



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

**GESTION DEL ALCANCE DEL PROCESO DE EXCAVACIÓN EN ROCA NECESARIA PARA LA
CONSTRUCCIÓN DEL SÓTANO Y CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO “TALLER 6”, BAJO LA
METODOLOGIA PMBOK 5ta EDICIÓN NUMERAL 5**

ING. CARLOS ALBERTO ALFONSO MONTAÑO

ING. DIEGO RENE PERÉZ GONZALEZ

ING. JAIME EDUARDO RAMÍREZ MEDICIS

ING. WILLIAM FERNANDO AMAYA ROMERO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS CIVILES

BOGOTÁ D.C NOVIEMBRE 2018

Contenido

1	Generalidades	5
1.1	Línea de investigación.....	6
1.2	Planteamiento del problema	6
1.2.1	Antecedentes del Problema.....	6
1.2.2	Pregunta de Investigación.....	7
1.2.3	Variables del problema	7
1.3	Justificación.....	10
1.4	Hipótesis.....	10
1.5	Objetivos	11
1.5.1	Objetivo General	11
1.5.2	Objetivos Específicos.....	11
1.6	Cronograma	12
1.7	Presupuesto	12
2	Marcos de referencia	13
2.1	Marco Conceptual.....	13
2.1.1	Replanteo	14
2.1.2	Métodos de Protección de taludes	15
2.1.3	Excavación Mecánica	16
2.1.4	Rebote del fondo de excavación:.....	17
2.1.5	Construcción placa de cimentación:	17
2.2	Marco Normativo	18
2.3	Marco Geográfico	19
2.4	Marco Demográfico	20
3	Metodología	23
3.1	Fases del Trabajo de Grado.....	23
3.2	Instrumentos o Herramientas Utilizadas	23
3.3	Población y Muestra	23
3.4	Alcances y Limitaciones	23
4	Productos por entregar	24
5	Resultados esperados e impactos.	24
5.1	Aporte de los resultados a la gerencia de obras.....	25
5.2	Cómo se responde a la pregunta de investigación con los resultados.....	27
5.3	Estrategias de comunicación y divulgación.	27
6	Conclusiones	28
7	Bibliografía	29

Índice de tablas

TABLA N° 1 PRESUPUESTO ESTIMADO INVESTIGACIÓN	13
TABLA N° 2 VALORACIÓN DE LAS SALIDAS DE CAMPO (EN PESOS)	13

Índice de imágenes

IMAGEN N° 1 TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA	14
IMAGEN N° 4 GEOMETRÍA PARA DISEÑOS DE TALUDES TEMPORALES	16
IMAGEN N° 4 EXCAVACIÓN Y RETIRO DE MATERIALES	16
IMAGEN N° 4 EXCAVACIÓN Y RETIRO DE MATERIALES	17
IMAGEN N° 7 PROCESO CONSTRUCTIVO DE PLACA DE CIMENTACIÓN	17

Índice de gráficas

GRÁFICA N° 1 VARIABLES CUALITATIVAS	8
GRÁFICA N° 2 VARIABLES CUANTITATIVAS	9
GRÁFICA N° 3 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES POR FASES DE INVESTIGACIÓN	12
GRÁFICA N° 4 NORMA ICONTEC.....	18
GRÁFICA N° 5 REGLAMENTO NSR-10	18
GRÁFICA N° 6 GUÍA DE TRABAJO SEGURO EN EXCAVACIONES	19
GRÁFICA N° 7 TOTAL GRADUADOS INGENIERÍA CIVIL EN LOS AÑOS 2001 AL 2016	20
GRÁFICA N° 8 TOTAL GRADUADOS ESPECIALIZACIÓN INGENIERÍA CIVIL EN BOGOTÁ 2010 AL 2016	21
GRÁFICA N° 9 PROYECCIÓN GRADUADOS ESPECIALIZACIÓN INGENIERÍA CIVIL EN BOGOTÁ 2018	21
GRÁFICA N° 10 PROYECCIÓN GRADUADOS ESPECIALIZACIÓN INGENIERÍA CIVIL EN BOGOTÁ 2018	22
GRÁFICA N° 11 ENTRADAS, HERRAMIENTAS Y SALIDAS DEL PROCESO – GESTIÓN DEL ALCANCE	25
GRÁFICA N° 12 ENTRADAS, HERRAMIENTAS Y SALIDAS DEL PROCESO – CREACIÓN DE LA EDT	26

Introducción

La gestión del alcance como parte fundamental de un proyecto, incluye todos los procesos necesarios para garantizar que se realice con éxito, la gestión del alcance del proyecto se enfoca primordialmente en definir y controlar de manera exacta lo que se debe incluir y lo que no, dentro de un proyecto.

Debido a los últimos acontecimientos, en los que están involucrados los megaproyectos para el desarrollo de la infraestructura del país, se evidencia la falta de gestión del alcance, por tal motivo es necesario replantear los procesos que llevan a cabo los responsables de la planeación del proyecto, con el fin de que se evalúen todos los riesgos que rodean al proyecto, ya que se pueden evidenciar retrasos considerables y sobrecostos por la ejecución de obras adicionales que no estaban planteadas dentro del alcance del contrato.

Además de esto, se puede identificar que los métodos tradicionales de construcción de edificios involucran la construcción de uno o varios sótanos, los cuales son utilizados generalmente como parqueaderos; y de la misma forma en la etapa preliminar podemos identificar procesos relevantes tales como: replanteo general, levantamientos topográficos, obras de estabilización, entre otros. Pero el objetivo real del proyecto es analizar de manera adecuada la gestión del alcance dentro del proceso de excavación en roca considerando todas las variables o riesgos que se puedan llegar a presentar durante la etapa constructiva, y de esta manera generar ahorros considerables en tiempo y dinero, para lograr la satisfacción del cliente con la entrega oportuna del proyecto y balances financieros satisfactorios.

El presente trabajo se lleva a cabo para desarrollar una herramienta práctica que facilite elaborar la gestión del alcance en una actividad de excavación en roca, dentro un proyecto que involucre la construcción de uno o dos sótanos, bajo los principios de la guía del PMBOK de su quinta edición en el capítulo 5. [1]

1 Generalidades

Antes de iniciar con desarrollo de la formulación del proyecto, es importante mencionar los aspectos constructivos relevantes y tradicionales que se deben tener en cuenta durante la ejecución de un proceso de excavación para la construcción de uno o varios sótanos:

Como primera actividad se realiza una inspección visual del terreno, en donde el objetivo es apreciar de una mejor manera cómo se ejecutarán los trabajos de excavación en áreas urbanas [2].

Seguido a esto se verifica de manera previa el método que será empleado para la protección de taludes, para de esta forma llegar a determinar la cantidad de cortes necesarios en la ejecución de las actividades de excavación.

De la misma forma se deberán ejecutar actividades preliminares tales como: obras de protección sobre las áreas directamente afectadas y sectores aledaños, construcción del cerramiento de obra y delimitación de la zona de obra, cubicación de las volquetas que transportaran el material de excavación, además de esto se deberá evaluar la protección de las edificaciones aledañas para evitar posibles daños en las estructuras. También se debe realizar la limpieza del área de excavación, lo cual consiste en la remoción de todos los elementos que se encuentren sobre la superficie del terreno y que sean un obstáculo para el proceso de excavación.

Seguido a esto se podrá dar inicio al proceso de excavación bajo las siguientes consideraciones:

- Realizar un chequeo en terreno sobre el estudio de suelos que fue ejecutado para la construcción de las obras de cimentación, esto con el fin de verificar el tipo de material que será excavado.
- El trazado para el área de corte dependerá directamente del tipo de estructura que va a ser construida para la protección de taludes, es decir que previo al inicio de las excavaciones debemos tener el diseño aprobado de las estructuras de contención que serán construidas en el perímetro del área de influencia.
- Se debe elaborar un esquema sobre la ubicación de la rampa para la salida de los vehículos que transportaran el material de excavación, lo cual dependerá de la profundidad y la forma que tenga el terreno a excavar, dicho elemento se deberá ubicar en donde no obstruya el proceso de excavación, y las dimensiones deberán ser las necesarias para una buena maniobrabilidad de las máquinas que serán utilizadas en la obra; anexo a esto se deberán evaluar los taludes q serán construidos para el soporte de dicha rampa, teniendo en cuenta el tipo y el estado del material existente.
- Para el trazado de la cimentación aislada se deberá contar con un plano detallado en donde se indiquen las dimensiones de excavación de dichos cimientos; seguido a esto se debe hacer un replanteo de la ubicación y los niveles finales, para que no se presenten sobre-excavaciones.
- Por último, se deberá verificar el acabado final de las excavaciones, lo cual consistirá en dejar una superficie lisa en las paredes y el fondo de las mismas, en donde las dimensiones deberán ser la mismas que aparezcan en los planos del proyecto; se deben tener en cuenta los procedimientos adicionales para brindar estabilidad sobre las obras, y con esto dar entrega satisfactoria al cliente.

1.1 Línea de investigación

Gestión Integral y Dinámica de las Organizaciones Empresariales.

1.2 Planteamiento del problema

Dentro de la actualidad de las grandes, medianas y/o pequeñas empresas de construcción se puede identificar la necesidad de llevar a cabo múltiples actividades y procesos para la ejecución de un proyecto de obra; pero de la misma forma también se hace necesario organizar el trabajo de los profesionales para hacerlo eficiente, práctico y menos riesgoso, lo cual es preciso efectuar a través de un instructivo bajo la guía PMI [1] en su quinta edición. En donde también se ha podido identificar que dichas empresas no tienen incluido dentro de su plan de calidad implementar algún tipo de alternativa para mitigar dicha problemática.

Hoy las empresas conservan su metodología de aceptación del alcance porque les ha resultado eficaz a sus necesidades en los proyectos que han ejecutado aun teniendo variables que se escapan y les cuesta, pero esta problemática, aunque evidente a nadie le importa, la falta de tener una metodología clara, consecuente y experimentada como el PMI [1] es real.

Debido al amplio campo de acción de la guía PMI [1] dentro de un proyecto de construcción vertical y al limitado tiempo de investigación, se considera para esta investigación solo la actividad de excavación en roca, consecuentemente a la relevancia que tiene dentro del proceso constructivo y a los riesgos asociados que se generan por las variables geotécnicas.

1.2.1 Antecedentes del Problema

La indagación del material bibliográfico base para esta investigación, determino que aún no está definida una metodología bajo la guía PMI [1], que proyecte o modele las dificultades en la actividad de excavación en roca, teniendo en cuenta o referencia la aceptación de la dirección de proyectos como la aplicación de conocimientos guías en los procesos, habilidades, herramientas y técnicas que pueden tener un impacto considerable en el éxito de un proyecto.

La actualidad enmarcada en un muy acelerado proceso de globalización, los cambios que avanzan en forma vertiginosa afectan a la sociedad a todo nivel y en todos los aspectos. Este cambio disuelve todas las rutinas, cuestiona todos los hábitos y revoluciona todos y cada uno los criterios hasta hoy usados. Es así, como la gerencia de Obras se convierte en una poderosa herramienta para la transformación de la sociedad en general, especialmente de las relacionadas con el sector de la construcción.

1.2.1.1 Antecedentes Históricos del Proceso Constructivo y por qué es un problema

Con muchas razones el gremio de la construcción se caracteriza por tener procesos constructivos muy complejos, y se deja en olvido un porcentaje considerable sobre las tareas de la planeación. La planeación del alcance de un proyecto se hace indispensable para poder garantizar que el proyecto se concluirá, y mejor aún, tendrá como verificar su conclusión.

Por lo anterior, resulta importante que en Colombia se esté incursionando en metodologías ágiles como lo es la guía PMBOK en su 5ta edición [1], ya que como se había mencionado, se han evidenciado que muchos profesionales del sector de la construcción conocen ampliamente los procesos técnicos, pero se debe hacer mejoras en los procesos gerenciales y es ahí donde nace el deseo de este proyecto, con el fin de brindar una herramienta que oriente a los profesionales en construcción que desempeñan cargos de nivel directivo de cualquier compañía que desarrolle proyectos de obra civil donde se use los diferentes procesos de excavación en roca para la construcción de sótanos donde se pueda aplicar los conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto y la implementación adecuada del proceso de planificación de la dirección de proyectos.

1.2.2 Pregunta de Investigación

¿Las pautas que da el PMBOK 5ta Edición, en cuanto a la gestión del alcance, son suficientes para una correcta planeación en la actividad de excavación en roca para un proyecto que involucre la construcción de la cimentación y un sótano en un edificio residencial de 8 pisos?

1.2.3 Variables del problema

Para definir las variables del problema se debe identificar la naturaleza de los datos pertinentes al objetivo de la investigación, las variables identificadas son netamente deductivas y de concepto cuantitativo las cuales tienen relación directa con la cantidad, por lo tanto, sus variables son siempre medibles. El concepto cualitativo tiene relación directa con calidad, por lo tanto, sus variables son siempre interpretativas. Este análisis se efectúa en dos fases, una primera fase cualitativa cuando se identifica y define las características del proyecto (probabilidad e impacto) y una segunda cuantitativa cuando se valora los efectos e importancia.

Cualitativas: Las variables cualitativas tienen un enfoque atributivo que utiliza un método inductivo, que se caracteriza por ir de lo particular a lo general, recopilará variables cualitativas, las variables cualitativas que aplican para el proyecto de excavación, son las que identifican el comportamiento del proceso, y que dependiendo de su reconocimiento e interpretación logran ser determinantes para la aplicación de respuesta por parte de los directores de obra, a continuación, se realizará una descripción de cómo y por qué afecta el proceso de excavación en roca.

Gráfica N° 1 VARIABLES CUALITATIVAS



Fuente: Elaboración Propia a partir de la Investigación

En la gráfica 1, se tipifican variables cualitativas del proyecto de excavación por niveles, aunque tienen características de cualidades, su análisis demuestra que arrojan conceptos que se interpretan con orden de magnitud, veremos por qué:

Tipo de material a excavar: se debe tener en cuenta para el rendimiento de la excavación en función de las características geotécnicas del suelo, porque es diferente excavar en roca, lodo, arcilla dura, arcilla blanda, arena entre otros.

Nivel freático: se debe tener en cuenta para tomar las medidas a tomar para abatir el nivel freático, esta variable afecta el rendimiento obligando a suministrar a la obra logística adecuada que permita abatir el nivel freático para avanzar en la excavación, si está dentro de la altura de la excavación o pensar en que puede aflorar por el vacío de material retirado sobre él.

Cercanía tipo de obras y vías existentes: para diseñar el sistema de apuntalamiento que se debe hacer para contener el talud que sostiene las obras adyacentes al proyecto.

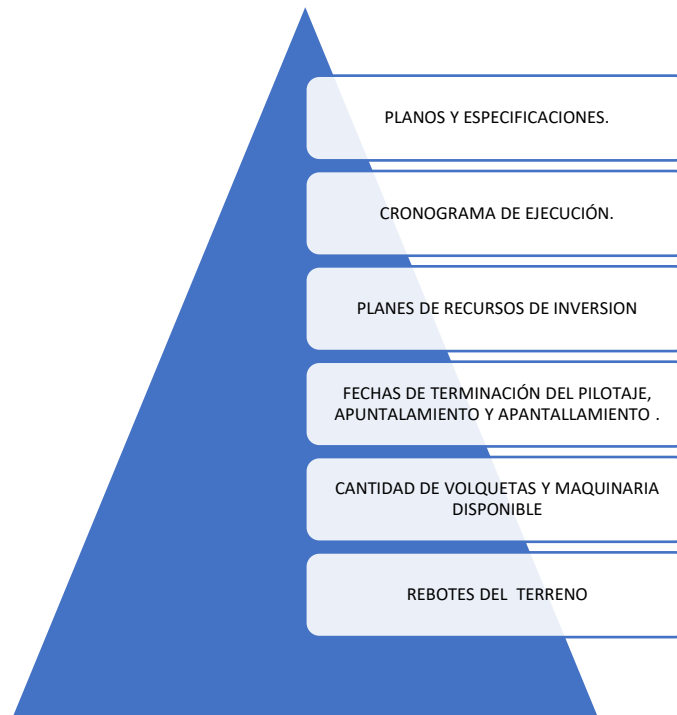
Clima: Determinar la época a la que se enfrenta la excavación afecta directamente el rendimiento.

Horarios de pico y placa ambiental: se debe tener en cuenta para determinar el rendimiento de la excavación

Cuantitativas: Una investigación de enfoque cuantitativo utiliza un método deductivo que se caracteriza por ir de lo general a lo particular, recopilará variables cuantitativas, o sea, datos numéricos, estas características se refieren a la naturaleza numérica de datos, métodos, el análisis cuantitativo de las variables del proceso de excavación, en función de la planificación, están dirigidas esencialmente a los factores asociados a los recursos, la oportunidad de la gestión y la incidencia de las variables del entorno. Entre ellas se encuentran la gestión de la mano de obra y el aprovechamiento de los equipos, elementos vitales en los rendimientos de la ejecución y en las probabilidades de éxito,

estas son variables cuantitativas, dan el orden de magnitud para interpretar el proceso de excavación mediante aspectos medibles.

Gráfica Nº 2 VARIABLES CUANTITATIVAS



Fuente: Elaboración Propia a partir de la Investigación

En la gráfica 2, se muestran las variables cuantitativas, que son la cantidad de instrumentos técnicos y legales que regulan la estabilidad legal y profesional del proceso de excavación, que nos definen el valor estimado de los aspectos limitantes del alcance de la obra, que nos permite reconocer la extensión del proyecto entendiendo su condición y objetivo, a continuación, se definen las variables que aplican para nuestra investigación.

Documentos contractuales (contrato, oferta, base normativa, etc.), son documentos contractuales (vinculantes), este aspecto cuantitativo permite determinar condiciones administrativas los costos reales de la actividad, los cánones normativos de la de la contratación, el valor de la necesidad y oferta.

Cronograma de ejecución: representa las limitaciones temporales que existen en el proyecto en cada hito o actividad del proyecto, en esta variable es necesario establecer mediciones de desempeño por adelantado con la finalidad de revisar el progreso del avance, este cronograma puede ser formal o informal, pero será parte del plan para la dirección del proyecto. A continuación, se detallarán sus componentes:

Planes de recursos o de inversión: al proyecto el capital necesario bien sea en moneda o logística para realizar los dinamisismos del proyecto mediante las previsiones propias de la empresa contratante.

Características del entorno nos permite determinar cómo ejecutaremos las actividades cuando esté realizándose el proceso de excavación proyectando el comportamiento del proceso hacia el medio.

Distancia de la obra al botadero: se debe tener en cuenta para determinar el rendimiento de la excavación.

Rebotes del terreno: se debe calcular para cuantificar la cota de cimentación. Fechas de terminación del pilotaje, apuntalamiento y apantallamiento.

Cantidad de volquetas y maquinaria disponible: se debe tener en cuenta para determinar el rendimiento de la excavación.

1.3 Justificación

En Colombia se presentan de forma permanente problemas relacionados con el ámbito de construcciones verticales, específicamente en las edificaciones que poseen sótanos; es importante mencionar que estas edificaciones siempre han estado bien posicionadas en el mercado, ya que proporcionan una solución práctica y duradera a las necesidades de las comunidades, en cuestión de parqueaderos y zonas de almacenamiento.

Las pérdidas económicas por la mala planeación de los procesos constructivos, junto con las malas decisiones a la hora de gerenciar un proyecto y la omisión de actividades relevantes, conllevan a deficientes procesos por parte del grupo de Ingenieros que integran un proyecto; lo que se expresa en resultados negativos a nivel económico y técnico, en donde dichos factores llegarían a converger en obras deficientes e inseguras. Las actividades previas a la realización de la excavación son complejas y de la misma forma muy confusa, por esta razón es necesario proporcionar a la comunidad ingenieril una herramienta práctica que facilite elaborar la gestión del alcance en las obras de excavación en roca.

Por lo anteriormente expresado se hace indispensable contar con una guía detallada para seguir un proceso desde el ámbito gerencial eficiente y con objetivos concretos y un proceso bien estructurado, que refleje la trazabilidad del proyecto de forma controlada y enfocada en las excavaciones que se deben realizar en un suelo de material rocoso.

Esta realidad se ve reflejada en nuestro país, tal y como se ha dado a conocer por los medios de comunicación; podemos mencionar ejemplos de proyectos desastrosos tales como las obras adjudicadas al grupo Nule, las torres Space en Medellín, la represa de Ituango, entre otros.

1.4 Hipótesis

Los proyectos de ingeniería necesitan un programa de actividades y un alcance estrictamente definido y planificado, de esta manera las obras podrán abarcar todas las actividades necesarias para que el proyecto tenga un comienzo y un fin, sin excederse en actividades que desencadenen un sobrecosto directo al proyecto, principalmente cuando las obras deben ser ejecutadas en niveles negativos y con material rocoso; por eso se considera fundamental realizar un instructivo de guía para el manejo de las actividades realizadas en la excavación en roca.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Definir el proceso y los aspectos que se debe llevar a cabo para la realización de la gestión del alcance en las actividades de excavación en roca necesaria para la construcción del sótano y cimentación en un edificio residencial de 8 pisos.

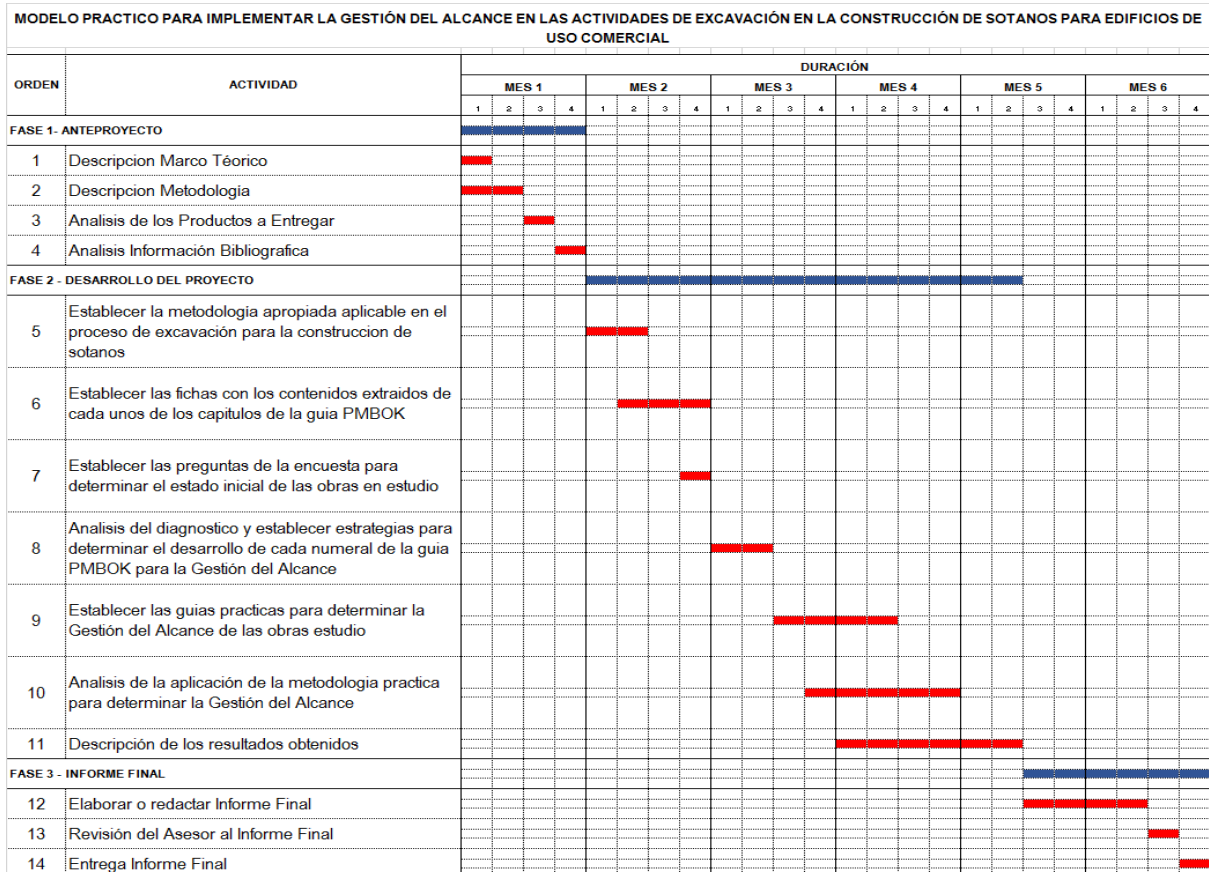
1.5.2 Objetivos Específicos

- Planificar la gestión del alcance mediante la metodología PMBOK 5ta Edición, en la actividad de excavación en roca para la construcción del sótano y cimentación en un edificio residencial de 8 pisos.
- Documentar las necesidades y los requisitos de los interesados, para cumplir con los objetivos del proyecto en investigación.
- Entregar al Director de obra una descripción detallada de la actividad denominada excavación en roca, mediante los formatos contenidos en el numeral 5 del PMBOK 5ta Edición.
- Controlar la gestión del alcance dentro del proceso de planificación para la actividad de excavación en roca, a través una herramienta práctica y funcional.

1.6 Cronograma

A continuación, se muestra una distribución de tareas asociadas a diferentes fases de ejecución de investigación como se muestra en la gráfica N° 3

Gráfica N° 3 Cronograma de Actividades por Fases de Investigación



Fuente: Propia a partir de la Investigación

Tabla N° 1 Presupuesto estimado investigación

RUBROS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
PERSONAL	\$ 0	\$ 0
EQUIPOS	\$ 135.000	\$ 675.000
SOFTWARE	\$ 0	\$ 0
MATERIALES	\$ 27.000	\$ 135.000
SALIDAS DE CAMPO	\$ 2.500	\$ 250.000
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO	\$ 50.000	\$ 100.000
PUBLICACIONES Y PATENTES	\$ 0	\$ 0
SERVICIOS TÉCNICOS	\$ 110.000	\$ 550.000
VIAJES	\$ 0	\$ 0
CONSTRUCCIONES	\$ 0	\$ 0
MANTENIMIENTO	\$ 0	\$ 0
ADMINISTRACION	\$ 250.000	\$ 1.250.000
TOTAL		\$ 2.960.000

Fuente: Plantilla Anteproyecto Universidad Católica

Tabla N° 2 Valoración de las salidas de campo (En Pesos)

ITEM	COSTO UNITARIO	#	TOTAL
Entrevistas profesionales	\$ 2.500	40	\$ 100.000
Salidas de campo	\$ 2.500	40	\$ 100.000
Investigación y tutorías	\$ 2.500	20	\$ 50.000
TOTAL			\$ 250.000

Fuente: Plantilla Anteproyecto Universidad Católica

2 Marcos de referencia

Metodología para la ejecución y control de excavaciones en sótanos para edificios. Luis Roberto Moscoso Barrios [3]. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería civil.

Este documento nos aportara en gran detalle los procesos de excavación y construcción de sótanos.

2.1 Marco Conceptual

La Gestión del Alcance del Proyecto incluye los procesos necesarios para asegurarse que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y sólo el trabajo requerido, para completar el proyecto satisfactoriamente. La gestión del alcance del proyecto se relaciona principalmente con la definición y el control de lo que está y no está incluido en el proyecto.

Con el fin de desarrollar satisfactoriamente la ejecución de un proyecto de construcción de un sótano es necesario evaluar los factores ambientales del entorno donde se desarrolla la excavación del proyecto, cuáles son los recursos dados por la organización a cargo del proyecto y si estos se ajustan a los establecidos por la misma organización y de esta forma acceder a desarrollar un formulario llamado “Acta de constitución del proyecto” que resume significativamente las metas establecidas para la excavación del sótano. Los pasos relacionados en un flujograma establecen una hoja de ruta

con la cual encaja perfectamente con los lineamientos dados por la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos PMBOK 5ta Edición.

Dentro de la investigación que se ha llevado a cabo, para verificar y/o consultar la existencia de proyectos similares, se han podido identificar las siguientes monografías:

Un primer trabajo corresponde a Moscoso (2011) [3], quien realizó el trabajo de grado: “Metodología para la ejecución y control de excavaciones en sótanos para edificios”. En este trabajaron la mayoría de los temas relacionados con la excavación como lo son las definiciones de términos, procedimientos de construcción y actividades de control y seguridad en excavaciones.

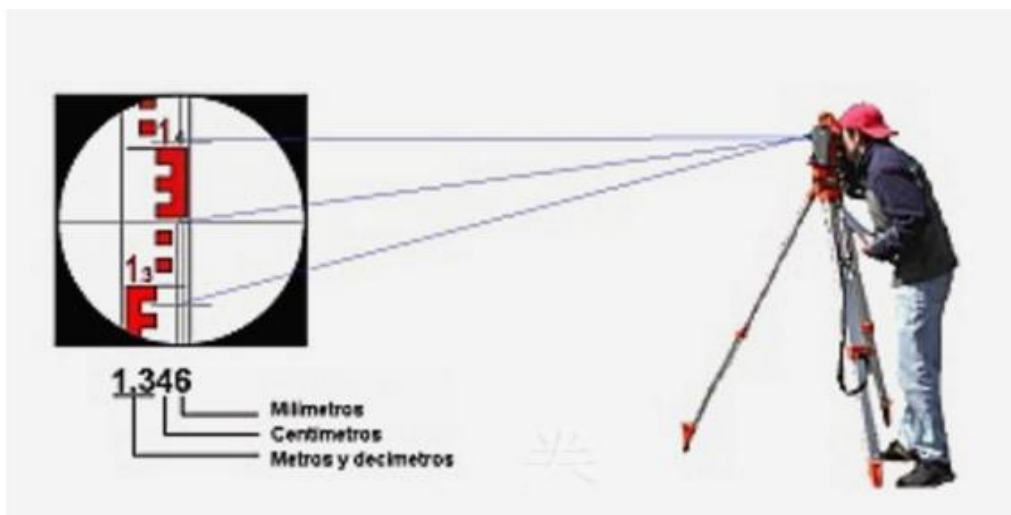
Un segundo trabajo de Peña (2004), en su tesis doctoral que se denomina: “Proyecto de muros de sótano, sometido a cargas verticales originadas por pilares de fachadas”. En la cual nos permite observar teorías sobre excavaciones aplicadas a un escenario en particular el cual es normalmente encontrado en este tipo de actividades. El trabajo permite tener presente la interacción y comportamientos de la superestructura y el terreno donde se ejecuta el proyecto.

Un tercer trabajo de Martínez Moya (2011), lleva por título: “Ejecución de sótano de aparcamiento de vehículos de seis plantas de profundidad sobre pantallas de contención para solo 4 plantas de profundidad”. Se trata de un proyecto especial, el cual da a conocer la complejidad y algunas de las situaciones que pueden encontrarse en la ejecución de una superestructura en medio de la ciudad y con cercanía a una fuente hídrica.

El proceso constructivo para la construcción de un sótano está basado en los siguientes pasos:

2.1.1 Replanteo

Imagen N° 1 Trabajos de Topografía



Fuente: <http://axisima.com/en-que-consiste-la-nivelacion-topografica/>

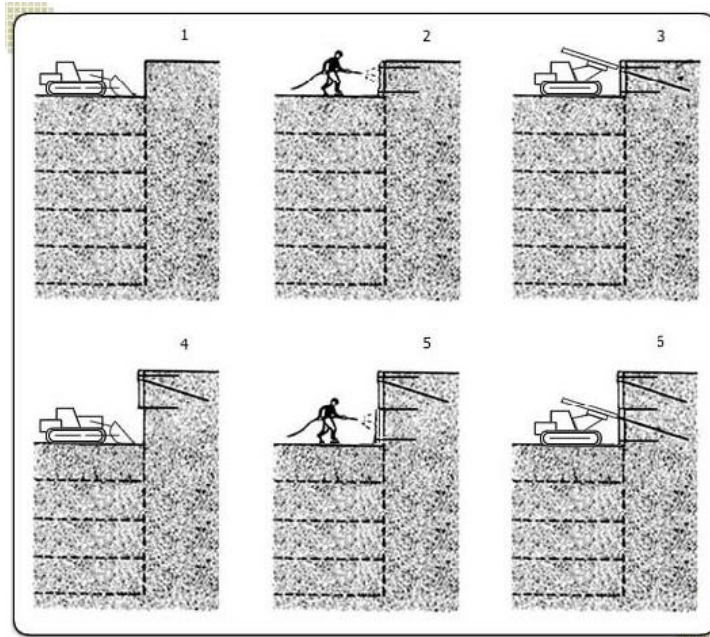
2.1.2 Métodos de Protección de taludes

Imagen N° 2 Estabilización con Table-estacado



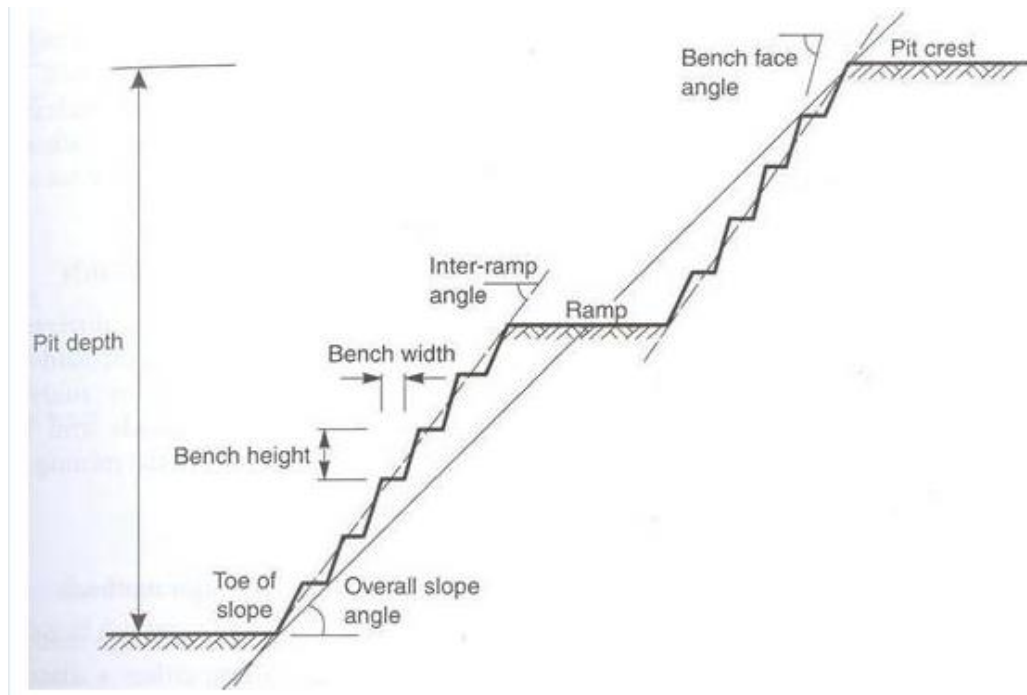
Fuente: <http://facingyconst.blogspot.com/2009/04/anclaje-y-estabilizacion-de.html>

Imagen N° 3 Estabilización con anclas y concreto lanzado



Fuente: <http://facingyconst.blogspot.com/2009/04/anclaje-y-estabilizacion-de.html>

Imagen N° 2 Geometría para diseños de taludes temporales



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/mecanica-rocas-ingenieria-minas/mecanica-rocas-ingenieria-minas2.shtml>

2.1.3 Excavación Mecánica

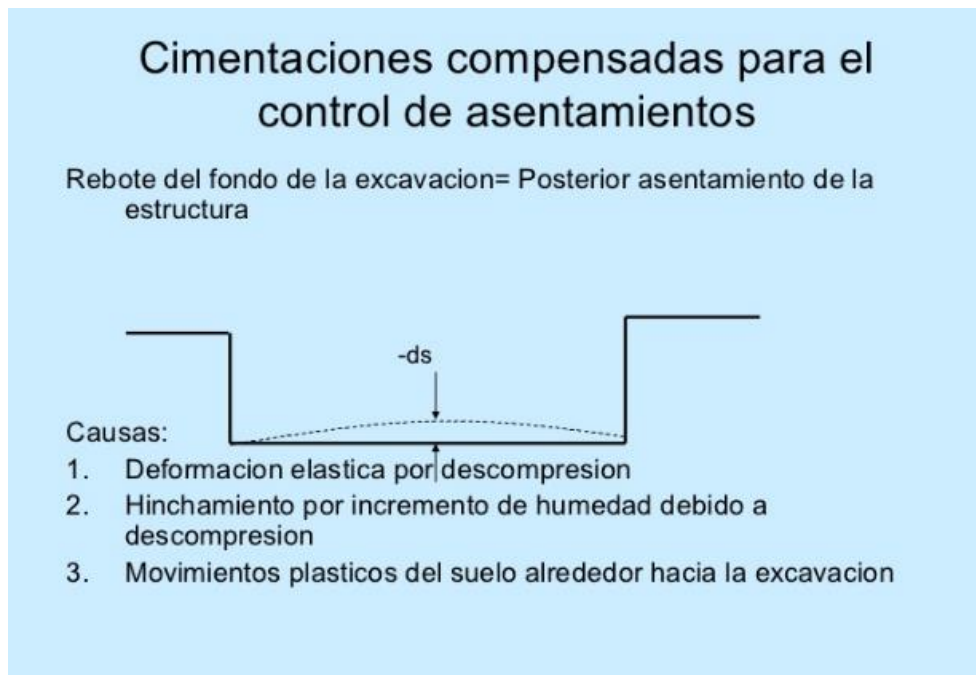
Imagen N° 3 Excavación y retiro de materiales



Fuente: <http://padegua.com/servicios/movimiento-de-tierra/>

2.1.4 Rebote del fondo de excavación:

Imagen N° 4 Excavación y retiro de materiales



Fuente: <https://es.slideshare.net/CarlosMoreno81/placas-de-cimentacion>

2.1.5 Construcción placa de cimentación:

Imagen N° 5 Proceso constructivo de placa de cimentación

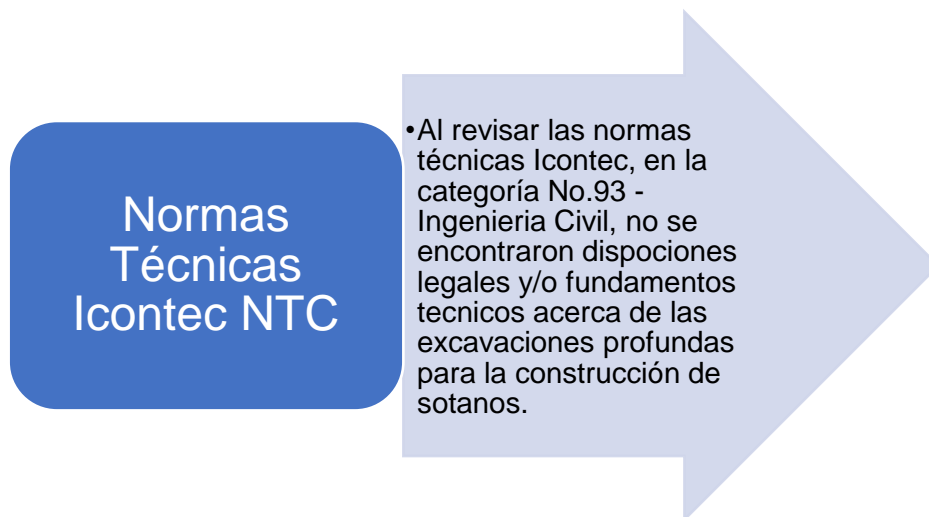


Fuente: <http://blog.360gradosenconcreto.com/banco-de-la-nacion-de-peru-control-de-temperatura-en-estructuras-de-concreto/>

2.2 Marco Normativo

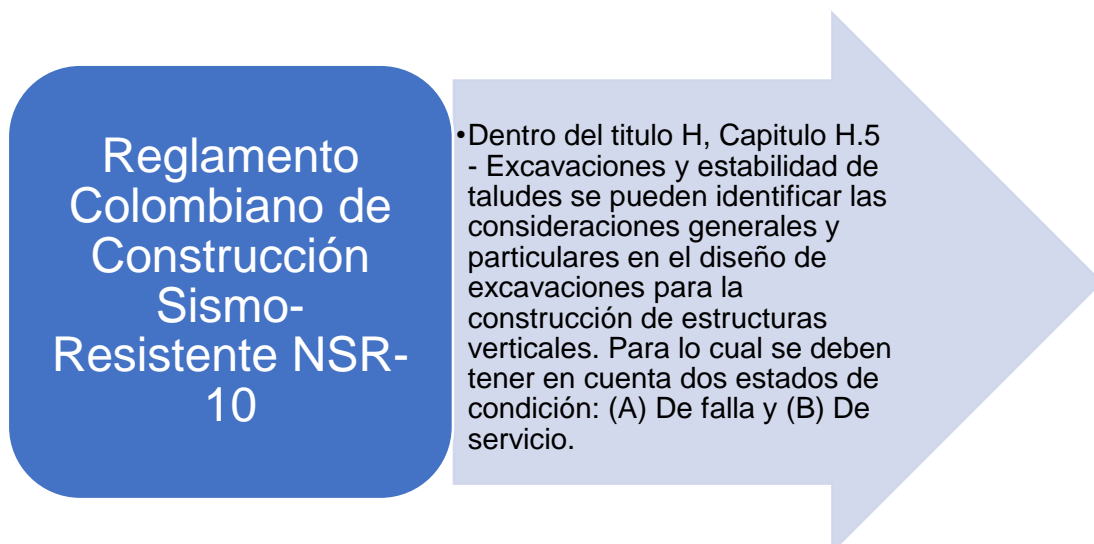
Según la investigación realizada sobre la normatividad vigente en el país, se pudieron identificar los siguientes aspectos relevantes:

Gráfica Nº 4 Norma Icontec



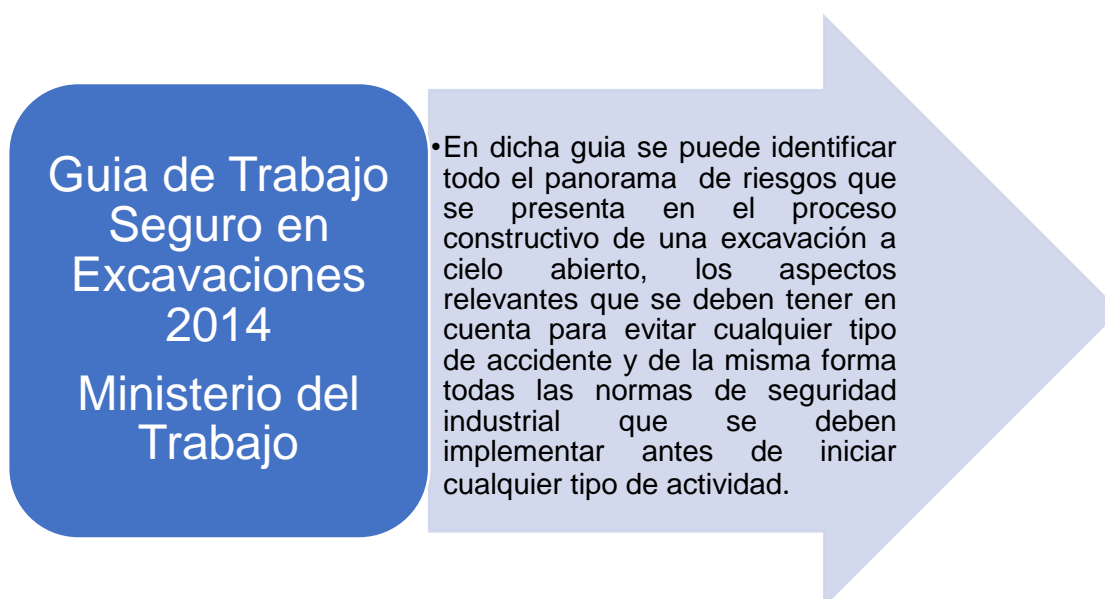
Fuente: Elaboración Propia a partir de la Investigación

Gráfica Nº 5 Reglamento NSR-10



Fuente: Elaboración Propia a partir de la Investigación

Gráfica Nº 6 Guía de Trabajo Seguro en Excavaciones



Fuente: Elaboración Propia a partir de la Investigación

2.3 Marco Geográfico

El proyecto de investigación propone establecer un proyecto de construcción en el sector de la ciudad de Bogotá localizado en la Carrera 4 con calle 78 barrio Los Rosales, en la localidad de Chapinero, cerca al club el Nogal y el centro comercial Andino, sector donde se adelanta el proyecto constructivo “Edificio Residencial Taller 6” , del grupo empresarial ALINEA [4]¹; en el sector descrito anteriormente se han venido desarrollando proyectos de infraestructura residencial, este desarrollo cuenta con una ventaja que otros sectores de la ciudad de Bogotá no tiene y es el tipo de suelo al ser rocoso para generar mayor estabilidad en la estructura ya que el resto de la ciudad de Bogotá se encuentra sobre suelo arcilloso y limoso, lo que hace es que este sector conlleve a un cambio en los modelos arquitectónicos orientados a un concepto amigable con el medio ambiente y sus elementos estructurales de edificación de dicha zona, lo que supone un atractivo del sector para el desarrollo de proyectos residenciales de gran altura, construyendo una base diferente en la ciudad, caracterizándose como una zona única en comparación con el occidente de la urbe capitalina.

Con lo descrito en el anterior párrafo las construcciones en la zona están innovando su diseño arquitectónico ya que contempla la construcción de parqueaderos de los vehículos de los residentes o visitas, lo que hace que este sector con toda seguridad se construyan edificaciones de uso residencial con varios sótanos, y que genera de primera mano un nicho para implementar la cartilla producto de la actual investigación.

¹ Firma constructora filial del grupo CONCRESCOL S.A que desarrolla proyectos de construcción de edificaciones destinadas a vivienda - <http://concre scol.com/productos-y-servicios/soluciones-de-vivienda/>

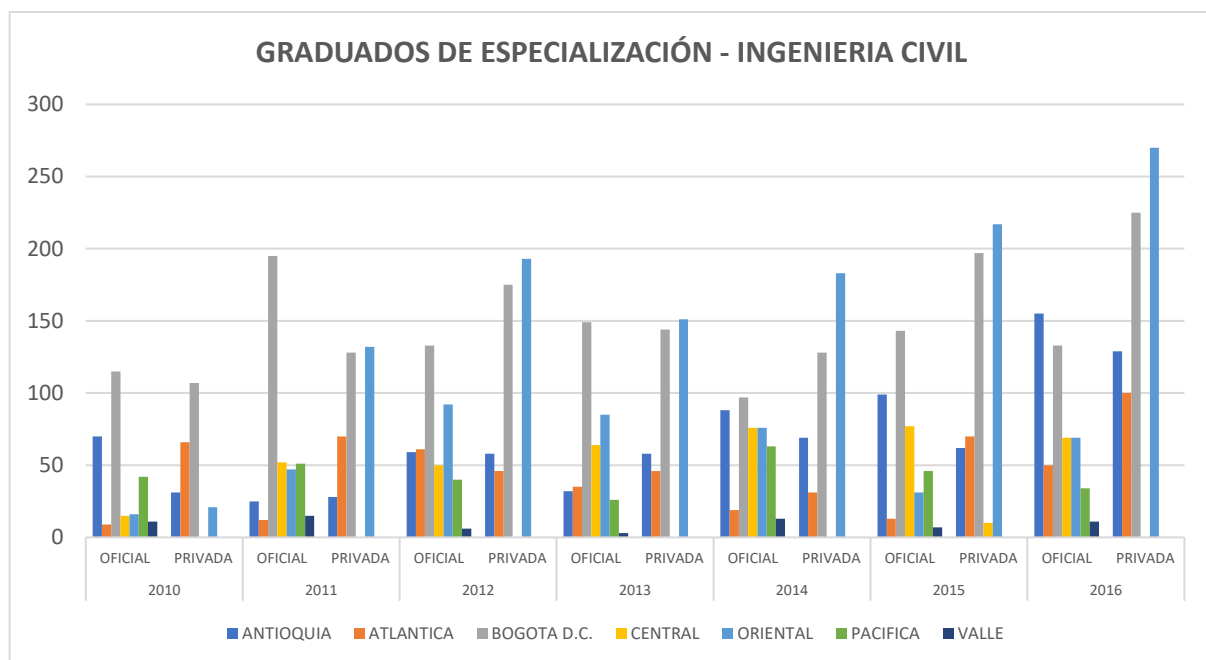
2.4 Marco Demográfico

Los profesionales que desempeñan cargos de dirección en la construcción de obras de edificaciones con sótanos son en su mayoría ingenieros civiles. Esta investigación pretende acceder a este grupo para proponer una metodología a evaluar con planeación el desarrollo de las actividades relacionadas con la ejecución de la excavación en roca.

Pero es necesario dar una mirada general a esta agremiación que viene presentando cambio que entidades como la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (Acofi), que agrupa a 81 universidades de todo el país, advirtió en un reciente estudio que cada vez existen menos ingenieros en Colombia² esta situación cierre el espectro de estudio.

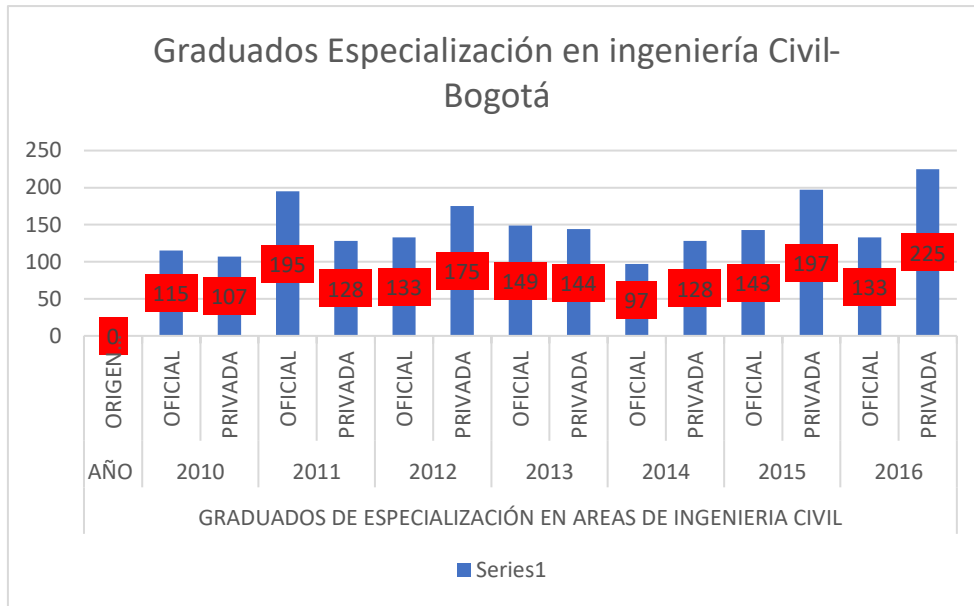
El Observatorio Laboral para la Educación consolida la estadística de graduados en diferentes áreas del saber cómo se puede observar a continuación:

Gráfica N° 7 Total graduados Ingeniería Civil en los años 2001 al 2016

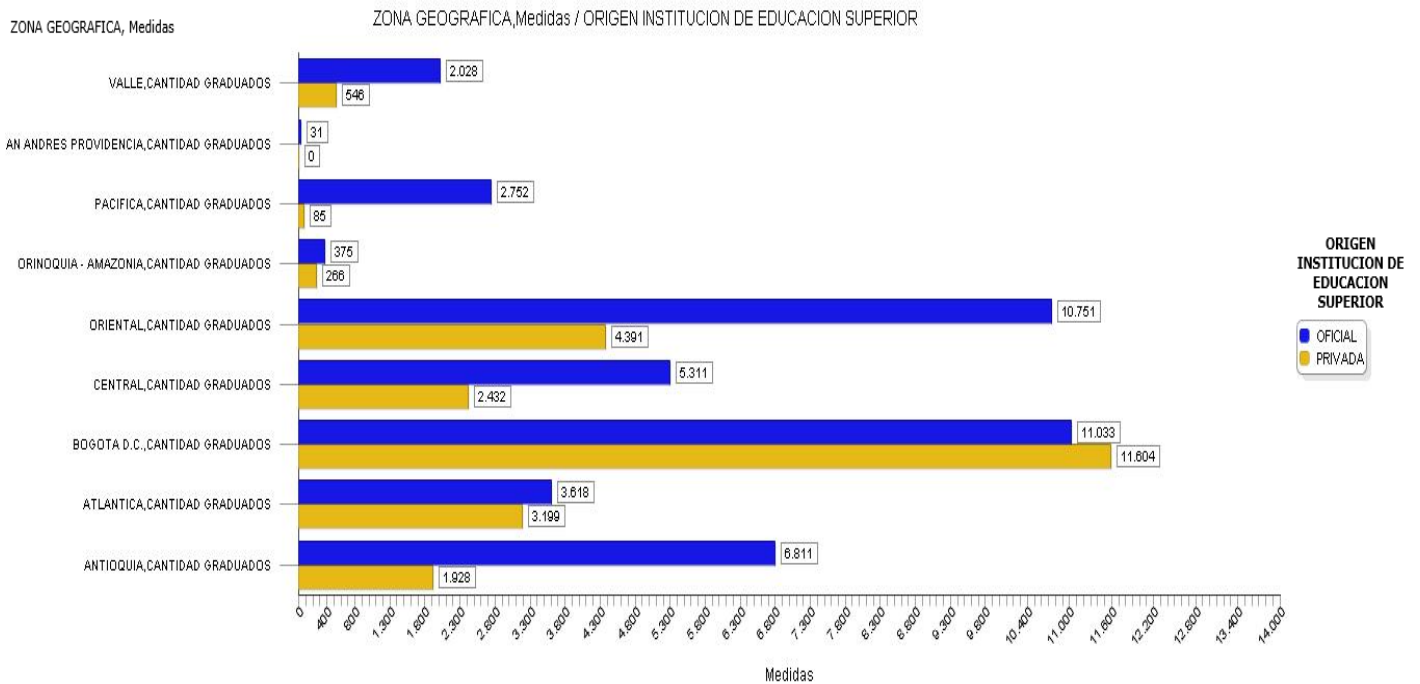


Fuente: <http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/w3-channel.html>

²Análisis efectuado en un estudio efectuado ACOFI en el artículo citado por la revista Construda en: http://www.construdata.com/bancoconocimiento/s/se_acabaron_los_ingenieros_civiles_en_colombia/se_acabar_on_los_ingenieros_civiles_en_colombia.asp

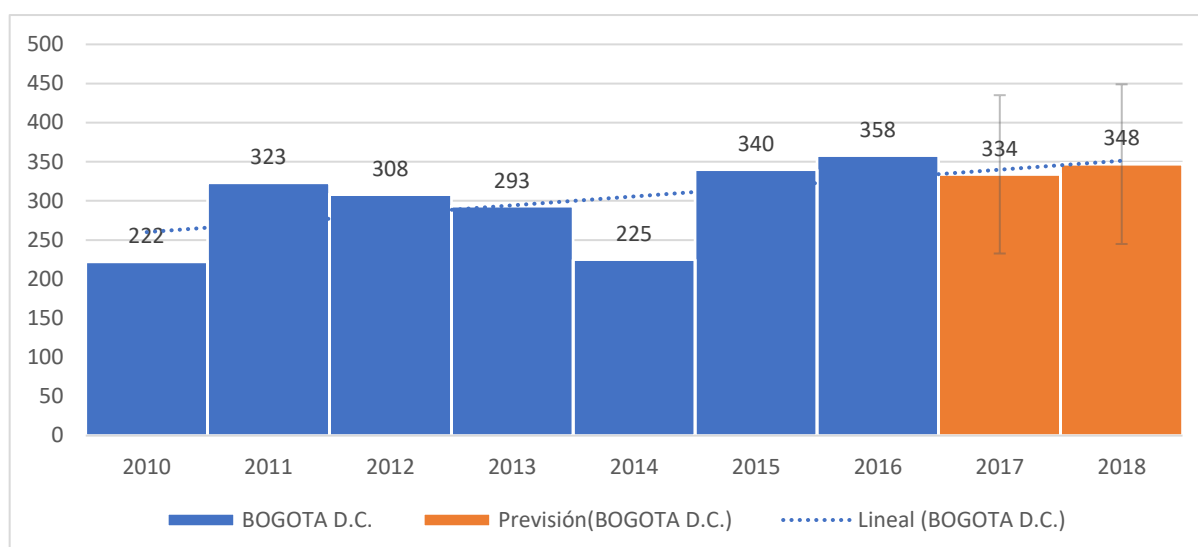


Fuente: Elaboración Propia a partir de la Investigación



Fuente: Elaboración Propia a partir de la Investigación

Gráfica N° 1010 Proyección graduados Especialización Ingeniería Civil en Bogotá 2018



Fuente: Elaboración Propia a partir de la Investigación

De la información mostrada por el Observatorio Laboral para la Educación se puede determinar que de la proyección como especialistas en áreas de la ingeniería civil pueden ser 348 graduados, de esta muestra aproximadamente el 20% son graduados como especialista en Gerencia de Obras o afines, estos 70 ingenieros que pueden ocupar cargos directivos en la construcción de obras con las características de estructuras con sótanos para uso residencial o comercial son nuestra población objetivo.

Marco demográfico	
Departamento:	Cundinamarca.
Municipio:	Bogotá D.C
Área de estudio:	Determinación del alcance en proyectos de obras civiles que contemplan la Construcción de Sótanos (Excavaciones).
Número de empresas constructoras facultadas para realizar este tipo de proyectos:	Existen aproximadamente 157 empresas con capacidad de desarrollar estos proyectos.
Numero de ingenieros interesados en este tipo de proyectos:	(por constatar)

Este trabajo está enfocado a propiciar información de utilidad técnica a los profesionales de la ingeniería civil que se desempeñen como directores o gerentes de obras y las empresas dedicadas a la construcción de edificios residenciales o comerciales que contemplan la excavación y construcción de sótanos en suelo rocoso, los cuales deben cumplir la normatividad y las especificaciones técnicas, dependiendo de aspectos particulares que se incluirán en el documento.

3 Metodología

3.1 Fases del Trabajo de Grado

Las fases contempladas en el desarrollo del trabajo son:

- 3.1.1** Definición del tema a investigar en el trabajo.
- 3.1.2.** Investigación y recolección de información en forma general sobre el trabajo a realizar.
- 3.1.3.** Planteamiento del problema el cual una vez definido se resolverá con el trabajo a realizar.
- 3.1.4.** Análisis del entorno y posicionamiento del problema.
- 3.1.5.** Realizar la investigación a fin de que se resuelva la situación problemática.
- 3.1.6.** Formulación del proyecto a realizar.
- 3.1.7.** Conclusiones y recomendaciones.

3.2 Instrumentos o Herramientas Utilizadas

Los instrumentos y/o herramientas utilizadas serán las investigaciones en documentos técnicos, entrevistas con personas capacitadas en la gerencia de proyectos y reuniones con las empresas dedicadas a los diferentes tipos de obras que contemplan excavaciones y construcción de sótanos en suelos de material rocoso.

3.3 Población y Muestra

La población a la cual se le aplicará los diferentes instrumentos para obtener información y lograr conclusiones demostrables será la población involucrada en la industria de la construcción como ingenieros independientes, empresas, consorcios, entre otros, la cual brindara un campo de conocimiento mayor a la hora de llegar a establecer los parámetros fundamentales que definen el alcance de un proyecto que tenga contemplado dentro de sus actividades la excavación en roca para la construcción de sótanos.

3.4 Alcances y Limitaciones

El alcance del trabajo es cubrir una población que hace que su experiencia laboral en el desarrollo de construcciones con sótanos, no incorpore los lineamientos de la guía para la dirección de los proyectos y brindar una visión más detallada y efectiva a la hora de definir el alcance de un proyecto de excavación y construcción de sótanos en material rocoso, dándole así al gerente o director de obra una ventaja estratégica para evitar que se presenten actividades extras en los proyectos reflejándose en sobre costos y tiempo de duración.

Las limitaciones estarán dadas por el usuario de la herramienta, pues este decidirá hasta qué punto sigue las indicaciones del instrumento.

4 Productos por entregar

Elaborar un documento que contenga herramientas y/o elementos técnicos sobre la construcción de obras de infraestructura que requiera realizar una excavación en roca para incluir sótanos. Para esto se realizará la investigación y se analizará las diferentes circunstancias en las cuales se contemple su realización, con el fin de que pueda ser utilizada como guía o soporte en las diferentes obras o edificios que se ejecuten en Bogotá. Estos instrumentos podrán ser utilizados por ingenieros civiles que se desempeñen como directores o gerentes de obras y por empresas que emprendan la ejecución de este tipo de proyectos.

5 Resultados esperados e impactos.

La presente investigación aporta herramientas para que los profesionales del gremio de la construcción que deben hacer la dirección o gerencia de proyectos de obra, cuenten con los elementos necesarios para gestionar el alcance de los proyectos de una manera organizada y efectiva con lo cual se pretende disminuir riesgos y costos, de manera específica este documento es una muestra de cómo se debe gestionar el alcance en la realización de la actividad de excavación en roca de sótanos que es un guía para la ejecución de proyectos que contengan las actividades antes mencionadas y que dio al Gerente del Proyecto una herramienta eficaz para la toma de decisión en la planeación en el ámbito técnico, como lo fue la utilización o no de sistemas de voladuras [5] en la excavación de roca de su proyecto.

Se evidencian impactos favorables en la ejecución de este trabajo de investigación, los cuales se contemplan en los requerimientos del proyecto que son funcionales y no funcionales, descritos en el acta de constitución (Ver Anexo No.01: Formato PGA-01), lo anterior puesto que con dichos requerimientos conllevan a realizar actividades que en la cotidianitas son obviadas y en el avance de las excavaciones dichos olvidos se convierten en reprocesos.

Uno de los resultados favorables para esta investigación es contemplar dentro del desarrollo de los procesos constructivos en la etapa de planeación lo concerniente a la seguridad en el trabajo [6] que en el caso de la empresa constructora del edificio de 8 pisos se establecen en los activos de los procesos de la organización, minimizando ampliamente los riesgos asociados a la gestión SST. Sin dejar de lado los procesos relacionados con la utilización de los explosivos en la ingeniería civil. [7]

Un impacto que se pudo evidenciar durante el proceso investigativo, es que tanto el director de obra como el gerente técnico no conocían la aplicabilidad de la metodología PMBOK 5ta Edición, en las obras de construcción, esto puesto que el director y gerente no consideran relevante documentar los procesos constructivos bajo la guía PMBOK, sin embargo esté hecho se desvirtúan con la presente investigación ya que al realizar los documentos como el plan de dirección del proyecto, los activos del proceso, acta de constitución, entre otros (Ver Anexo No.01 al 14), se estableció que al realizar la gestión del alcance todos los involucrados tienen claridad de los procesos a realizar lo cual minimiza los errores y evita el uso de metodologías inapropiadas.

El número de los profesionales que establecen una actualización en su carrera profesional está directamente relacionado con la cantidad de ingenieros civiles que terminan una especialización relacionada con el conocimiento de la Guía PMBOK que ofrece la Especialización en Gerencia de Obras civiles, es decir, es una cantidad muy reducida que conoce dicha guía. [8]

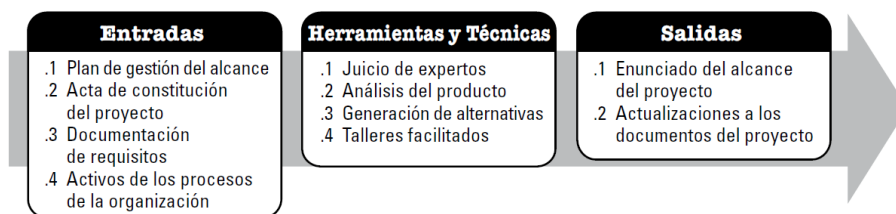
5.1 Aporte de los resultados a la gerencia de obras.

El proyecto se basó en la metodología propuesta por el PMBOK 5ta Edición, es importante mencionar que se enfatizó en el numeral 5-Gestión del alcance del proyecto, ubicado en el grupo de procesos de planificación, y que indica la posible implementación de un plan de gestión dentro de la etapa de ejecución.

En el desarrollo del proyecto se profundizó sobre lo aprendido en la asignatura de Gestión y Gerencia de Proyectos y Organizaciones, y con ello se desarrolló el orden lógico que se debe llevar a cabo para la planificación del alcance de cualquier actividad, para este caso excavación en roca para la construcción de la cimentación y un sótano en un edificio de 8 pisos.

El grupo de procesos 5.3 – Definición del alcance, se muestra en la guía PMBOK 5ta Edición en la siguiente gráfica:

Gráfica N° 11 ENTRADAS, HERRAMIENTAS Y SALIDAS DEL PROCESO – GESTIÓN DEL ALCANCE



Fuente: Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) — Quinta edición

Teniendo en cuenta esta premisa, el grupo de investigación lo desarrollo de la siguiente forma:

1-Entradas:

- 1.1- Plan de gestión del alcance – Ver Anexo No.01 (Formato PGA-01).
- 1.2- Acta de constitución del proyecto – Ver Anexo No.02 (Formato AC-01).
- 1.3- Documentación de requisitos – Ver Anexo No.03 (Formato DRQ-01).
- 1.4- Activos de los procesos de la organización – Ver Anexo No.04 (Formato APO-01).

2- Herramientas y Técnicas:

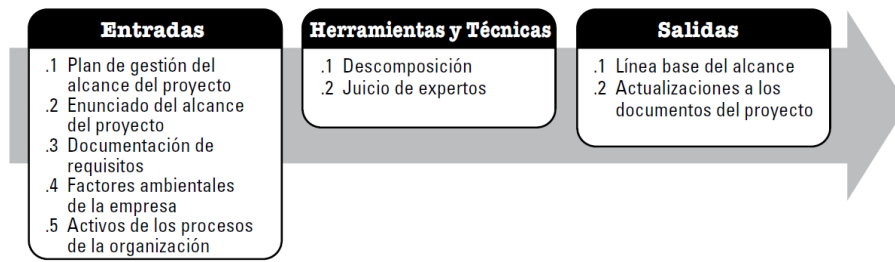
- 2.1- Juicio de expertos – Ver Anexo No.05 (Formato JE-01).
- 2.2- Reuniones – Ver Anexo No.06 (Formato AR-01 y AR-02).

3- Salidas:

- 3.1- Enunciado del Alcance que está declarado en el Acta de constitución del proyecto – Ver Anexo No.07 (Formato AC-01).
- 3.2- Actualizaciones a los documentos del proyecto – Ver Anexo No.08 (Formato ADP-01).

Para el caso del grupo de procesos 5.4 – Crear la EDT/WBS, la guía PMBOK 5ta Edición lo presenta para desarrollar de la siguiente manera:

Gráfica N° 12 ENTRADAS, HERRAMIENTAS Y SALIDAS DEL PROCESO – CREACIÓN DE LA EDT



Fuente: Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) — Quinta edición

Teniendo como base estos grupos de entrada, desarrollo y salida, se decidió generar el proceso mediante el análisis de las siguientes etapas:

1-Entradas:

- 1.1- Plan de gestión del alcance – Ver Anexo No.01 (Formato PGA-01).
- 1.2- Enunciado del Alcance que está declarado en el Acta de constitución del proyecto – Ver Anexo No.07 (Formato AC-01).
- 1.3- Documentación de requisitos – Ver Anexo No.03 (Formato DRQ-01).
- 1.4- Factores ambientales – Ver Anexo No.09 (Formato FA-01).
- 1.5- Activos de los procesos de la organización – Ver Anexo No.04 (Formato APO-01).

2- Herramientas y Técnicas:

- 2.1- Juicio de expertos – Ver Anexo No.05 (Formato JE-01).
- 2.2- Reuniones – Ver Anexo No.06 (Formato AR-01 y AR-02).

3- Salidas:

- 3.1- Actualizaciones a los documentos del proyecto – Ver Anexo No.08 (Formato ADP-01).

Se consideró que con la elaboración de estos documentos el director de obra y/o gerente de proyecto podría llegar a tener mayor claridad para delimitar su proyecto de excavación en roca para la construcción de la cimentación y un sótano en un edificio de 8 pisos.

Seguido a esto se procedió a llevar a cabo unos entregables que se mencionan a continuación:

1. Guía para la excavación en roca – Ver Anexo No.10 (Formato GE01-EROCA-V1).
2. Guía para el análisis del estudio de suelos – Ver Anexo No.11 (Formato GP01-ESUELOS-V1).
3. Guía para la determinación del sistema de excavación – Ver Anexo No.12 (Formato SE01-ESISTEMA-V1).
4. Guía para la estimación de los tiempos de ejecución – Ver Anexo No.13 (Formato TE01-ETIEMPOS-V1).
5. Formato de lecciones aprendidas – Ver Anexo No.14 (Formato FLA-01).

El objetivo de los entregables consiste en brindar una herramienta sencilla al director de obra y/o gerente de proyectos, para seleccionar un estudio de suelos completo y detallado, el mejor método de excavación en roca que se adapte a las condiciones de la obra; junto con un formato básico de lecciones aprendidas sobre el mismo proceso de excavación.

5.2 Cómo se responde a la pregunta de investigación con los resultados

De acuerdo a la investigación realizada, las pautas que brinda el PMBOK 5ta Edición, en su numeral 5 – Gestión del alcance del proyecto son suficientes para una correcta planeación en la actividad de excavación en roca, para un proyecto que involucre la construcción de la cimentación y un sótano en un edificio residencial de 8 pisos; ya que da un orden cronológico y unas pautas que se desarrollan a nivel de cada uno de los documentos anexos, con lo cual cualquier actividad que se planifique se podrá gestionar de una manera eficiente, es importante tener en cuenta el factor antrópico ya que los Directores de Obra, son resistentes al cambio de mentalidad frente al desarrollo documental previo que debe hacerse para que la gestión del alcance tal como lo plantea la guía PMBOK 5ta Edición funcione.

5.3 Nuevas Áreas de Estudio

Esta investigación considera que la definición del alcance aplica para todas las actividades de construcción tales como estructuras autoportantes conformadas por columnas, vigas y placa de entrepiso, estructuras hidráulicas, hidrosanitarias y eléctricas ajustándolo a cada proceso basado en la aplicación de una guía en particular.

También se podría decir que esta investigación sirve como fundamento para otros proyectos de similares condiciones, en donde se presenten excavaciones de suelos blandos; ya que la estructura de los planes de gestión y guías elaboradas sería de bastante ayuda para identificar los aspectos que se deben analizar.

5.4 Estrategias de comunicación y divulgación.

Al momento de terminar la investigación realizada en el presente documento, se procedió a elaborar un artículo bajo la normatividad IEEE; en donde es importante obtener el apoyo de la Universidad Católica de Colombia para la publicación en su página Web y/o otros medios de comunicación que tengan al interior de la institución.

Se hace importante divulgar este tipo de investigaciones dentro de la comunidad universitaria, ya que a futuro se podría complementar y servir como fundamento para otros proyectos de la misma especialización.

Por otro lado, se hizo el proceso de divulgación sobre la metodología PMBOK en su numeral 5, al interior de la organización que estaba desarrollando el proyecto de excavación en roca necesaria para la construcción del sótano y cimentación del edificio “Taller 6”, esto mediante la entrega de planes de gestión, guías prácticas y formatos de lecciones aprendidas.

El presente documento será presentado en la suspensión de trabajo de grado que se realiza por parte del Programa en Gerencia de Obras.

6 Conclusiones

- Con el presente trabajo se contribuirá a los procesos gerenciales enfocados en proyectos que contengan excavaciones en roca ayudando a la toma de decisiones para escoger el mejor método de excavación dependiendo de las características particulares de cada zona, teniendo en cuenta la guía basada en el PMBOK 5ta Edición para un desempeño que contenga un valor agregado para el gerente y/o como director de obra.
- En el mundo ingenieril dedicado a la construcción se volvió costumbre, los sobre costos y plazos vencidos de todo proyecto en especial las obras que se trabajan de nivel cero hacia abajo pues se encuentran con problemas no identificados que ni siquiera el ítem de imprevistos alcanza a remediar, con las guías prácticas que se desarrollaron en el trabajo se logra reducir en un porcentaje significativo esta incertidumbre y esa indecisión sobre que método se aplicara para excavar en terrenos rocos, ya que limita de una manera esencial el estudio de suelos y todos los métodos existentes en el mercado Colombiano para poder estimar los costos y tiempos de una mejor manera.
- Se puede concluir que desarrollar un plan de gestión del alcance, en una excavación en roca es necesaria para la construcción de un sótano y cimentación en un edificio de uso residencial de 8 pisos, significa delimitar de manera detallada el proyecto y definirle de manera clara al cliente y los interesados lo que se incluyen y excluye dentro del proceso constructivo objeto de la presente investigación.
- También se puede concluir que se alcanzaron los objetivos propuestos dentro de la investigación realizada, lo cual se efectuó mediante la implementación del plan de trabajo propuesto en la guía PMBOK 5ta Edición bajo su numeral 5 – Gestión del alcance del proyecto.
- De acuerdo con la investigación realizada se puede afirmar que los formatos y procesos contenidos en la guía PMBOK 5ta Edición, son dinámicos para cada proceso que se vaya a analizar, y depende del profesional que lleve a cabo el desarrollo de estos; por lo cual se considera una herramienta valiosa y útil para cualquier procedimiento constructivo.
- Dentro del desarrollo del proyecto se pudo identificar una herramienta valiosa como es el juicio de expertos el cual se desarrolló mediante encuestas (Ver Anexo No.05 (Formato JE-01) en línea a los profesionales que ejercen su carrera dentro del gremio de la construcción vertical; por lo cual podemos afirmar que el tener un muestreo significativo, hace que los planes de gestión y documentos producto de la investigación reflejen la realidad de proyectos similares.
- Se considera que este tipo de investigaciones brinda un mejor acercamiento entre la academia y el gremio de la construcción vertical, y de manera particular se puede verificar la realidad de las obras civiles en el país; en donde sería importante proponerle al estudiante en gerencia de obras, que revise obras en ejecución, para que de esta forma el conocimiento sea llevado a la práctica.
- Se resalta que la mayoría de las empresas constructoras de obras civiles no aplican la metodología PMBOK 5ta Edición, ya que aducen que es algo demasiado formal que necesita tiempos y costos adicionales; lo cual no pueden asumir y deciden hacerlo de la misma forma que lo han hecho siempre.

7 Bibliografía

- [1] Project Management Institute, GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS, vol. Quinta Edición, Newtown Square, Pensilvania: Project Management Institute, Inc., 2013.
- [2] C. A. C. Díaz, C. A. S. Carranza y I. . Civil, «EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO, METODOS DE ANALISIS Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS,» , 2012. [En línea]. Available: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2028/2/132335.pdf>. [Último acceso: 12 11 2018].
- [3] Moscoso, Metodología para la ejecución y control de excavaciones sótanos para edificios, xx ed., Guatemala: ., 2011.
- [4] J. T. Guijarro y M. M. Maynar, «Experiencias de la excavación con escudos en las formaciones mixtas de rocas y suelos,» , 2003. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=301044>. [Último acceso: 12 11 2018].
- [5] G. Delgado, Proceso constructivo de una edificación con sótano, utilizando muros pantalla, EDICIVIL.
- [6] P. Guides, A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guides), 5a. edición, Pensilvania: Project Management Institute, 2013.
- [7] A. V.S, Guía metodológica de gerencia de proyectos en las áreas de integración, alcance y costo, Bogotá, 2013.
- [8] F. Toro, Gestión de proyectos con enfoque PMI, uso de Project y Excel, Bogotá: Ecoe, 2014.
- [9] H. Kerzner, Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling 11ª Edición., New York: John Wiley & Sons, 2013.
- [10] A. International, Marco de gestión de costos totales. Un enfoque integrado a la gestión de portafolio, programa y proyectos, QS Resquin Corporation, 2006.
- [11] PMI, Elaboración de una guía para la aplicación de gerencia de proyectos en wood group psn Colombia, para el área de consultoría (cts) de acuerdo con los lineamientos del PMI, Bogotá: Project Management Institute, 2013.
- [12] Construdata, «informe especial excavaciones y cimentaciones,» Bogotá, 2009.
- [13] F. Dios, Desarrollo de una metodología para la gestión y control de calidad de cimentaciones para ingenieros de edificación, Bogotá: Calafat, 2011.
- [14] Business School, Las claves de la gestión del alcance de un proyecto, Business School, 2014.
- [15] C. D. Fábrega, «Excavación en roca arcillosa anisótropa. Análisis de un caso real,» , 2016. [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/102370>. [Último acceso: 15 11 2018].
- [16] V. ARENAS, Guía metodológica de gerencia de proyectos en las áreas de integración, alcance y costo, Bogotá, 2013.

- [17] AACE International, Marco de gestión de costos totales. Un enfoque integrado a la gestión de portafolio, programa y proyectos, QS Resquin Corporation, 2006.
- [18] Osinergmin PMO , Gestión del alcance del proyecto, Lima, 2012.
- [19] S. Lobo, Excavaciones en Bogotá: algunos factores que las afectan, Bogotá, 2008.
- [20] C. Crespo, Mecánica de suelos y cimentaciones, México: Limusa, 2008.
- [21] B. M. Das, Principios de ingeniería de cimentaciones, México: International Thomson Editores, 2006.
- [22] H. Alvarado, Empleo de los explosivos en obras de ingeniería civil y militar, Bogotá : Publicaciones Escuela de Ingenieros Militares, 2002.
- [23] U. L. Y. B. Kihlstrom, Técnica moderna de voladura de rocas, Madrid: Urmo, 1976.
- [24] J. Moya, Excavaciones en condiciones complejas, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1997.
- [25] J. D. y. A. Neira, Recomendaciones prácticas para estabilización de taludes: concretos para protección de infraestructura, Bogotá: Asocreto, 2011.
- [26] Noticreto, Problemas estructurales en los sótanos de nuestros edificios, Bogotá, 1999.
- [27] Construdata, «se acabaron los ingenieros civiles en colombia,» Bogotá, 2001-2009.
- [28] O. I. p. I. educación, «(2001-2013) Bogotá Colombia:,» Bogotá, 2001-2013.
- [29] Ministerio del trabajo comisión nacional de salud ocupacional del sector de la construcción, «Guía trabajo seguro en excavaciones,» Bogotá.
- [30] Procedimiento Constructivo Ardila, «15 Errores al planificar obras de construcción,» 2015.
- [31] A. Arquitecto, «Blog Construir sótano, ¿sí o no?,» Madrid, 2018.