explican en el ítem 4.3.1.

En cuanto al proceso de monitoreo y control también se realiza como lo propone la Guía PMBOK, que consiste en comparar lo ejecutado con lo planeado, detectar errores, desviaciones, así como las causas y posibles soluciones (Solís Carcaño et al., 2009). El control se realiza durante la ejecución y se evitan sobrepagos, mermas, desperdicios, entregas fuera de especificación o calidad deficiente, compras erróneas, robos, etc., (Solís Carcaño et al., 2009),(Herrera Mejía, 2000).

3.3.1 Análisis del Flujo de los Materiales El flujo de materiales es un sistema rutinario que consiste en la compra, recepción, almacenamiento y uso de los materiales (The Business Roundtable, 1982),(Solís Carcaño et al., 2009). Es importante comprender este sistema para controlar el material efectivamente.

En la Figura 6 se muestra como es la secuencia de los procesos de ejecución para la gestión de materiales. La primera fila muestra los responsables que intervienen en los procesos, si alguno de los actores está subrayado es porque no es específicamente una persona. Las cajas son las tareas

que realiza cada actor, en la primera columna se encuentran los escenarios donde ocurre cada tarea y las flechas indican hacia dónde va dirigida la tarea. A continuación, se explica cada proceso y que recomendaciones y precauciones se deben tener en cuenta para cada proceso. A continuación, se explica cada proceso.

- **Compra**

El evento inicial para hacer la compra es la lista de cantidades de material, la cual identifica los materiales necesarios y la cantidad (incluyendo desperdicios) que se requiere para uno (Solís Carcaño et al., 2009). Adicionalmente, la programación de obra muestra las fechas en que se deben utilizar los materiales.

Con base en la lista de materiales y la programación de obra, el residente de obra hace una solicitud de uno o varios materiales al administrador esto mediante un documento llamado requisición (Solís Carcaño et al., 2009),(Gomez Rodriguez, s.f.),(Herrera Mejía, 2000). Luego, el gerente de compras pide una cotización a los proveedores para tener una referencia de precios de los materiales a comprar y poder escoger la mejor opción (Javeriana, 1995),(Herrera Mejía, 2000). Por último la misma área de compras realiza la orden de compra que formaliza la compra de un material a un proveedor determinado (Gomez Rodriguez, s.f.),(Herrera Mejía, 2000).

Desde que se realiza la requisición hasta que la orden de compra se entrega al proveedor transcurre un tiempo uno, y desde que el proveedor recibe la orden de compra hasta que el material es entregado a la obra transcurre un tiempo dos, y en caso de que pase algún percance es necesario que el material sea almacenado hasta su utilización, por lo que se requiere un tiempo adicional tres. La suma de todos los tiempos mencionados anteriormente se denomina tiempo de demora (Solís Carcaño et al., 2009). De modo que, para tener los materiales en el momento oportuno, se

debe saber cuándo solicitar el material, por lo que se debe restarle a la fecha de utilización del material el tiempo de demora.

En este proceso el área de compras debe revisar que la cantidad de material que ya se ha comprado más lo solicitado no rebase el presupuesto inicial (Solís Carcaño et al., 2009). Además, debe garantizar la entrega de materiales para que no haya interrupciones en la obra (Herrera Mejía, 2000), por lo que es necesario inspeccionar a los proveedores para garantizar que se cumplan las promesas de entrega y requisitos de calidad (The Business Roundtable, 1982),(Herrera Mejía, 2000),(Javeriana, 1995).

- **Recepción**

En este proceso el material hace su entrada formal a la obra. El almacenista recibe el material y firma la nota de remisión o factura al proveedor, también elabora un documento llamado entrada al almacén, el cual es una constancia o registro que indica las cantidades de material que entran al almacén con el que se actualiza el inventario (Javeriana, 1995),(Solís Carcaño et al., 2009). En este proceso el almacenista debe verificar con la orden de compra las especificaciones, calidad y estado del material (Javeriana, 1995).

- **Almacenamiento**

Los materiales pueden ser almacenados en espacios cerrados cuando el material pueda reaccionar con la atmosfera o sean costosos, o en espacios abiertos cuando el material ocupa mucho espacio y son relativamente inertes (Solís Carcaño et al., 2009).

En este proceso el almacenista debe vigilar los materiales para que tengan el uso según lo planeado, para los materiales que se resguardan en espacios abiertos, se recomienda el cercado perimetral de la obra y personal de vigilancia (Solís Carcaño et al., 2009).

- **Uso**

En este proceso se gestiona la salida de un material del almacén para ser empleado en obra. El evento inicia con los vales de consumo, los cuales son recibos autorizados que envía quien está al frente de la obra al almacenista para emplear un material determinado (Gomez Rodriguez, s.f.). Al terminar este procedimiento, el almacenista produce una salida de almacén el cual es un registro de acuerdo a los vales de consumo (Javeriana, 1995). Con la salida del material se debe actualizar el inventario (Solís Carcaño et al., 2009).

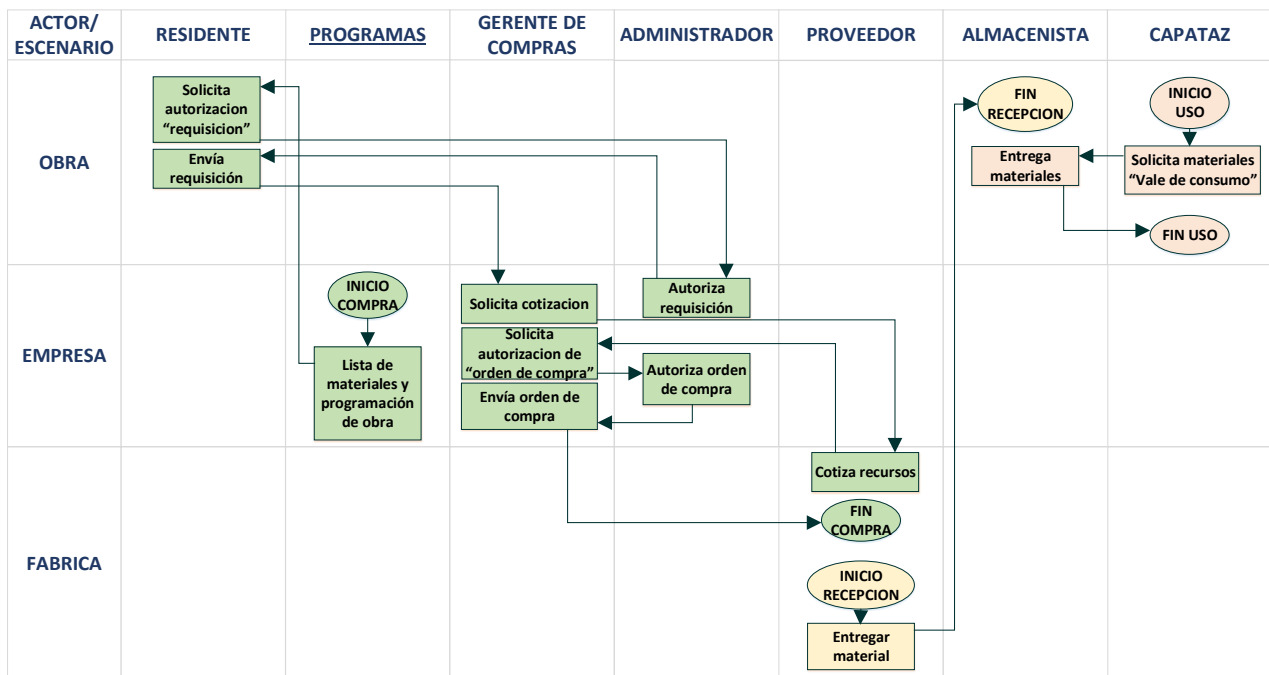


Figura 6. Diagrama de secuencia de los procesos de ejecución de la gestión de materiales.

3.4 Estimación del Costo de los Materiales bajo el Marco de la Literatura Especializada en Construcción

De las técnicas que menciona la Guía PMBOK para estimar los costos, la más parecida a la que se utiliza comúnmente en la industria de la construcción es la estimación ascendente, ya que estima

los costos de la actividad teniendo en cuenta los costos de todos los recursos necesarios para dicha actividad. El análisis de precios unitarios (APU) es el nombre de la herramienta utilizada en la construcción para estimar los costos y define los insumos (materiales, mano de obra, equipos y herramientas) que intervienen en una actividad de la obra, permitiendo posteriormente la valorización de la misma (Casas Figueroa, 1990). A continuación, se muestra el análisis de precios unitarios únicamente para los materiales.

3.4.1 Análisis de precios Unitarios de los Materiales El Análisis de Precios Unitarios de los Materiales se divide en costos directos e indirectos (Jaller Vanegas, 2016). Los costos directos son los costos por unidad de medida para cada uno de los materiales que se necesitan para la ejecución de una actividad, y los costos indirectos son gastos de administración, imprevistos y utilidad (AIU). El formato del APU debe prepararse de tal manera que tenga mínimas variaciones de un proyecto a otro (SENA, 2004). En la figura 7 se propone un formato APU para los materiales.

ITEM	DESCRIPCIÓN (PROCESO O TAREA)	UNIDAD

MATERIALES

COD.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DESPERDICIO	CONSUMO UNITARIO	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
						\$ 0
						\$ 0
						\$ 0
						\$ 0
Subtotal:						\$ 0

COSTO DIRECTO: \$ 0

AIU% \$ 0

COSTO UNITARIO: \$ 0

Figura 7. Formato APU.

La primera casilla se refiere al código del material ya que cada material debe estar codificado para tener la facilidad de actualizar los precios cada vez que se requiera (SENA, 2004), la casilla

de descripción incluye una descripción completa y detallada del material a través de una especificación técnica particular (SENA, 2004), la unidad de medida es la unidad por la que se valora en material (SENA, 2004). Los otros componentes se explican con más detalle a continuación.

- **Análisis del Costo de los Desperdicios**

La casilla de desperdicio indica el porcentaje de desperdicio que se asume para cada material. El desperdicio hace referencia a residuos de proceso, es decir los materiales sobrantes generados por los procesos constructivos (Montero Solano, 2014). También se define como todo consumo de recurso material en cantidades mayores a las necesarias para la elaboración de un producto de construcción (Galarza Meza, s.f.).

En todas las actividades de construcción se presentan desperdicios que deben tenerse en cuenta para definir las cantidades y costos de estos al elaborar el presupuesto y posteriormente los pedidos (Casas Figueroa, 1990). Para determinar el desperdicio hay que tener en cuenta los siguientes parámetros (Casas Figueroa, 1990):

- a. Características del material
- b. Calidad de la obra
- c. Supervisión técnica de la obra
- d. Manipulación del material; cargue y descargue
- e. Dificultad de aplicación del material

El desperdicio debe adicionarse a la cantidad de material, no al precio (Gomez Rodriguez, s.f.), (Casas Figueroa, 1990). Se consideran como porcentajes bajos de desperdicio el 2%, normales el 10% y máximos entre el 30 y 40% (Gomez Rodriguez, s.f.). Por experiencias anteriores existen

porcentajes de desperdicio, los cuales no son considerados como una norma ya que cada empresa maneja sus propios porcentajes. En la tabla 1 se muestra el porcentaje de algunos materiales.

Tabla 1.

Porcentajes de desperdicio para algunos materiales de construcción

Material	% de desperdicio
Hierro de refuerzo	3% al 7%
Cemento	4% al 8%
Yeso	15% al 20%
Ladrillo	5% al 12%
Azulejos	7% al 10%
Morteros	10% al 25%

Nota. Tomado de: M.L. Casas Figueroa, Costos del proceso de edificación. (Casas Figueroa, 1990).

- **Análisis del Costo según el Consumo Unitario**

La casilla consumo unitario indica la cantidad teórica de material más la cantidad de desperdicio, expresado en las unidades de medida adoptadas que se requiere para elaborar una unidad del ítem analizado (SENA, 2004). El consumo unitario se determina de acuerdo con las cantidades que deban utilizarse según el proyecto, las normas de calidad y especificaciones generales y particulares de construcción (Beltrán Razura, s.f.), considerando los desperdicios mencionados en el ítem anterior.

- **Análisis de los Costos de Adquisición**

El precio de adquisición es el costo del material, es decir lo que cobra el proveedor por el material. El proceso para obtener los costos de los materiales de un proyecto de construcción consiste en una cotización adecuada de los materiales a utilizar con el objetivo de buscar al proveedor más conveniente (Padilla Carreño, s.f.). El ingeniero constructor a través de una investigación de mercado debe conocer y estar al tanto de los precios de adquisición de los distintos

materiales, las condiciones de oferta, los distintos proveedores y los nuevos que aparecen en el mercado (Muñoz Muñoz, s.f.). Una diferencia de precio mínima podría incidir en los volúmenes grandes de material a comprar en una obra (Padilla carreño, s.f.), por lo que es importante adquirir el material más económico y en el momento oportuno, pero sin olvidar la calidad especificada.

- **Análisis de los Costos de la Puesta en Obra de los Materiales**

La casilla valor unitario hace referencia al costo del material en obra por unidad de medida del material. El cual está integrado por (SENA, 2004),(Muñoz Muñoz, s.f.):

- a. Precio de adquisición o fabrica
- b. Impuestos
- c. Cargue, transporte y descargue a la obra

El precio de adquisición se explicó en el ítem anterior, los impuestos a tener en cuenta es el IVA, el cual se aplica al precio de venta del material. El monto del costo de las operaciones de carga, descarga y transporte, depende primordialmente de la distancia de la fuente productora a la fuente de consumo del material y de los procedimientos que se sigan para la carga y descarga del material (Muñoz Muñoz, s.f.).

El costo del transporte puede estar incluido dentro del precio de venta del fabricante, cuando este es “precio de material puesto en obra” o puede estar cargado al consumidor por separado, mediante ciertas tarifas, que pueden estar basadas en volúmenes, peso o número de piezas por kilómetro, o bien por flete cerrado (Muñoz Muñoz, s.f.).

- **Análisis de los Costos Directos**

La casilla valor parcial se refiere al costo total de cada material por unidad del ítem. Este

se obtiene realizando el producto entre el consumo unitario y el valor unitario (SENA, 2004). Al final de la columna se puede hallar el costo directo sumando los valores parciales de cada material.

- **Análisis de los Costos Indirectos**

Los costos indirectos son la administración, imprevistos y utilidad (AIU), Los gastos administrativos son el sueldo del personal tanto de campo como de oficina, los imprevistos son los gastos que se pueden generar por los riesgos o algún contratiempo y la utilidad es lo que se espera recibir por la ejecución del trabajo (Jaller Vanegas, 2016). Los costos indirectos se pueden calcular, sin embargo algunos textos dicen que el costo oscila entre un 16%, 25% y 70% de los costos directos (Casas Figueroa, 1990),(Gomez Rodriguez, s.f.)

Finalmente se suma los costos directos y los costos indirectos para obtener el precio unitario de los materiales por cada actividad que se analice.

4. Conclusiones

A partir de la búsqueda de información en la Guía PMBOK y en la literatura especializada en construcción se elaboró una guía conceptual para la gestión y estimación de costos de los recursos materiales en la construcción. La estructura de esta guía se planteó para brindar unas pautas generales según la Guía PMBOK y luego entrar en detalle según la literatura especializada en el tema.

De la Guía PMBOK se describió brevemente las principales entradas, herramientas y técnicas, y salidas de cada uno de los procesos para la gestión y estimación de costos de los recursos materiales. Algunas de las entradas son utilizadas en la industria de la construcción, pero otras falta implementarlas. En cuanto a las herramientas y técnicas es cuestión del director del proyecto escoger las que mejor se adapten al proyecto, y las salidas son el resultado de cada proceso.

La literatura especializada propone más procesos para la gestión de los materiales que la Guía PMBOK, esto debido a que durante la ejecución hay que tener en cuenta un sistema rutinario que sufre el material en la construcción. La comprensión de este sistema permite realizar un control efectivo del material y así evitar entregas retrasadas, robos, calidad deficiente, compras erróneas, entre otros.

En cuanto a las estimaciones de costo existe una herramienta que es el Análisis de Precios Unitarios, la cual es la más usada en la industria de la construcción por el nivel de detalle que maneja. Esta herramienta tiene una serie de componentes como el desperdicio, precio de adquisición, precio en la obra, costos directos e indirectos los cuales se explicaron minuciosamente en esta guía, con el fin de tener una alta precisión a la hora de estimar los costos.

Referencias Bibliográficas

Beltrán Razura, Á. (s.f.). *Costos y Presupuestos*. Instituto Tecnológico de Tepic.

Casas Figueroa, M. L. (1990). *Costos del Proceso de Edificación* (Primera Ed). Cali, Colombia.

Donyavi, S., & Flanagan, R. (2009). The impact of effective material management on construction site performance for small and medium sized construction enterprises. In *Proceedings of the 25th Annual Conference of the Association of Researchers in Construction Management* (pp. 11–20). Nottingham, UK.

Fernando, H., Silva, C., Fabio, L., & Brand, Q. (2013). Plan de gestión de costos en dirección de proyectos . Aplicación en una empresa del sector minero-industrial de Colombia. *EAN*, (74), 22–29.

Galarza Meza, M. P. (s.f.). *Desperdicio de Materiales en Obras de Construcción Civil: Metodos de Medición y Control*(tesis de pregrado). Perú: Pontifica Universidad Católica del Perú.

Gómez, H. D., & Orobio, A. (2015). Efectos de la incertidumbre en la programación de proyectos de construcción de carreteras. *DYNA*, 82(193), 155–164.

Gomez Rodriguez, J. (s.f.). *Control de Costos y Presupuestos en la Construcción*. Universidad Nacional de Colombia.

Herrera Mejía, M. A. (2000). *Análisis del Flujo de Materiales en una Empresa Constructora* (tesis de maestría). Instituto Tecnológico de la Construcción.

Jaller Vanegas, J. (2016). *Metodología de control de costos de presupuesto en construcciones verticales* (tesis de especialización). Bogota, Colombia.

- Javeriana, P. U. (1995). *Elaboración de Presupuestos en la Construcción*. Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana Seccional Cali.
- Montero Solano, N. (2014). *Diseño de una metodología para mejorar la administración de materiales , equipos y organización de la obra en los proyectos de la Constructora Totem S . A .(tesis de licenciatura)*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Muñoz Muñoz, L. O. (s.f.). *Los costos de la construcción*. Universidad del Cauca.
- Padilla carreño, U. (s.f.). *Costo y Presupuesto de la Obra*. Universidad de Valparaíso.
- Project Management Institute. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (sexta edic). Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- SENA. (2004). *Cartilla tipos de presupuesto*. Medellín, Colombia.
- Solís Carcaño, R., Zaragoza Grifé, N., & González Fajardo, A. (2009). La administración de los materiales en la construcción. *Ingeniería*, 61–71.
- The Business Roundtable. (1982). Modern management systems. *Construction Industry Cost Effectiveness Report A-6*, 1–34.
- Veronika, A., Riantini, L. S., & Sagita, L. (2006). Corrective action recommendation for project cost variance in construction material management. In *The Tenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction* (pp. 23–28).