



# UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CANALES, CAMINOS Y PUERTOS

MASTER UNIVERSITARIO EN PLANIFICACION Y GESTION EN  
INGENIERIA CIVIL

**PLANIFICACION Y CONTROL TEMPORAL DE  
OBRAS EN PERÚ:  
ESTADO ACTUAL Y PROPUESTAS DE MEJORA**

AUTORA/AUTHOR: <b>CARBAJAL GUZMÁN, PAOLA M.</b>	FECHA/ DATE: MARZO – 2016
DIRECTOR/SUPERVISOR: <b>DR. EUGENIO PELLICER ARMIÑANA</b>	Nº PAGINAS/ N° PAGES: 175
UNIVERSIDAD/UNIVERSITY: <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA</b>	
PALABRAS CLAVE/KEYWORDS: <i>PROGRAMMING, CONTROL, CONSTRUCTION INDUSTRY, PROJECT MANAGEMENT, SURVEY</i>	



## DEDICATORIA

A Dios, porque puso las oportunidades en mi camino y me permitió vivir el día a día. A Mary porque fue una madre comprensiva, mi mejor amiga y mi ángel en el cielo, a Manuel porque es un padre comprensivo y mi mejor amigo; juntos son mi equipo, apoyo constante y el motor de mi vida. A mi hermano Manuel, porque siempre me cuidó y protegió y a mi tía Aurora, por su apoyo, consejo constante y por ser mi ángel en la tierra.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Eugenio Pellicer, por su paciencia, conocimientos y sabia dirección en el desarrollo de la investigación. A mis amigos del master, con los que hemos recorrido el camino laborioso de elaboración del trabajo final y a mis amigas de siempre por su aliento y apoyo incondicional siempre.



*Planifique anticipadamente: Noé construyó el Arca  
cuando no llovía*

*Cardenal Richard C. Cushing*



### RESUMEN

Como actividad económica, el sector de la construcción en Perú es considerada como una de las más importantes; no solo por su capacidad de generar empleo, sino que, además, la evolución de este sector se encuentra vinculado a otras ramas de la industria (cemento, acero, ladrillos, etc.).

El presente trabajo de investigación busca conocer las características y realidad de los procesos de planificación y control de obras (proyectos de construcción) en el entorno de la construcción en Perú. Para lo cual se realizó una encuesta a los profesionales del sector de la construcción peruano, obteniéndose una muestra de 158 encuestados.

Este estudio nos ha permitido encontrar que, existe un problema con la precisión y claridad de objetivos y metas previos al inicio de la ejecución de los proyectos de construcción; asimismo, que el diagrama de barras o Gantt es una de las herramientas predilectas tanto para la elaboración de los programas base como para el control de avance de obra; lo cual, se justifica con la facilidad de lectura y contraste de lo planificado con lo realmente ejecutado. Finalmente, otro hallazgo importante fue que, herramientas innovadoras como el sistema del último planificador y BIM, aún no son consideradas como una idea generalizada de implementación dentro de los procesos de planificación y control de obras en Perú.

La investigación concluye con algunas recomendaciones o propuestas de mejora para los sistemas de planificación y control temporal de obras en el sector de la construcción en Perú.

Palabras clave: Gestión de proyectos, Planificación, Control, Programación, industria de la construcción, Encuesta



### RESUM

Com activitat econòmica, el sector de la construcció en PERÚ està considerada com una de les més importants; no només per la seua capacitat de generar treball, sinó que, a més, l'evolució d'este sector es troba vinculat a tres branques de la indústria (ciment, acer, rajoles, etc.).

El present treball d'investigació busca conèixer les característiques i la realitat dels processos de PLANIFICACIÓ i control d'obres (projectes de construcció) en l'entorn de la construcció en PERÚ. Per a lo qual es va realitzar una enquesta als professionals del sector de la construcció peruana, obtenint-se una mostra de 158 enquestats.

Aquest estudi ens ha permés descobrir que existeix un problema en la precisió i claredat d'objectius i metes establides prèviament en l'inici de l'execució dels projectes de construcció; així mateix, que el diagrama de barres o GANTT és una de les eines predilectes tant per a l'elaboració dels programes base com per al control d'avanz d'obra; i això es justifica amb la facilitat de lectura i contrast del que ha sigut PLANIFICAT amb el que realment ha sigut executat. Finalment, un altre descobriment important va ser que, eines innovadores com el sistema de l'últim PLANIFICADOR i BIM, encara no són considerades com una idea generalitzada d'IMPLEMENTACIÓ dins dels processos de PLANIFICACIÓ i control d'obres en PERÚ.

La investigació conclou amb algunes recomanacions o propostes de millora per als sistemes de PLANIFICACIÓ i control temporal d'obres en el sector de la construcció en PERÚ.

Paraules clau: Gestió de projectes, PLANIFICACIÓ, Control, Programació, indústria de la construcció, Enquesta



### SUMMARY

As economic activity, the construction sector in Peru is considered one of the most important; not only for its ability to generate employment but also the evolution of this sector is linked to other branches of industry (cement, steel, bricks, etc.).

This research seeks to understand the characteristics and reality of the planning and control of works (construction projects) in the construction environment in Peru. For which a survey was conducted to professionals in the Peruvian construction sector, obtaining a sample of 158 respondents.

This study has allowed us to find that there is a problem with the precision and clarity of purpose and before the start of the execution of construction projects goals; also the bar or Gantt chart is one of the favorite tools for both the development of basic programs to control work progress; which it is justified with readability and contrast planned with what was actually executed. Finally, another important finding was that, innovative tools like the last planner system and BIM, are not considered as a general idea of implementation within the planning and control of works in Peru.

The research concludes with some recommendations or suggestions for improvement for systems planning and temporal control of works in the construction sector in Peru.

Keywords: Project Management, Planning, Control, Planning, Construction Industry Survey



TABLA RESUMEN

<p><b>TÍTULO TRABAJO FIN DE MÁSTER: PLANIFICACIÓN Y CONTROL TEMPORAL DE OBRAS EN PERÚ - ESTADO ACTUAL Y PROPUESTAS DE MEJORA</b></p>	
<p><b>AUTOR: CARBAJAL GUZMÁN, PAOLA MANUELA</b></p>	
<p><b>1. Planteamiento del problema:</b></p>	<p>Los procesos de planificación y control de proyectos de construcción, son en gran medida conocidos y usados dentro del entorno de la construcción peruana; sin embargo, dichos proyectos suelen ser elaborados y ejecutados bajo gran incertidumbre. Esto como consecuencia, de que los proyectos de construcción son el resultado de eventos planificados y no planificados en un frecuente intercambio de participantes y procesos en un entorno de constantes cambios. Asimismo, la planificación de la construcción es la etapa en la que se fijan las tareas necesarias, forma de ejecución y posteriores medidas. Esto sumado a un eficaz control permiten la temprana detección de desviaciones en la ejecución; así como, la toma de medidas para re-orientar las metas de ejecución</p>
<p><b>2. Objetivos:</b></p>	<p>1) Conocer la situación actual de la planificación y control temporal de las obras en Perú.                  2) Analizar los principales problemas que dificultan la planificación y control temporal de obras en Perú.                  3) Proponer soluciones que se puedan implementar en la planificación y control temporal de obras en Perú</p>
<p><b>3. Estructura organizativa:</b></p>	<p>La presente investigación, presenta la siguiente estructura:                  * <b>Capítulo I – Introducción:</b> Este capítulo contiene la introducción al objeto de estudio, el planteamiento del problema, el alcance y objetivos de la investigación.                  * <b>Capítulo II – Contexto:</b> Este capítulo contiene una recopilación del contexto en el que se enmarca la presente investigación; es decir, la situación actual del sector construcción en Perú.                  * <b>Capítulo III – Marco teórico y estado del arte:</b> Este capítulo contiene una descripción de los conceptos básicos y teorías, acerca del desarrollo de la investigación; tales como, conceptos básicos y de caracterización de la gestión, planificación y control de la construcción.                  * <b>Capítulo IV – Diseño de la investigación:</b> Este capítulo contiene el diseño de la investigación; es decir, la formulación del medio a través de cual se obtendrán los datos (encuesta), además, la descripción de la muestra sobre la que se aplicó la encuesta.                  * <b>Capítulo V – Análisis de datos y resultados:</b> Este capítulo contiene el procesamiento de datos a través de técnicas estadísticas. Por medio de las cuales, se comprobó la fiabilidad de la encuesta; asimismo, se han realizado análisis estadísticos descriptivos y multivariante, tales como, análisis de varianza, componentes principales, regresión lineal, y tablas de contingencia.                  * <b>Capítulo VI – Discusiones, conclusiones y recomendaciones:</b> Este capítulo contiene las discusiones, conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir de la elaboración de la investigación. Asimismo, se sugieren las líneas futuras de investigación.                  * <b>Capítulo VII – Referencias:</b> Este capítulo contiene, la relación de artículos analizados.                  * <b>Capítulo VIII – Anexos:</b> Este capítulo contiene, tablas, figuras y la encuesta difundida.</p>



<b>4. Método</b>	A través de una encuesta que agrupa las principales variables a medir, las cuales fueron extraídas de la revisión y análisis de la literatura; se pretende agrupar la suficiente información, a fin de determinar las características y realidad de la planificación y control temporal de los proyectos de construcción en Perú.
<b>5. Cumplimiento de objetivos</b>	Estos objetivos se cumplen de la obtención de datos, a partir de la aplicación de la encuesta a los profesionales del entorno de la construcción en Perú y su consiguiente análisis estadístico; a través del cual, se analizan e interpretan los resultados. Que luego son contrastados con la información literaria y la consecuente obtención de conclusiones y recomendaciones prácticas.
<b>6. Contribuciones</b>	El principal beneficio del presente trabajo de investigación, es el de permitir el conocimiento de la situación actual de los procesos de planificación y control temporal de los proyectos de construcción en Perú; así, como poder determinar problemas que se presentan durante su elaboración y a lo largo del proceso de ejecución. Para de esa manera poder plantear soluciones aplicables a dicha realidad.
<b>7. Recomendaciones</b>	El presente trabajo de investigación, en líneas generales, sirve como un conocimiento previo de la situación actual y real de los procesos de planificación y control de los proyectos de construcción en la etapa de construcción en Perú.
<b>8. Limitaciones</b>	La presente investigación se encuentra limitada al entorno de la construcción en Perú y debido a que este sector posee una población infinita, la muestra sobre la que se obtuvieron los datos es muy pequeña como para que sea factible una generalización.



### INDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>RESUM</b> .....	4
<b>SUMMARY</b> .....	5
<b>TABLA RESUMEN</b> .....	6
<b>CAPITULO I: INTRODUCCION</b> .....	11
1.1 Planteamiento del problema .....	11
1.2 Alcance.....	14
1.3 Objetivos de la Investigación .....	15
1.4 Breve descripción del método de investigación.....	15
1.5 Contenido del trabajo fin de master .....	17
<b>CAPITULO II: CONTEXTO</b> .....	19
2.1 Situación y estructura de la economía peruana .....	19
2.2 Perspectivas del mercado.....	21
2.3 Definición y descripción del sector construcción .....	23
2.4 Panorama general del sector.....	24
2.5 Estructura del sector .....	26
<b>CAPITULO III: MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE</b> .....	29
3.1 Conceptos básicos:.....	29
3.2 Características de la Gestión.....	30
3.3 La planificación de los proyectos de construcción .....	37
3.4 El control temporal de los proyectos de construcción .....	42
3.5 Procedimientos, herramientas, técnicas y métodos de planificación y control.....	45
3.6 Problemas durante la construcción .....	54
3.7 Introducción de nuevas filosofías y tecnologías: .....	57
<b>CAPITULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b> .....	68
4.1 Tipo de investigación .....	68
4.2 Diseño de la investigación .....	68
4.3 Población y Muestra.....	75
<b>CAPITULO V: ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS</b> .....	80
5.1 Fiabilidad de la encuesta.....	81
5.2 Análisis Descriptivo .....	83
5.3 Análisis multivariante .....	103
<b>CAPITULO VI: DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	134
6.1 Discusión de resultados .....	134



6.2	Conclusiones de la investigación .....	146
6.3	Recomendaciones practicas.....	153
6.4	Limitaciones.....	157
6.5	Futuras líneas de investigación.....	157
<b>CAPITULO VII: REFERENCIAS .....</b>		<b>159</b>
<b>CAPITULO VIII: ANEXOS .....</b>		<b>165</b>
<b>ANEXO 1: LISTA DE TABLAS .....</b>		<b>165</b>
<b>ANEXO 2: LISTA DE GRAFICOS .....</b>		<b>167</b>
<b>ANEXO 3: ENCUESTA.....</b>		<b>169</b>



## CAPITULO I: INTRODUCCION



### CAPITULO I: INTRODUCCION

#### 1.1 Planteamiento del problema

La administración inicia con la planificación, etapa en la que se debe determinar qué operaciones se requieren, cómo se deben ejecutar y qué acciones deben tomarse; posteriormente, con esta información se define quién es el responsable de la ejecución de cada una de ellas. Con esto es posible prever potenciales dificultades y anticipar los riesgos que estarán presentes durante la ejecución (Serpell y Alarcon, 2003).

Un proyecto de construcción se completa como resultado de una combinación de muchos eventos e interacciones, planificado o no planificado, durante la vida útil de una instalación, con el cambio de los participantes y los procesos en un entorno en constante cambio (Sanvido, et. al. 1992). Es muy difícil de lograr un alto nivel de fiabilidad en los planes de construcción (Koskela, 2000).

La gestión en la construcción se ve afectada por muchos problemas que necesitan ser resueltos o mejor realizados (Love, et.al., 2002). Estos problemas son débil gestión de proyectos, diseño defectuoso, mala calidad, condiciones de trabajo inferiores, y baja disposición de seguridad (Koskela, 1993). Desafortunadamente, este tipo de problemas causan un nivel de pérdidas significativa para los proyectos de construcción (Khanh & Kim, 2014).

La ejecución de un proyecto de construcción involucra un gran número de operaciones, para transformar muchos y variados recursos mediante el trabajo conjunto de varias organizaciones; de aquí que los proyectos de construcción sean complejos de administrar (González, et al. 2010). Además, una vez que las empresas son contratadas, solo un 26% revisa sus planes originales antes de iniciar la ejecución del proyecto y solo el 10% los actualiza durante la fase de construcción (González, et al. 2006)

La planificación de la construcción no es una actividad realizada una sola vez; mientras que un considerable esfuerzo de planificación se invierte antes del inicio de la construcción, su impacto es dominante, es de hecho un proceso, que continua



durante toda la vida del proyecto. El proceso de planificación durante la construcción es un proceso complejo e implica a muchos participantes. Información necesaria que no suele encontrarse en un solo lugar, o con un solo funcionario. Más bien, se apoya en todas las partes involucradas. (Cohenca-Zall, et. al., 1994)

Se encontró que el alto nivel de incertidumbre, en muchos proyectos de construcción se debe a la imperfección e inestabilidad de los objetivos del proyecto que provienen del cliente y que deben servir como criterios para la ingeniería de diseño y para la construcción (Laufer, 1989 , 1991 y Howell, et. al., 1993). La teoría sobre la gestión reconoce que la planificación es la función que apoya a las demás (González, et. al., 2006). Existe la necesidad de examinar las prácticas de planificación actuales y desarrollar estrategias a fin de mejorar la eficiencia de la planificación en la construcción (Faniran, et. al, 1998).

Todos los recursos que una empresa invierta en planear la ejecución de la construcción se justifican ampliamente debido a que llevan a un análisis profundo del proyecto, lo que pondrá las bases para poder realizar un control efectivo del mismo (Solís et al., 2009). Hoy en día, no obstante, lo anterior, muchos administradores de proyectos aún son reacios a invertir esos recursos, por lo que muchas construcciones se realizan con una deficiente planificación, que la mayoría de los casos llevan a resultados insatisfactorios, tanto para la empresa constructora como para el inversionista. (Sanvido, et. al., 1992). La mala planificación de la producción es la razón principal para actividades que no se han completado a tiempo (Fiallo y Revelo, 2002).

Una parte importante de la planificación macro de un proyecto de construcción, es la creación de la programación del proyecto. La programación coloca a todas las tareas del proyecto en un orden lógico y secuencial. Dependiendo del tipo de tareas, es posible las variaciones en la secuencia de tareas. Una programación básica de un proyecto de construcción contiene fechas de inicio y fin de las actividades, su duración, su dependencia con respecto a otras actividades y otro tipo de dependencias (Zanen & Hartmann, 2010).

A menudo los términos planificación y programación suelen confundirse. Se afirma que existe una diferencia fundamental entre un plan de proyecto y un programa de



proyecto; mientras que un plan muestra las actividades de un proyecto y su relación lógica, un programa muestra información temporal con la que la duración del proyecto se define (Fischer y Tatum, 1997).

La mayoría de empresas de la construcción utilizan para programar el diagrama de Gantt, que es una técnica con un siglo de antigüedad y con la cual no es fácil identificar las actividades constructivas que determinan la duración total del proyecto, ninguna de las empresas indicó el uso de procedimientos más modernos como la programación a través de redes (CPM, PDM, PERT, etc.) que son más completos y racionales, lo que en consecuencia las empresas enfrentan dificultades por lo general para concluir a tiempo sus proyectos (Gonzales et al, 2010).

El plan de ejecución, seguido de un eficaz control, permite detectar en forma temprana desviaciones en la ejecución, analizar los hechos y planear las medidas alternativas que permitan encauzar las metas en la ejecución del proyecto, cerrando de esta forma el ciclo de la administración (Solís, et. al., 2009).

Controlar es parte de la gestión y se puede definir generalmente como una parte implícita de la gestión (Baguley, 2008). En el contexto de los proyectos, el control es una de las principales herramientas de gestión de proyectos; esto se indica claramente en las definiciones más aceptadas de la gestión de proyectos como los de la Asociación para la Gestión de proyectos (APM, 2006) y el Project Management Institute (PMI, 2008). "El control del proyecto se puede definir como la aplicación de procesos para medir el desempeño del proyecto contra el plan del proyecto, que permitan variaciones, para ser identificadas y corregidas, a fin de que se logren los objetivos del proyecto" (APM, 2010).

Los procesos del control, comprenden flujos bidireccionales de información (flujo de avance para dirigir el comportamiento del proceso y la información de retroalimentación a partir del proceso de la función de control). La industria de la construcción posee sistemas de control relativamente primitivos y lentos, esto como consecuencia de que, los productos de la construcción se entregan en sistemas dinámicos (proyectos) y que las obras de construcción son inhóspitas para los métodos de control automatizados (Navon y Sacks, 2007).



En cuanto a los proyectos de construcción, tiempo y costo son dos de las áreas esenciales que se destacan cuando se trata de controlar (Cooke y Williams, 2004). El control del tiempo a menudo se refiere a un control de la programación (Ruskin y Estes, 1995). Se trata de determinar el estado de la programación del proyecto, determinar si han ocurrido o deberían tener cambios e influir y gestionar los cambios en la programación (Heldman, 2005). Se encontró, también que, las razones de los incrementos de costos, normalmente son también la razón de la extensión del tiempo (Chang, 2002). “Y aunque es evidente que algunos proyectos se gestionan muy bien, se tiene que reconocer que la calidad de la gestión del tiempo en proyectos de construcción generalmente es pobre” (CIOB, 2008).

Por todo lo indicado, y como se justificará posteriormente en el marco teórico y estado del arte, la planificación y control son procesos inherentes y fundamentales para una adecuada gestión de proyectos, principalmente, para la gestión de proyectos en fase de construcción que en el entorno de la construcción se le denomina “obra”.

Es por tanto, el propósito de la presente investigación, explorar la situación actual de los procesos de planificación y control temporal en el entorno de la construcción en Perú; que si bien gran parte de los conceptos aquí tratados son conocidos e incluso usados como parte de la planificación y control de obras, aún se presentan muchas incertidumbres al momento de su elaboración; asimismo, realizar un análisis de los principales aspectos y problemas que se presentan durante la planificación y control de obras en el entorno de la construcción peruano, y finalmente elaborar propuestas de mejora a las situaciones identificadas como problema o que podrían causar interferencias en el flujo de ejecución de las actividades realizadas para concretar un proyecto de construcción.

### 1.2 Alcance

- Localización: La presente investigación se realizó para el sector de la construcción en Perú
- Población: Egresados(as), Bachilleres y Profesionales del ámbito del sector de la construcción que hayan realizado ejecución y/o programación de obras.

### 1.3 Objetivos de la Investigación

La presente investigación, se plantea los siguientes objetivos:

- Conocer la situación actual de la planificación y control temporal de las obras en Perú.
- Analizar los principales problemas que dificultan la planificación y control temporal de obras en Perú.
- Proponer soluciones que se puedan implementar en la planificación y control temporal de obras en Perú.

### 1.4 Breve descripción del método de investigación

El método de investigación, elaborado en la presente investigación, consta de los siguientes pasos:

1. Revisión y análisis de la literatura, relacionada con los temas de planificación y control temporal, la cual se realizó por medio de una búsqueda bibliográfica en diferentes páginas webs (google académico), bases de datos (Scopus y Web of Science), publicaciones de trabajos finales de master y tesis doctorales. En la base de datos se realizó una búsqueda por medio de las palabras claves identificadas (Gestión de proyectos, Planificación, Control, Programación, industria de la construcción, Encuesta).
2. Luego de obtenidos los artículos relacionados al tema de investigación (planificación y control temporal) y artículos de referencia, se procede a realizar la depuración de la información encontrada, excluyendo los artículos que no presenten relación con el tema. Para finalmente, desarrollar el marco teórico y estado del arte, de las cuales se extraerán las variables que caracterizarán la presente investigación.



3. A partir de las variables extraídas, se procedió a desarrollar los enunciados o preguntas que formaran parte de la encuesta. El propósito de la encuesta es, poder agrupar la información necesaria, a fin de determinar las características de la planificación y control temporal en el entorno de la construcción en Perú. Dicha encuesta fue elaborada por medio de un programa “on-line”, y difundida en el sector de la construcción en Perú.
4. Una vez obtenidos los datos de la encuesta, se realizó dos tipos de análisis; análisis descriptivo, cuyo fin era el de describir las tendencias y realidades del contexto de la construcción en Perú; y, análisis multivariante, a fin de conocer el grado de explicación que dichas variables ofrecían del tema de investigación; así como su relación con este y entre variables.
5. Finalmente, se realiza un contraste entre los resultados obtenidos a partir de la encuesta y del análisis estadístico, con las teorías o conceptos obtenidos a partir de la literatura; a fin de obtener conclusiones y recomendaciones, que nos permitan conocer la realidad de la planificación y control temporal de obras en Perú.



### 1.5 Contenido del trabajo fin de master

La presente investigación, presenta la siguiente estructura:

- **Capítulo I – Introducción:** Este capítulo contiene la introducción al objeto de estudio, el planteamiento del problema, el alcance y objetivos de la investigación.
- **Capítulo II – Contexto:** Este capítulo contiene una recopilación del contexto en el que se enmarca la presente investigación; es decir, la situación actual del sector construcción en Perú.
- **Capítulo III – Marco teórico y estado del arte:** Este capítulo contiene una descripción de los conceptos básicos y teorías, acerca del desarrollo de la investigación; tales como, conceptos básicos y de caracterización de la gestión, planificación y control de la construcción.
- **Capítulo IV – Diseño de la investigación:** Este capítulo contiene el diseño de la investigación; es decir, la formulación del medio a través de cual se obtendrán los datos (encuesta), además, la descripción de la muestra sobre la que se aplicó la encuesta.
- **Capítulo V – Análisis de datos y resultados:** Este capítulo contiene el procesamiento de datos a través de técnicas estadísticas. Por medio de las cuales, se comprobó la fiabilidad de la encuesta; asimismo, se han realizado análisis estadísticos descriptivos y multivariante, tales como, análisis de varianza, componentes principales, regresión lineal, y tablas de contingencia.
- **Capítulo VI – Discusiones, conclusiones y recomendaciones:** Este capítulo contiene las discusiones, conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir de la elaboración de la investigación. Asimismo, se sugieren las líneas futuras de investigación.
- **Capítulo VII – Referencias:** Este capítulo contiene, la relación de artículos analizados.
- **Capítulo VIII – Anexos:** Este capítulo contiene, tablas, figuras y la encuesta difundida.



## CAPITULO II: CONTEXTO



## CAPITULO II: CONTEXTO

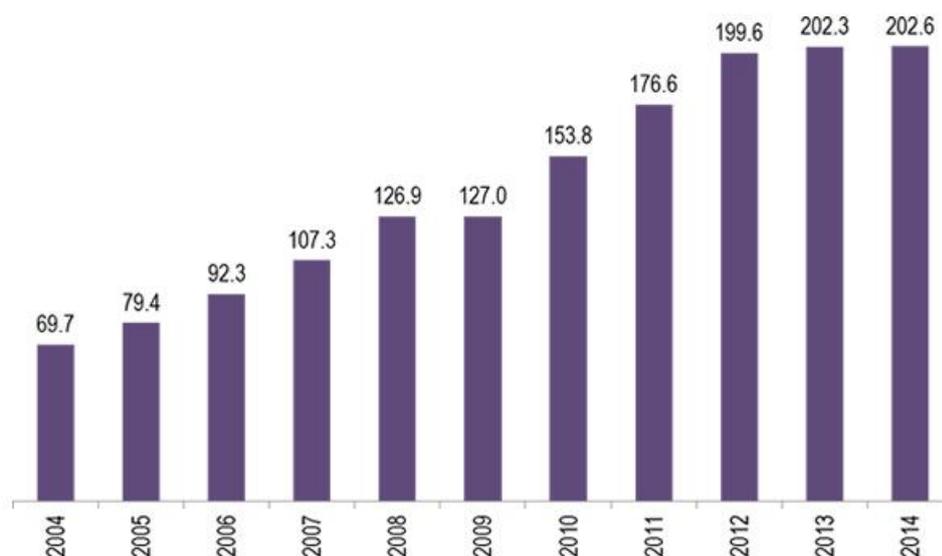
### 2.1 Situación y estructura de la economía peruana

Perú ha sido uno de los países más dinámicos de Latinoamérica, consiguió mantener la estabilidad de las principales variables macroeconómicas, lo que impulso la confianza de la comunidad internacional. Además, el efecto de la crisis económica internacional ha sido más reducido que en el resto de países de la zona y las perspectivas de crecimiento económico fueron muy favorables. En el año 2009 se produjo una marcada desaceleración de la actividad económica consecuencia de los efectos de la crisis financiera internacional. El crecimiento del PIB se redujo del 9,8% en 2008 al 0,9% en 2009, debido principalmente a la caída de la demanda externa, con la consecuente disminución de la producción industrial, un fuerte proceso de ajuste de los inventarios y una reducción significativa de la inversión privada, producto de la menor demanda y de la incertidumbre sobre el futuro de la economía mundial que reinaba a finales de 2008 y durante 2009 (Gutiérrez y Oliva, 2010).

En el periodo 2004-2014 el PBI creció a una tasa promedio de 6%, alcanzando en el último año un valor superior a \$200,000 millones. De este modo, la economía peruana acumuló 16 años de consecutivo crecimiento, a tasas superiores al promedio de la región latinoamericana. Durante la última década la economía peruana creció de forma acelerada (PROINVERSION, 2015)

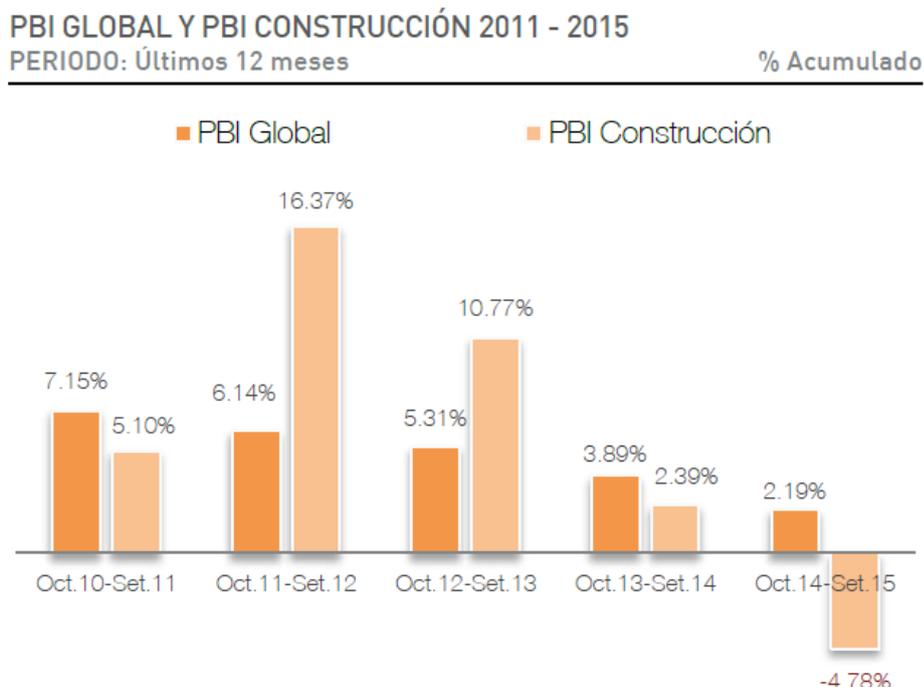


Gráfico 1: Producto Bruto Interno 2004 - 2014 (miles de millones US\$)



Fuente: BCRP y FMI – Elaboración: PROINVERSION

Gráfico 2: PBI Global y PBI Construcción 2011-2015



Fuente: INEI – Elaboración: CAPECO

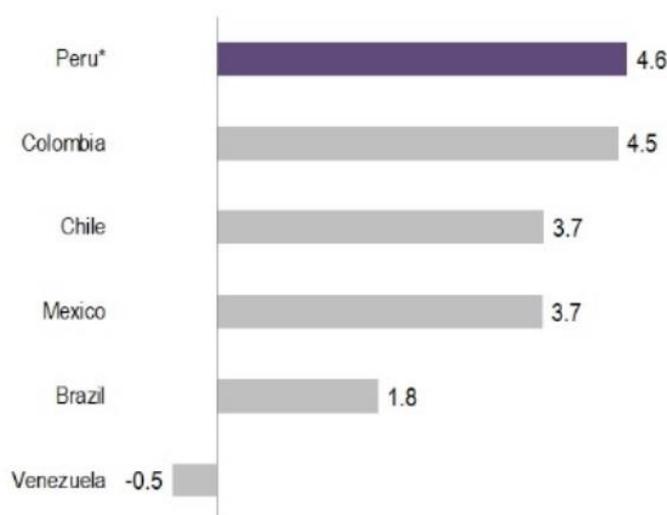


### 2.2 Perspectivas del mercado

Perú es una economía pequeña y abierta. Ha venido aplicando un programa de política económica que ha permitido mantener la estabilidad de las principales variables macroeconómicas. La liberalización del comercio exterior, la aplicación del principio de trato nacional a la inversión extranjera y la promoción de procesos de participación del sector privado en la actividad, a través de proyectos de asociación público-privada, han despertado el interés de los inversores internacionales, impulsando la actividad económica a través de la ejecución de proyectos. Además, se han venido aplicando medidas para mejorar el comportamiento de los mercados y la competitividad, tales como la introducción de reguladores independientes, la reducción del plazo para la apertura de una empresa y la facilitación del comercio exterior (Gutiérrez y Oliva, 2010).

Las favorables perspectivas económicas para el Perú se sustentan en el impulso del consumo privado y en los anuncios de ejecución de proyectos de inversión tanto privados como públicos. De acuerdo al Fondo Monetario Internacional, el Perú es una “estrella en ascenso”, y se constituye como un mercado emergente; que destaca por su sólido crecimiento y baja vulnerabilidad (PROINVERSION, 2015).

**Gráfico 3:** Tasas de crecimiento económico. Proyecciones – Latinoamérica (2015 – 2016)



Fuente: BCRP y FMI, Elaboración: PROINVERSIÓN





### 2.3 Definición y descripción del sector construcción

El sector de la construcción en Perú es una de las actividades económicas más importantes del país. A lo largo de los años ha sido una unidad de medición del bienestar económico nacional. Además de su capacidad de generar empleo por ser intensivo en mano de obra, la evolución de este sector está fuertemente vinculado con diversas industrias, tales como, la industria del cemento, del acero, ladrillera, etc. Por tanto, como industria de construcción se entiende no sólo la actividad de los constructores, sino también desde los profesionales proyectistas hasta los productores de insumos para la construcción; es decir, de forma directa o indirecta, la industria de la construcción genera miles de puestos de trabajo. Asimismo, y en función de una clasificación que explique bien las necesidades y posibilidades de inversión, se hace la siguiente división en el sector de la construcción en Perú (Gutiérrez y Oliva, 2010):

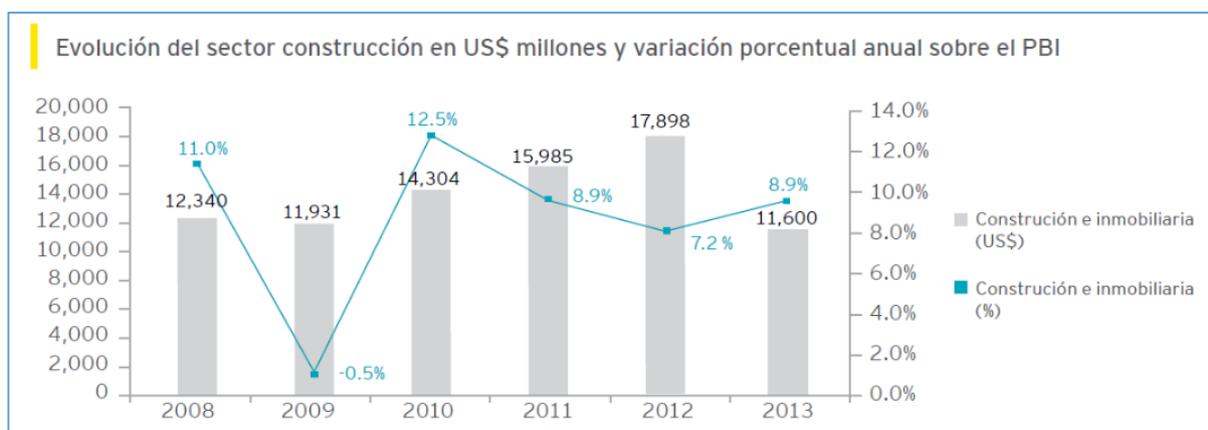
- Edificaciones, incluyendo en este subsector las viviendas y los edificios comerciales como oficinas, centros comerciales, etc.
- Obra civil, que se centra sobre todo en infraestructuras (carreteras, puertos, aeropuertos, ferrocarriles y saneamiento).
- Obras relacionadas con energía, sanidad o telecomunicaciones, y que a su vez involucran normalmente, además de la obra, una gestión y mantenimiento especializados.



## 2.4 Panorama general del sector

El sector de la construcción ha acumulado un desarrollo continuo en los últimos 5 años, a pesar de que sus tasas de crecimiento se desaceleraron en el 2009, 2011 y 2012. No obstante, el crecimiento ha encontrado un impulso debido al aumento de los ingresos económicos de los hogares, las mayores inversiones públicas y privadas, y la mejora de las condiciones de financiamiento para la adquisición de viviendas. El sector de la construcción creció 2.1% en el 2014 y se estima un crecimiento de 5.7% para el 2015 (MRE, et. al. 2015-2016).

**Gráfico 5:** Evolución del sector construcción y variación porcentual anual sobre el PBI



Fuente: BCRP, Elaboración: PROINVERSIÓN

El sector de la construcción crecería alrededor de 5.7% el 2015 y 7% el 2016, explicado por la mayor inversión pública y privada que dinamizará la ejecución de obras, destacando las obras de infraestructura vial y de ejecución de proyectos inmobiliarios. El inicio de los principales megaproyectos adjudicados entre el 2013 - 2014 como el Gasoducto Sur Peruano, La Línea 2 del Metro de Lima, y el Nodo Energético del Sur, así como las medidas aprobadas para reactivar la economía hacen prever que a partir del segundo semestre del 2015-2016 el sector tenga un repunte de 9%, según lo estimado por el presidente de la Cámara Peruana de la Construcción. A pesar de los programas habitacionales implementadas por el gobierno la demanda de viviendas se mantiene creciente lo cual ha motivado la presencia de nuevos inversionistas nacionales y extranjeros, destacándose el ingreso en los últimos años de empresas de capitales españoles y chilenos. La ampliación

de la inversión en el sector retail, construcción de oficinas comerciales e industriales son nuevos segmentos inmobiliarios que vienen evolucionando positivamente. Durante el 2012 y 2014 la inversión privada se manifestó con gran dinamismo en el segmento inmobiliario. En Lima y en las principales ciudades del país se vienen desarrollando numerosos proyectos de viviendas multifamiliares, edificios de oficinas y grandes centros comerciales (PROINVERSIÓN, 2015).

A continuación, se muestran los principales proyectos del sector construcción:

**Gráfico 6:** Principales proyectos del sector construcción

Anuncio y/o Proyecto	Inversión estimada en US\$ millones
<b>Proyectos públicos</b>	
Línea y Ramal Av Faucett - Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao	5,989
Terminal Portuario Multipropósito de Chancay	2,800
Ampliación del aeropuerto Jorge Chávez	850
Terminal Norte Multipropósito del Muelle del Callao	750
Vía Parque Rímac	703
Aeropuerto Internacional Chinchero-Cusco	634
<b>Proyectos Inmobiliarios</b>	
World Trade Center Lima	250
Villa In El Polo	180
Lima Central Tower	170
Centro Empresarial del Pacífico - Nodo	120
<b>Proyectos Retail</b>	
Remodelación del CC Camino Real	300
Real Plaza Puruchuco	140
Segunda ampliación de Plaza San Miguel	100
<b>Proyectos Cementeros</b>	
Nueva Planta Piura	386
Construcción de planta de producción de cemento-clinker	237
Construcción de planta de producción de cemento	90
<b>Total</b>	<b>13,707</b>

Fuente: Maximize – Proyectos de inversión, Elaboración: ProInversion

## 2.5 Estructura del sector

Las empresas del sector construcción tienen un peso relativo en la economía peruana. Dentro del Top 10.000 de las empresas peruanas aparecen 533 dentro del rubro de la construcción, lo cual significa que el 5,33% de las 10.000 empresas más grandes del país se dedican a actividades en este sector. Además, se observa dentro de estas empresas que, dentro de las quince primeras empresas del sector, en cuanto a facturación en 2009, aparecen numerosas empresas o bien extranjeras, o bien que se han constituido como consorcios para proyectos específicos de obra civil (Gutiérrez y Oliva, 2010):

**Gráfico 7:** Principales empresas del sector construcción y facturación 2009

Empresa	Facturación 2009 (millones de soles)
GYM S.A. (Graña y Montero S.A.)	1.200 - 1.400
CONIRSA S.A.	1.000 - 1.100
TECHINT S.A.C.	730 - 1.000
CBI Peruana S.A.C.	730 - 1.000
Odebrecht Perú Ingeniería y Construcción S.A.C.	500 - 550
San Martín Contratistas Generales S.A.	400 - 440
Consortio Constructor IIRSA Norte	340 - 350
Consortio Huachipa	300 - 340
COSAPI S.A.	262 - 300
Camargo Correa	262 - 300
Construcción y Administración S.A.	262 - 300
Consortio Constructor Tramo 4	250 - 262
Abengoa Perú S.A.	195 - 240
JJC Contratistas Generales S.A.	195 - 240

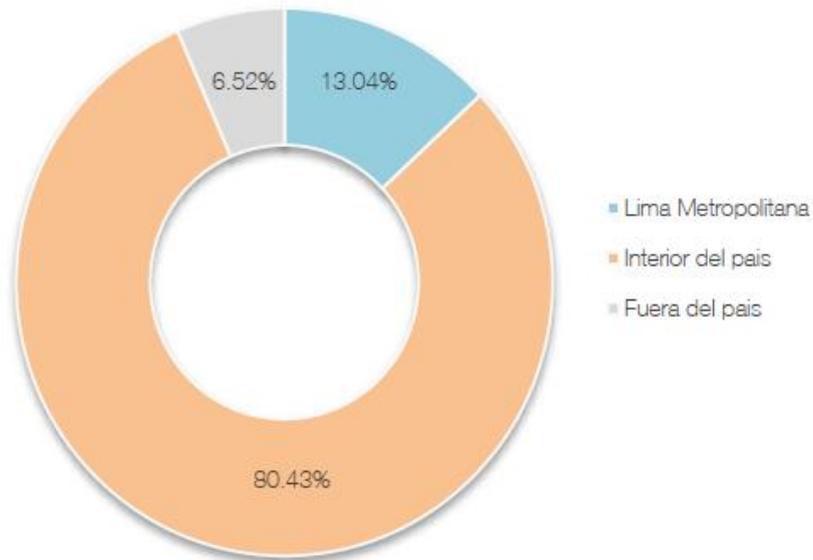
Fuente: Top 10000 – Elaboración: Gutiérrez y Oliva

Además, hay que mencionar que hay una parte importante del sector que se puede clasificar como informal, y que, en muchos casos, sobre todo en los estratos sociales bajos, se tiende hacia la auto-construcción.

Cabe mencionar que, con respecto a las obras de infraestructura, en función de la distribución geográfica de sus ingresos para el año 2015, las constructoras indicaron

que el 80% provienen del interior del país, mientras que un 13% corresponden a obras localizadas en Lima Metropolitana y solo un 7% a proyectos ejecutados en el extranjero (CAPECO, 2015).

**Gráfico 8:** Distribución geográfica de ingresos de las constructoras de obras de infraestructura (2015)



Fuente: Encuestas IEC – CAPECO. Elaboración: CAPECO



## CAPITULO III: MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE



### CAPITULO III: MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 Conceptos básicos:

##### a) Proyecto

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto, cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto (PMBOK, 2013).

##### b) Gestión

La Real Academia de la Lengua Española (RAE), define la gestión como la acción y efecto de gestionar y administrar, hacer diligencias conducentes al logro de un negocio o de un deseo cualquiera.

La gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los 47 procesos de la dirección de proyectos, agrupados de manera lógica, categorizados en cinco Grupos de Procesos (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre) (PMBOK, 2013).

##### c) Planificación:

En general, puede ser mejor descrita como la función de selección de los objetivos de la empresa y el establecimiento de políticas, procedimientos y programas necesarios para su consecución. Planificación es determinar lo que hay que hacer, por quien, y para cuando. Hay 9 componentes principales de la fase de planificación: Objetivo, Programa, Programación, Previsto, Organización, Política, Procedimiento, Estándar (Kerzner, 2013).



La planificación consiste en, distribuir y combinar los recursos disponibles durante un tiempo determinado (plazo) para cada una de las tareas del proyecto, optimizando el coste y manteniendo el nivel de calidad adecuado. (Pellicer, 2014).

### d) Control

Comparar el desempeño real con el desempeño planificado, analizar las variaciones, evaluar las tendencias para realizar mejoras en los procesos, evaluar las alternativas posibles y recomendar las acciones correctivas apropiadas según sea necesario (PMBOK, 2013).

### e) Herramientas

Algo tangible, como una plantilla o un programa de software utilizado al realizar una actividad para producir un producto o resultado (PMBOK, 2013).

f) Técnica: Procedimiento sistemático definido y utilizado por una o más personas para desarrollar una o más actividades, a fin de generar un producto o un resultado o prestar un servicio y que puede emplear una o más herramientas (PMBOK, 2013).

g) Metodología: Un sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y normas utilizados por quienes trabajan en una disciplina (PMBOK, 2013).

## 3.2 Características de la Gestión.

### *Gestión en la construcción*

En las investigaciones consultadas se dice mucho acerca de lo complejo y el gran esfuerzo que conlleva gestionar un proyecto de construcción, más aún cuando este se encuentra en proceso de ejecución; por ello, se considera importante tener en cuenta los siguientes conceptos acerca de la gestión (Pellicer, 2014):

- Gestión de proyectos: Combinación de recursos organizados temporalmente para obtener un diseño óptimo que soluciones un problema planteado y plasmarlo y plasmarlo en una documentación que sea suficiente para que un



tercero pueda construir una infraestructura, o fabricar un producto, cumpliendo determinados objetivos de coste, plazo y calidad.

- Gestión por proyectos: Enfoque de la estructura empresarial que se basa en equipos de trabajo temporales cuyos miembros trabajan conjuntamente en un proyecto.
- Gestión en la construcción: Se gestionan los proyectos utilizando estructuras organizativas empresariales que están preparadas para trabajar de ese modo, sistemáticamente. Los proyectos son la producción normal de la empresa. Los equipos de trabajo no son estables. Coexiste, la gestión de proyectos (nivel productivo) con la gestión por proyectos (nivel empresarial).

La gestión de proyectos, es acerca de cómo convertir la visión en realidad. Tenemos una visión de algún estado futuro que nos gustaría lograr. Anticipamos que el funcionamiento de ese nuevo estado nos ayudara a mejorar el rendimiento de la empresa mediante la resolución de un problema o la explotación de una oportunidad, y así proporcione beneficio para pagar el coste de su realización. La gestión basada en proyectos es el proceso estructurado por el cual entregamos con éxito ese estado futuro. La segunda dimensión del enfoque estructurado son los procesos de gestión que seguimos para convertir la visión en realidad. Hay dos componentes del enfoque de gestión (Turner, 2009):

- 1) El ciclo de vida del proyecto: las etapas que atravesamos, que nos llevan desde la raíz inicial de una idea, que hay algún cambio que podemos hacer para mejorar el rendimiento hasta el punto en el que tenemos un activo operativo que proporciona beneficio.
- 2) Los procesos de gestión: las medidas de gestión que seguimos en cada etapa para entregar esa etapa.

Asimismo, los procesos de gestión de proyectos se resumen en cinco grupos (PMBOK, 2013):

- a) Iniciación, que es donde se define el alcance inicial y se comprometen recursos financieros iniciales. Además, se identifican los interesados internos y externos que van a participar y ejercer alguna influencia sobre el resultado global del



proyecto. El propósito clave es, alinear las expectativas de los interesados con el propósito del proyecto, darles visibilidad sobre el alcance y los objetivos, y mostrar cómo su participación en el proyecto y sus fases asociadas puede asegurar el logro de sus expectativas. Estos procesos ayudan a establecer la visión del proyecto; qué es lo que se necesita hacer

- b) Planificación, compuesto por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos, y desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos. Los procesos de planificación desarrollan el plan para la dirección del proyecto y los documentos del proyecto que se utilizarán para ejecutarlo. Los cambios importantes que ocurren a lo largo del ciclo de vida del proyecto generan la necesidad de reconsiderar uno o más de los procesos de planificación y posiblemente algunos de los procesos de inicio. Esta incorporación progresiva de detalles al plan para la dirección del proyecto recibe el nombre de elaboración progresiva, para indicar que la planificación y la documentación son actividades iterativas y continuas. El beneficio clave de este Grupo de Procesos consiste en trazar la estrategia y las tácticas, así como la línea de acción o ruta para completar con éxito el proyecto o fase. Las actualizaciones de estos documentos aportan mayor precisión en torno al cronograma, a los costos y a los recursos requeridos para cumplir con el alcance definido para el proyecto.
  
- c) Ejecución, compuesto por aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones del mismo. Este Grupo de Procesos implica coordinar personas y recursos, gestionar las expectativas de los interesados, así como integrar y realizar las actividades del proyecto conforme al plan para la dirección del proyecto. Durante la ejecución del proyecto, en función de los resultados obtenidos, se puede requerir una actualización de la planificación y una revisión de la línea base.



d) Monitoreo y Control, compuesto por aquellos procesos requeridos para rastrear, analizar y dirigir el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios e iniciar dichos cambios. El beneficio clave, está en que el desempeño del proyecto se mide y analiza a intervalos regulares, y también como consecuencia de eventos adecuados o determinadas condiciones de excepción, a fin de identificar variaciones respecto del plan para la dirección del proyecto. Este grupo de procesos implica, además, controlar cambios y recomendar acciones correctivas o preventivas para anticipar posibles problemas; monitorear las actividades del proyecto, comparándolas con el plan para la dirección del proyecto y con la línea base para medir el desempeño del proyecto; influir en factores que podrían evadir el control integrado de cambios o la gestión de la configuración, de modo que sólo se implemente cambios apropiados.

Asimismo, no solo monitorea y controla el trabajo que se está realizando dentro del grupo de procesos, además, monitorea y controla el esfuerzo global dedicado al proyecto.

e) Cierre, está compuesto por aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos de la dirección de proyectos, a fin de completar formalmente el proyecto, una fase del mismo u otras obligaciones contractuales. Una vez completado, verifica que los procesos definidos se han completado dentro de los grupos de procesos a fin de cerrar el proyecto o una fase del mismo, según corresponda, y establece formalmente que el proyecto o fase del mismo ha finalizado.

Como se indicó anteriormente, la planificación es el punto de origen de la administración de proyectos, y tanto la planificación como el control son procesos de la gestión de proyectos, fundamentalmente en el entorno de la construcción. Por lo, que en esta investigación se tratara a mayor profundidad los temas relacionados a la planificación y control en función del plazo (tiempo). Según el enfoque planteado por el PMBOK (2013), se indica que la planificación son los procesos para establecer el alcance y desarrollar la línea de acción que permita lograr los objetivos. Asimismo, Definir el alcance es, el proceso que consiste en desarrollar una descripción detallada



del proyecto y del producto; su beneficio clave es, describir los límites del producto, servicio o resultado mediante especificaciones de cuáles de los requisitos serán incluidos o excluidos del alcance del proyecto, además como resultados de este proceso se obtienen, el enunciado del alcance del proyecto que es la descripción del alcance, de los entregables principales, de los supuestos y de las restricciones del proyecto, y las actualizaciones a los documentos del proyecto, que indican los documentos susceptibles de actualización.

Otro proceso de utilidad para la gestión de proyectos, ya que a partir de este se obtiene como resultado la línea base del alcance, que finalmente será usada como base de comparación; es decir, un punto de control, es el proceso de crear la EDT/WBS (estructura de desglose del trabajo) el cual forma parte de la gestión del alcance del proyecto. La EDT, según el enfoque PMBOK (2013) es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar, para cumplir con los objetivos del proyecto y crear entregables requeridos. La EDT, organiza y define el alcance total del proyecto y representa el trabajo especificado en el enunciado del alcance del proyecto aprobado y vigente. El trabajo planificado, está contenido en el nivel más bajo de los componentes de la EDT, denominados paquetes de trabajo. Un paquete de trabajo, se puede utilizar para agrupar las actividades donde el trabajo es programado y estimado, seguido y controlado.

### *El enfoque tradicional*

El enfoque tradicional de la gestión de proyectos se basa en un conjunto típico de técnicas y procedimientos destinados a ayudar al director del proyecto a fin de definir y dirigir el trabajo del proyecto. A fin de satisfacer las necesidades de gestión de los problemas reales de la ejecución de proyectos, se han desarrollado a través de los años, métodos que den respuesta a este tema; dichos métodos se enfocan en la definición de las actividades de la estructura de trabajo del proyecto, programación y presupuesto, seguimiento y control de los resultados mientras se ejecuta el proyecto y evaluación e informes de la situación del proyecto a lo largo del ciclo de vida del proyecto. El concepto del enfoque tradicional se basa en una metodología de sistemas, en el que se considera que la gestión de proyectos se basa en un proceso de control dinámico que se realiza dentro de un sistema de proyectos e interactúa con



el entorno. Este sistema del proyecto, contiene una organización humana, conocida como la organización del proyecto y un subsistema de materiales, equipos e instalaciones. La planificación y el control se realizan continuamente, a medida que avanza el proceso de implementación. Bajo esta perspectiva, la idea de que el enfoque tradicional es “estático y cerrado” puede ser contrarrestado (Rodrigues, 1994).



**Tabla 1:** Información general de las técnicas y herramientas de la gestión de proyectos

<b>Técnica/Herramientas</b>	<b>Propósito</b>
<b>Estructura de desglose del trabajo (EDT)</b>	Definición básica del proyecto. Precede al cronograma de proyectos y las estimaciones de costes
<b>Matriz de responsabilidades</b>	Integración de la organización del proyecto con la EDT - asignación de responsabilidades
<b>Gráfico de barras o gráfico Gantt</b>	Representación simple de la programación del proyecto. No muestra las relaciones de precedencia entre actividades.
<b>Técnicas de la red de proyectos: PERT, CPM, PDM, GERT y otras</b>	Técnicas de red para la programación de trabajo. Proporciona el análisis de los impactos que las actividades de programación tienen en cada uno y la determinación de actividades críticas y flujo de tiempos. Base de la estimación de costos, asignación y gestión de recursos y análisis de riesgos
<b>Cronograma de costos</b>	Identificación de los requerimientos de capital para los recursos. Estimación de presupuestos realistas que proporcionan las normas contra la cual se mide el desempeño del proyecto
<b>Control de proyecto: análisis de varianza, PERT/costos, valor ganado y otros</b>	Evaluación del desempeño de los proyectos con la generación de los índices de rendimiento. Adoptar medidas para la detección de los excesos del proyecto y la necesidad de acciones correctivas. Los Gráficos WBS, Gantt y otras técnicas de programación se incorporan normalmente en el proceso de control del proyecto

Fuente: Rodrigues, 1994



### 3.3 La planificación de los proyectos de construcción

#### *Consideraciones sobre la planificación*

Algunos autores e investigadores han abordado la planificación de proyectos como:

Es el proceso de determinar las estrategias adecuadas para la consecución de los objetivos predefinidos del proyecto. En los proyectos de construcción, el objetivo de la planificación es la realización de una cantidad determinada de trabajo dentro de un plazo fijo, a un costo previamente estimado, y con las normas especificadas de calidad (Faniran, et. al., 1998).

Algunos comparan la planificación con la dirección. En el entorno del proyecto, la planificación es percibida como aquel proceso que se encarga de cubrir todas las actividades necesarias para poner en marcha un proyecto; mientras, que aquellos que realizan la ejecución del proyecto, definen la planificación como el control del proyecto. Dicha división es inexacta y posiblemente engañosa. Otros afirman que, la planificación es un proceso de toma de decisiones. Pero, la planificación es, en realidad mucho más que la toma de decisiones. Por lo que se propuso que la planificación es, un proceso compuesto de varios elementos; y cuantos más elementos estén presentes, más fácilmente el proceso es reconocido como planificación (Laufer, et. al., 1994).

El proceso de planificación en la construcción, puede ser concebido como un proceso que consta de dos componentes principales, (1) La formulación de planes y (2) la ejecución de planes; ambos en un estado constante de interacción con sus respectivos entornos. La formulación de planes es, realizada por los planificadores de la construcción en el entorno de la organización de la empresa constructora; por tanto, están en constante cambio y adaptación al entorno de la organización. Del mismo modo, la ejecución de los planes formulados se ejecuta en el entorno físico del proyecto, por lo que, también están obligados a ser afectados por los factores situacionales en el entorno del proyecto. Por lo que surge la necesidad de entender, cómo el proceso de la planificación interactúa con sus entornos (Faniran, et. al., 1998).



La planificación de la construcción se ejecuta en un ambiente multidisciplinario, en que es fundamental explorar las interdependencias, gestionar la incertidumbre del intercambio de información y la comprensión del contexto. El método de la planificación de la construcción suele ser tratado como un proceso lineal aislado de la gestión de la información y la logística. Los planificadores suelen ser confundidos por la cantidad de información recibida y la mala calidad de esta (es decir, información de diseño incompleta). Y a fin de hacer frente a esta incertidumbre, a menudo suelen hacerse suposiciones durante el proceso de planificación; a su vez, dichas suposiciones son ignoradas surgiendo en el momento de la ejecución del proyecto (Li, et. al, 2006).

Podemos manifestar que, varios temas fundamentales son tratados a fin de obtener una efectiva planificación de la construcción y estos son: aborda numerosos propósitos y diversos usuarios; requiere de numerosos planes y varios formatos; requiere numerosos tiempos y diferentes horizontes de tiempo y requiere numerosos participantes y varios modos de preparación. Dichos temas, se expresan mejor a través de las siguientes interrogantes, ¿Por qué planear?, ¿Quién debe planear?, ¿Qué y Cuándo se debe planear? (Laufer, et. al., 1994). Así también, los planes se suelen desarrollar sólo o principalmente con fines de control, ignorando el “cómo”.

### *Múltiples propósitos y usos - ¿Por qué planificar?*

La planificación de la construcción ejerce cinco diferentes funciones, estas son, ejecución (plan de acción), coordinación, control, prevención y optimización; sin embargo, gran parte de empresas constructoras dan mayor prioridad a la función de predicción y control, en lugar de la función de ejecución, la cual es básicamente la razón de cualquier planificación. Investigadores y profesionales de la construcción, defienden el concepto generalizado de que el control, en lugar de la planificación, es el principal interés de los involucrados en la construcción, desde el inicio de las obras de construcción hasta su conclusión (Laufer y Tucker, 1987, 1988; Cohenca, et. al., 1989).

La planificación eficaz se ve influenciada por aspectos, tales como, el método de ejecución de proyectos (metodología constructiva), adquisición de contratos, gestión del cliente y supervisión del equipo de planificación, incluye factores como, la gestión



del intercambio de información y gestión de la calidad. Pero, se puede argumentar que la actividad fundamental en la planificación es gestionar, controlar y evaluar las tareas de planificación (Li, et. al., 2006)

Los propósitos de la planificación tienen una fuerte vinculación con los usuarios (propietarios, diversos diseños de ingeniería, dirección de obra, oficina técnica, subcontratistas y proveedores) de los planes. De estos propósitos de la planificación, se lograron identificar trece, entre los cuales tenemos: ajustar objetivos, prioridades y compromisos y determinar restricciones de los proyectos; proporcionar una base para los compromisos contractuales (propietario-contratista-subcontratista); obtener una mejor comprensión de los objetivos, aclararlos y maximizar la posibilidad de alcanzarlos; definir y desglosar el trabajo requerido (establecer límites visibles entre los paquetes de trabajo); prepara un modelo preliminar y lineamientos generales de planes futuros para permitir suficiente plazo de ejecución y mantener la continuidad y la perspectiva global; preparar un plan de acción (decisiones orientadas a los procesos), estructurar las asignaciones directas de la ejecución; mejorar la comunicación, coordinación e integración entre los diferentes niveles jerárquicos, las diversas disciplinas y etapas dentro del ciclo de vida del proyecto; proporcionar un punto de referencia para el seguimiento, revisión y control de la ejecución del proyecto; preparar un pronóstico del rendimiento para el control de los proyectos en ejecución y como premisas para proyectos futuros; mejorar la optimización considerando y analizando más alternativas; evitar decisiones equivocadas explorando implicaciones futuras de las decisiones actuales; acelerar la capacidad de respuesta a cambios futuros; utilizar la experiencia y los registros acumulados de proyectos anteriores en un proceso sistemático de aprendizaje. Así pues, resumiendo el tema propósito, la planificación eficaz aborda numerosos efectos para varios usuarios. Asimismo, podemos relacionar el tema propósito con el primer principio de la multiplicidad de la planificación, el principio de jerarquía (Laufer, et. al., 1994).

### *Múltiples planes y formatos - ¿Qué planificar?*

Se identificó que el principal defecto del enfoque de la planificación es que, la programación (planificación del tiempo) se exagera, mientras que los métodos de planificación (cómo ejecutar la obra) se descuidan (Laufer, et. al, 1987).



Asimismo, algunos investigadores señalan que, una práctica común de la planificación es comenzar una tarea de planificación antes de lo previsto y en función de información supuesta y que, además, el actual enfoque de la planificación es aislar el papel de la planificación de la gestión de la información y la logística (Li, et. al., 2006; (Eknarin, 2004).

Los formatos utilizados para la emisión de planes se pueden clasificar y agrupar dentro de cinco familias (Laufer et. al., 1994): (1) Textual (listas y listas de verificación, protocolos de reuniones, instrucciones verbales); (2) Diagramas técnicos (incluyendo dibujos); (3) Diagramas de organización (EDT, estructuras organizativas); (4) Diagramas de tiempo (Gantt, CPM, diagramas de tiempo/recursos) y (5) tablas (incluyen otro tipo de formatos estándar); asimismo, cuando estos formatos son analizados y clasificados por su principal importancia y exactitud, se identifican tres familias de formatos, los cuales son: (1) el texto, formatos de acción muy informales y orientados a los procesos de planificación raramente usados para fines de control; (2) Diagramas técnicos y organizativos, empleados principalmente en el diseño y configuración del objeto, son del tipo semi-formales y a veces usados para el control, (3) Gráficos y tablas, su objetivo principal es el tiempo y el dinero, son formatos ampliamente utilizados para fines de control y son del tipo formales, se refieren principalmente a los resultados y logros, hitos y fechas límites. Resumiendo, el tema enfoque, la planificación eficaz requiere numerosos planes y varios formatos; este tema se puede relacionar con el segundo principio de multiplicidad de la planificación, el principio de exhaustividad (Laufer, et. al., 1994).

### *Múltiples tiempos y horizontes de tiempo - ¿Cuándo planificar?*

En este punto se hace referencia al dilema del tiempo, el cual es resumido en función a premisas, las que, además, se centran en la incertidumbre propia de la planificación de proyectos de construcción; dichas premisas, además, destacan la dificultad de determinar el momento de la planificación, es decir, se debe de realizar una planificación adelantada a la ejecución del proyecto o se debe esperar hasta que dicha ejecución este próxima (Laufer, et. al., 1988).

A su vez, el dilema del tiempo se relaciona con los horizontes temporales, es decir, para las diferentes etapas del proyecto; por ejemplo, para las etapas de pre-licitación



y pre-construcción el horizonte de planificación se extiende a toda la duración de la construcción y su plan resultante, establece los objetivos del proyecto, en la etapa inicial de la construcción la planificación se ocupa más de dar soluciones, aunque sigue sirviendo para la previsión y control, y durante la construcción, la planificación puede ser formal (relacionada con la programación, costo y recursos) e informal (a menudo es llevada por medio de reuniones en las que además de tratar temas de la planificación se resuelven conflictos, se realizan coordinaciones y control de planes a corto plazo). Resumiendo, el tema dilema del tiempo, la planificación eficaz requiere de numerosos tiempos y diferentes horizontes de tiempo; este tema se puede relacionar con el tercer principio de multiplicidad de la planificación, el principio de continuidad (Laufer, et. al., 1994).

Cabe mencionar, además que, una parte considerable de la planificación de la construcción se realiza durante la construcción, y que una parte importante de esta planificación durante la construcción es realizada a través de reuniones y dado el grado de incertidumbre en los proyectos, las reuniones son percibidas como una solución prometedora para la planificación durante la construcción debido a que: la información es incompleta e inestable (o incluso ausente) y la información se encuentra dispersa entre muchos funcionarios (Cohenca-Zall, et. al., 1994).

### *Múltiples participantes y modos de preparación - ¿Quién debe de planificar?*

Este tema es tratado, a través del dilema competencia, referido a quien debe de ser el que realice la planificación en la construcción, si el planificador (ingeniero de planificación/producción o el gerente; este dilema se basa en premisas, tales como, que la planificación de la construcción es un proceso que se realiza en condiciones de constante cambio, y con una frecuente falta de disponibilidad de la información; la planificación requiere de mucho tiempo de calidad y debe realizarse en grandes bloques de tiempo permanente, además, del tiempo para la planificación se requiere tiempo para la documentación, elaboración de planes, comunicación, etc.; parte de la información necesaria para la planificación no es estructurada y es comunicada de forma verbal al gerente o diversos funcionarios. Por ello es que, para una planificación eficaz se necesita de una cooperación por ambas partes o equipos (gerencia, planificador) (Laufer, et. al., 1988).



Existen varios modos de preparación de la planificación, algunos de estos son: La planificación se realiza por un solo planificador o por un grupo, que puede ser reunido físicamente o mediante un medio de comunicación; la planificación puede ser formal (realizado por medio de un análisis cuantitativo y rendimiento riguroso, soluciones en base a datos) o informal (haciendo uso de consideraciones cualitativas y con fuerte base en la intuición y la experiencia); la planificación se puede realizar de un modo lento, repartida en varios periodos de tiempo (coincide con una planificación estratégica/conceptual) o de un modo de rápida solución (la que coincide con una planificación operativa/táctica). Resumiendo, el dilema competencia, el cual además está relacionado con el cuarto principio de multiplicidad, principio de cooperación, podemos decir que una planificación eficaz requiere de numerosos participantes y varios modos de preparación. (Laufer, et. al., 1994).

En la planificación tradicional, a menudo los participantes (cliente, diseñadores, contratista principal, subcontratista) del proceso, desarrollan sus propios planes en aislamiento. La selección del método de construcción, las actividades de programación, y el espacio donde se desarrollará la ejecución están interrelacionados y son interdependientes. Y con frecuencia, estas interdependencias son ignoradas en la etapa de la planificación hasta la ejecución. Como consecuencia se dan conflictos en la organización del espacio y la elección del método de construcción termina dependiendo de los intereses individuales (Li, et. al., 2006).

### 3.4 El control temporal de los proyectos de construcción

#### *Consideraciones sobre el control temporal*

La mayoría de investigaciones realizadas acerca del control en proyectos, se enfoca principalmente en el control de los costos en los que se incurre durante la ejecución del proyecto. Asimismo, existen muy pocos estudios acerca de la experiencia para mejorar la actividad específica del control de proyectos en la práctica; además que, es más frecuente la aplicación de un control de costos que un control de tiempo (Olawale & Sun, 2014). Se argumentó además que, la práctica del control de proyectos se he enfocado tradicionalmente en metas basadas en productos y se



apoya la necesidad de cambiar el énfasis hacia las metas orientadas a procesos (Haponava y Al-jibouri, 2010).

El control de proyectos, hace referencia al esfuerzo de mantener los parámetros que indican el rendimiento del cierre de un proyecto para el valor objetivo predeterminado o dentro del rango del valor objetivo (Zanen y Hartmann, 2010). Incluye, cuatro elementos, tales como, normas y planes de desempeño formulados y desarrollados en el proyecto (objetivos, metas y estrategias); técnicas de medición de rendimientos; comparación de rendimientos previstos y reales; acciones correctivas para que proyecto retome el camino (Diekmann y Al-Tabtabai, 1992).

En su comprensión más clásica, el control de proyectos de construcción, comprende: el establecimiento de normas, la medición del desempeño, y el realizar comparaciones y toma de decisiones correctivas. Asimismo, se ha encontrado que, en particular a nivel general del proyecto, el control de los resultados relacionados con el proyecto es, formal y sistemático. Sin embargo, el control sobre el uso de recursos se realiza de manera menos formal, y normalmente vinculada con temas de planificación realizados durante las reuniones en obra (Laufer, et. al., 1994).

Cuando los planes son ejecutados (es decir, la construcción está en marcha), el rendimiento real es medido; este es el comienzo de la función de control, cuya responsabilidad es la de alertar acerca de las desviaciones del rendimiento real, seguido por una comparación entre el rendimiento real y el deseado (planificado). Un control efectivo de proyectos de construcción, necesita dos tipos de información en tiempo real: (a) el plan de una lista de actividades a realizar en determinado día, desglosado en términos de PPI (indicadores de rendimiento del proyecto, tales como, costo, tiempo y calidad), y (b) la medición real en los mismos términos (Navon y Sacks, 2007).

#### *La práctica del control temporal en proyectos de construcción*

El control del proyecto en general implica varias tareas diferentes, como, (1) Planificación, en esta se determinan los objetivos y actividades necesarias para alcanzar dichos objetivos; (2) Monitoreo, una vez iniciado la ejecución, el progreso debe ser monitoreado a fin de asegurar que las actividades se ejecuten según lo



previsto, cualquier variación debe de ser identificada, (3) Informes, es el formato establecido en el que recopilará la información obtenida durante el monitoreo y es el análisis de esta información la que muestra la situación del proyecto; (4) Análisis, luego de la recopilación de información se debe de determinar si el proyecto se está ejecutando según lo previsto, de no ser así, se deberá de calcular la magnitud e impacto de estas variaciones (Olawale y Sun, 2013).

Asimismo, se identifican acciones predominantes en la actual practica del control del tiempo, desarrolladas en cinco pasos: (1) evaluación de recursos disponibles, duraciones son decididas mediante el uso de métodos en función de la evaluación de la experiencia y el uso de cálculos; (2) desarrollo de representaciones visuales de la duración (softwares de programación), de acuerdo a los diferentes propósitos se identifican diferentes planes; (3) monitoreo e informes, son considerados un sólo paso, no se cuenta con una sistematización del proceso de entrega de informes entre la obra y la oficina técnica; (4) análisis de la información obtenida a través del monitoreo y presentación de informes; (5) Se realiza la acción como un proceso de control habitual, la información obtenida en la fase anterior sólo se interpreta como herramienta analítica cuantitativa que raramente revelará tendencias futuras (Olawale y Sun, 2014).

El control del rendimiento del proyecto, en general, se refiere a las actividades emprendidas por la gestión de proyectos (o empresas), a fin de determinar si el rendimiento de un proyecto es lo más cercano posible a un conjunto de valores deseables. El rendimiento se mide en términos de indicadores de desempeño del proyecto (PPI); siendo uno de los retos del proceso de control, automatizar la medición de los indicadores de rendimiento. Pero, en la práctica actual aún se hace uso de la tradicional recolección manual de datos (por ejemplo, el registro de las horas de trabajo diario, preparación semanal de informaciones), que luego son introducidos en un sistema de información de gestión de las empresas. Con el monitoreo manual, el nivel de detalle de la información que finalmente esta computarizado es baja. (Navon y Sacks, 2007).

Por otro lado, en un estudio realizado en la gestión de proyectos de construcción a nivel de PYMES en México, se mencionó que para el control de proyectos más de la



mitad (74%) de las empresas entrevistadas hacían uso de programas informáticos y el resto (26%) lo realizaban de manera manual; asimismo, lo que realizaban el control manualmente, se centraban en aspectos, tales como, tiempo de entrega del proyecto, asignación de consumo de materiales, comparación de costes (real vs planificado), mano de obra, equipo, y costo de supervisión (González, et. al. 2006).

### 3.5 Procedimientos, herramientas, técnicas y métodos de planificación y control

#### *En la planificación*

La planificación es una actividad mental creativa y exigente de la elaboración de los que hay que hacer, cómo, por qué, por quien y con qué; es decir, hacer el trabajo con la mente. Sin embargo, la programación es el proceso de producir un cronograma relacionado con el tiempo de las decisiones de la planificación (Neale y Neale, 1989).

En la construcción, los términos planificación y programación suelen usarse como sinónimos. La planificación a menudo se refiere al uso de técnicas de programación, tales como, CPM, gráfico de barras o redes para producir un cronograma relacionado (Li, et. al., 2006).

#### *En el control*

Debido a que en el monitoreo se hace una comparación entre lo previsto y lo real, las herramientas que se usan para el control del proyecto en la fase de ejecución son las mismas que se utilizan en la etapa de planificación; la diferencia se encuentra en, el propósito para el que se utilizarán; es decir, para procesar, estructurar y analizar la información recopilada durante la ejecución del proyecto (Zanen y Hartmann, 2010)

Algunos profesionales del entorno de la construcción, hacen mención del uso de la curva – S y el análisis del valor ganado durante el análisis del control del tiempo; asimismo, en la práctica prevaleciente en el análisis durante el control del tiempo, es una evaluación cualitativa de los avances actuales frente al progreso planificado, marcando dicho progreso en la misma programación (cronograma) del proyecto para comprobar si el proyecto está adelantado o retrasado con lo previsto; es decir, que el progreso suele ser marcado en el diagrama Gantt. Siendo esta una manera muy



simple de análisis, pues muy difícilmente revelará la causa fundamental de la falta de avance en el progreso (Olawale y Sun, 2014).

La naturaleza dinámica de los proyectos de construcción, hace del uso de sistemas de control industrial estándar poco prácticos para la construcción (Navon y Sacks, 2007). Como se mencionó anteriormente, uno de los retos para el proceso de control es poder realizar la recolección de datos de forma automatizada y sistemática, esto a fin de poder contar con la información en el momento necesario para una correcta toma de decisiones.

Las investigaciones realizadas acerca de los procesos de control, se clasifican en dos grupos, ambos basados en la recolección de datos con tecnologías avanzadas. El primer grupo se enfoca en el control de calidad, o en mejorar el rendimiento operativo; mientras que el segundo grupo, la recolección de datos es convertida en información significativa de gestión, de tal manera que la recolección de datos y su interpretación están automatizados, permitiendo así, el control en tiempo real del proceso de construcción; Sin embargo, la mayor parte de investigación hacia la recopilación de datos automatizada en la construcción, se ve impulsada por la tecnología, siendo quizás mejor, buscar un enfoque basado en, establecer las necesidades para la información del control desde la perspectiva de los profesionales de la gestión de la construcción en los diferentes niveles de autoridad y responsabilidad; registrar los niveles de disponibilidad y el nivel de detalle, de la información de control que actualmente es proporcionada por sistemas de monitoreo existentes (Navon y Sacks, 2007).

A continuación, se mencionan algunas de las herramientas, métodos y técnicas más usadas en la programación y control de proyectos.

- Técnica de revisión y evaluación de programas (PERT – *Program Evaluation and Review Technique*)

Es una técnica de estimación que aplica un promedio ponderado de estimaciones optimistas, pesimistas y más probables cuando hay incertidumbre en las estimaciones de las duraciones de las actividades individuales. La exactitud de las estimaciones de la duración de una actividad por un único valor puede mejorarse si se tienen en cuenta



la incertidumbre y el riesgo. Este concepto se originó con la técnica PERT. Este método utiliza tres estimaciones para definir un rango aproximado de duración de una actividad: **Más probable** (tM), **Optimista** (tO), **Pesimista** (tP). (PMBOK, 2013)

Este sistema se basa en el reconocimiento de que las estimaciones son inseguras y, por tanto, es lógico hablar de intervalos de duración y de probabilidad de que la duración de una actividad este en ese intervalo, en lugar de dar por supuesto que una actividad va a terminarse en una cantidad fija de tiempo. Este sistema se usa cuando existe muy poca experiencia en la que basar las estimaciones sobre la duración de actividades. Para cada actividad se debe de realizar tres estimaciones: más probable, optimista y pesimista; las cuales se combinan en una fórmula y se obtiene una estimación de la duración media prevista para una actividad, a continuación, se puede calcular la desviación estándar para cada actividad y utilizar un intervalo de confianza para especificar la probabilidad de que las actividades se ejecuten dentro de unos límites de tiempo (Lewis, 1995).

PERT es básicamente una herramienta de planificación y control. Se le puede considerar como una hoja de ruta para un programa o proyecto en particular, en el que todos los elementos importantes (eventos) han sido completamente identificados, junto con sus correspondientes interrelaciones. Uno de los propósitos de construir el gráfico PERT es determinar cuánto tiempo es necesario para completar el proyecto, por tanto, PERT utiliza el tiempo como un común denominador para analizar aquellos elementos que influyen directamente en el éxito del proyecto y rendimiento. Con PERT se puede identificar la fecha más temprana posible sobre la cual podemos esperar suceda un evento, o una actividad inicie o finalice (Kerzner, 2013).

PERT gráficamente, representa las tareas en las flechas y los eventos en los nodos (actividad en flecha); necesita tareas (flechas) ficticias para una adecuada representación. Hasta aquí, PERT no presenta mayor diferencia con respecto a CPM; sin embargo, las diferencias más representativas con respecto a CPM, son que: PERT se basa en la probabilidad de la duración de la tarea y que la duración de una tarea se suele definir mediante la función de distribución normal (Pellicer, 2014).

- Método de la ruta crítica (CPM – *Critical Path Method*)



Es un método utilizado para estimar la duración mínima del proyecto y determinar el nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos dentro del cronograma, para lo cual hace uso de la ruta crítica. Esta técnica de análisis de la red del cronograma calcula las fechas de inicio y fin tempranas y tardías, para todas las actividades sin considerar la limitación de recursos y realizar un análisis que recorre hacia adelante y hacia atrás toda la red del cronograma. La ruta crítica es la secuencia de actividades que representan el camino más largo a través de un proyecto y determina la menor duración posible. Las fechas de inicio y fin tempranas y tardías resultantes no constituyen necesariamente el cronograma del proyecto, sino más bien indican los períodos dentro de los cuales se podrían realizar las actividades, teniendo en cuenta los parámetros introducidos en el modelo de programación para duraciones de las actividades, relaciones lógicas, adelantos, retrasos y otras restricciones conocidas. Para cualquiera de los caminos o rutas del cronograma, la flexibilidad se mide por la cantidad de tiempo que una actividad del cronograma puede retrasarse o extenderse respecto a su fecha de inicio temprana sin retrasar la fecha de finalización del proyecto ni violar restricción alguna del cronograma, lo que se denomina “holgura total”. (PMBOK, 2013)

Existen diferentes prácticas de programación dependiendo de si la duración de las actividades está considerada como determinístico o probabilístico. Bajo la hipótesis determinista, el más usado es el método del camino crítico (CPM) y su estrictamente derivado el método del diagrama de precedencias (PDM). El CPM se ejecuta en un sistema de programación basada en la red, sus pasos básico son: definir actividades a partir de la EDT, estimar costo, duración y recursos para cada actividad, definir relaciones de dependencia entre actividades, luego de tener todo esto claramente definido, el sistema es iterado con el fin de optimizar y gestionar la red usando el algoritmo CPM, el cual consta de 2 fases, un acontecimiento/evento adelantado, el cual determina el inicio y fin temprano de todas las actividades y un acontecimiento/evento retrasado el cual determina el inicio y fin tardío de todas las actividades; luego de tener la red resuelta, se busca el camino crítico (aquel cuyas actividades no presentan holguras) y este es el más largo de todos los caminos de la red (De Marco, 2011).



CPM gráficamente, representa las tareas en las flechas y los eventos en los nodos (actividad en flecha); necesita tareas (flechas) ficticias para una adecuada representación. La diferencia con PERT radica esencialmente en que, está basado en una duración determinística o exacta de la tarea y que la duración del proyecto está determinada por el camino crítico (Pellicer, 2014).

- Método de diagramación por precedencias (PDM – *Precedence Diagramming Method*)

Es una técnica utilizada para construir un modelo de programación, en el cual, las actividades se representan mediante nodos y se vinculan gráficamente mediante una o más relaciones lógicas para indicar la secuencia en que deben de ser ejecutadas. El de actividad en el nodo (AON) es uno de los métodos de representación de un diagrama de precedencia. Este es el método que utilizan la mayoría de los paquetes de software de gestión de proyectos. (PMBOK, 2013)

Es un método del tipo AON (actividades en nodos) y va más allá del método CPM (critical path method), mediante la inclusión de otras relaciones interactivas, tales como: inicio-inicio (SS), inicio-fin (SF), fin-fin (FF), fin-inicio (FS); incluye además la posibilidad de agregar *lags* (adelantos) y *leads* (retrasos) entre las actividades; asimismo, al igual que CPM se pueden agregar algunas restricciones mediante la asignación de fechas fijas a una actividad particular (funciona como hito); además, se pueden establecer fechas bajo la forma “debe de comenzar/acabar”, restricciones o cálculos “lo más tarde posible” (De Marco, 2011).

PDM gráficamente, representa las tareas en los nodos y las flechas representan las interrelaciones entre tareas (actividad en el nodo); con lo cual, se diferencia de PERT y CPM; su elaboración presenta tres pasos: (1) Inicialmente, PDM se presenta como un diagrama de barras o Gantt; (2) Se incluyen las relaciones entre actividades, y (3) finalmente, representa un diagrama de red sin escala temporal. Asimismo, puede tener en cuenta también la probabilidad como PERT (Pellicer, 2014)

A continuación, se indican las técnicas de representación gráfica para la programación:



- Diagrama de barras

Es un formato de presentación del modelo de programación; también conocido como diagrama Gantt, el cual es un diagrama de barras con información relativa al cronograma donde las actividades se enumeran en el eje vertical, las fechas se muestran en el eje horizontal y las duraciones de las actividades se muestran como barras horizontales colocadas según las fechas de inicio y finalización. Es relativamente fácil de leer, y se usa frecuentemente en presentación a la dirección (PMBOK, 2013).

Diagrama de barras o cronograma generado a partir de la planificación, fruto del procedimiento bien definido, el cual plasma gráficamente y de forma integral el resultado de cálculos. Es un instrumento de planificación mediante el cual se pueden tomar decisiones, tales como, programar actividades de los equipos, hacer pedidos de suministros y subcontrataciones, alquilar maquinaria, contratación y formación de trabajadores, evaluar el progreso de las actividades, replanificar trabajos, dirigir reuniones. En el diagrama de barras se puede apreciar más claramente los tipos de holguras, lo que permite localizar los posibles errores, sirve como punto de partida para el análisis de recursos, programación de la ejecución y la planificación financiera, permite ver de manera gráfica el progreso de las actividades (Mattos y Valderrama, 2014).

- Diagrama espacio - tiempo (LOB – *Line Of Balance*)

Es una herramienta de programación orientada a los recursos y esta podría considerarse como el punto de partida para una programación más realista que la programación de actividades basadas en las actividades (Trimble, 1984).

También conocido como “líneas de equilibrio” o “línea de balance (LOB)”, es una técnica de planificación desarrollada especialmente para el tipo de proyectos con características de repetitividad. La planificación mediante este tipo de diagramas encaja bien con muchos tipos de trabajo, tales como, obras lineales (edificios altos con plantas típicas, túneles, carreteras, gasoductos, etc.), obras con unidades repetidas (vivienda en hilera, mercados con locales iguales, prefabricados, etc.) (Mattos y Valderrama, 2014).



En un gráfico LOB, por lo general, el tiempo se representa en el eje horizontal y el espacio en un eje vertical. Este tipo de diagrama permite la representación del índice de la producción de una actividad, la pendiente de la línea de producción se expresa en términos de unidades de distancia por unidad de tiempo (ejemplo, Km/día). (De Marco, 2011).

- Diagrama de red del cronograma del proyecto

Es una representación gráfica de las relaciones lógicas, también denominadas dependencias, entre las actividades del cronograma del proyecto. Su elaboración se puede realizar de forma manual o mediante un software de gestión de proyectos. Es un formato de presentación del modelo de programación, por regla general, se presenta con el formato de diagrama de actividad en el nodo (AON), que muestra actividades y relaciones sin escala de tiempo, normalmente denominado diagramas de lógica pura; en el caso de que, el formato de diagrama de red del cronograma incluya una escala temporal, se denominará diagrama lógico de barras (PMBOK, 2013).

Luego de obtener la duración de cada actividad y la secuencia lógica de la obra, el siguiente paso es representar gráficamente las actividades y sus dependencias por medio de una malla o diagrama de red. Hasta antes de la popularización de los ordenadores, la representación gráfica de la malla formada por las actividades y sus enlaces era un paso previo imprescindible para el cálculo de las fechas; asimismo, presenta ventajas de visualización de las relaciones entre las actividades y el camino crítico, permite resolver gráficamente dudas sobre la secuenciación, permite interpretar los diagramas generados por los propios ordenadores. Existen dos maneras de construir un diagrama de la red: (1) actividades se representan en las flechas, los métodos PERT y CPM originales se basan en este tipo, solo soportan actividades del tipo inicio-fin y no admite retrasos ni solapes, una de sus características es la necesidad de introducir actividades ficticias para representar correctamente la red. (2) actividades se representan en los nodos (bloques), las actividades se representan por bloques, es más moderno que el anterior. El método también se llama “diagrama de precedencias” o “método de las potencialidades”, en



este tipo de bloques se puede introducir todo tipo de enlaces, así como retrasos y solapes (Mattos y Valderrama, 2014).

- Otros

A continuación, se hace una descripción de otros métodos, técnicas o herramientas que a menudo son usados para la planificación y control; sin embargo, aunque son utilizados por algunos profesionales del entorno de la construcción, su uso no está estandarizado.

### *Método del valor ganado (EVM)*

Método del valor ganado (EVM), considerado por investigadores y profesionales como un método para la gestión y control de proyectos. Sin embargo, cuando se trata del control del tiempo, no tiene un tratamiento adecuado para los proyectos que se presentan con retraso, de aquí que la mayoría de profesionales utilicen esta herramienta, generalmente, para el control del costo más que del tiempo (Lipke & Henderson, 2006; Picornell, 2012).

A raíz de esto, surgen investigaciones en que se introducen conceptos para poder dar una solución a esta problemática, uno de estos es la Programación ganada o más conocido por su término en inglés Earned Schedule (ES), cuyo concepto es semejante al del valor ganado (EVM) pero en lugar de utilizar el costo para medir el rendimiento de la programación (cronograma), se usa el tiempo (Lipke, 2003).

El valor ES acumulado se encuentra utilizando BCWP (costo presupuestado del trabajo realizado) para identificar en cual incremento de tiempo BCWS (costo presupuestado del trabajo programado) se produce el valor del costo. El valor de ES entonces es igual al tiempo acumulado para el comienzo de ese incremento (por ejemplo, meses) más una fracción de la misma. La cantidad fraccional es igual a la porción de BCWP extendiéndose dentro del tiempo incompleto dividido por los BCWS total previstos para ese mismo periodo de tiempo. (Lipke, 2003). Pero una definición más simple sería que el ES se puede definir como el tiempo para el cual el valor acumulado de EV tendría que haber sido alcanzado si el proyecto se hubiese desarrollado según la planificación prevista (Picornell, 2012)

Debido a un creciente interés y aplicación, se vio la necesidad de brindar una terminología común que fuera fácilmente reconocida, para lo cual se acordó que los términos ES deberían ser paralelos, pero fácilmente distinguibles de los términos EVM (Henderson, 2007). En la siguiente tabla se indican los términos del ES

**Gráfico 9:** Terminología Programación Ganada (Earned Schedule)

	<b>EVM</b>	<b>Earned Schedule</b>
<b>Status</b>	Earned Value (EV)	Earned Schedule (ES)
	Actual Costs (AC)	Actual Time (AT)
	SV	SV(t)
	SPI	SPI(t)
<b>Future Work</b>	Budgeted Cost for Work Remaining (BCWR)	Planned Duration for Work Remaining (PDWR)
	Estimate to Complete (ETC)	Estimate to Complete (time) ETC(t)
<b>Prediction</b>	Variance at Completion (VAC)	Variance at Completion (time) VAC(t)
	Estimate at Completion (EAC) (supplier)	Estimate at Completion (time) EAC(t) (supplier)
	Independent EAC (IEAC) (customer)	Independent EAC (time) IEAC(t) (customer)
	To Complete Performance Index (TCPI)	To Complete Schedule Performance Index (TSPI)

Fuente: Henderson, 2007

*Reuniones*

Asimismo, otra herramienta utilizada durante la ejecución de los proyectos de construcción y que forma parte de la planificación y control, pero no se encuentra sistematizada y generalmente no es bien utilizado, son las reuniones que suelen ser el punto de partida para resolver varias situaciones indispensables en la obra. Investigadores mencionaron que, durante la construcción se realizan varios tipos de reuniones, las cuales sirven tanto para la planificación como para el control, aunque la planificación que se realiza es de tipo menos formal y, además se tratan temas como falta de planos, resolución de conflictos, etc. (Laufer, et. al., 1994). A continuación, se mencionarán, los tres tipos principales de reuniones:

- Reuniones con el propietario: en estas se tratan los objetivos del proyecto, fechas son revisadas y de ser el caso modificadas, se identifica la falta de información.



- Reuniones con los subcontratistas: este tipo de reuniones esta orientadas al proceso – toma de decisiones, se coordinan actividades de campo, recursos compartidos; se enfoca en los métodos de planificación (procesos constructivos)
- Reuniones con el capataz: estas se enfocan en la coordinación y planificación de los procesos constructivos, actividades son asignadas directamente y se coordinan los recursos compartidos.

### 3.6 Problemas durante la construcción

#### *En la planificación*

Hay quienes han sugerido que, parte de los factores críticos considerados responsables de la mala gestión de proyectos, podría atribuirse a la planificación, duración de la programación, programar con urgencia, entre otros (Rodríguez, 1994); y ya que la programación es parte del proceso de planificación, podemos asumir que una mala gestión de proyectos es resultado de una mala planificación.

Asimismo, surgen debates sobre la eficacia de la planificación de proyectos de construcción, atribuible a varios factores, tales como, la mala calidad e incompleta información que se brinda a los planificadores, rara o inexistente revisión sistemática de la planificación del proyecto (y revisión del proyecto en general), investigaciones recientes se enfocan más en el mejoramiento de las herramientas existentes en vez de explorar dentro del contexto organizacional de la planificación en la construcción; otro tema relevante, es la crítica hacia los planificadores novatos por parte de los planificadores con experiencia, estos últimos indican que los planificadores novatos se ven más impulsados por la tecnología que en enfocar una comprensión básica de los problemas de la construcción (Winch y Kelsey, 2004).

En una investigación realizada, que consistió en entrevistas a profesionales e investigadores del entorno de la construcción, y cuya finalidad era identificar los principales problemas en el proceso de la planificación de la construcción, a continuación se mencionan los principales problemas: método inadecuado para la recopilación de la información y la gestión, información insuficiente, falta de comprensión de la naturaleza del proceso de planificación, métodos inadecuados



para la coordinación de la planificación, y complicada estructura de trabajo en la práctica de la planificación (Li, et. al., 2006)

Uno de los problemas más frecuentes dentro de la industria de la construcción, y que suelen tener impacto negativo en el éxito de los proyectos, es el retraso, que además no solo se limita a la industria de la construcción, pues también puede afectar a la economía del país, en el caso que la construcción represente un factor importante en su desarrollo. Por otra parte, en una investigación realizada en los Emiratos Árabes Unidos (EAU) identifiqué otra serie de problemas, tales como, la preparación y aprobación de planos, lentitud en la toma de decisiones por parte del cliente e inadecuada planificación inicial del proyecto consideradas además como las principales causas de retraso. Otra revelación clave de este estudio fue que, cinco de las diez causas más significativas recaían en la categoría del contratista, considerándolo así uno de los responsables directos de los retrasos en la construcción (Shakeel y Monir, 2006).

### *En el control*

Con respecto al control temporal de los proyectos se pudieron identificar, problemas relacionados con las tareas que implica el control del proyecto y con las acciones predominantes (cinco pasos) durante la práctica común del control (Olawale y Sun, 2014).

Con respecto a las tareas del control:

- **Planificación:** Exceso de confianza en la experiencia en lugar de métodos de planificación formales; variedad de herramientas y uso no estandarizado, múltiples e inconsistentes objetivos de programación; falta de participación de los principales integrantes del proceso (Cliente, contratista principal, subcontratista, proveedores, etc.)
- **Monitoreo:** Ningún régimen de vigilancia dedicada en el lugar; no hay una clara distinción entre la supervisión y presentación de informes; poco énfasis en realizar el monitoreo.
- **Informes:** Inexistente mecanismo formal de presentación de informes entre el lugar de ejecución del proyecto y oficina técnica; No se elaboran los informes



debido al optimismo sobre el estado de la duración del tiempo; la etapa de análisis es dejada de lado; en el proceso general del control, la elaboración y entrega de informes no está bien integrado.

- Análisis: Conlleva a acciones reactivas y no proactivas cuando es necesario

Con respecto a las acciones predominantes:

- Primer paso: Falta de participación de los involucrados directos de la cadena de suministro.
- Segundo paso: Programación contractual no siempre es entregado al equipo de construcción, en su lugar se entrega una programación más ambiciosa.
- Tercer paso: El proceso de control pasa del monitoreo al análisis sin pasar por la etapa del informe; No se tiene bien definido quien realiza el monitoreo del progreso, si la oficina técnica o si el equipo que ejecuta reporta el progreso; La estructuración del informe se realiza durante las reuniones de seguimiento, la cual no es una buena práctica.
- Cuarto paso: Análisis simplista que difícilmente revela la razón fundamental de la falta de progreso o detección de problemas que puedan afectar.
- Quinto paso: Medidas correctivas para encausar proyecto retrasado son sólo reactivas y por lo general, no se terminan eficazmente.

Por otro lado, la falta de información en tiempo real perjudica la capacidad de los gerentes para detectar o gestionar la variabilidad e incertidumbre propia de las actividades del proyecto; surgen, además, otros problemas en relación a la necesidad de actualización de la información, como pérdida de tiempo por parte del personal de obra encargado de registrar y analizar los datos de obra, que en la práctica, poco se ha hecho por reducir el tiempo de recolección de datos y proporcionar a los encargados de la construcción la información oportuna y precisa. Y que, por tanto, los proyectos de construcción a menudo excedan plazos y presupuestos, además que la productividad de la construcción haya permanecido estática en los últimos veinte años (Navon y Sacks, 2007).



### 3.7 Introducción de nuevas filosofías y tecnologías:

#### a) El sistema del último planificador (SUP)

La construcción es un sistema de producción que se funda en proyectos con gran incertidumbre en la planificación y una mala concepción de la producción, que es vista como un modelo de transformación solamente (Koskela, 1992).

El sector de la construcción, suele enfrentar problemas bien conocidos, tales como, baja productividad, pobre calidad, altos índices de accidentes, desviaciones en cumplimiento de plazos y presupuestos, entre otros. Por lo que, una adecuada planificación es uno de los métodos más efectivos para incrementar la productividad, mejorando la producción por medio de la eliminación de esperas, ejecución de actividades en la secuencia más conveniente y coordinar las interdependencias de las múltiples actividades a realizar. Asimismo, una buena planificación se da cuando algunos obstáculos presentes en la industria de la construcción, tales como, que la planificación no se concibe como un sistema, sino que se basa en las habilidades y talento del profesional encargado de la programación; el desempeño del sistema de planificación no se mide; los errores de la planificación no son analizados, ni se identifican las causas de su ocurrencia; sean superados (Botero & Álvarez, 2005).

Todo ello nos lleva a pensar, que los sistemas de planificación y control ejecutados en la actualidad no son del todo adecuados, a raíz de ello se vienen realizando innovaciones en la construcción, con la introducción de nuevas filosofías, una de las ha presentado mayor interés es *Lean Construction* o Construcción sin pérdidas, a través de la cual se han desarrollado diversas herramientas que buscan minimizar pérdidas a través del proceso productivo. Una de estas herramientas es el Sistema del último planificador (o *Last planner System*) y cuyo objetivo es obtener un flujo de trabajo continuo y una disminución de pérdidas o actividades que no aportan valor.

A continuación, se indicarán algunos de los conceptos claves a partir de los cuales se estructura el Sistema del último planificador (SUP) (Sanchiz, 2013):

- Se puede, se debería, se hará: Contrario a la gestión tradicional, el SUP realiza la planificación de qué se **debe** hacer considerando lo que se **puede** realizar en función de los recursos, pre-requisitos, etc., logrando que aquello que se



**hará** sea realmente ejecutable. Así, los últimos planificadores (ejecutores reales de la actividad) dicen lo que **se hará**, como resultado de un proceso de planificación de lo que **debe** ser ejecutado, en contraste con lo que **puede** ser ejecutado. Referente a los procedimientos, el SUP tiene dos componentes: 1) La unidad de control de producción, cuya función es hacer progresivamente mejores asignaciones a los trabajadores directos mediante el aprendizaje continuo y las acciones correctivas y (2) el control de flujos de trabajos, cuya función es describir que debemos hacer para que el trabajo fluya activamente a través de las unidades de producción con el fin de obtener los objetivos más factibles.

- Pre-requisitos y restricciones: pre-requisitos, son estados, acciones, o actividades que deben darse con anticipación a que se pueda ejecutar una tarea, y hasta que el pre-requisito no sea superado no se podrá programar la tarea; las restricciones, coinciden con los pre-requisitos en que impiden la ejecución de una tarea y todas las que vayan apareciendo durante el proceso de planificación deberán ser anotadas (para lo que además se recomienda realizarlo en un formato definido).
- *Pull vs Push*: La construcción tradicional, es un sistema *Push* esto significa que las actividades son programadas de adelante hacia atrás, en las que unas “empujan” a otras para cumplir plazos y lograr objetivos. SUP, al contrario, se basa en un sistema *Pull* donde la programación es realizada de atrás hacia adelante; la ventaja de este último, es que las actividades se iniciaran cuando realmente sea necesario, logrando ver con anticipación posibles conflictos entre las actividades

Asimismo, el SUP presenta niveles de programación, los que se mencionan a continuación:

- Programa maestro (*Master Schedule*): que es aquel que se entrega previo al inicio de la obra, se caracteriza por tener muy poco nivel de detalle. Es necesario que, sea realista respecto a plazos de ejecución, empleo de recursos, etc.; de manera que al seguir los hitos marcados se pueda aplicar el SUP.



- Programación por fases (*Phase Scheduling*): en este nivel se hace uso de la *pull session*, es la base para el plan *lookahead* y finalmente del programa de trabajo semanal (PTS o WWP); la *pull session*, a grandes rasgos, consiste en: (1) identificar fases dentro del programa general y las actividades que forman dicha fase, (2) definir la estructura del panel a emplear, es decir, dividir por sectores, especialidad o responsables y a cada uno asignarle un papel de color con el fin de identificar sus compromisos/necesidades, (3) marcar fechas relevantes como hitos (obtenido del programa maestro), cada responsable analizará las posibilidades de cumplir y sus necesidades, (4) Así, se van liberando actividades para otros miembros, ajustando las actividades; finalmente, se verá reflejado el trabajo que realmente será ejecutado y se obtendrá la red lógica. En este punto, se debe de hacer énfasis en que los plazos considerados sean los de mejor rendimiento, sin aplicar holguras.
- Programación intermedia (*Lookahead program*): es el segundo nivel jerárquico, se resaltan las actividades que deberían hacerse en un futuro cercano; el objetivo es, controlar el flujo de trabajo (es decir, coordinación de diseños, proveedores, recursos humanos, información, etc., a fin de que el equipo de trabajo (cuadrilla) cumpla su trabajo). Para cumplir con las funciones, existen procesos específicos, tales como:
  - (1) Definir el intervalo de tiempo en la programación intermedia, la cantidad de semanas sobre las que se extienda dependerá de las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación y tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria.
  - (2) Definir las actividades de la programación intermedia, haciendo uso de las actividades del programa maestro que estén contenidas dentro del intervalo de tiempo definido, cada una de estas tareas tiene asociada un conjunto de restricciones, que determinan si esta puede o no ser ejecutada; luego de tener identificadas las tareas y restricciones se procede a realizar el análisis de las restricciones.
  - (3) Análisis de las restricciones, estas pueden deberse al diseño, trabajo previo ejecutado, etc.; además, cuenta con los siguientes pasos, (a) Revisión, es determinar la situación de la tarea con respecto a sus restricciones y la



probabilidad de cambiarlas antes del inicio programado de la actividad, lo que permite escoger entre adelantarlas o retrasarlas respecto al programa maestro; es aquí, donde se presenta la primera oportunidad para estabilizar el flujo de trabajo, ya que se toma conocimiento acerca de la existencia de actividades que al ejecutarlas, presentaran restricciones. (b) Preparar restricciones, son acciones necesarias para remover restricciones o limitaciones, este a su vez es un proceso que tiene tres pasos: (b.1) confirmar el “tiempo de respuesta”, (b.2) arrastrar, significa pedir al proveedor certeza acerca de las necesidades para completar con prontitud la actividad que inicia, (b.3) apresurar, si el periodo de respuesta de demasiado largo, puede ser necesario asignar más recursos para reducirlo.

(4) Inventario de trabajo ejecutable (ITE), compuesta por aquellas tareas de la programación intermedia que tienen liberadas las restricciones, las que luego son enlistadas; luego de creada el ITE, es posible realizar un programa de trabajo semanal (PTS) que no será otra cosa que seleccionar del conjunto de actividades del ITE que serán ejecutadas la siguiente semana.

- Programación de trabajo semanal (PTS o WWP – *weekly work plans*): es la que presenta el mayor nivel de detalle antes de la ejecución de un trabajo; debe de ser realizada por aquellos que supervisan directamente la ejecución del trabajo (jefes de obra, capataces, etc.). Asimismo, a continuación, se indican las partes que se pueden distinguir:

(1) Formación del programa de trabajo semanal, es la selección de tareas encontradas dentro del ITE; escoger que trabajo será ejecutado en la siguiente semana desde lo que se conoce puede ser ejecutado, recibe el nombre de “asignaciones de calidad” y sólo éstas serán ejecutadas en el PTS a fin de proteger el flujo de producción de las incertidumbres, para ello las asignaciones deben de cumplir con cinco criterios de calidad, tales como: (a) definición, (b) consistencia, (c) secuencia, (d) tamaño y (e) retroalimentación o aprendizaje.

(2) Porcentaje de programa cumplido (PPC), evalúa hasta qué punto el SUP fue capaz de anticiparse al trabajo que se ejecutaría la siguiente semana; es decir, realiza una comparación entre lo que será ejecutado según el PTS con lo realmente ejecutado, esto reflejaría la confiabilidad del sistema de



planificación. Es importante entender que, el PPC mide el cumplimiento de lo programado, no el avance de obra.

(3) Reunión de planificación semanal, la planificación semanal debe desarrollarse de preferencia durante una reunión realizada la anterior semana, deben de participar los involucrados con los pre-requisitos, recursos compartidos, directrices u otras potenciales limitaciones. Los propósitos de esta reunión son, revisar y aprender del PPC de la anterior semana, analizar las causas de no cumplimiento, tomar acciones para mitigar las causas de no cumplimiento, realizar una comparación entre objetivos alcanzados y propuestos, determinar actividades que entran en la programación intermedia analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada, realizar un adecuado análisis de restricciones (revisión y preparación), determinar la ITE para la siguiente semana, formular el plan de trabajo para la siguiente semana.

(4) Resumen ejecutivo de una buena reunión de planificación semanal: en este punto se dan pautas acerca de; los asistentes, temas de revisión de la anterior semana, preparación del programa semanal, documentos e información que deben de tener los asistentes.

Debido a que el SUP, es una herramienta relativamente nueva en el entorno de la construcción, sus beneficios y barrera de implementación han sido estudiados por muchos investigadores, uno de esto estudios fue el realizado por Kanhn y Yong (2014), en el que, además, se adjuntaron los beneficios y barreras obtenidos del estudio realizado por Alarcón et. al. (2005), que además se complementaron con estudios realizados por Mohan y Lier (2005) en el que se aplicaron principios *Lean Construction* y estudios realizados en proyectos de Arabia Saudita, a continuación, se indican los principales beneficios: desarrollo de habilidades para la implementación, desarrollo de una sana competencia entre las empresas, aprendizaje rápido de los éxitos y fracasos, ahorro en los costos indirectos, reducción del tiempo del proyecto, menor inventario y menos re-trabajo, permitir planificar la carga laboral, mejorar el proceso de aprendizaje, mejorar la práctica de la planificación y el control, permite la previsión exacta de los recursos, reducción de la incertidumbre, prepara a los miembros del equipo para trabajar en colaboración, mejorar la gestión de obra y



la productividad; con respecto a las barreras, tenemos: Baja comprensión de los conceptos de LPS, Uso reducido de diferentes elementos de LPS, inadecuada administración de la información necesaria para realizar un ciclo de aprendizaje y tomar las acciones correctiva, falta de integración de la cadena de producción (cliente, consultor, contratistas y proveedores), participación de muchos subcontratistas, largo proceso de aprobación por parte del cliente y el consultor, actitud ante el compromiso y el plazo, problemas culturales y visión a corto plazo.

### b) Modelamiento de información de construcción (BIM)

La industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AIC) ha buscado por mucho tiempo las técnicas para disminuir el costo del proyecto, aumentar la productividad y la calidad, y reducir el tiempo de entrega del proyecto. Para ello dentro del campo de la construcción se han desarrollado herramientas, tales como, BIM (modelación de la información de construcción), que ofrece el potencial para lograr estos objetivos (Azhar, et. al., 2008).

BIM es la técnica de modelar un edificio en tres dimensiones, que incluye información necesaria para analizar, definir y documentar el proyecto, construirlo e incluso operar el edificio o la instalación durante su vida útil. Si a las tres dimensiones del espacio se añade una cuarta (el tiempo), se obtiene el denominado BIM 4D, en el que a cada elemento del edificio se le asocia el momento en que se prevé construirlo. Aunque en principio esta planificación sólo consiste en aplicar a los modelos sistemas de visualización que toman los datos de cronogramas tradicionales, esta integración da lugar a una forma de trabajo radicalmente distinta. Además, los sistemas de planificación 4D llevan implícito el concepto de espacio – tiempo, por lo que de forma natural ayudan a planificar las actividades que transcurren de forma sucesiva en una misma zona de trabajo (Mattos y Valderrama, 2014).

Asimismo, y en función del auge que esta tecnología viene adquiriendo en los últimos tiempos se vienen realizando una serie de investigaciones con el fin de conocer sus ámbitos de aplicación, ventajas, riesgos y desafíos futuros.

Dentro de las aplicaciones, tenemos que BIM puede ser usado: para la visualización, representaciones en 3D generados de manera fácil, de forma “doméstica” y con poco



esfuerzo; en la fabricación de planos, fácil generación de planos para los diversos sistemas de construcción; para revisiones de código, autoridades competentes, pueden hacer uso de la información para la revisión de los proyectos de construcción; en la estimación de costos, cantidades de materiales pueden ser extraídos automáticamente y actualizados en caso de haber modificaciones; para la Secuencia de construcción, coordinación de pedido de materiales, de fabricación, y plazos de entrega de los componentes de la construcción; en la detección de conflictos, interferencias y colisiones, comprobación automática e instantánea de posibles interferencias; Análisis forense, Ilustración gráfica de posibles fallos, fugas, planes de evacuación, etc.; gestión de instalaciones, renovaciones, planificación del espacio y operaciones de mantenimiento (Azhar, 2011).

Dentro de las ventajas, que BIM presenta, tenemos: Procesos más rápidos y eficaces; mejor análisis riguroso de propuestas de diseño de construcción; desempeño ambiental es más predecible, y se entiende mejor los costos del ciclo de vida; mejor calidad de la producción; montaje automatizado; mejor servicio al cliente; requisitos, diseño, construcción, y la información operativa se pueden utilizar en la gestión de las instalaciones. (Azhar, 2011). La superposición de la línea temporal al modelo espacial (3D) permite detectar muchos problemas difíciles de identificar con los sistemas tradicionales; iniciada la ejecución, se hace posible la comparación visual de lo planificado con lo realmente construido y así, analizar las causas de desviaciones a fin de corregir la planificación (Mattos y Valderrama, 2014).

Dentro de los riesgos, estos se enfocan principalmente en temas legales y técnicos y dentro de los que tenemos: Falta de determinación de la propiedad de los datos BIM y la necesidad de protegerlo a través de las leyes de derecho de autor y otros canales legales (Rosenberg, 2007); Problemas con respecto al uso de licencias; Dirección del control de los datos de entrada en el modelo y asumir la responsabilidad por cualquier inexactitud; Más tiempo dedicado a la introducción y revisión de los datos de BIM, que es un nuevo costo en el proceso de diseño y administración de proyectos (Thompson y Miner, 2007).

Y dentro de los futuros desafíos, tenemos que, aunque la tecnología BIM es de fácil disponibilidad y se encuentra en un nivel de madurez rápida, su implementación ha



sido mucho más lenta de lo previsto (Azhar, et. al., 2008), esto se debe a dos razones principales, técnicas y de gestión (Azhar, 2011). Dentro de las razones técnicas, se encuentran: Necesidad de modelos de procesos de construcción de transacción bien definidos para eliminar los problemas de interoperabilidad de datos; El requisito de que los datos de diseño digitales sean computables; La necesidad de estrategias prácticas bien desarrollados para el intercambio útil y la integración de información significativa entre los componentes del modelo de información constructiva. Y dentro de las razones de gestión, estas se agrupan en función a su implementación y uso y algunas de ellas son: Falta de un consenso claro sobre la forma de aplicar o utilizar BIM, no existe ningún documento único BIM que proporcione instrucciones sobre sus aplicaciones y uso; Varias empresas de software están sacando provecho del "fenómeno" BIM y tienen programas para abordar ciertos aspectos cuantitativos del mismo, pero no tratan el proceso en su conjunto; optimizar el rendimiento BIM, ya sean empresas o proveedores, o ambas cosas, tendrá que encontrar una manera de reducir la curva de aprendizaje de los alumnos BIM.

### c) Control automatizado del rendimiento del proyecto

Como se ha mencionado anteriormente, las investigaciones acerca de la recopilación de datos automatizadas en la construcción están impulsadas más por la tecnología; sin embargo, una investigación ha propuesto re-dirigir este enfoque hacia las necesidades de la información del control, para ello se hizo uso de una herramienta de mapeo denominada las 3C (control, construcción, capacidad), desarrollada para permitir identificar las necesidades específicas del control. El objetivo de esta herramienta es realizar un mapa de las deficiencias de los sistemas de las empresas de la construcción y dispone de cuatro escalas con valores moderados de cuatro dimensiones, como sigue: (1) tipo de información, duración de actividades, actividad de tiempo inicio/fin, consumo de materiales, horas de trabajo consumidos, horas consumidas de equipo; (2) papel funcional de la información del cliente, en tres grupos, jefe de personal (directores ejecutivo/financiero, jefe de ingeniería), personal del proyecto (director del proyecto, ingeniero de obra, supervisores), y externos (proveedores, diseñadores, etc.); (3) frecuencia de la información, diaria, semanal, quincenal; (4) nivel de detalle (Navon y Sacks, 2007).



Asimismo, actualmente y según lo indicado en la investigación mencionada, los autores indican que existen variedad de tecnologías disponibles para estos propósitos pero que aún no se encuentran completadas, a continuación, dichas tecnologías serán mencionadas:

- Necesidades de control: en este punto se indicarán los sistemas automatizados de control específico como tecnológicamente factibles con enfoque en el manejo de materiales, personal, equipo, proveedores, progreso, herramientas manuales y materiales de desecho, que han sido identificados, tales como:
  - Facturación provisional: se basa en la medición periódica de la cantidad de trabajo realizada en una determinada fecha; en este se incluyen sistemas tales como para la medición de movimiento de tierras, seguimiento de la productividad. Las ventajas son, cantidades son generadas automáticamente; estos datos generados automáticamente son consistentes y precisos; eliminación del trabajo intensivo de verificación y comprobación de cantidades.
  - Monitoreo de avance: sistemas como los propuestos para el monitoreo de la productividad del trabajo, movimiento de tierras, dicha información puede alimentar un sistema de monitoreo en progreso para generar automáticamente el progreso como se construyó. Las ventajas son: ahorro de tiempo y costo invertido en la recolección de datos y actualización de la programación.
  - Monitoreo de la distribución de materiales: este hace referencia a los materiales a granel, tales como, el concreto y componentes de ingeniería bajo pedido. La ventaja, sería: conocer el destino de los materiales, lo cual es importante para la planificación y mantenimiento de las programaciones.
- Tecnologías disponibles: la automatización del control, referente a la disponibilidad de tecnologías para medir los indicadores de rendimiento, viene madurando y mejorando su exactitud e integridad; entre estos tenemos.
  - Sistema de posicionamiento global (GPS): este puede ser aplicado de dos maneras: (1) modo diferencial utilizando mediciones de distancia,



llamado DGPS y (2) modo diferencial utilizando mediciones de fase, llamado “GPS cinemática”.

- Equipo montado de registros (carga, ubicación, esfuerzo), equipados por lo general en equipos de construcción con fines de mantenimiento, pero que también proporcionan datos que pueden ser transformados en información útil de gestión.
- Código de barras, propuesto principalmente para el seguimiento de materiales o reducción de residuos, monitoreo del progreso de la construcción, y control del trabajo.
- RFID, referido a una rama de la tecnología de identificación automática en la que se usan frecuencias de radio para capturar y transmitir datos de etiquetas.
- Sistemas inalámbricos micro-electro mecánicos tales como medidores de carga y deformación (para controlar el peso de los materiales cargados en una grúa, en un contenedor, o directamente sobre un elemento estructural) y acelerómetros (para detectar el movimiento de personal, o para monitorear el uso de herramientas manuales).
- Tecnologías de video y audio, el uso de cámaras de vídeo, o la visión por ordenador, se ha propuesto para la gestión de la construcción, o con fines de control/monitoreo, por ejemplo.
- Detección Láser y Alcance (LADAR), Los autores enumeran los siguientes como posibles aplicaciones: el reconocimiento de objetos, el seguimiento de cambios en el terreno en una obra de construcción, la caracterización del terreno, y otros.



## CAPITULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACION

## CAPITULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACION

### 4.1 Tipo de investigación

Por la naturaleza de los objetivos planteados inicialmente, esta investigación es del tipo descriptiva, pues busca hacer una descripción de la situación actual de los procesos de planificación y control temporal en el entorno de la construcción peruano. Asimismo, por sus características y su naturaleza se trata de una investigación cuantitativa, puesto que parte de una idea, de la que se derivan objetivos y preguntas de investigación, se realiza una revisión de la literatura y se construye un marco o perspectiva teórica (Hernández, et.al., 2010).

### 4.2 Diseño de la investigación

La presente investigación presenta dos etapas, la primera a la que se le denominó teórica y comprende sub-etapas como búsqueda preliminar de la información, búsqueda bibliométrica, elaboración del contexto y elaboración del marco teórico y estado del arte y la segunda etapa a la que se le denominó como etapa de validación empírica y analítica.

4.2.1 Etapa teórica: en esta parte de la investigación se realizó un análisis documental, cuyo fin era el de obtener un conocimiento más amplio en función del tema de investigación; asimismo, esta etapa se dividió en sub-etapas las que se describen a continuación:

- Búsqueda preliminar de información: en este punto se realizaron búsquedas en libros, trabajos finales de master, tesis doctorales, etc., los que puedan acercarnos al tema de investigación; es decir, bibliografía sobre la gestión de proyectos en general, gestión de proyectos de construcción, planificación y control de obras de construcción.
- Búsqueda bibliométrica: en esta parte la búsqueda fue más específica de acuerdo a los conocimientos que se pueden obtener de la anterior sub-etapa; la búsqueda fue realizada en bases de datos (Scopus, Web Of Science), por medio de las palabras, tales como, PROJECT

MANAGEMENT, PLANNING, CONTROL, SCHEDULE, INDUSTRY CONSTRUCTION, SURVEY.

- Desarrollo del contexto: en esta parte, se analiza la información existente acerca del sector de la construcción en el Perú.
- Elaboración del marco teórico y estado del arte: se realiza un análisis de la información obtenida en las etapas anteriores, acerca de la gestión en la construcción, la planificación y control temporal, teorías que se abordan al respecto y situación actual de los procesos inherentes a dichos conceptos.

**Gráfico 10:** Proceso de la etapa teórica



Finalmente, cabe resaltar que los resultados de esta etapa se encuentran reflejados en los capítulos II y III de la presente investigación.

#### 4.2.2 Etapa de validación experimental y analítica

Esta parte considera la elaboración de la encuesta, posteriormente se realiza la prueba piloto, seguida de la difusión de la encuesta. Para finalmente, elaborar el procesamiento de datos mediante procedimientos estadísticos, los que nos permitirán realizar el análisis de resultados.



### 4.2.2.1 Aplicación de encuestas

#### *Encuesta:*

El objetivo de la revisión de la literatura, fue el de identificar las variables a ser utilizadas en la encuesta, las que luego fueron transformadas en enunciados y cuyo fin es poder medir el desempeño de las respuestas para cada variable. Estas variables se indican en las tablas 4 y 5. Asimismo, el cuestionario que será el instrumento de medición de las variables, consta de cuatro partes, las que se indican a continuación:

- a) Breve explicación del objetivo de la investigación
- b) Caracterización de los encuestados (4 preguntas), dentro de las cuales se incluyen preguntas, tales como, cargo que desempeña en la construcción, años de experiencia, estudios realizados, sectores de la construcción en las que se desempeñan, como se puede observar en la tabla 2; asimismo, en la tabla 3 se indican los términos equivalentes entre España y Perú, con respecto a los cargos desempeñados.

**Tabla 2:** Preguntas de caracterización del encuestado

<b>Puesto de trabajo que desempeña</b>
<b>Años de experiencia</b>
<b>Estudios realizados</b>
<b>Sectores de la construcción en los que desempeño mayoritariamente</b>



**Tabla 3:** Términos usados en la encuesta

<b>Términología en Perú</b>	<b>Terminología en España</b>
Gerente de proyecto	Jefe de Obra
Jefe de oficina de planeamiento y control	Jefe de oficina de planeamiento y control
Ingeniero asistente de planificación	Ingeniero asistente de planificación
Residente de Obra	Jefe de Producción
Obra	Proyecto de construcción

- c) Preguntas de la investigación (22 preguntas), las que representan las variables a ser analizadas. Estas fueron extraídas a partir de la literatura revisada y analizada. Asimismo, las variables presentan niveles de medición del tipo nominal y del tipo de intervalos. Las variables con nivel de medición nominal, pretenden profundizar más en un tema específico y en función de esto se desarrollaron preguntas del tipo cerradas, ya que estas son utilizadas con el fin de dejar constancia acerca de realidades y acciones que suceden en el entorno (se consideraron nueve preguntas de este tipo). Mientras que, para las variables con nivel de medición de intervalos, se generaron preguntas del tipo escala Likert de 5 puntos, esto con el fin de medir la actitud de los encuestados frente a ciertos escenarios propuestos y poder realizar un análisis más general (se elaboraron trece preguntas de este tipo); con esto se busca complementar la información obtenida. En las tablas 4 y 5, se indican las variables a medir, así como las preguntas formuladas en base a estas, las principales fuentes de apoyo de cada una de las variables; se indica, además, el constructo en la que se agrupan las variables, se incluye también el código al que pertenece (el que corresponde al número de pregunta al que pertenece en el cuestionario).
- d) Adicionalmente se consideraron secciones en la que los encuestados puedan adicionar comentarios.



**Tabla 4:** Variables, constructos y apoyo teórico

CODIGO	CONSTRUCTO	VARIABLES DE LA INVESTIGACION	NIVEL DE MEDICION DE LA VARIABLE	PREGUNTA	FUENTE
P_5	1_GESTION	Conocimientos_previos	Intervalo	¿Esta de acuerdo , en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	PMBOK, 2013; Laufer, 1989,1991; Howell, 1994)
P_6	1_GESTION	Requerimientos_cliente	Intervalo	¿Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su aprobación y aceptación?	PMBOK, 2013; Laufer, 1989,1991; Braimah, 2014
P_7	1_GESTION	Variación_programa	Intervalo	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para planificación y seguimiento real de la obra?	Olawale y Sun, 2014
P_9	1_GESTION	Razones_elaboración	Nominal Categorica	¿Cuál considera las razones para elaborar una programación y control de obra?	Olawale y Sun, 2014; Gonzales, 2010
P_20	1_GESTION	Nivel_Satisfacción	Intervalo	¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción con respecto a los resultados obtenidos con la planificación y control de obras realizado?	Gonzales, 2010
P_21	1_GESTION	Problemas_identificados	Nominal Categorica	Principales problemas que se presentan durante la ejecución de la obra	Laufer et. al., 1994; Li et. al.2006
P_8	2_PLANIFICACIÓN	Preparación_programa	Intervalo	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	Olawale y Sun, 2014; Li et. al., Laufer et. al, 1994
P_10	2_PLANIFICACIÓN	Estimación_duración	Nominal Categorica	¿Que utiliza mayormente para la determinación de la duración de las actividades del proyecto?	Olawale y Sun, 2014; Li et. al., Laufer et. al, 1994
P_11	2_PLANIFICACIÓN	Técnicas_programación	Nominal Categorica	¿Qué utiliza mayormente para elaborar su programación de obra?	Gonzales, 2010; Zanen y Hartmann, 2010
P_12	2_PLANIFICACIÓN	Justificación	Nominal Categorica	Justifique el uso de determinada técnica/herramienta/metódo para la elaboración de su programación de obra	Gonzales, 2010; Zanen y Hartmann, 2010
P_13	2_PLANIFICACIÓN	Uso_softwares	Nominal Categorica	Software que utiliza mayormente para elaborar la programación de obra	Laufer et. al., 1994; Li et. al.; Winch y Kelsey, 2004



**Tabla 5:** Variables, constructos y apoyo teórico (continuación tabla 3)

CODIGO	CONSTRUCTO	VARIABLES DE LA INVESTIGACION	NIVEL DE MEDICION DE LA VARIABLE	PREGUNTA	FUENTE
P_14	2_PLANIFICACIÓN	Frecuencia_actualización	Nominal Categorica	¿Con que frecuencia actualiza el cronograma de ejecución de obra?	Olawale y Sun, 2014
P_15	3_CONTROL TEMPORAL	Mayor_control_coste	Intervalo	¿Considera que durante la ejecución de obra en general se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)?	Olawale y Sun, 2014
P_16.1	3_CONTROL TEMPORAL	Monitoreo	Intervalo	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	Olawale y Sun, 2014
P_16.2	3_CONTROL TEMPORAL	Informes	Intervalo	¿Utiliza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	Olawale y Sun, 2014
P_16.3	3_CONTROL TEMPORAL	Análisis	Intervalo	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	Olawale y Sun, 2014
P_17	3_CONTROL TEMPORAL	Técnicas_control	Nominal Categorica	¿Qué utiliza mayormente para elaborar el control de avance de obra?	Olawale y Sun, 2014; Gonzáles, 2010
P_18	3_CONTROL TEMPORAL	Frecuencia_control	Nominal Categorica	¿Con que frecuencia realiza el control de avance de obra?	Olawale y Sun, 2014; Gonzáles, 2010
P_19	3_CONTROL TEMPORAL	Retroalimentación	Intervalo	Realiza un reatoolimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	
P_22	4_NUEVAS FILOSOFIAS Y TECNOLOGIAS	Nivel_participación	Intervalo	¿Considerará la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)	Koskela, 1992; Botero y Alvarez, 2005; Sanchis, 2013
P_23	4_NUEVAS FILOSOFIAS Y TECNOLOGIAS	Difusion_información	Intervalo	¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	Koskela, 1992; Botero y Alvarez, 2005; Sanchis, 2013
P_24	4_NUEVAS FILOSOFIAS Y TECNOLOGIAS	Uso_BIM/4D	Intervalo	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	Azhar et. al., 2008; Mattos y Valderrama, 2014; Thompson y Miner, 2007



### *Prueba Piloto*

Esta prueba se realizó con el apoyo de los compañeros del Master en Planificación y gestión en Ingeniería Civil (MAPGIC 2014-2015), y cuyos perfiles profesionales son afines al sector de la construcción en España y Perú, la finalidad de esta prueba piloto es poder asegurar la consistencia, claridad y comprensión de los términos utilizados, así como poder capturar las sugerencias u observaciones que pudiera presentar la encuesta.

### *Difusión de la encuesta*

Dicha encuesta fue difundida principalmente por medio electrónicos, tales como:

- 1) Correo electrónico, dirigido a la presidenta del capítulo de ingeniería civil del colegio de ingenieros en la sede de la ciudad de Arequipa.
- 2) Redes sociales, tales como, Facebook y LinkedIn.

### *Almacenamiento de datos*

El cuestionario fue elaborado por medio de la aplicación de formularios de la herramienta *on-line* Google Drive, la que permite tanto enviar como recopilar respuestas por medio de tablas. Finalmente, los datos fueron recopilados por medio de las respuestas en hojas de cálculo del programa informático Excel.

Cabe mencionar, que la obtención de respuestas a la encuesta se vio dificultada principalmente por la diferencia horaria existente entre Perú y España; a su vez, que en el momento en que se hizo difusión de la encuesta, la gran mayoría de los encuestados que cumplían con el perfil deseado se encontraban de vacaciones, por encontrarse en temporada de verano. La toma de datos fue realizada desde el 01/01/2016 al 30/01/2016

#### 4.2.2.2 Análisis y estudio de los resultados

### *Análisis de datos*

Se realiza la validación de la muestra (representatividad); además, se realizaron descripciones elementales de la misma. Posteriormente, se realiza un procesamiento de datos haciendo uso del programa estadístico IBM SPSS 23.

### *Análisis de resultados*

Este se realiza por medio de los resultados obtenidos del procesamiento de datos, los cuales son recopilados en tablas y gráficos estadísticos. Se identifican las principales limitaciones de la encuesta y se obtienen conclusiones relevantes. Posteriormente, se presentan recomendaciones que se puedan implementar en el ámbito de estudio (sector de la construcción de Perú).

### 4.3 Población y Muestra

#### 4.3.1 Descripción de la población

Compuesta por profesionales del sector de la construcción, que se desempeñen principalmente en la ejecución y planificación de obras; entre estos tenemos, Ingenieros civiles, Arquitectos e Ingenieros industriales. Debido a la existencia de profesionales colegiados y no colegiados, se consideró una población infinita.

#### 4.3.2 Representatividad de la población

Se obtuvo un tamaño de muestra (n) de 158 encuestados, el nivel de confiabilidad con el que se trabajo es del 95%, con un  $p=q=0,5$ ; resultando un error muestral (e) de 7.80% por medio del uso de la siguiente formula:

$$n = \frac{z^2 p (1 - p)}{e^2}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra
- z = nivel de confianza
- p = probabilidad de ocurrencia
- e = error muestral

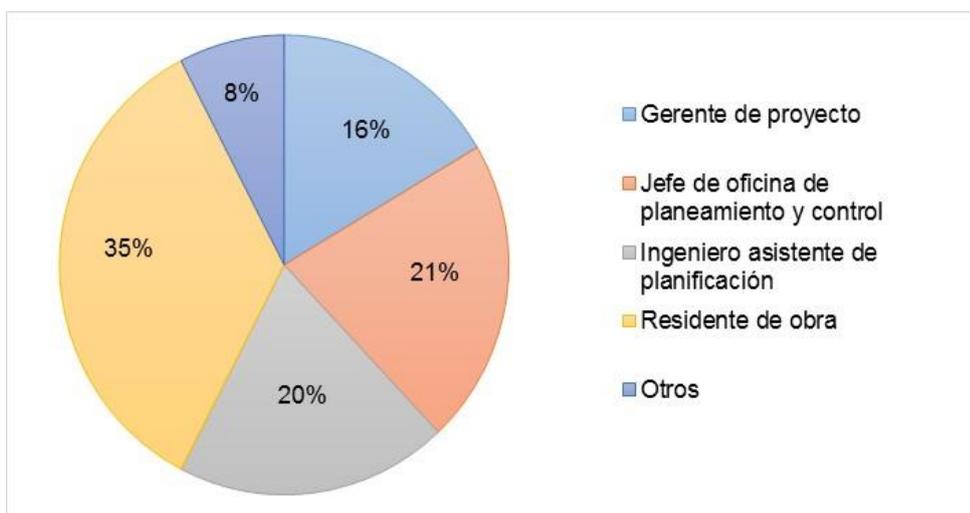
El error muestral obtenido, resulto elevado debido a que el tamaño de muestra utilizado es reducido con respecto a la población infinita. Sin embargo, para la presente investigación se considera adecuada.

### 4.3.3 Caracterización de la muestra

A continuación, se procederá a mostrar las principales características de los 158 encuestados:

- Con respecto a la labor que desempeñan en el ámbito de la construcción, se puede observar en el gráfico 11, que el porcentaje más representativo correspondiente al 35% pertenece a la labor de residente de obra (es decir, jefe de producción); seguido de un 21 y 20% para jefe de la oficina de planificación y control de obra e ingeniero asistente de planificación, respectivamente.

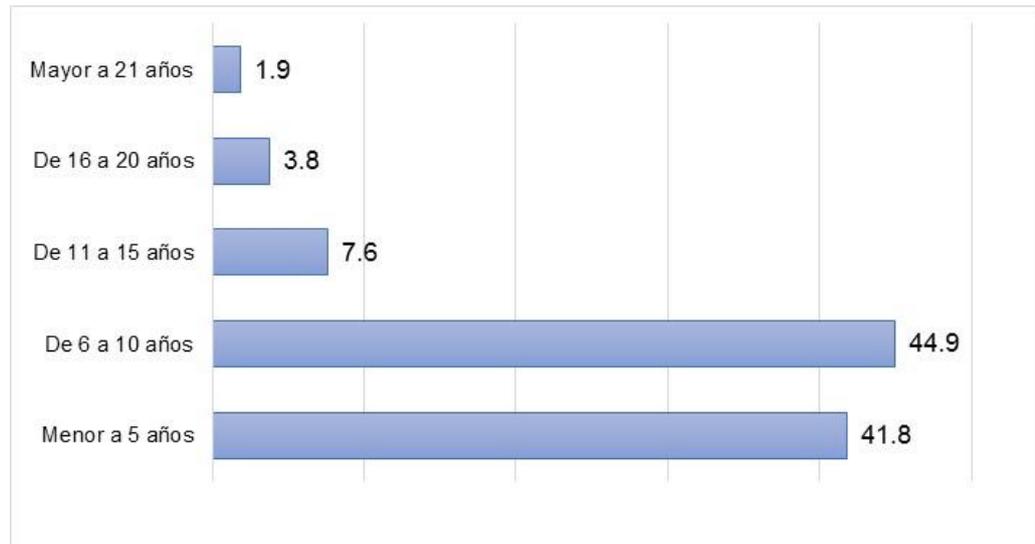
**Gráfico 11:** Cargo que desempeña



Elaboración propia

- Con respecto a los años de experiencia, se puede apreciar en gráfico 12, que el mayor valor corresponde a la categoría de 6 a 10 años con un porcentaje de 44.9%, seguido de un 41.8% para la categoría menores de cinco años, siendo la de menor valor la categoría correspondiente a mayor de 21 años, con un porcentaje de 1.9%.

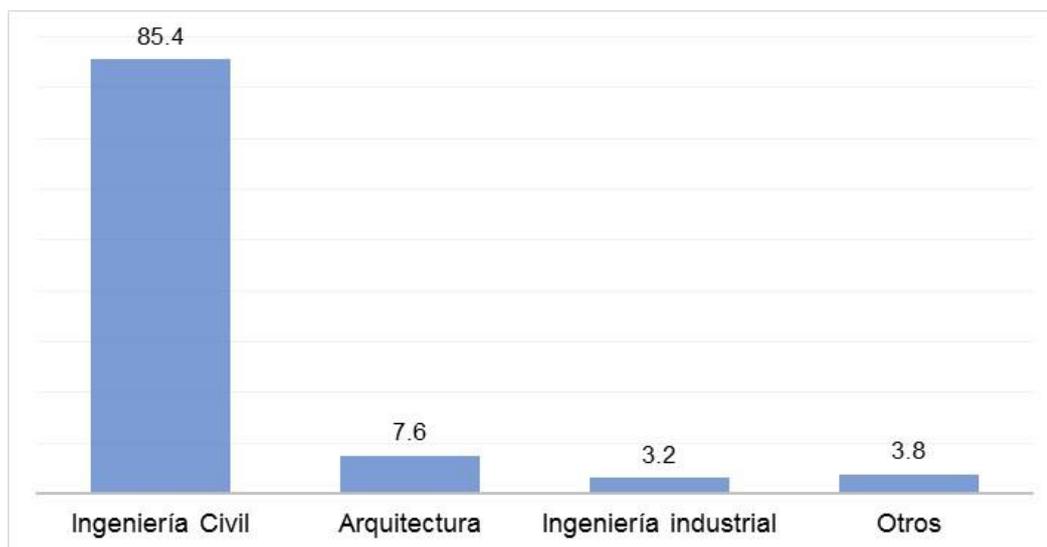
**Gráfico 12:** Años de experiencia



Elaboración propia

- Con respecto a los estudios realizados, observamos en la ilustración 13 que, la mayoría de encuestados pertenecen a la carrera profesional de ingeniería civil con una representación del 85.4%, seguido de un 7.6% para la carrera profesional de arquitectura.

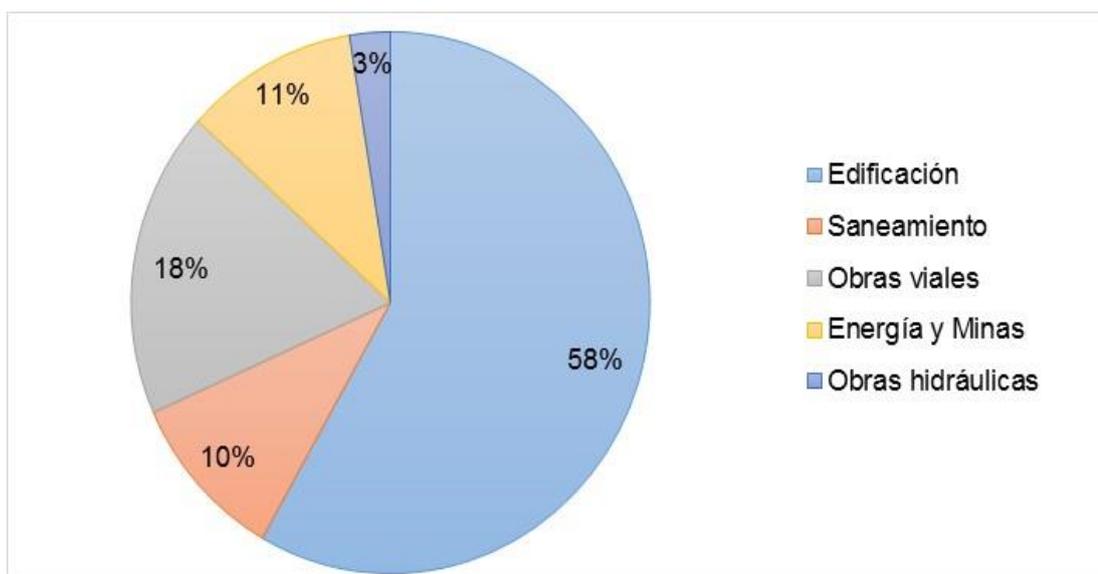
Gráfico 13: Estudios realizados



Elaboración propia

- Con respecto al sector de la construcción en el que se desenvuelven podemos apreciar en el gráfico 14, que el sector más representativo es el de la edificación con un porcentaje de 58%, seguido de un 18% correspondiente a obras viales.

Gráfico 14: Sector de la construcción



Elaboración propia

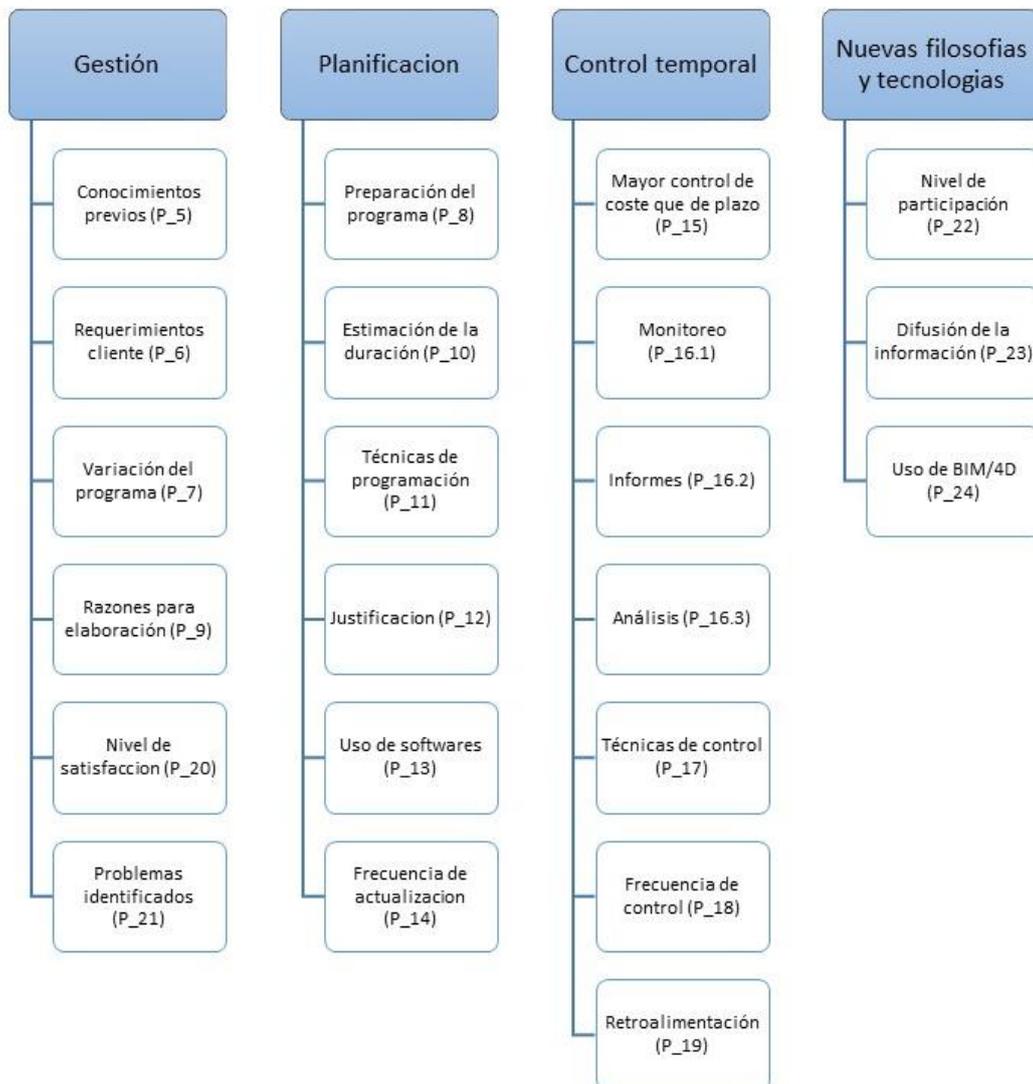


## CAPITULO V: ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS

**CAPITULO V: ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS**

Las veintidós variables sobre las cuales se realizan las mediciones, por medio de una serie de preguntas, pueden ser visualizadas en las tablas 4 y 5; estas variables, inicialmente se agruparon en cuatro constructos: (1) Gestión, en la que se agrupan seis variables, (2) Planificación, en la que se agrupan seis variables, (3) Control temporal, en la que se agrupan 7 variables y (4) Nuevas filosofías y tecnologías, en la que se agrupan tres variables. La distribución de las variables según los constructos, se puede observar en el gráfico 15.

**Gráfico 15:** Agrupación de variables medidas





### 5.1 Fiabilidad de la encuesta

La confiabilidad o fiabilidad, está referida al grado en que su aplicación a un mismo individuo u objeto produce resultados iguales; es decir, es el grado en que un instrumento de medición produce resultados consistentes y coherentes. La fiabilidad, se determina a través de un coeficiente, el cual varía en función del número de ítems y debiendo ser apropiado al nivel de medición de las variables (nominal, ordinal y/o intervalo o razón). Asimismo, el valor del coeficiente suele variar entre cero y uno (Hernández et. al., 2010).

Para evaluar la confiabilidad, se hará uso del coeficiente Alfa de Cronbach, el cual se aplica a las variables de intervalos (escala Likert) de cada constructo y posteriormente se realizará para toda la encuesta. Los valores de los coeficientes de confiabilidad varían entre 0 a 1; es decir, que si se obtiene un valor de 0.25 la confiabilidad es baja, para valores aproximados o iguales a 0.50 la confiabilidad es media o regular y si iguala o supera el valor de 0.75 será una confiabilidad aceptable; mientras más cerca de 1 será una confiabilidad perfecta.

En el caso del primer constructo (Gestión), el cual está integrado por dos variables con niveles de medición del tipo nominal (las cuales no se consideran como parte del cálculo) y cuatro variables del tipo de intervalos (escala Likert). Obtenemos un valor del coeficiente alfa de Cronbach de 0.576, el cual se considera una fiabilidad media. Esto puede estar relacionado a la variedad de temas que han sido considerados dentro de este constructo.

Para el caso del segundo constructo (Planificación), cuenta con seis variables; pero solo una de ellas presenta un nivel de medición de intervalos (escala Likert), por lo que no se puede determinar la fiabilidad a través del coeficiente alfa de Cronbach.

Para el tercer constructo (Control temporal) presenta siete variables, de las cuales cinco presentan un nivel de medición de intervalos y las otras dos con un nivel de medición del tipo nominal. Se consiguió un coeficiente alfa de Cronbach de 0.789, el cual se considera una fiabilidad aceptable.

Para el cuarto constructo, Nuevas filosofías y tecnologías se presentan tres variables con niveles de medición del tipo rango o intervalo (escala Likert). Se obtiene un

coeficiente alfa de Cronbach de 0.486, el cual se considera una fiabilidad media. Que al igual que, en el primer constructo (Gestión), puede deberse a la variabilidad de temas agrupados en este constructo.

En la tabla 6, se presenta un resumen de fiabilidad para cada constructo.

**Tabla 6:** Cuadro resumen de fiabilidad para cada constructo

Constructo	Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos	Nº de elementos
1_Gestión	0.548	0.576	4
3_Control Temporal	0.787	0.789	5
4_Nuevas filosofías y tecnologías	0.477	0.486	3

A continuación, se muestra el coeficiente alfa de Cronbach obtenido para toda la encuesta, el cual toma un valor de 0.802, que se encuentra dentro del valor considerado como aceptable.

**Tabla 7:** Fiabilidad encuesta global

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos tipificados	N de elementos
0.791	0.802	13

Para cinco de doce variables de fiabilidad fueron categorizados como aceptables (George y Mallery, 2003) y para las otras siete variables pueden ser consideradas como suficiente (en esta etapa inicial de la investigación, como es este caso, (Nunnally, 1967)); Asimismo, en el caso global de la encuesta (tabla 7) puede ser considerada con una fiabilidad aceptable.

### 5.2 Análisis Descriptivo

En esta sección, se busca realizar una descripción de los datos, valores o puntuaciones obtenidas para cada variable. En la presente investigación se presentan variables con niveles de medición nominal y de intervalos (escala Likert); es por ello que, el tratamiento para cada uno de ellos será dividido.

#### 5.2.1 Variables con nivel de medición de intervalos

Dentro de la investigación se han considerado trece variables con un nivel de medición de intervalos, las cuales se evalúan por medio de medidas de tendencia central y variabilidad. Dentro de las medidas de tendencia central se considera la media, que se define como el promedio aritmético de una distribución y la información que proporciona es el grado de acuerdo (valores elevados) o desacuerdo (valores bajos) de los encuestados; asimismo, la media se aplica a variables con nivel de medición de intervalos o razón, siendo de poco sentido aplicarlas a variables de medición nominal u ordinal (Hernández, et. al., 2010). Y la variabilidad, será medida por medio de la desviación típica o estándar, que es el promedio de desviación de las puntuaciones con respecto a la media y se interpreta como, ¿cuánto se desvía en promedio, de la media un conjunto de puntuaciones?

Del análisis realizado, se obtuvo los siguientes resultados:

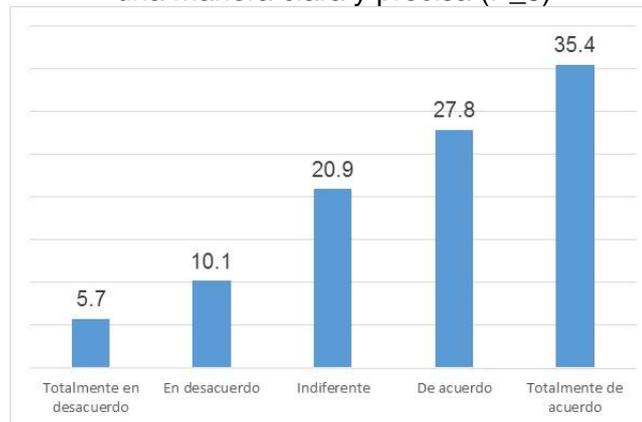
- a) Las variables con las que están más de acuerdo los encuestados son:
  - 1) Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su comprobación y aceptación (P\_6).
  - 2) ¿Realiza algún tipo de análisis de la información recolectada que le permita tomar medidas correctivas a tiempo? (P\_16.3).
  - 3) ¿Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación? (P\_16.1)
  - 4) ¿Utiliza algún formato en el que agrupe la información recolectada? (P\_16.2).



- b) Las variables con las que están más en desacuerdo los encuestados son:
- 1) Elabora algún programa en el que integre la construcción geométrica virtual (3D) con información de construcción (materiales o procesos) e información de planificación (plazos, costes) (P\_24).
  - 2) Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra (P\_8).
  - 3) El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra (P\_7).
  - 4) Considera que durante la ejecución de obra se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo) (P\_15).
- c) La variable que presenta menor desviación estándar es: Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su comprobación y aceptación (P\_6); además, fue la mejor valorada y las que presentan mayor desviación típica son:
- 1) Elabora algún programa en el que integre la construcción geométrica virtual (3D) con información de construcción (materiales o procesos) e información de planificación (plazos, costes) y que además fue la menor valorada (P\_23).
  - 2) Está de acuerdo, en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa (P\_5).
  - 3) El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra (P\_7).

En los siguientes gráficos, se pueden observar las medias y desviaciones estándar para cada una de las preguntas.

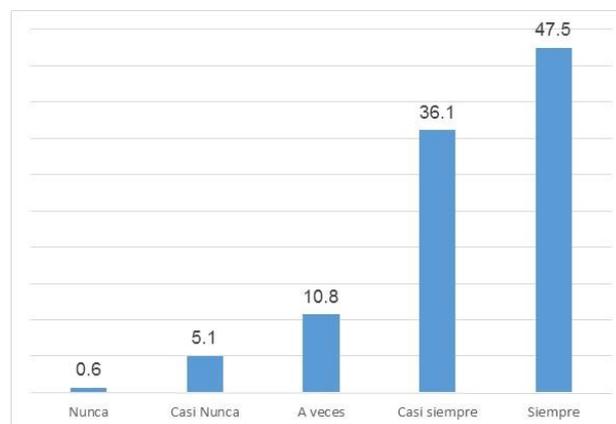
**Gráfico 16:** Objetivos y metas de obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa (P\_5)



<b>Media</b>	<b>3.77</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>1.199</b>

Elaboración: Propia

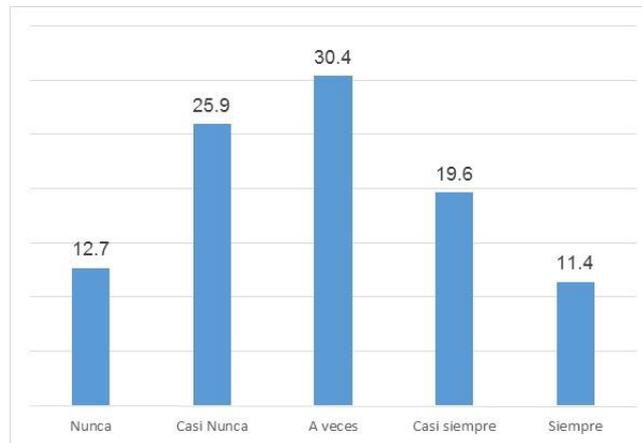
**Gráfico 17:** Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su comprobación y aceptación (P\_6)



<b>Media</b>	<b>4.25</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>0.886</b>

Elaboración: Propia

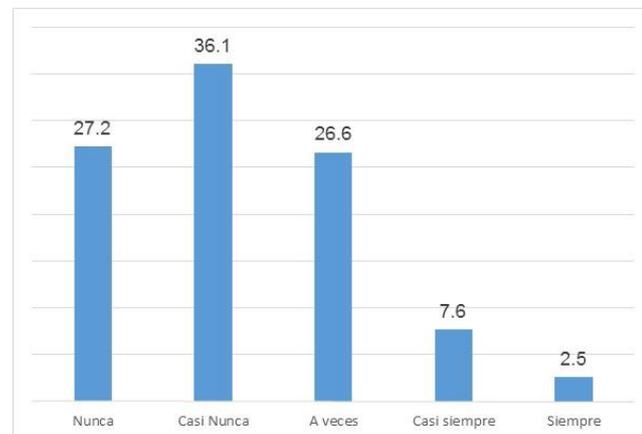
**Gráfico 18:** ¿Cronograma que figura en contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra? (P\_7)



<b>Media</b>	<b>2.91</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>1.191</b>

Elaboración: Propia

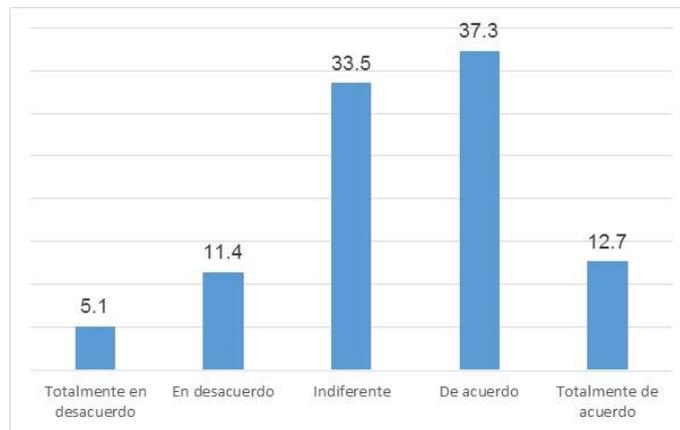
**Gráfico 19:** ¿Planificación que figura en contrato es suficiente para la ejecución de la obra? (P\_8)



<b>Media</b>	<b>2.22</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>1.013</b>

Elaboración: Propia

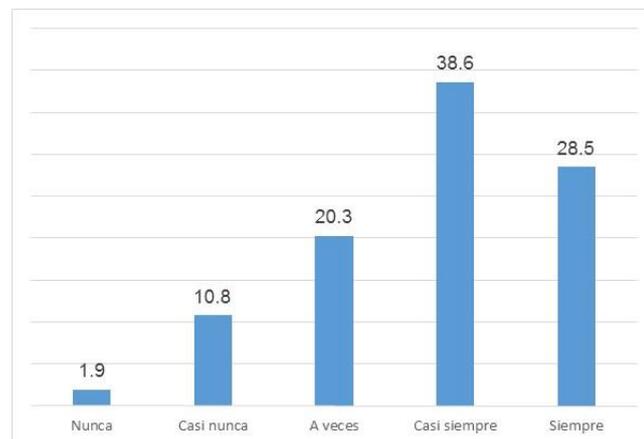
**Gráfico 20:** ¿Durante la ejecución de obra se realiza más un control de coste que de plazo? (P\_15)



<b>Media</b>	<b>3.41</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>1.017</b>

Elaboración: Propia

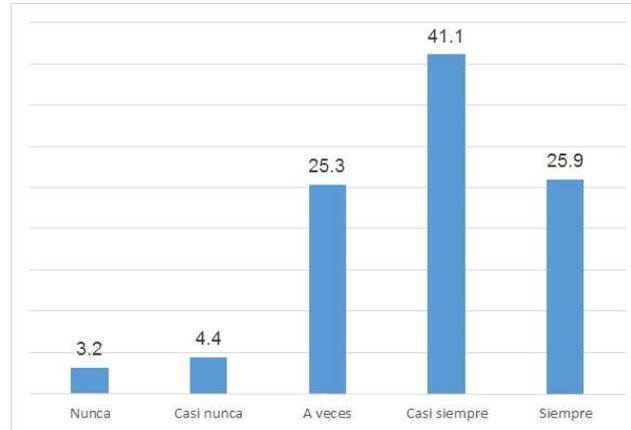
**Gráfico 21:** Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación? (P\_16.1)



<b>Media</b>	<b>3.81</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>1.029</b>

Elaboración: Propia

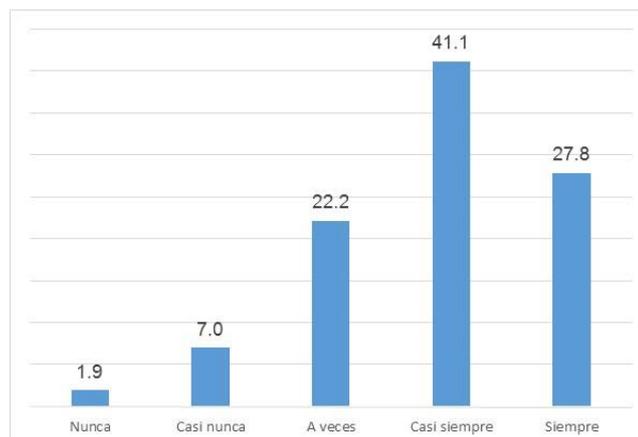
**Gráfico 22:** ¿Utiliza algún tipo de formato en el que agrupe la información obtenida? (P\_16.2)



<b>Media</b>	<b>3.82</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>0.974</b>

Elaboración: Propia

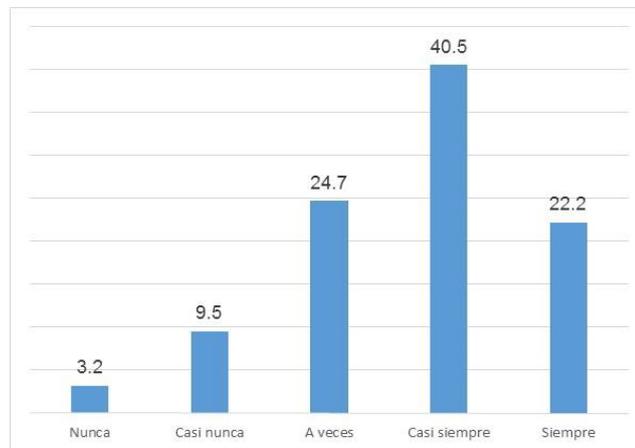
**Gráfico 23:** ¿Realiza algún tipo de análisis de la información obtenida que le permita tomar medidas correctivas a tiempo? (P\_16.3)



<b>Media</b>	<b>3.86</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>0.967</b>

Elaboración: Propia

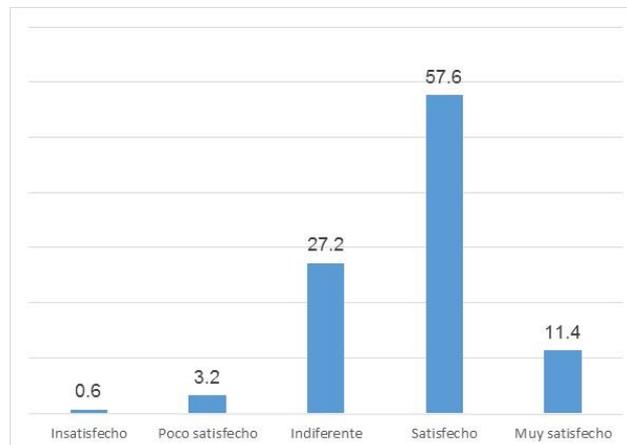
**Gráfico 24:** ¿Realiza una retroalimentación del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra? (P\_19)



<b>Media</b>	<b>3.69</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>1.021</b>

Elaboración: Propia

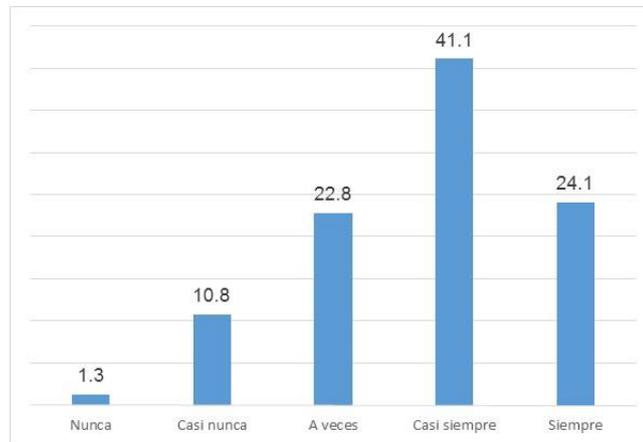
**Gráfico 25:** ¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción frente a los resultados obtenidos de la planificación y control de obras? (P\_20)



<b>Media</b>	<b>3.76</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>0.718</b>

Elaboración: Propia

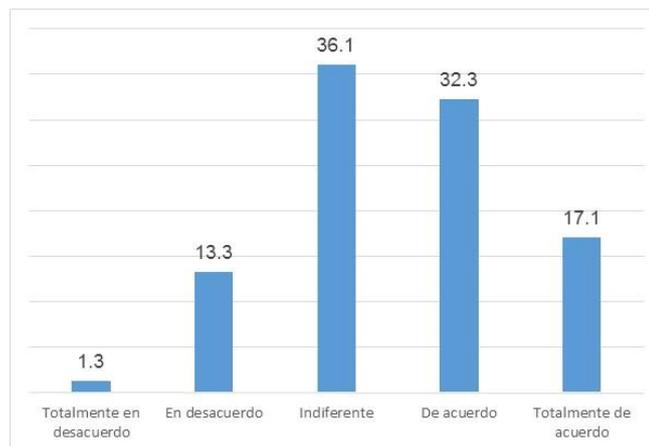
**Gráfico 26:** Al momento de elaborar la programación ¿Considera la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)? (P\_22)



<b>Media</b>	<b>3.76</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>0.98</b>

Elaboración: Propia

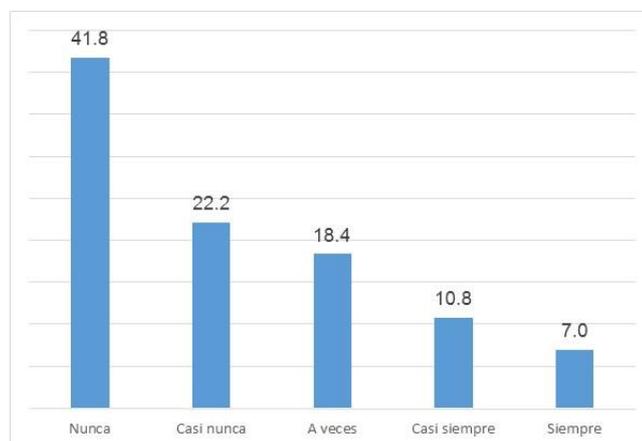
**Gráfico 27:** Considera que existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales (P\_23)



<b>Media</b>	<b>3.51</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>0.969</b>

Elaboración: Propia

**Gráfico 28:** Elabora algún tipo de programa en el que integre la construcción geométrica virtual (3D) con información de construcción (materiales o procesos) e información de planificación (plazo, costos) (P\_24)



<b>Media</b>	<b>2.19</b>
<b>Desviación típica</b>	<b>1.278</b>

Elaboración: Propia

### 5.2.2 Variables con nivel de medición nominal

Como se indicó en el apartado 4.2.2.1 aplicación de encuestas, lo que se pretende con este tipo de variables, es dejar constancia sobre temas más específicos y así complementar las mediciones y resultados obtenidos de las variables de intervalo.

En esta sección los datos obtenidos, se analizan mediante tablas y gráficos de frecuencia, las que sirven para ordenar y organizar los datos estadísticos.

Del análisis realizado, se obtuvo los siguientes resultados:

- Se puede observar que la mayor frecuencia la obtuvo la razón de ejecutar *la obra de forma que los recursos (materiales, RR. HH, maquinaria) estén organizados a tiempo* presenta un valor de 23.5%, seguida de *cumplir con la ejecución de obra en la fecha contractual* con un valor de 22.7%.

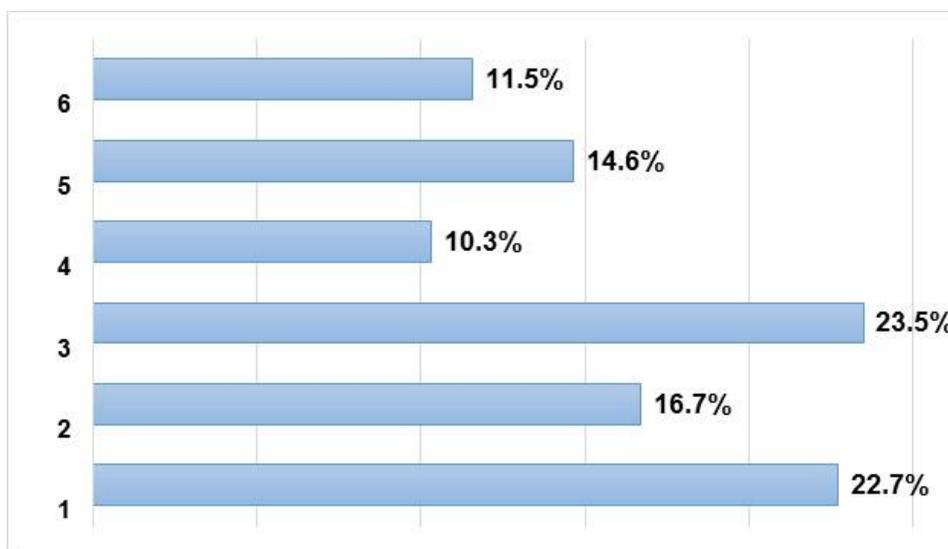


**Tabla 8:** Razones por las que se elabora una programación y control de obra (P\_9)

Codigo	Razones por las que se elabora una programación y control de obra	Frecuencia (%)
1	Cumplir con la ejecución de obra en la fecha contractual	22.7%
2	Concluir la ejecución de obra dentro del presupuesto contractual	16.7%
3	Ejecutar la obra de forma que los recursos (materiales, RR.HH., maquinaria) estén organizados y a tiempo	23.5%
4	Elaborar un plan de contingencia frente a problemas no identificados inicialmente	10.3%
5	Evitar la ejecución de trabajos no productivos y mejorar la productividad de los recursos	14.6%
6	Cumplir con otras condiciones contractuales requeridas por el cliente	11.5%
7	Otros	0.6%

Elaboración: Propia

**Gráfico 29:** Razones por las que se elabora una programación y control de obra (P\_9)



Elaboración: Propia



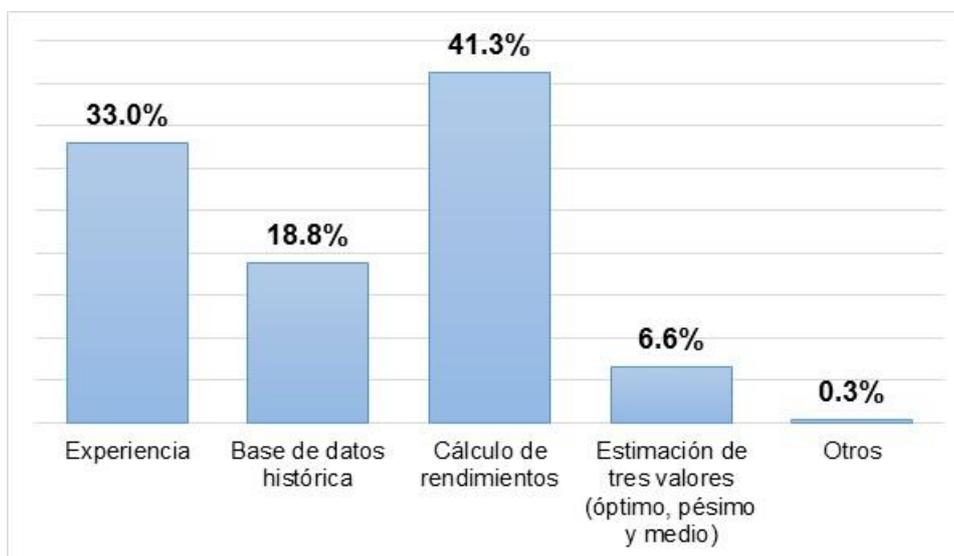
- Con respecto a la estimación de la duración de las actividades del proyecto existen alternativas variadas; Por ello, se trató de agruparlas en categorías generales, con lo que se puede observar que, la puntuación más alta correspondiente al 41.3% es para la alternativa de cálculo de rendimientos, seguido de la experiencia con un 33.0%.

**Tabla 9:** Estimación de la duración de las actividades (P\_10)

Estimación de la duración de actividades	Frecuencias (%)
Experiencia	33.0%
Base de datos histórica	18.8%
Cálculo de rendimientos	41.3%
Estimación de tres valores (óptimo, pésimo y medio)	6.6%
Otros	0.3%

Elaboración: Propia

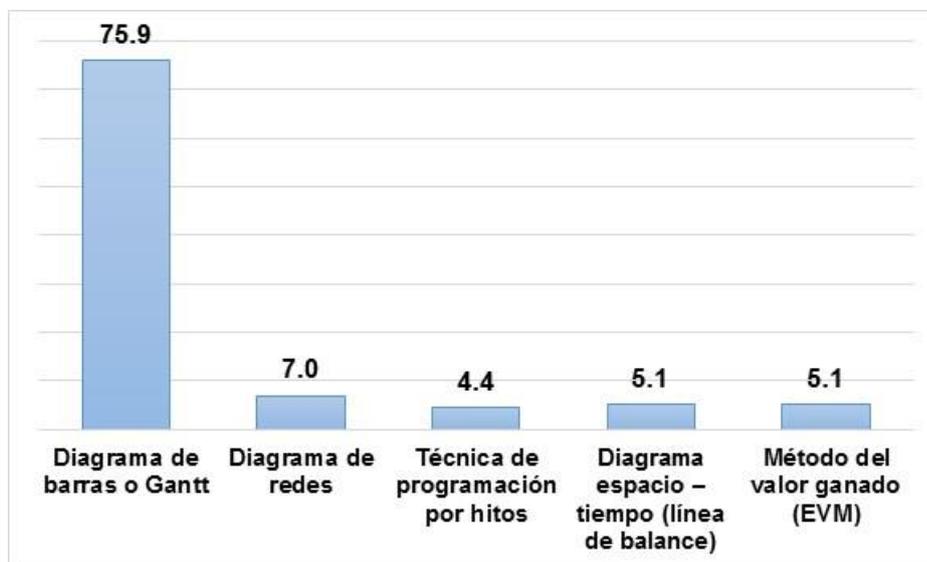
**Gráfico 30:** Estimación de la duración de las actividades (P\_10)



Elaboración: Propia

- Para la elaboración del programa de actividades de una obra existen variedad de técnicas, métodos y herramientas, las cuales se agruparon en categorías generales. Podemos observar que, el diagrama de barras o diagrama Gantt tiene un valor de 75.9%, siendo este el valor más alto; a continuación, con un porcentaje de 7% tenemos los diagramas de redes (CPM, PERT, PDM, etc.); asimismo, dentro de la categoría de otros (ingeniería ambiental, ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica), algunos de los encuestados indicaron utilizar el sistema del último planificador (SUP).

**Gráfico 31:** Técnica, método herramientas que más utiliza para elaborar una programación de obra (P\_11)



Elaboración: Propia

**Tabla 10:** Técnica, método herramientas que más utiliza para elaborar una programación de obra (P\_11)

Técnicas/herramientas/ métodos para elaborar el programa de obra	Frecuencias (%)
Diagrama de barras o Gantt	75.9
Diagrama de redes	7.0
Técnica de programación por hitos	4.4
Diagrama espacio – tiempo (línea de balance)	5.1
Método del valor ganado (EVM)	5.1
Otro	2.5

Elaboración: Propia



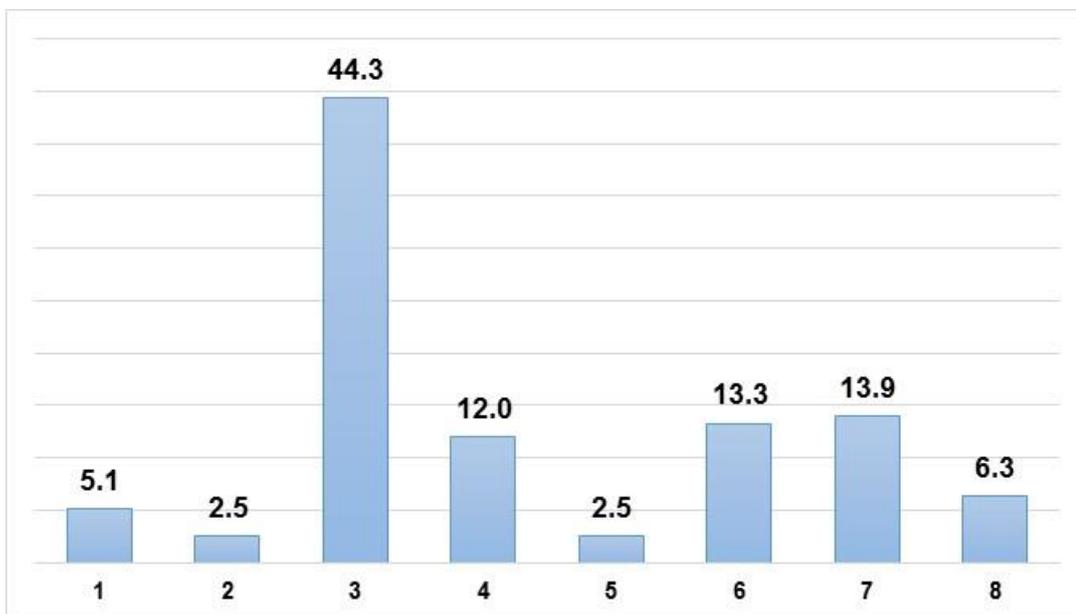
- En relación al procedimiento que utilizan para elaborar la programación en obra se solicitó a los encuestados indicar las razones por las que escogieron determinado procedimiento. Los encuestados indicaron variedad de razones, por lo que se buscó agruparlas en categorías generales, las que se indican en la tabla 11 y que a su vez las relacionamos con un orden numérico para una mejor comprensión. Podemos observar que, la categoría con más alto valor (44.3%) corresponde a la categoría de fácil lectura, seguida de las categorías *secuenciación de actividades, indica ruta crítica* y *Control y comparación de costo y tiempo*, ambas con valores de 13.3 y 13.9%, respectivamente. Por otro lado, tenemos la categoría no justifico adecuadamente con un valor de 6.3%.

**Tabla 11:** Justificación de la selección de la herramienta, método o técnica para elaborar una programación (P\_12)

Código	Categoría	Frecuencia (%)
1	Utilizo Project, porque trabaja con diagrama de redes	5.1
2	Exigencias de cliente	2.5
3	Fácil lectura	44.3
4	Más y tradicionalmente usado	12.0
5	Variedad de softwares, diversidad de tareas	2.5
6	Secuenciación de actividades, ruta crítica	13.3
7	Control y comparación de costo y tiempo	13.9
8	No justifico adecuadamente	6.3



**Gráfico 32:** Justificación de la selección de la herramienta, método o técnica para elaborar una programación (P\_12)

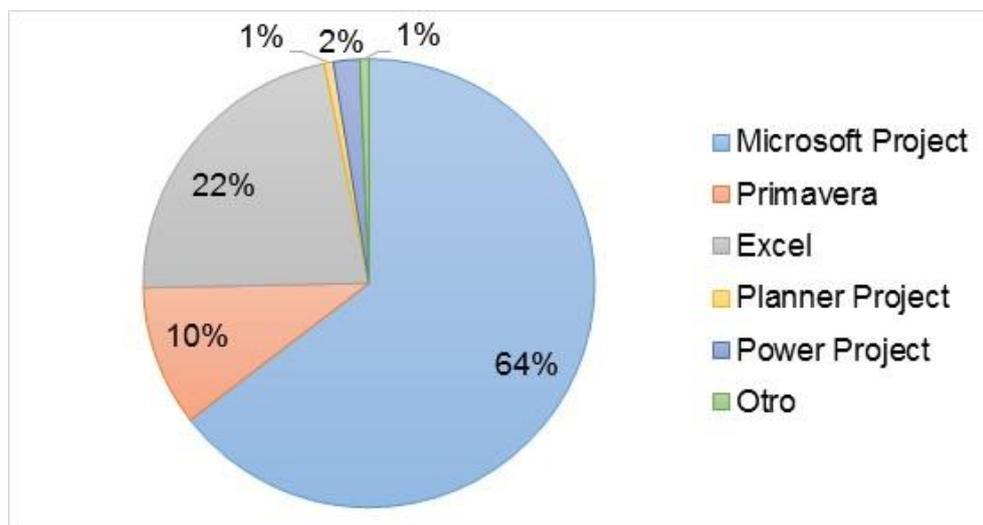


- Con respecto al software más utilizado, el 64% de los encuestados indicaron el uso de Microsoft Project, seguido de un 22% correspondiente al programa de cálculo Excel. Dentro de otros (ingeniería ambiental, ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica), hubo un encuestado que indicó utilizar el software de diseño asistido por computadora AutoCAD.

**Tabla 12:** Software que utilizan mayormente para elaborar programación de obra (P\_13)

Software	Frecuencia (%)
Microsoft Project	64.6
Primavera	10.1
Excel	22.2
Planner Project	0.6
Power Project	1.9
Otro	0.6

**Gráfico 33:** Software que utilizan mayormente para elaborar programación de obra (P\_13)

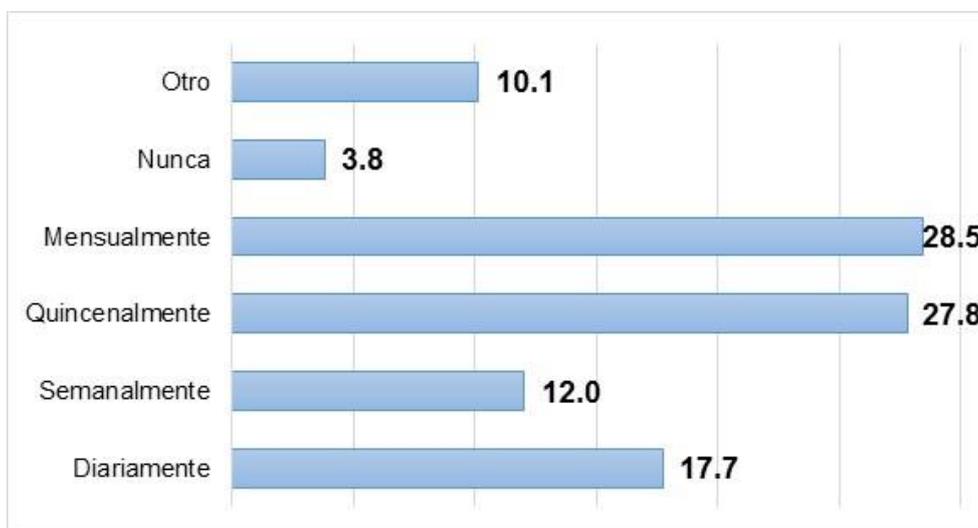


- Con respecto, a la frecuencia de actualización de la programación se puede apreciar que las categorías mensual y quincenalmente poseen los valores más altos, con un 28.5 y 27.8%, respectivamente; asimismo, se puede apreciar un valor de 3.8% para la categoría nunca

**Tabla 13:** Frecuencia de actualización de la programación de obra (P\_14)

Frecuencia de actualización	Frecuencia (%)
Diariamente	17.7
Semanalmente	12.0
Quincenalmente	27.8
Mensualmente	28.5
Nunca	3.8
Otro	10.1

**Gráfico 34:** Frecuencia de actualización de la programación de obra (P\_14)

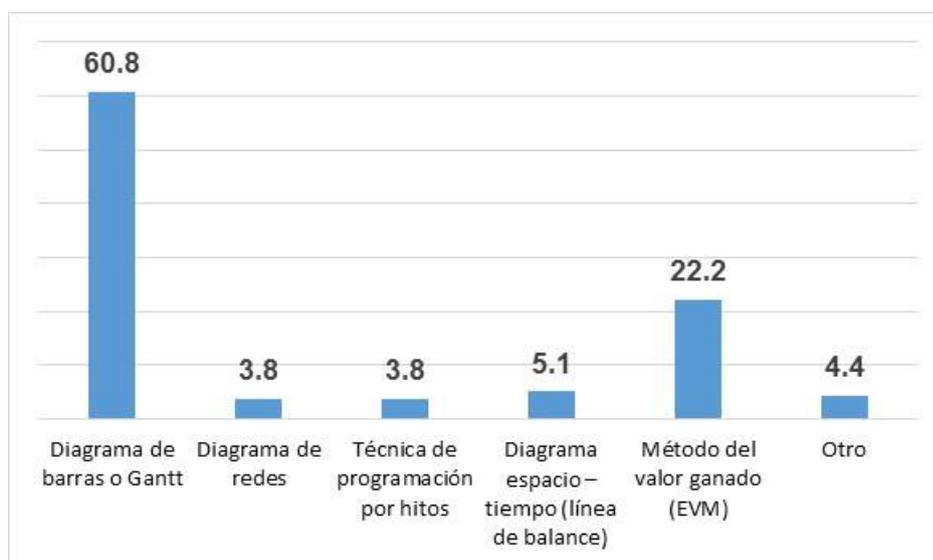


- Con respecto al control temporal de avance de obra, se cuestionó a los encuestados acerca del procedimiento que utilizan mayormente para realizarlo; tenemos que, el diagrama de barras o diagrama Gantt obtiene nuevamente el mayor valor con un valor de 60.8%, seguido de la opción del valor ganado (EVM) con un porcentaje de 22.2%.

**Tabla 14:** Herramienta, técnica o método que utiliza para realizar el control temporal de avance de obra (P 17)

Técnicas/herramientas/métodos para realizar control de obra	Frecuencia (%)
Diagrama de barras o Gantt	60.8
Diagrama de redes	3.8
Técnica de programación por hitos	3.8
Diagrama espacio – tiempo (línea de balance)	5.1
Método del valor ganado (EVM)	22.2
Otro	4.4

**Gráfico 35** Herramienta, técnica o método que utiliza para realizar el control temporal de avance de obra (P\_17)

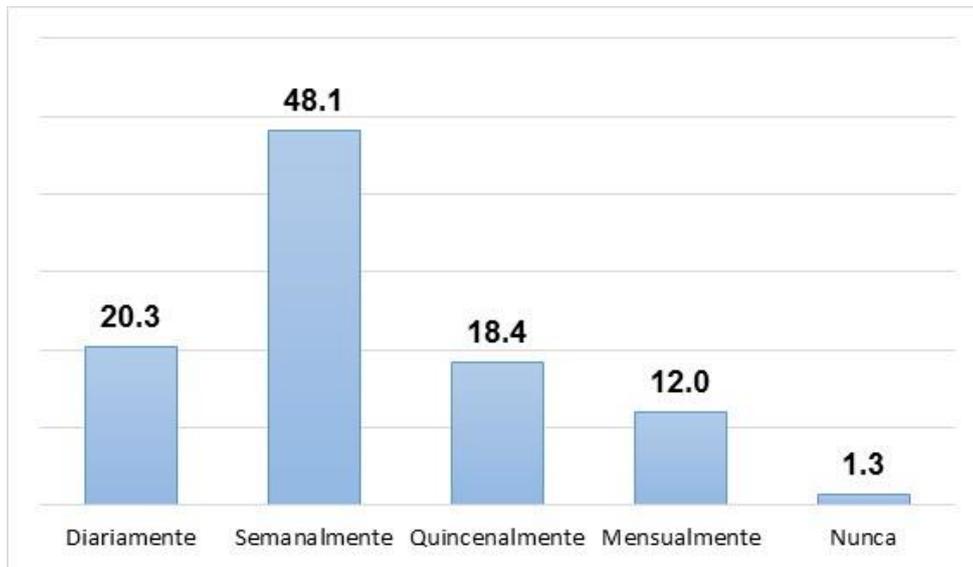


- Asimismo, se examino acerca de la frecuencia con la que realizan dicho control temporal; como se puede observar la opción semanalmente aparece con un 48.1% seguida de un 20.3% perteneciente a la opción diariamente. A su vez, se presente un porcentaje de 1.3% para la opción nunca.

**Tabla 15:** Frecuencia con la que realiza control temporal (P\_18)

Frecuencia de control	Frecuencia (%)
Diariamente	20.3
Semanalmente	48.1
Quincenalmente	18.4
Mensualmente	12.0
Nunca	1.3

**Gráfico 36:** Frecuencia con la que realiza control temporal (P\_18)



- Con respecto a los problemas principales problemas que se presentan durante la ejecución de obra, podemos rescatar los diez que presentaron mayor incidencia y junto con ellos sus porcentajes, como podemos apreciar en la tabla 16.

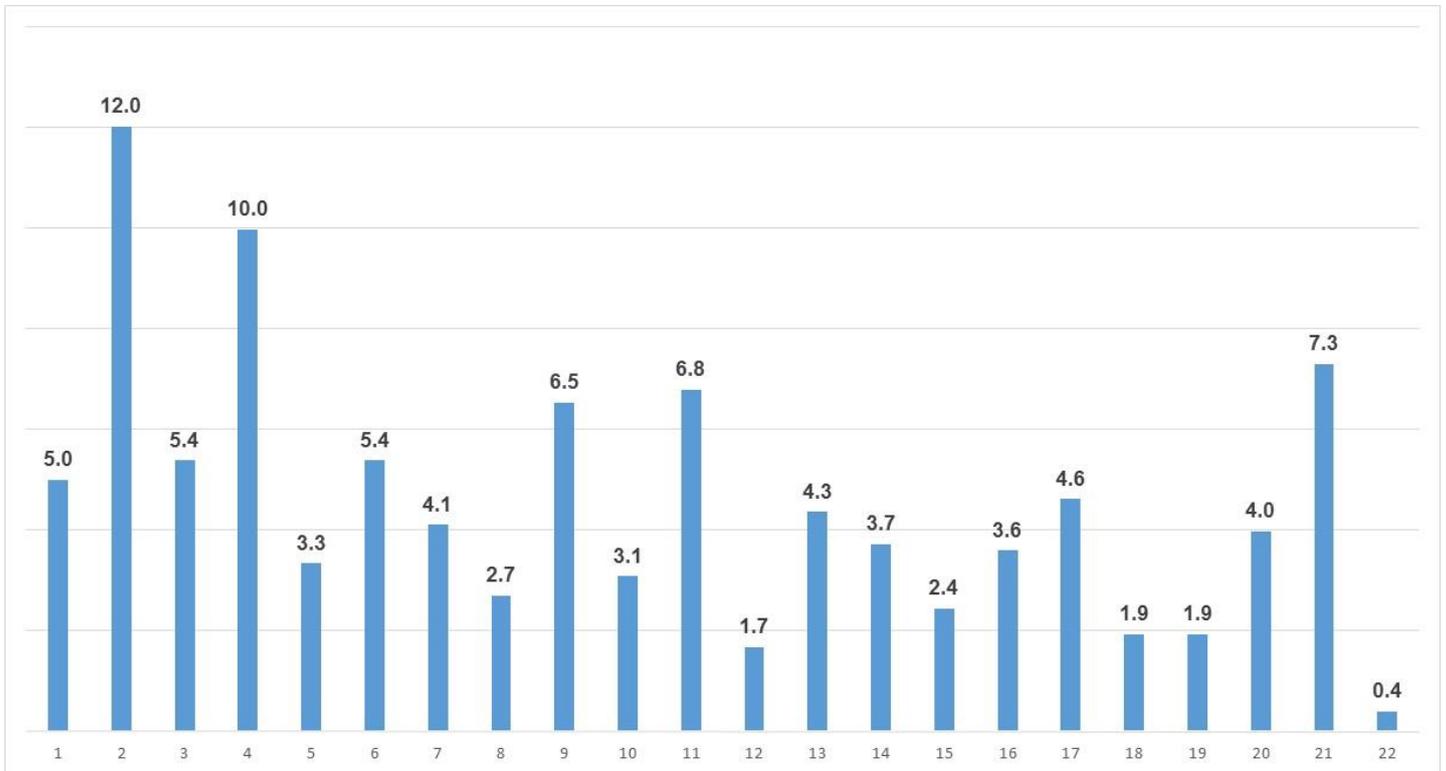
**Tabla 16:** Lista de los 10 principales problemas que se presentan durante la ejecución de obra

Problema que se presenta durante la ejecución de obra	%
Planos/especificaciones, técnicas/documentos incompletos	12.00%
Inadecuada planificación inicial del proyecto	10.00%
Falta de comunicación y coordinación entre las partes involucradas en la construcción (contratista, subcontratista, consulto, propietario)	7.30%
Mala gestión de los recursos (mano de obra, materiales, etc.) en obra	6.80%
Obtención/autorización de permisos	6.50%
Tiempo de espera para muestra/aprobación de materiales	5.40%
Sobrestimación de la productividad	5.40%
Preparación y aprobación de planos	5.00%
Excesiva burocracia/falta de cooperación por parte del propietario	4.60%
Demora en el proceso de toma de decisiones por parte del propietario	4.35%

Elaboración: Propia

Asimismo, en el gráfico 37 podemos observar los porcentajes obtenidos para todas las opciones (21) que se presentaron a los encuestados; de igual manera se le solicitó incluir algún problema que no hubiera sido considerado dentro de las opciones presentadas.

**Gráfico 37:** Problemas que se presentaron durante la ejecución de obra



Elaboración: Propia



### 5.3 Análisis multivariante

#### 5.3.1 Análisis de la varianza. ANOVA

Es una técnica estadística utilizada para analizar si más de dos grupos difieren entre sí en función de sus medias y varianza. Utiliza una variable dependiente (variable de intervalos o razón) y una o varias variables independientes (nominal u ordinal). El objetivo esencial, es determinar si diversas muestras proceden de poblaciones con igual media. Parte de la hipótesis investigativa (H1), la cual propone que los grupos difieren significativamente entre sí, en el caso de que resulte significativo ( $p < 0.05$ ) dicha hipótesis (H1) se aceptaría como cierta.

Este análisis se ha realizado en función de ciertos criterios que se han considerado relevantes, tales como, los años de experiencia, sector de la construcción en el que los encuestados se desarrollan y el tipo de estudios realizados.

##### 5.3.1.1 Años de experiencia

Se realizó el análisis de la varianza en función de los años de experiencia, lo que nos ha permitido comparar las medias de algunas de las variables.

En las tablas 17 y 18, podemos observar el estadístico de Levene, que nos permitirá comprobar la hipótesis de igualdad de varianzas poblacionales.

Podemos observar en la tabla 17, un nivel de significación mayor a 0.05, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis de igualdad de varianzas.

Luego, en la tabla 18 el nivel de significancia es menor que 0.05, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas

**Tabla 17:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores >0.05)

CODIGO	VARIABLES	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
P_16.2	¿Utiliza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	2.226	4	153	0.069
P_15	¿Considera que durante la ejecución de obra en general se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)?	2.202	4	153	0.071
P_16.3	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	1.859	4	153	0.121
P_7	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra?	1.137	4	153	0.341
P_22	Para elaborar la planificación ¿Considerará la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)	1.021	4	153	0.398
P_23	¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	0.781	4	153	0.539
P_8	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	0.612	4	153	0.655
P_6	¿Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su aprobación y aceptación?	0.610	4	153	0.656



**Tabla 18:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores <0.05)

CODIGO	VARIABLES	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
P_16.1	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	3.254	4	153	0.014
P_5	¿Esta de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	3.166	4	153	0.016
P_20	¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción con respecto a los resultados obtenidos con la planificación y control de obras realizado?	3.128	4	153	0.017
P_19	Realiza un reatoolimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	2.997	4	153	0.020
p_24	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	2.773	4	153	0.029

A continuación, se calcula la tabla ANOVA en el que se presenta el estadístico F, con su respectivo nivel de significación. Si el nivel de significación (sig.) es menor o igual a 0.05 existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los grupos; es decir, que la hipótesis de igualdad de medias será rechazada; por el contrario, si el nivel de significación (sig.) es mayor a 0.05, se acepta la igualdad de medias; es decir, se acepta que no existen diferencias significativas entre grupos.

En la tabla 19, podemos observar que todas las variables contrastadas con la variable años de experiencia no presentan diferencias significativas

**Tabla 19: ANOVA de un factor años de experiencia (valor>0.05)**

Código	Variables	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
P_5	¿Esta de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	Entre grupos	5.714	4	1.428	0.993	0.413
		Dentro de grupos	220.084	153	1.438		
		Total	225.797	157			
P_6	¿Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su aprobación y aceptación?	Entre grupos	4.077	4	1.019	1.307	0.270
		Dentro de grupos	119.296	153	0.780		
		Total	123.373	157			
P_7	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra?	Entre grupos	2.859	4	0.715	0.497	0.738
		Dentro de grupos	219.900	153	1.437		
		Total	222.759	157			
P_8	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	Entre grupos	3.580	4	0.895	0.869	0.484
		Dentro de grupos	157.667	153	1.031		
		Total	161.247	157			
P_15	¿Considera que durante la ejecución de obra en general se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)?	Entre grupos	2.115	4	0.529	0.505	0.732
		Dentro de grupos	160.145	153	1.047		
		Total	162.259	157			
P_16.1	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	Entre grupos	1.919	4	0.480	0.499	0.737
		Dentro de grupos	147.119	153	0.962		
		Total	149.038	157			
P_16.2	¿Utiliza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	Entre grupos	9.628	4	2.407	2.350	0.057
		Dentro de grupos	156.676	153	1.024		
		Total	166.304	157			
P_16.3	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	Entre grupos	3.079	4	0.770	0.819	0.515
		Dentro de grupos	143.858	153	0.940		
		Total	146.937	157			
P_19	Realiza un retroalimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	Entre grupos	1.586	4	0.397	0.374	0.827
		Dentro de grupos	162.217	153	1.060		
		Total	163.804	157			
P_20	¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción con respecto a los resultados obtenidos con la planificación y control de obras realizado?	Entre grupos	1.617	4	0.404	0.781	0.539
		Dentro de grupos	79.243	153	0.518		
		Total	80.861	157			
P_22	¿Considerará la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)	Entre grupos	2.830	4	0.707	0.731	0.572
		Dentro de grupos	148.031	153	0.968		
		Total	150.861	157			
P_23	¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	Entre grupos	3.642	4	0.911	0.968	0.427
		Dentro de grupos	143.851	153	0.940		
		Total	147.494	157			
P_24	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	Entre grupos	6.515	4	1.629	0.998	0.411
		Dentro de grupos	249.789	153	1.633		
		Total	256.304	157			

### 5.3.1.2 Sector de la construcción

Al contrastar las variables con el criterio relativo a los sectores de la construcción (edificación, saneamiento, obras viales, etc.); en la tabla 20, podemos observar a las variables que presentan valores mayores a 0.05. Por lo tanto, cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

**Tabla 20:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores >0.05)

Código	Variables	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
P_22	Al momento de elaborar la programación de obra ¿Considerará la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)	0.132	4	153	0.970
P_6	¿Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su aprobación y aceptación?	0.343	4	153	0.849
P_19	Realiza un reatrolimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	0.556	4	153	0.695
P_16.1	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	0.756	4	153	0.556
P_16.3	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	0.872	4	153	0.483
P_15	¿Considera que durante la ejecución de obra en general se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)?	0.877	4	153	0.479
P_16.2	¿Realiza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	1.244	4	153	0.295
P_7	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra?	1.420	4	153	0.230
P_5	¿Esta de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	1.438	4	153	0.224
P_8	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	1.498	4	153	0.205
P_23	¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	1.569	4	153	0.185
P_24	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	2.328	4	153	0.059

En la tabla 21, observamos las variables que presentan los valores menores a 0.05, lo que indica que no cumple con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

**Tabla 21:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores <0.05)

Código	Variables	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
P_20	¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción con respecto a los resultados obtenidos con la planificación y control de obras realizado?	2.858	4	153	0.025

Con respecto al cálculo de los valores ANOVA, podemos observar en la tabla 22 que los valores para todas las variables son mayores a 0.05; por lo que, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los grupos.

Tabla 22: ANOVA de un factor sector de la construcción (valores mayores a 0.05)

Código	Variables	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
P_5	¿Esta de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	Entre grupos	3.065	4	0.766	0.526	0.716
		Dentro de grupos	222.732	153	1.456		
		Total	225.797	157			
P_6	¿Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su aprobación y aceptación?	Entre grupos	5.312	4	1.328	1.721	0.148
		Dentro de grupos	118.062	153	0.772		
		Total	123.373	157			
P_7	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra?	Entre grupos	10.026	4	2.507	1.803	0.131
		Dentro de grupos	212.733	153	1.390		
		Total	222.759	157			
P_8	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	Entre grupos	5.901	4	1.475	1.453	0.219
		Dentro de grupos	155.345	153	1.015		
		Total	161.247	157			
P_15	¿Considera que durante la ejecución de obra en general se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)?	Entre grupos	5.084	4	1.271	1.237	0.297
		Dentro de grupos	157.176	153	1.027		
		Total	162.259	157			
P_16.1	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	Entre grupos	3.209	4	0.802	0.842	0.501
		Dentro de grupos	145.829	153	0.953		
		Total	149.038	157			
P_16.2	¿Utiliza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	Entre grupos	3.102	4	0.776	0.727	0.575
		Dentro de grupos	163.201	153	1.067		
		Total	166.304	157			
P_16.3	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	Entre grupos	2.407	4	0.602	0.637	0.637
		Dentro de grupos	144.530	153	0.945		
		Total	146.937	157			
P_19	Realiza un reatoolimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	Entre grupos	1.651	4	0.413	0.390	0.816
		Dentro de grupos	162.153	153	1.060		
		Total	163.804	157			
P_20	¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción con respecto a los resultados obtenidos con la planificación y control de obras realizado?	Entre grupos	2.033	4	0.508	0.986	0.417
		Dentro de grupos	78.828	153	0.515		
		Total	80.861	157			
P_22	Al momento de elaborar la programación de obra ¿Considerará la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)	Entre grupos	2.211	4	0.553	0.569	0.686
		Dentro de grupos	148.650	153	0.972		
		Total	150.861	157			
P_23	¿Existe una reatoolimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	Entre grupos	4.294	4	1.073	1.147	0.337
		Dentro de grupos	143.200	153	0.936		
		Total	147.494	157			
P_24	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	Entre grupos	9.151	4	2.288	1.416	0.231
		Dentro de grupos	247.153	153	1.615		
		Total	256.304	157			



5.3.1.3 Tipo de estudios

Al contrastar el factor tipo de estudios (ing. Civil, arquitectura, etc), con las variables de la investigación; podemos observar en la tabla 23, las variables con valores mayores a 0.05.

**Tabla 23:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores >0.05)

Código	Variables	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
P_8	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	.256	3	154	.857
P_16.1	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	.518	3	154	.670
P_19	Realiza un reatoolimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	.815	3	154	.487
P_22	¿Considerará la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)	.885	3	154	.450
P_20	¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción con respecto a los resultados obtenidos con la planificación y control de obras realizado?	.925	3	154	.430
P_16.3	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	.929	3	154	.428
P_7	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra?	.988	3	154	.400
P_24	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	1.573	3	154	.198
P_16.2	¿Utiliza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	1.656	3	154	.179
P_15	¿Considera que durante la ejecución de obra en general se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)?	1.811	3	154	.147
P_6	¿Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su aprobación y aceptación?	2.072	3	154	.106
P_5	¿Esta de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	2.606	3	154	.054



Mientras que, en la tabla 24 podemos observar los valores menores a 0.05.

**Tabla 24:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores <0.05)

Código	Variables	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
P_23	¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	4.701	3	154	.004

Con respecto a los valores ANOVA, podemos observar en la tabla 25 las variables con valores mayores a 0.05. Por tanto, no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los grupos.

**Tabla 25:** ANOVA de un factor tipo de estudios (valores mayores a 0.05)

Código	Variables	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
P_5	¿Esta de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	Entre grupos	5.014	3	1.671	1.166	.325
		Dentro de grupos	220.783	154	1.434		
		Total	225.797	157			
P_6	¿Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su aprobación y aceptación?	Entre grupos	3.247	3	1.082	1.388	.249
		Dentro de grupos	120.126	154	.780		
		Total	123.373	157			
P_8	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	Entre grupos	7.780	3	2.593	2.602	.054
		Dentro de grupos	153.467	154	.997		
		Total	161.247	157			
P_15	¿Considera que durante la ejecución de obra en general se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)?	Entre grupos	2.943	3	.981	.948	.419
		Dentro de grupos	159.317	154	1.035		
		Total	162.259	157			
P_16.1	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	Entre grupos	1.471	3	.490	.512	.675
		Dentro de grupos	147.567	154	.958		
		Total	149.038	157			
P_16.2	¿Realiza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	Entre grupos	.820	3	.273	.255	.858
		Dentro de grupos	165.483	154	1.075		
		Total	166.304	157			
P_16.3	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	Entre grupos	.670	3	.223	.235	.872
		Dentro de grupos	146.267	154	.950		
		Total	146.937	157			
P_19	Realiza un reatoolimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	Entre grupos	7.595	3	2.532	2.496	.062
		Dentro de grupos	156.209	154	1.014		
		Total	163.804	157			
P_20	¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción con respecto a los resultados obtenidos con la planificación y control de obras realizado?	Entre grupos	1.468	3	.489	.949	.418
		Dentro de grupos	79.393	154	.516		
		Total	80.861	157			
P_22	¿Considerará la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)	Entre grupos	4.746	3	1.582	1.667	.176
		Dentro de grupos	146.115	154	.949		
		Total	150.861	157			

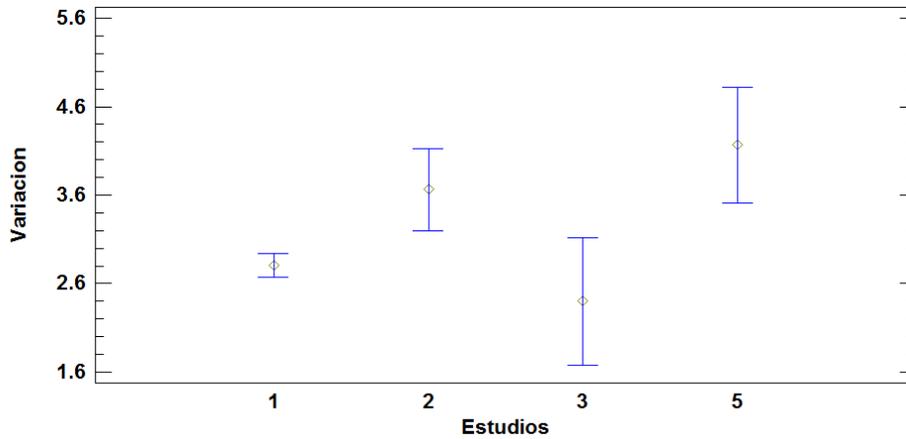
Asimismo, en la tabla 26 podemos observar los valores menores a 0.05; por lo que estas variables, presentan diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos.

**Tabla 26:** ANOVA de un factor tipo de estudios (valores menores a 0.05)

Código	Variables	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
P_7	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra?	Entre grupos	19.067	3	6.356	4.805	.003
		Dentro de grupos	203.693	154	1.323		
		Total	222.759	157			
P_23	¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	Entre grupos	7.418	3	2.473	2.718	.047
		Dentro de grupos	140.076	154	.910		
		Total	147.494	157			
P_24	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	Entre grupos	13.567	3	4.522	2.869	.038
		Dentro de grupos	242.737	154	1.576		
		Total	256.304	157			

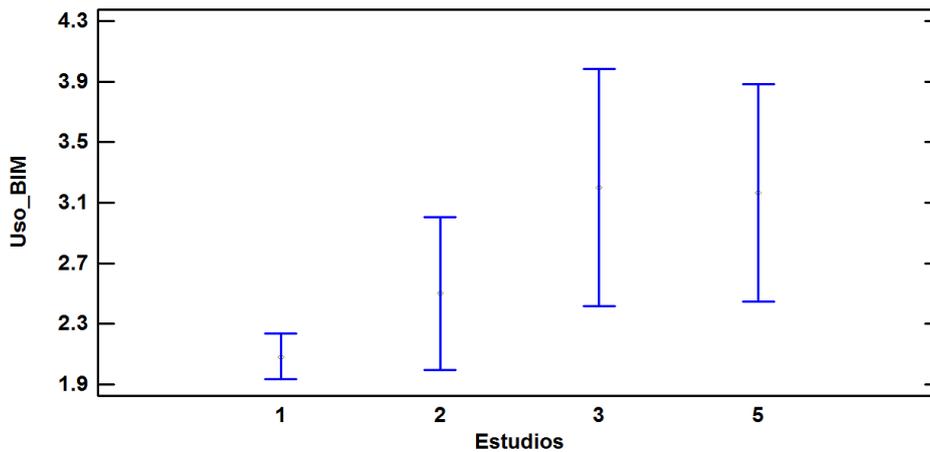
En los gráficos 38, 39 y 40, podemos observar que con respecto a las variables *el cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra (P\_7)*, los grupos que se encuentran más de acuerdo son el grupo otros (ingeniería ambiental, ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica) y arquitectura y los grupos que se encuentran más en desacuerdo son el grupo de ingeniería civil e ingeniería industrial; con respecto a la variable *existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra (subcontratistas, maestro de obra, etc.) (P\_23)*, existe un mayor grado de acuerdo para el grupo de otros (ingeniería ambiental, ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica) e ingeniería industrial, estando más en desacuerdo el grupo de ingeniería civil y con respecto a la variable *Elabora algún tipo de programa en el que integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes) (P\_24)*, presentan un mayor grado de acuerdo entre los grupos otros (ingeniería ambiental, ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica) e ingeniería civil; estando más en desacuerdo arquitectura e ingeniería industrial.

**Gráfico 38:** Medias y 95% de Fisher LSD – Estudios realizados vs Variación programa (P\_7)



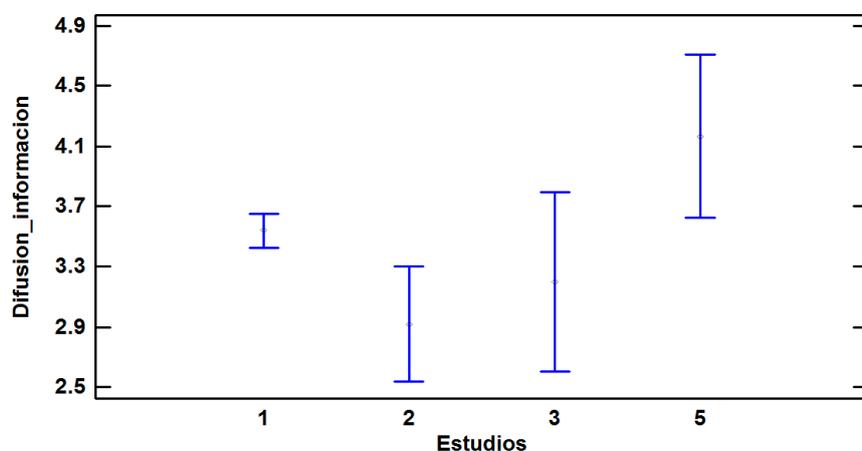
Codigo	Tipo de estudios
1	Ingeniería Civil
2	Arquitectura
3	Ingeniería Industrial
4	Sin estudios universitarios
5	Otros

**Gráfico 39:** Medias y 95% de Fisher LSD – Estudios realizados vs Uso\_BIM (P\_24)



Codigo	Tipo de estudios
1	Ingeniería Civil
2	Arquitectura
3	Ingeniería Industrial
4	Sin estudios universitarios
5	Otros

Gráfico 40: Medias y 95% de Fisher LSD – Estudios realizados vs Difusión información (P\_23)



Codigo	Tipo de estudios
1	Ingeniería Civil
2	Arquitectura
3	Ingeniería Industrial
4	Sin estudios universitarios
5	Otros

### 5.3.2 Análisis de componentes principales

Corresponde a un análisis factorial que, por medio de combinaciones lineales no correlacionadas de las variables observadas extrae factores. Su objetivo es, reducir la dimensión de una tabla de datos excesivamente grande por el elevado número de variables que contiene y quedarse con unas cuantas variables combinación de las iniciales (componentes principales) perfectamente calculables y que sinteticen la mayor parte de la información contenida en sus datos (Pérez, 2004).

La finalidad de aplicar el método de las componentes principales, es el de conocer los constructos reales y comprobar que estos se corresponden con los inicialmente planteados; además, esta técnica evidencia la validez del constructo.

El criterio que se ha tomado en consideración, para determinar el número de componentes principales, es que el número de auto valor sea mayor a la unidad; asimismo, se ha empleado el método de rotación VARIMAX a fin de minimizar el número de variables que tienen altas saturaciones en cada factor.

En la tabla 27, se muestran los resultados de las evaluaciones del supuesto de correlación entre variables (esfericidad de Bartlett e índice de Kaiser Meyer Olkin (KMO), los que se realizaron como paso previo al análisis de componentes principales, a fin de justificar su aplicación a la investigación.

**Tabla 27:** Esfericidad de Bartlett e índice KMO – primera iteración

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0.763
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	612.105
	gl	66
	Sig.	0.000

Como podemos observar, el valor de la significación es menor a 0.05; por lo que, se rechaza la hipótesis nula. Es decir que, se demuestra que existe algún grado de correlación estadísticamente significativa. Por otro lado, el valor del índice KMO es de 0.794, que puede considerarse como aceptable y, por tanto, la prueba es aplicables al modelo.

La comunalidad, es la parte de la variabilidad de cada variabilidad original explicada por factores comunes. Se debe de tener en cuenta que, los valores de extracción cercanos a la unidad explicarán de manera adecuada las variables; por el contrario, valores menores a 0.5, no permiten una explicación adecuada de la solución final. Cabe mencionar que, este análisis ha sido realizado sin considerar la variable dependiente P\_20 (*En términos generales, ¿Cómo considera su nivel de satisfacción frente a los resultados obtenidos de los procesos de planificación y control de obra?*), esto se justifica debido a que el no considerarla dentro del análisis no cambia la composición de los constructos; además se debe de resaltar que se realizó dos iteraciones de este análisis, lo que se irán explicando.



### *Primera iteración*

En esta primera iteración, como se mencionó anteriormente no se consideró la variable dependiente P\_20, para la extracción se consideraron los valores cercanos a la unidad.

En la tabla 28, podemos observar que la variable P\_16.2 con un valor de 0.848 es la que mejor explica el modelo, seguida de las variables P\_16.3 y P\_16.1 con valores iguales a 0.846 y 0.809, respectivamente. Asimismo, tenemos las variables P\_6, P\_15 y P\_22 con valores menores a 0.5, siendo las que no explican adecuadamente el modelo.



**Tabla 28:** Comunalidades – primera iteración

<b>Código</b>	<b>Variables</b>	<b>Inicial</b>	<b>Extracción</b>
P_16.2	¿Realiza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	1.000	0.848
P_16.3	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	1.000	0.846
P_16.1	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	1.000	0.809
P_5	¿Esta de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	1.000	0.747
P_8	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	1.000	0.746
P_7	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra?	1.000	0.654
P_24	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	1.000	0.650
P_19	Realiza un reatrolimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	1.000	0.635
P_23	¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	1.000	0.600
P_22	¿Considerará la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)	1.000	0.474
P_15	¿Considera que durante la ejecución de obra en general se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)?	1.000	0.405
P_6	¿Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su aprobación y aceptación?	1.000	0.350

Método de extracción: análisis de componentes principales.



En la tabla 29, podemos comprobar el porcentaje de varianza explicada de cada componente; los componentes que fueron extraídos, son aquellos cuyo autovalor superaba la unidad. De los cuatro valores extraídos, estos explican el 64.705%

**Tabla 29:** Varianza total explicada – primera iteración

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	3.717	30.972	30.972	3.717	30.972	30.972	2.813	23.442	23.442
2	1.766	14.720	45.692	1.766	14.720	45.692	1.844	15.365	38.807
3	1.155	9.628	55.320	1.155	9.628	55.320	1.833	15.278	54.085
4	1.126	9.385	64.705	1.126	9.385	64.705	1.274	10.620	64.705
5	0.984	8.203	72.908						
6	0.767	6.395	79.303						
7	0.651	5.425	84.728						
8	0.524	4.366	89.093						
9	0.461	3.844	92.937						
10	0.432	3.601	96.538						
11	0.256	2.132	98.671						
12	0.160	1.329	100.000						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

En la tabla 30 correspondiente a los componentes rotados, se indica la correlación entre los componentes principales y las variables originales. La encuesta originalmente considero cuatro constructos, que en esta primera iteración realizada se mantuvieron en cantidad.

**Tabla 30:** Matriz de componentes rotados <sup>a</sup> - primera iteración

Código	Variables	Componente			
		1	2	3	4
P_16.1	¿Utiliza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	.909	.109	.033	.087
P_16.3	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	.905	.143	.074	-.028
P_16.2	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	.875	.167	.053	.108
P_23	¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	.168	.747	-.042	.114
P_22	¿Considerará la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)	.023	.662	.181	-.054
P_19	Realiza un reatoolimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	.479	.625	.090	.080
P_8	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	.005	-.041	.832	.228
P_7	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra?	.016	.143	.793	.066
P_24	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	.239	.354	.508	-.458
P_6	¿Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su aprobación y aceptación?	.208	.317	.366	.268
P_5	¿Esta de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	-.014	.367	.111	.774
P_15	¿Considera que durante la ejecución de obra en general se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)?	.202	-.120	.235	.543

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

Es así que, en esta primera iteración las variables P\_16.1, P\_16.2 y P\_16.3 formarían parte del primer componente por ser las que mayor relación presentan; el segundo componente, incluye a las variables P\_23, P\_22 y P\_19, seguido por un tercer componente en el que se agruparían las variables P\_8, P\_7 y P\_24 y finalmente, un cuarto componente en el que se agruparían las variables P\_5 y P\_15.

### *Segunda iteración*

Se realiza una segunda iteración, en la que no se considera la variable dependiente P\_20; además, se retiran las variables P\_22, P\_15 y P\_6, esto por tres razones: la primera, debido a que como se observa en la tabla 28, presentan valores por debajo de 0.5, no explican de una manera adecuada el modelo; la segunda razón es que, sus cargas factoriales están muy repartidas entre los distintos factores y la tercera razón, es que al ser retiradas aumentan el porcentaje de varianza explicada.

En esta segunda iteración se realiza nuevamente la prueba de esfericidad de Bartlett y el índice KMO; en la tabla 31, observamos que el valor de significancia es menor a 0.05; lo que nos indica que, se sigue manteniendo el grado de correlación entre variables; asimismo, el valor de KMO es de 0.740 que sigue siendo un valor aceptable

**Tabla 31:** Esfericidad de Bartlett e índice KMO – segunda iteración

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0.740
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	526.922
	gl	36
	Sig.	0.000

En la tabla 32, observamos que las variables con comunalidades cercanas a la unidad siguen siendo las variables P\_16.3, P\_16.2 y P\_16.1; por tanto, las que mejor explican el modelo.

**Tabla 32:** Comunalidades – segunda iteración

Código	Variables	Inicial	Extracción
P_16.3	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	1.000	0.822
P_16.2	¿Realiza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	1.000	0.795
P_16.1	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	1.000	0.770
P_5	¿Esta de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	1.000	0.736
P_8	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	1.000	0.708
P_7	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra?	1.000	0.701
P_19	Realiza un reatrealimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	1.000	0.561
P_24	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	1.000	0.504
P_23	¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	1.000	0.483

Método de extracción: análisis de componentes principales.



En la tabla 33, podemos observar el porcentaje de varianza explicada por cada componente, llegando a explicar entre las tres variables un 67.55%.

**Tabla 33:** Varianza total explicada – segunda iteración

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	3.341	37.117	37.117	3.341	37.117	37.117	2.994	33.272	33.272
2	1.633	18.147	55.264	1.633	18.147	55.264	1.699	18.876	52.148
3	1.106	12.286	67.550	1.106	12.286	67.550	1.386	15.402	67.550
4	0.969	10.764	78.314						
5	0.602	6.687	85.001						
6	0.480	5.330	90.332						
7	0.443	4.926	95.257						
8	0.265	2.948	98.205						
9	0.162	1.795	100.000						

Método de extracción: análisis de componentes principales.

En la tabla 34, correspondiente a la matriz de componentes rotados se indica la correlación entre los componentes principales y las variables originales. Inicialmente la encuesta considero cuatro componentes, posteriormente se realizó una primera iteración a través de la cual se obtuvieron las variables que menos explicaban el modelo; en una segunda iteración, se eliminaron dichas variables (P\_6, P\_15 y P\_22). Finalmente, de los cuatro constructos inicialmente planteados, el modelo se redujo a tres componentes o constructos.



Tabla 34: Matriz de componentes rotados <sup>a</sup> – segunda iteración

Código	Variables	Componente		
		1	2	3
P_16.3	¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo?	0.904	0.068	0.025
P_16.2	¿Utiliza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra?	0.886	0.026	0.097
P_16.1	Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación	0.866	0.038	0.135
P_19	Realiza un reatrealimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra	0.614	0.138	0.406
P_8	¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra?	-0.039	0.827	0.150
P_7	¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra?	0.031	0.816	0.183
P_24	Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)	0.388	0.550	-0.225
P_5	¿Esta de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa?	-0.015	0.137	0.847
P_23	¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?	0.334	0.042	0.608

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

Inicialmente se concibieron cuatro componentes o constructos, los que luego de dos iteraciones fueron reducidos a tres componentes principales, en los que se agrupan las variables de forma que pueda explicar adecuadamente el modelo.

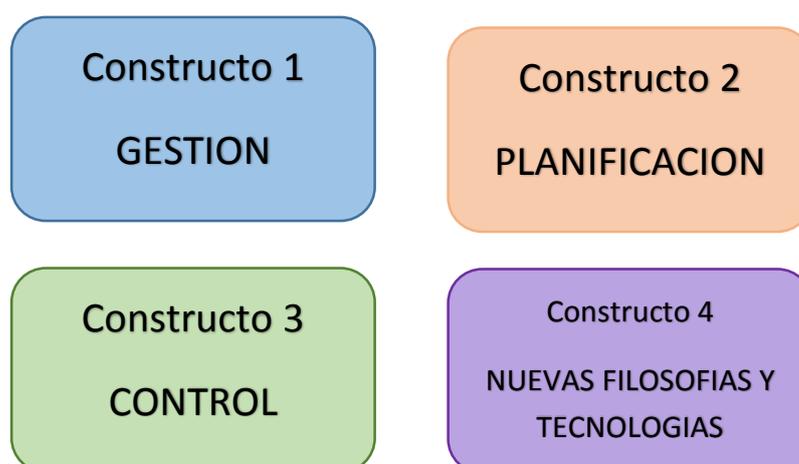
En consecuencia, los constructos asumidos inicialmente se redefinen en función de los componentes principales extraídos. Su conformación, es la siguiente:

En el primer constructo, se agrupan las variables P\_16.2, P\_16.3 y P\_16.1, que son las que presentan mayor relación con este primer componente; inicialmente, estas variables pertenecían al tercer componente denominado control, por lo que mantendremos esta denominación inicial.

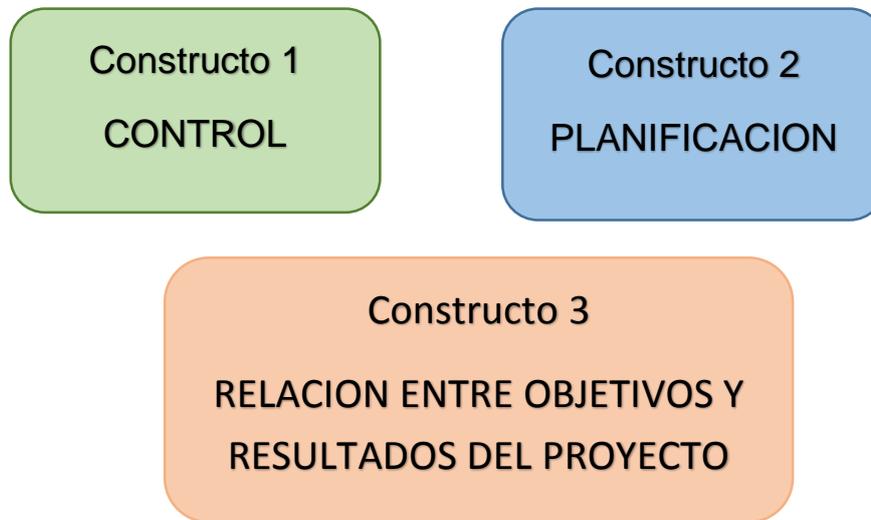
En el segundo constructo, se agrupan las variables P\_8, P\_7 y P\_24; inicialmente la variable P\_8, perteneció al componente denominado como planificación, por lo que mantendremos el mismo nombre; asimismo, las variables P\_7 y P\_24 tienen relación con esta categoría.

El tercer constructo, concentra a las variables P\_5 (conocimientos previos) y P\_23 (difusión de la información), las que buscan una relación entre los objetivos y el resultado del proyecto; consecuentemente, se le denomina como relación entre objetivos y resultado del proyecto.

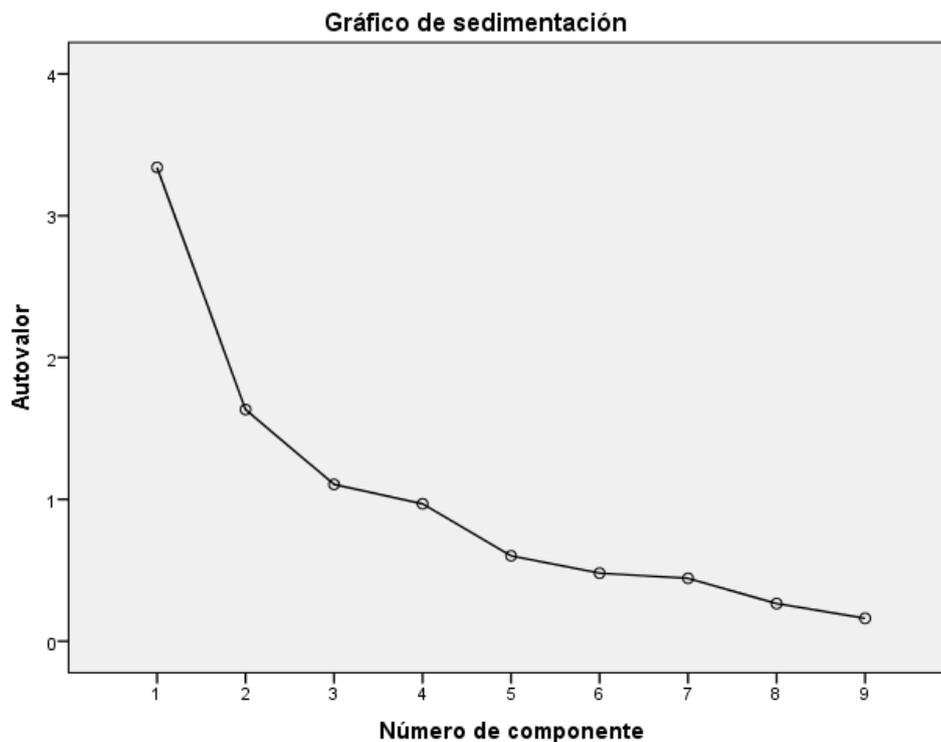
### COMPONENTES INICIALES



### COMPONENTES FINALES



En el gráfico de sedimentación, se puede observar que los tres componentes principales extraídos y sus autovalores asociados que van decreciendo progresivamente; asimismo, se aprecia el que el punto de inflexión se encuentra donde cambia la tendencia.





5.3.3 Análisis de regresión lineal

El análisis de regresión lineal, es un modelo estadístico cuyo fin es estimar el efecto de una variable con respecto a otra (Hernández et. al, 2010). Es una técnica de dependencias que busca establecer la relación entre variables dependientes e independientes y define la forma en que se produce esa relación a través de modelos matemáticos que la expliquen.

El análisis de regresión lineal fue elaborado con las variables consideradas dentro de los componentes principales (finales), obtenidos a partir del análisis factorial previamente realizado (ítem 5.3.2); esto con el fin de, analizar la relación entre ellas y poder realizar un modelo que explique la variable dependiente P\_20 (*nivel de satisfacción frente a los resultados obtenidos con la planificación y control de obra*). Cabe mencionar, que el método considerado fue el método hacia adelante.

En la tabla 35, se puede observar que los tres factores o componentes, explican un 28% de la varianza de la variable dependiente. Observamos, además que los valores de  $R^2$  y  $R^2$  corregida están muy cercanos. Por otro lado, el valor de 1.88 del estadístico Durbin – Watson nos indica que se está cumpliendo con el supuesto de independencia de los residuos.

**Tabla 35:** Resumen del modelo <sup>d</sup>

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	0.442 <sup>a</sup>	0.20	0.19	0.65	1.88
2	0.523 <sup>b</sup>	0.27	0.26	0.62	
3	0.544 <sup>c</sup>	0.30	0.28	0.61	

a. Predictores: (Constante), Relación entre objetivos y resultados

b. Predictores: (Constante), Relación entre objetivos y resultados, Control

c. Predictores: (Constante), Relación entre objetivos y resultados, Control, Planificación

d. Variable dependiente: Nivel de satisfacción frente a los resultados obtenidos de la



En la tabla 36, podemos observar que el valor del nivel crítico (sig.) es igual a 0.000, lo que nos indica que si existe relación lineal estadísticamente significativa; asimismo, podemos observar el valor del estadístico F, el cual contrasta que el valor de la población R es cero, lo que nos permite observar si existe una relación lineal estadísticamente significativa entre la variable dependiente y el conjunto de variables independientes.

**Tabla 36:** ANOVA <sup>a</sup>

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
3	Regresión	23.886	3	7.962	21.521	.000 <sup>d</sup>
	Residuo	56.974	154	.370		
	Total	80.861	157			

a. Variable dependiente: Nivel de satisfacción frente a los resultados obtenidos de la planificación y control de obra

d. Predictores: (Constante), Relación entre objetivos y resultados, Planificación , Control

En la tabla 37, podemos observar los coeficientes de regresión parcial los cuales comprenden la información necesaria para construir la ecuación de regresión mínimo – cuadrática.

**Tabla 37:** Coeficientes de regresión parcial <sup>a</sup>

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
(Constante)	1.95	0.24		8.28	0.00
Relación entre objetivos y resultados	0.25	0.05	0.34	4.75	0.00
Planificación	0.20	0.05	0.26	3.70	0.00
Control	0.09	0.04	0.15	2.19	0.03

a. Variable dependiente: Nivel de satisfacción frente a los resultados obtenidos de la planificación y control de obra

A partir de la columna de *coeficientes estandarizados*, extraemos los valores de Beta los que nos permitirán contrastar cuál de los componentes principales del análisis factorial previamente realizado, sirve para realizar una mejor estimación de la variable dependiente; es decir, a un mayor valor de la variable independiente está será más importante para realizar una correcta estimación de la variable dependiente. Para este caso podemos observar que la componente *relación entre objetivos y resultados*, es la de mayor valor.

De la columna *coeficientes no estandarizados*, obtenemos los coeficientes (B), los que nos permiten conformar el modelo de la tabla 38 y a partir de la cual se ha realizado la ecuación de la regresión mínimo cuadrática:

$$\text{Nivel de satisfacción} = 1.95 + 0.25a + 0.20b + 0.09c.$$

**Tabla 38:** Resumen total del modelo

Modelo	Nivel de satisfacción frente a los resultados obtenidos de la planificación y control de obra	Relación entre objetivos y resultados ( a )	Planificación ( b )	Control ( c )
1	1.95	0.25		
2	1.95	0.25	0.2	
3	1.95	0.25	0.2	0.09

Estos coeficientes no estandarizados, se pueden interpretar de la siguiente manera, el coeficiente correspondiente a la variable *relación entre objetivos y resultados*, que presenta un valor de 0.25, indica que, al mantenerse constantes el resto de variables, al aumentar una unidad la variable *relación entre objetivos y resultados* le corresponde en promedio, un aumento de 0.25 en nivel de satisfacción (variable dependiente). Estos coeficientes no son independientes entre sí; toman el nombre de coeficientes de regresión parcial por que el valor estimado para cada coeficiente se ajusta considerando la influencia del resto de variables independientes; por tanto, su interpretación debe ser realizada con cierto cuidado.



### 5.3.4 Tablas de contingencia

Es una prueba estadística, cuyo fin es el de medir la intensidad de asociación de dos variables; es decir, que mide la independencia entre variables; esta prueba estadística se va a utilizar para las variables de tipo nominal. Para tal propósito, hace uso del coeficiente chi cuadrada ( $X^2$ ); el cual parte del supuesto de que “no existe relación entre variables” siendo esta la hipótesis nula ( $H_0$ ), la cual será rechazada cuando su grado de significación (p-valor) sea menor a 0.05.

Asimismo, se considera que existe asociación entre variables si: (1) Las frecuencias esperadas son mayores o iguales a 5 y (2) Grado de significación (p-valor) es menor a 0.05. Para determinar el grado de asociación entre variables se debe de hacer uso de otros estadísticos, los que además dependen del tamaño de la tabla de contingencia, así pues, para (Hernández, et. al., 2010):

- Tablas de 2x2: se utilizarán los coeficientes phi, V de Cramer y riesgo (“odds ratio”)
- Tablas de j x k (mayores a 2x2): se hace uso del coeficiente de contingencia.

Para la elaboración de esta prueba estadística, se consideraron criterios relevantes, tales como, los años de experiencia, estudios realizados y sector de la construcción a fin de contrastar su asociación con las variables nominales (tablas 4 y 5); los resultados obtenidos son los siguientes:

- a) *Años de experiencia y métodos, herramientas y técnicas de programación que utiliza para elaborar un programa de obra (P\_11)*, se esperan frecuencias menores a 5; sin embargo, el grado de significación es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, con lo cual si podríamos decir que escoger entre uno u otro procedimiento de programación puede depender de la experiencia.



**Tabla 39:** Pruebas de chi - cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	38.005 <sup>a</sup>	20	0.009
Razón de verosimilitud	29.939	20	0.071
Asociación lineal por lineal	2.287	1	0.130
N de casos válidos	158		

a. 27 casillas (90.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es .08.

Asimismo, debido a que las variables presentan más de dos categorías cada una, la tabla presenta un tamaño mayor de 2x2, por lo que para determinar el grado de asociación entre variables se considera al coeficiente de contingencia de la tabla 40, el cual indica una asociación estadísticamente significativa del tipo moderado.

**Tabla 40:** Medidas simétricas

		Valor	Significación aproximada
Nominal por Nominal	Phi	0.490	0.009
	V de Cramer	0.245	0.009
	Coeficiente de contingencia	0.440	0.009
N de casos válidos		158	

b) *Estudios realizados (Ing. Civil, arquitectura, etc.) y métodos, herramientas y técnicas que utiliza para elaborar un programa (P\_11), se esperan frecuencias menores a 5; sin embargo, el grado de significación es menor a 0.05, por lo que, se rechaza la hipótesis nula; es decir, que se podría decir que escoger entre uno u otro procedimiento de programación puede depender del tipo de estudios realizados.*



**Tabla 41:** Pruebas de chi - cuadrado

	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	45.174 <sup>a</sup>	15	0.000
Razón de verosimilitud	24.744	15	0.053
Asociación lineal por lineal	4.372	1	0.037
N de casos válidos	158		

a. 18 casillas (75.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es .13.

Asimismo, debido a que las variables presentan más de dos categorías cada una, la tabla presenta un tamaño mayor de 2x2, por lo que para determinar el grado de asociación entre variables se considera al coeficiente de contingencia de la tabla 42, el cual indica una asociación estadísticamente significativa del tipo moderado

**Tabla 42:** Medidas simétricas

		Valor	Significación aproximada
Nominal por Nominal	Phi	0.535	0.000
	V de Cramer	0.309	0.000
	Coeficiente de contingencia	0.472	0.000
N de casos válidos		158	



**CAPITULO VI: DISCUSION,  
CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

## CAPITULO VI: DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Discusión de resultados

- 1) Las variables consideradas para el análisis estadístico, fueron extraídas de la revisión y análisis de la literatura, de ello se obtuvieron veintidós variables; las cuales se dividieron en trece variables con nivel de medición de intervalos y nueve variables con nivel de medición nominal.
- 2) Con las variables con nivel de medición por intervalos se pretende formar una idea general de la investigación mediante el análisis de las actitudes de los encuestados frente a determinados escenarios planteados; mientras que, con las variables nominales, se pretende profundizar en temas específicos. De esta manera, ambos tipos de variables complementaran la información obtenida.
- 3) Con respecto al análisis de fiabilidad, este se realizó para cada componente inicialmente considerado y para la encuesta de manera general, de ello se obtuvo lo siguiente:
  - Gestión, integrado por 6 variables (2 variables nominales y 4 variables de intervalo), obtuvo un valor para el coeficiente alfa de Cronbach de 0.576, el cual es regular, y lo cual puede estar relacionado a la diversidad de temas que se tratan dentro de dicho constructo.
  - Planificación, integrado por 6 variables (5 variables nominales y 1 variable de intervalo); por lo que no se pudo determinar su fiabilidad
  - Control temporal, integrado por 7 variables (5 variables de intervalo y 2 variables nominales), presenta un valor para el coeficiente de Cronbach de 0.789, el cual se considera aceptable.
  - Nuevas filosofías y tecnologías, integrado por 3 variables con un nivel de medición de intervalos, presenta un valor para el coeficiente alfa de Cronbach de 0.486, que se considera como una fiabilidad regular, esto relacionado a la diversidad de temas que agrupa.
  - Del análisis de fiabilidad realizado para toda la encuesta, se consideró un valor para el alfa de Cronbach de 0.802, un valor considerado como aceptable.



### 6.1.1 Respecto al análisis descriptivo

#### *Variables de intervalo*

- Respecto a los enunciados con los que están más de acuerdo los encuestados, son:
  - 1) Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su aprobación y aceptación (P\_6). Los programas de construcción en forma de CPM son herramientas valiosas para el análisis de los efectos de los retrasos en el progreso del proyecto respecto de su fecha de finalización; sin embargo, se plantean preguntas acerca de la disponibilidad e idoneidad de este tipo de programas para la resolución de temas, tales como, las reclamaciones de retraso entre otros conflictos; asimismo, se indicó que a menudo los programas de obra son sometidos a la evaluación por parte del cliente. La aprobación oportuna de los programas tiene el potencial de facilitar una rápida resolución de las reclamaciones de retraso u otro tipo de inconvenientes; por tanto, es importante que el cliente se involucre tempranamente con el programa a fin de aclarar problemas de manera rápida (Braithwaite, 2014). Al respecto, algunos encuestados, sugirieron que problemas a priori difíciles de identificar (por ejemplo, problemas geológicos) deberían ser incluidos dentro del plazo de ejecución; la elaboración de un listado de posibles fallos o errores que puedan surgir como parte del proceso de construcción; considerar, además, en la elaboración de los planes de ejecución la participación de profesionales con experiencia en la ejecución de obras.
  - 2) ¿Realiza algún tipo de análisis de la información recolectada que le permita tomar medidas correctivas a tiempo? (P\_16.3). El análisis para el control del tiempo es principalmente cualitativo; mientras que, para el control de los costes, aunque las herramientas cuantitativas son las más utilizadas, el proceso no es sistemático. En la práctica del control de tiempo prevalece el análisis de información obtenida del monitoreo y presentación de informes (impreciso y no estructurado), lo que lleva a que en la etapa de análisis prevalezca una interpretación de un “casi análisis”, siendo esta una manera



muy simplista de análisis y que difícilmente revelará la razón fundamental de la falta de progreso, de allí que en la práctica las medidas correctivas para encausar el proyectos, son solo reactivas y no se terminan eficazmente (Olawale y Sun, 2014)

- 3) ¿Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de la obra se realiza según lo previsto en la planificación? (P\_16.1). El monitoreo suele ser uno de los puntos débiles del control de obra, existe una falta de sistemas fiables para capturar la información actualizada sobre el progreso del trabajo en obra, a su vez el proceso de control suele pasar del monitoreo a la presentación de informes con una mínima participación del personal de gestión en la obra (Olawale y Sun, 2014). Por otra parte, cuando los planes son ejecutados (construcción está en marcha), el rendimiento real es medido (monitoreo de la actividad de construcción), siendo este el inicio del control y cuya responsabilidad es la de alertar acerca de las desviaciones que se puedan presentar; sin embargo, en la práctica el monitoreo de los materiales se considera en gran medida adecuada, mientras que el seguimiento o monitoreo del consumo del trabajo es insuficiente, sobre todo a nivel diario (Navon y Sacks, 2007).
- 4) ¿Utiliza algún formato en el que se agrupe la información obtenida? (P\_16.2). Los informes durante el proceso de control están muy poco integrados durante el proceso el proceso general, no cuentan con ningún mecanismo formal de presentación de informes entre el lugar de la obra y la oficina técnica (Olawale y Sun, 2014). Subcontratistas y proveedores no reciben informes con frecuencia o con un nivel de detalle suficiente; a su vez, la emisión mensual de informes, es la que usualmente se realiza. La carencia de información en tiempo real perjudica la capacidad de los gerentes para supervisar otros indicadores de rendimiento, programación y costo; esto se debe a que en la construcción la duración media de las actividades está típicamente en el intervalo de días, mientras que la frecuencia media de presentación de informes, es mensual (Navon y Sacks, 2007).



- Respecto a los enunciados en los que están más en desacuerdo los encuestados, son (y que a su vez integran el grupo de las de mayor desviación estándar, excepción del tercer punto):
  - 1) ¿Elabora programa en el que integre construcción geométrica virtual (3D) con información de construcción (materiales o procesos) e información de planificación (plazos, costes)? (P\_24). En la industria de la construcción, aún se sigue dependiendo en gran medida de planos y prácticas tradicionales para la elaboración de los planes; al mismo tiempo, los profesionales de la construcción se están dando cuenta del poder de BIM para el modelado más eficiente e inteligente, por lo que buscan una aplicación BIM que no solo aproveche las potentes capacidades de la documentación y visualización de una plataforma de CAD, sino que también sea compatible con múltiples operaciones de diseño y gestión. Sin embargo, uno de los problemas de BIM es la falta de consenso claro sobre la forma de aplicación o uso, esto debido a que no existe un documento único BIM que proporcione instrucciones estándar; otro de los problemas que BIM presenta es que, se cuenta con programas que solo abordan ciertos aspectos cuantitativos, y no tratan el proceso en su conjunto (Azhar, 2011). Por otro lado, una causa importante de este de esta falta de uso generalizado de la tecnología BIM es el hecho de que la gente presenta tendencia a la resistencia al cambio; aunque, mucha de esta resistencia no se limita a la aplicación de la tecnología BIM, pues muchas de estas personas consideran que el cambio de los planos en papel a trabajar con métodos nuevos e innovadores significa tener menos control durante el proceso de construcción (Lee, 2008; Zanen y Hartmann, 2010). Al respecto, de la integración de procesos innovadores como el último planificador y BIM, la opinión de uno de los encuestados fue, que se podía considerar como importante para el éxito del proyecto la aplicación de la constructabilidad desde etapas anteriores a la ejecución del proyecto o el empleo de las filosofías de construcción sin pérdidas (*Lean Construction*) desde la etapa del diseño (*Lean desing*) a fin de mejorar la etapa de planificación y realizar una mejor gestión de la producción; adicionalmente



el uso de herramientas BIM ayuda en gran medida a la producción y a la minimización de fallas de ejecución por interferencias

- 2) ¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra? (P\_7). Con frecuencia el cronograma de contrato no se entrega al equipo de construcción de obra, en su lugar se utiliza una programación más ambiciosa (cronograma de objetivos); a su vez, esto se puede clasificar como la fase de planificación del ciclo de control del proyecto, que es sólo el primer paso del control de proyectos (Olawale y Sun, 2014). Al respecto, algunos comentarios por parte de los encuestados fue que, en algunas obras se suele contar con programas contractuales muy generales, los cuales no sirven para realizar un seguimiento de toda la obra; existe una falta de efectividad en la comunicación entre las diferentes líneas de mando y que no siempre los planes elaborados son compartidos con los involucrados en la ejecución de obra; además de elaborar un buen programa, este se debe de complementar con el compromiso y motivación de todo el personal del proyecto a fin de alcanzar los objetivos propuestos, así como de mantener buenas relaciones con el cliente y supervisor (dirección facultativa).
- 3) ¿Considera que durante la ejecución de obra se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)? (P\_15). Una investigación realizada en Reino Unido, reveló que la gran mayoría de profesionales de la construcción aplican técnicas de control de proyectos; sin embargo, se reveló que la aplicación del control de costes es más frecuente que el control del tiempo, como consecuencia surgen un problema importante y es que a menudo el control de costo y de plazo durante el proceso de construcción no se integran (Olawale y Sun, 2014). Asimismo, en los proyectos de construcción, tiempo y costo son dos de las áreas esenciales que se destacan a la hora de contratar un proyecto (Cooke & Williams, 2004); mientras que el control de costes trata de asegurar que las tareas se ejecuten dentro de un respectivo presupuesto (Ruskin & Estes, 1995), el control de plazo que a menudo se refiere al control horario,



trata de determinar el estado de la programación del proyecto, si existen cambio o si debería tenerlos, lo que influye en la gestión (Heldman, 2005)

- Respecto a los enunciados que presentan mayor desviación estándar:
  - 1) ¿Está de acuerdo, en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa? (P\_5). Durante la etapa de la planificación, además de una excesiva dependencia de la experiencia en lugar de métodos de planificación formales para el control del tiempo, se revelo también el uso de múltiples e inconsistentes objetivos de programación (Olawale y Sun, 2014). A través de un estudio realizado para conocer la experiencia de las personas que trabajan en la gestión de proyectos, en Reino Unido, se indicó que tres de los factores críticos de éxito mencionados con más frecuencia por los encuestados fueron metas y objetivos claros, apoyo de la alta dirección, fondos o recursos adecuados (White & Fortune, 2002). Uno de los encuestados opinó, que una definición adecuada de los alcances del proyecto, permiten una buena planificación.

### *Variables nominales*

- Acerca de las razones por las que se consideraba importante elaborar una programación y control temporal de obra (P\_9), las opciones que presentaron una mayor representatividad, fueron: (1) Ejecutar la obra de forma que los recursos (materiales, RR.HH., maquinaria) estén organizados y a tiempo, (2) Cumplir con la ejecución de obra en la fecha contractual, (3) Concluir con la ejecución de obra dentro del presupuesto contractual. Al respecto, para concluir los proyectos en las fechas pactadas es necesario, entre otras cosas, contar en forma suficiente y oportuna con los recursos humanos, materiales, y financieros; lo cual, sólo se conseguirá si se han programado y gestionado oportunamente dichos recursos, de otra forma, la situación a enfrentar durante la ejecución será altamente incierta y las fechas de conclusión probablemente no sean cumplidas (Gonzales, et. al., 2010). Al respecto, los encuestados opinaron que: una buena planificación y control de proyectos es importante para el éxito del proyecto; una asignación de recursos a tiempo es uno de los puntos más importantes, así como la prevención de algún cambio del proyecto a tiempo



- Con respecto a los métodos de estimación de la duración de las actividades del proyecto (P\_10), las opciones que fueron mayormente seleccionadas, (1) cálculo de rendimiento y (2) uso de la experiencia. Algunos investigadores indicaron que, los métodos para la toma de decisiones suelen girar en torno a la “evaluación de la experiencia” y el “uso de cálculos”, siendo que el problema con la programación y planificación de proyectos radica en la falta de participación de los integrantes del proyecto y que las duraciones de las tareas suelen estar basadas en suposiciones, las que a veces son inexactas (Olawale y Sun, 2014). La planificación de la construcción en empresas locales, se basa principalmente en las experiencias de proyectos anteriores, y solo de vez en cuando se hace un análisis riguroso de la información (Gonzales, et. al., 2010)
- Sobre las opciones propuestas para indicar cuál de ellas se utiliza normalmente para elaborar la programación de obra, el diagrama de barras o Gantt fue la que presento una mayor frecuencia (75.9%), seguida del diagrama de redes (7%); que como se puede observar, presentan una gran diferencia. De investigaciones realizadas sobre la gestión, planificación y control en empresas de construcción en México y Reino Unido, se extrajo las siguiente información; de las investigaciones realizadas en México los autores indicaron que, la mayoría de empresas que realizan la planificación de la construcción, hacen uso del diagrama de Gantt, pese a que este cuenta con casi un siglo de antigüedad y no es fácil identificar las actividades constructivas que determinan la duración del proyecto; por otro lado, se indicó que, el 75% de empresas realiza esta programación principalmente a través de diagramas de Gantt y que solo el 25% lo hace por medio de diagramas de redes (CPM o PDM) (Gonzales, et. al., 2006, 2010). En la investigación realizadas en Reino Unido, se obtuvo que, la mayoría de encuestados mencionaron al gráfico de barras como el formato que suelen emplear para la mayoría de sus proyectos (Brimah, 2014)
- Sobre la justificación del por qué, escogió esa opción para elaborar su programación de obra, muchas fueron las opciones; sin embargo, las que más sintetizaron las ideas, fueron: fácil lectura, control y comparación de costo y tiempo y secuenciación de actividades y visualización de la ruta crítica. Al



respecto, los investigadores indican que, la comparación del diagrama Gantt “como estaba previsto” con el diagrama Gantt “como se construyó”, permiten a los gerentes del proyecto analizar el rendimiento de todo el proyecto y aislar las tareas y los recursos asignados para el análisis del desempeño individual, lo que hace del diagrama Gantt una herramienta útil tanto para la planificación como para el control (Zanen y Hartman, 2010). Por otro lado, de la investigación realizada en Reino Unido, en el que se solicitó a los encuestados justificar las razones de sus preferencias, muchos indicaron que era fácil de preparar y usar, fácil de leer y mantener, por políticas de la empresa y requerimientos del cliente; sin embargo, pese a estas cualidades mencionadas, una de las principales debilidades del gráfico de barras, es que puede generar enlaces de actividades cruzadas unas sobre otras de manera compleja, creando dificultades de visualización principalmente en el caso de proyectos con alto nivel de complejidad (Braumah, 2014)

- En relación, a la selección del software que se utiliza principalmente para la elaboración de la programación de obra, más de la mitad (64.6%) de los encuestados indicó utilizar el programa Microsoft Project, seguido del programa de office Excel (22%). Según algunos investigadores, esto se puede deber a que Microsoft Project suele ser un programa relativamente menos costoso y fácil de usar (Winch y Kelsey, 2005; Winter, 2011); sin embargo, de la investigación realizada en Reino Unido, Microsoft Project, se presentó como el tercer programa más popular, la razón para ello puede deberse a las dificultades que plantea a los programadores cuando se utiliza para mantener un programa y realizar el análisis de retraso (Braumah, 2014). Asimismo, uno de los problemas que el programa Primavera suele presentar es que requiere de un tiempo importante para configuración y considerable esfuerzo para su mantenimiento y modificación, además, de que requiere de un periodo de aprendizaje significativo (Winch & Kelsey, 2004), otra desventaja de Primavera, se puede deber a que no se encuentra traducido al español, lo que condiciona mucho su uso en países hispanoablantes.
- Sobre la frecuencia de actualización de la programación de obra, la opción más seleccionada (28.5%) fue la de actualización mensual, seguida de



actualización quincenal (27.8%). Al respecto, de la investigación realizada en México, se extrajo que sólo el 10% de las empresas constructoras, actualiza sus planes originales durante la fase de construcción (Gonzales, et. al., 2010).

- Con respecto, a la herramienta, técnica o método que utiliza para realizar el control temporal de avance de obra, la opción más seleccionada volvió a ser el diagrama de barras o Gantt (60.8%), seguido del método del valor ganado (EMV) (22.2%). En una investigación realizada en Reino Unido, se indicó que, aparentemente la practica prevaleciente en el análisis durante el control del tiempo es una evaluación cualitativa de los avances actuales frente al progreso planificado marcando el progreso en la programación del proyecto a fin de comprobar si este esta adelantado o retrasado; esto revelaría que el diagrama Gantt funciona como una herramienta de control de tiempo además de ser una herramienta de programación predominante (Olawale y Sun, 2014).
- Acerca de la frecuencia con la que se realiza el control temporal, la opción más seleccionada por los encuestados, fue la de un control semanal (48.1%), seguido de un control diario (20.3%). Al respecto, investigadores y profesionales apoyan por igual el concepto generalizado de que el control, en lugar de la planificación, es la principal preocupación de las partes involucradas en la construcción, desde poco después de la movilización hacia la finalización (Laufer y Tucker 1987, 1988; Cohenca, et. al. 1989).

### 6.1.2 Respecto del análisis multivariante

#### ANOVA

- 1) Del análisis de varianza, entre los años de experiencia y su relación con las variables propuestas en la presente investigación (variables de intervalos), se encontró que no existe diferencias estadísticamente significativas entre la media de las categorías de la variable años de experiencia y el resto de variables
- 2) Del análisis de varianza, entre el sector de la construcción y las variables propuestas en la presenta investigación (variables de intervalos), se encontró



que no existe diferencias estadísticamente significativas entre la media de las categorías de la variable años de experiencia y el resto de variables.

- 3) Del análisis de varianza, entre los estudios realizados y las variables propuestas en la presenta investigación (variables de intervalos), se encontró que tres variables presentan diferencias estadísticamente significativas entre la media de las categorías de la variable estudios realizados, las que se describen a continuación:
  - a. ¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento de la obra? (P\_7), siendo que los grupos que presentan más grado de acuerdo son los correspondientes a las categorías otros (ingeniería ambiental, ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica), e ingeniería industrial; mientras que la categoría arquitectura e ingeniería civil son los que más en desacuerdo están.
  - b. ¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra? (P\_23), siendo que los grupos que presentan mayor grado de acuerdo son los correspondientes a las categorías otros (ingeniería ambiental, ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica) e ingeniería industrial y los grupos con más grado de desacuerdo son las categorías ingeniería civil y arquitectura.
  - c. ¿Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)? (P\_24), siendo que los grupos que presentan mayor grado de acuerdo son los correspondientes a las categorías otros (ingeniería ambiental, ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica) e ingeniería civil y los grupos con más grado de desacuerdo, son los correspondientes a las categorías arquitectura e ingeniería industrial.

### *ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES*

- 1) Del reajuste de los componentes principales, se obtuvieron tres de cuatro componentes inicialmente considerados; los que explican el 67.55% de la varianza total. Así, dichos componentes pueden ser interpretados de la siguiente manera:



- Componente 1 “Control”: el cual agrupa cuatro variables que tienen mayor peso en la interpretación del modelo, y explican el 37.12% del fenómeno. Estas variables son: (1) ¿Realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo? (P\_16.3), (2) ¿Utiliza algún formato en el que se agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra? (P\_16.2), (3) ¿Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de la obra se realiza según lo previsto en la planificación? (P\_16.1), (4) ¿Realiza una retroalimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra? (P\_19).
- Componente 2 “Planificación”: el cual agrupa tres variables. Estas variables son: (1) ¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra? (P\_8), (2) ¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra? (P\_7), (3) Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes) (P\_24); sin embargo, habría que darle más importancia a esta última variable (P\_24), la cual está estrechamente relacionada con el tema de implementación de BIM como una herramienta innovadora dentro de los procesos de planificación y control de obras.
- Componente 3 “Relación entre objetivos y resultados del proyecto”: el cual agrupa dos variables. Estas variables son: (1) ¿Está de acuerdo en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa? (P\_5), (2) ¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra? (P\_23); sin embargo, sería adecuado darle más importancia a esta última variable (P\_23), la cual se encuentra altamente vinculada con el tema de implementación del sistema del último planificador como una herramienta innovadora y dentro de los procesos de planificación y control de obras.

### ANALISIS DE REGRESION LINEAL

- 1) El análisis de regresión lineal se realizó, a fin de poder elaborar un modelo que explique la variable dependiente *nivel de satisfacción frente a los resultados obtenidos con la planificación y control temporal de obras (P\_20)*, en relación a los tres componentes principales (Control, Planificación y Relación entre objetivos y resultados) obtenidos. Esto puede ser interpretado, de la siguiente manera:
  - Los tres componentes o factores, explican un 28% de la varianza de la variable dependiente (P\_20) y que a su vez cumplen con el supuesto de independencia de residuos, puesto que el valor de Durbin – Watson es 1.88.
  - El valor del nivel crítico obtenido de la prueba ANOVA, se considera estadísticamente significativo; con lo cual, podemos indicar que si existe una relación lineal estadísticamente significativa entre los componentes y la variable dependientes
  - Como resultado se obtiene la tabla de coeficientes de regresión lineal, la cual contiene los coeficientes no estandarizados (B), los que agrupan la información necesaria para la construcción de la ecuación de regresión mínimo cuadrática.
  - A su vez, la tabla de coeficientes de regresión lineal contiene los coeficientes estandarizados, los que nos indican que el factor *Relación entre objetivos y resultados* (tercer componente) permite una mejor estimación de la variable dependiente.

### TABLAS DE CONTINGENCIA

- 1) Del análisis de las tablas de contingencia, entre los años de experiencia y los métodos, herramientas o técnicas que utiliza para elaborar una programación de obra (P\_11), podemos indicar que existe una relación estadísticamente significativa del tipo moderada; es decir, que el escoger entre uno u otro método, herramienta o técnica para elaborar la programación de obra presenta una relación con la experiencia que tenga el encargado o grupo de responsables de realizar dicha actividad.



- 2) Del análisis de tablas de contingencia, entre los estudios realizados y los métodos, herramientas o técnicas que utiliza para elaborar una programación de obra (P\_11), podemos indicar que existe una relación estadísticamente significativa del tipo moderada; es decir que escoger entre uno u otro método, herramienta o técnica para elaborar la programación de obra presenta una relación con la carrera profesional del encargado o grupo de responsables de realizar dicha actividad

### 6.2 Conclusiones de la investigación

La presente investigación se enfocó en los siguientes objetivos, conocer la situación actual de la planificación y control temporal, analizar los principales problemas que dificultan la planificación y control temporal y proponer soluciones que se puedan implementar en la planificación y control temporal, en relación a las obras en Perú; A partir del estudio del marco teórico y estado del arte, de la encuesta realizada y de su análisis, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- 1) Tener metas y objetivos claros y precisos se considera como uno de los factores críticos de éxito de un proyecto de construcción; en la práctica, durante la etapa de planificación, por lo general, se tiende a tener múltiples e inconsistentes objetivos. A partir de los resultados obtenidos de la encuesta, podemos decir que, en el entorno de la construcción peruana existen diferencias de opinión acerca de la precisión y claridad con la que las metas y objetivos de los proyectos se presentan a los equipos de construcción (ejecución y planificación), previos al inicio de trabajos de construcción. Esto puede interpretarse como uno de los problemas dentro de la construcción en Perú, y considerarse como parte de los factores de no éxito de los proyectos de construcción.
- 2) En el entorno de la construcción en Perú, los profesionales de dicho sector a menudo suelen elaborar una programación de obra (programa maestro) para la aceptación por parte del cliente, lo que indica que, desde la etapa inicial de la construcción, el cliente suele estar implicado en la ejecución del proyecto, lo cual es un beneficio para la resolución de problemas de manera rápida y oportuna.



- 3) Según Olawale y Sun (2010), al equipo de construcción (planificación y construcción) se le suele entregar un cronograma más ambicioso que el que figura en el contrato. De los resultados obtenidos de la encuesta, podemos concluir que el entorno de la construcción peruano, no es ajeno a esta realidad; sin embargo, esto puede presentar beneficios como dificultades; beneficios, en el sentido de que se podrían ejecutar proyectos de construcción, más cortos en cuanto a plazo y con menos costes; dificultades, en el sentido de que por alcanzar objetivos más ambiciosos, la calidad del producto pueda verse perjudicada; lo que puede interpretarse, en la ejecución de re-trabajos, sobre costes e incrementos de plazo.
- 4) Dentro de las razones por las cuales se considera importante elaborar una programación y control de obra en el sector de la construcción en Perú, los encuestados indicaron que las tres razones principales, son: *ejecutar la obra de forma que los recursos (materiales, RR.HH. y maquinaria) estén organizados, cumplir con la ejecución de obra en la fecha contractual y concluir con la ejecución de obra dentro del presupuesto*. Esto se puede interpretar como, el cumplimiento de la esencia de la planificación, la que es la formulación de estrategias para la ejecución de una cantidad de trabajo, dentro de un plazo y coste predeterminados y bajo normas de calidad.
- 5) Acerca de la forma de estimación de las duraciones de las actividades del proyecto, a menudo dichas estimaciones se realizan por medio de cálculos (de rendimiento) y el uso de la experiencia; lo que, al contrastarlo, con lo dicho en la literatura, sobre que las duraciones de las actividades suelen estar basadas en suposiciones muchas veces inexactas y sólo de vez en cuando se hacen bajo un análisis riguroso de la información. Concluimos entonces, que el entorno de la construcción en Perú no es ajeno a este hecho, y aún suele usarse este tipo de estimaciones para las duraciones de las actividades.
- 6) Estudios realizados en México y Reino unido indican que la mayoría de empresas y profesionales del sector de la construcción aún prefieren el diagrama de barras o Gantt para la elaboración de sus programaciones de obra; esto se contrasta con la realidad del entorno en Perú, que, según los resultados obtenidos de la encuesta, se tiene esta herramienta como favorita



- para la elaboración de las programaciones. Este hecho, además, nos puede llevar a deducir que no se ha tenido mayor progreso en la innovación de procedimientos para la elaboración de los programas de construcción en Perú.
- 7) Para profundizar un poco más en el punto anterior, se solicitó a los encuestados indicar una justificación acerca de esta preferencia, la gran mayoría de los encuestados, indicó utilizarlo por su fácil lectura, por qué permitía una comparación de costes y plazos y además permitía una mejor visualización de la secuencia de actividades y de la ruta crítica. Sin embargo, el uso generalizado de este tipo de procedimientos en el caso de proyectos de alta complejidad puede crear problemas de visualización de relaciones entre actividades, y de las actividades en sí, lo que además en proyectos grandes y complejos la presentación de Gantt genera fatiga visual, llevando a los ejecutores a desestimar este tipo de herramientas.
  - 8) Acerca de la preferencia de software para elaborar la programación de obra, los resultados indicaron, que la de mayor elección fue Microsoft Project; esto puede deberse a que Microsoft Project suele ser un programa relativamente menos costoso y de fácil manejo, además, que su uso suele estar más estandarizado entre los profesionales del entorno de la construcción en Perú; es decir, dentro de los programas formativos que se brindan a los profesionales de la construcción en Perú, este programa goza de gran popularidad.
  - 9) Respecto a la frecuencia de actualización de la programación de obra, la opción de mayor preferencia fue la actualización mensual; asimismo, podemos complementar la medición que nos dio esta variable con el resultado obtenido a partir de la variable P\_19 (*Realiza una retroalimentación del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra*), la cual si bien no tuvo mayor incidencia dentro de los análisis estadísticos, el resultado obtenido fue que el 40.5% de los encuestados indicó realizar casi siempre una retroalimentación de los cambios en el cronograma base; que en contraste, con lo dicho por Gonzales (2010), acerca de que solo el 10% de empresas constructoras actualiza sus planes originales; se puede interpretar, como que en el contexto de la construcción en Perú, esto no se cumpliría.



- 10) Con respecto al tema de que se realiza más un control de costes que un control de plazo. La literatura indica que, la mayoría de profesionales de la construcción aplican técnicas de control de proyectos; sin embargo, se tiende a realizar más un control de costes que de plazo. Por los resultados obtenidos, podríamos concluir que este hecho no se cumpliría en el entorno de la construcción en Perú.
- 11) En cuanto a las tareas (planificación, monitoreo o seguimiento, informes y análisis) que implica el proceso de control; podemos concluir que, en el entorno de la construcción en Perú, el proceso de control es realizado de manera sistemática, pasando por las diversas tareas del control.
- 12) Respecto al sistema que mayormente se utiliza para realizar el control temporal de avance en obra, la opción de mayor preferencia la obtuvo el diagrama de barras o Gantt; se concluye entonces, que el diagrama de barras o Gantt, es usado como una herramienta predominante tanto para el control, como para la programación. En consecuencia, se cumple lo indicado en la investigación realizada en el Reino Unido, que en la práctica el análisis durante el control del tiempo es una evaluación cualitativa y que muy difícilmente ayudara a determinar la causa real de la falta de progreso o retraso que pueda presentar el proyecto de construcción.
- 13) Asimismo, se indago acerca de la frecuencia de aplicación del control de avance de obra, la preferencia la obtuvo la opción semanal. Al contrastar la frecuencia (mensual) con la que se realiza la actualización de los cambios en la programación de obra, con la frecuencia (semanal) con la que se aplica el control de avance; podemos decir que, en el entorno de la construcción en Perú, se cumple con el concepto generalizado de que el control es la principal preocupación, en lugar de la planificación.
- 14) Con respecto al uso de tecnologías como el BIM, podemos concluir que, en el entorno de la construcción peruana, aún no se cuenta con la idea generalizada de implementación dentro de los procesos de planificación y control en la construcción. Esto puede deberse, de acuerdo a la literatura, que BIM aún no cuenta con instrucciones estándar que permitan un mejor conocimiento de sus usos y aplicaciones; además, de no contar con softwares que integren los



- procesos y más aún que la resistencia al cambio de los procedimientos tradicionales a procedimientos innovadores, se pueda deber al temor de una pérdida de control durante el proceso de construcción.
- 15) De la investigación realizada, se han obtenido las variables que explican mejor el tema planificación y control temporal de obras en Perú, los cuales se han clasificado en tres categorías; estas explican un 67.55%. Dichas categorías son: Control, Planificación y Relación entre objetivos y resultados. La mejor interpretación se encuentra en la primera categoría (Control); en la que se encontró las variables: realiza algún análisis de la información recopilada a fin de tomar medidas correctivas a tiempo (P\_16.3), Utiliza algún formato en el que agrupe la información recopilada durante la ejecución de obra (P\_16.2), Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución se realiza según lo previsto en la planificación (P\_16.1), estas tres variables, pertenecer a las tareas de control propiamente dicho; y la variable realiza una retroalimentación (feedback) del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra (P\_19), la que permite identificar las varianzas que surgen durante la construcción en comparación con el plan maestro.
  - 16) Por medio de los componentes principales (ajustados) se realizó un modelo que explique el nivel de satisfacción frente a los resultados obtenidos de la planificación y control de obras (variable dependiente). De estos componentes el que mejor explica el nivel de satisfacción, es el componente relación entre objetivos y resultados; sin embargo, se debe de tener en cuenta que los coeficientes obtenidos no son independientes entre sí, por lo que su interpretación debe ser realizada con cautela.
  - 17) Se pudo establecer que escoger un determinado método, herramienta o técnica para elaborar una programación de obra en cierta medida puede estar relacionado con la experiencia que pueda presentar el responsable o grupo de responsables que realice dicha actividad; asimismo, el tipo de estudios también refleja una cierta influencia en este tipo de decisiones.
  - 18) De la relación, entre los tipos de estudio y su relación con las variables (de intervalos) propuestas en la investigación; se encontró diferencias estadísticamente significativas en tres variables: ¿El cronograma que figura en



el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento de la obra? (P\_7), ¿Existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra? (P\_23), ¿Elabora algún tipo de programa en el que se integre construcción virtual (3D) con información de construcción (materiales, procesos) e información de planificación (plazos, costes)? (P\_24).

- 19) Gran parte de investigadores y profesionales tienden a indicar el diagrama de barras o Gantt como un método para elaborar la programación de obra; sin embargo, es necesario aclarar ciertos términos, como se indica en el punto 3.5 Procedimientos, herramientas, técnicas y métodos de programación y control y bajo el enfoque del PMBOK
- 20) Asimismo, y en función del punto anterior es, necesario realizar una delimitación más clara acerca de lo siguiente: procedimientos (métodos, herramientas o técnicas) para elaborar la programación de obra son, PERT, CPM o PDM; mientras que, para la representación gráfica de la programación de obra tenemos, diagrama de barras, diagrama de redes, diagrama espacio – tiempo.
- 21) Asimismo, a partir de los puntos anteriores (y sin ánimo de ser exhaustiva) se pudo identificar algunos de los problemas presentes en la programación y control de las obras en Perú:
  - a. La falta de claridad en las metas y objetivos previos al inicio de los trabajos de ejecución de la obra.
  - b. La estimación de las duraciones de las actividades del proyecto, se elaboran en base a cálculos y experiencias; es decir, bajo suposiciones muchas veces inexactas. Lo que nos lleva a deducir que, las decisiones tienden a girar en torno a la incertidumbre.
  - c. La elaboración de programaciones de obra, aún se tiende a realizar mediante el diagrama de barras o Gantt, que es una herramienta, aunque popular, excesivamente simple para algunos proyectos; con lo cual, podemos deducir, que no ha habido un mayor desarrollo de la innovación o que el proceso de implementación de tecnologías



innovadoras como el sistema del último planificador y BIM, está siendo muy lento.

- d. No se cuenta aún con la idea generalizada de implementación y uso en los procesos de planificación y control, de tecnologías innovadoras; tales como, el sistema del último planificador y BIM (BIM 4D y BIM 5D), lo cual se pudo comprobar a través de los valores medios bajos obtenidos en los resultados de la encuesta; sin embargo, los enunciados *¿considera que existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra?(P\_23)* y *Elabora algún tipo de programa en el que integre la construcción geométrica virtual (3D) con información de construcción (materiales o procesos) e información de planificación (plazos, costes) (P\_24)*, forman parte de los componentes *relación entre objetivos y resultados (tercer factor)* y *planificación (segundo factor)*, respectivamente; obtenidos a partir de análisis de factores. Los que además permiten una adecuada explicación del tema de planificación y control temporal de obras en Perú, que forma parte de la presente investigación.
- e. Con respecto a los problemas identificados en el punto c y d, acerca de que la elaboración del programa de obra se realiza por medio anticuados y hay poca innovación tecnológica en este campo. Podríamos añadir otros problemas claves relacionados; tales como, que muchas veces los planificadores novatos tienden a estar más motivados por la tecnología en lugar de concentrarse en el desarrollo de una comprensión básica de los problemas de construcción y un mejor conocimiento de lo es la planificación y lo que ella implica.
- f. El control de avance de obra, también guarda una preferencia por el diagrama de barras o Gantt; es decir que, el tipo de análisis que se realiza es del tipo cualitativo, con el cual muy difícilmente podrá determinarse la causa del retraso o falta de progreso.
- g. Lo dicho en el punto anterior, sumado a lo indicado acerca de que en el entorno de la construcción en Perú se realiza un control de obra sistemático; nos permite deducir que, a pesar de que se realice un



control sistemático el tipo de análisis no se está realizando en base a la información obtenida de la construcción o dicha información no está siendo bien utilizada para el fin del control, que es el de alertar sobre variaciones en el programa maestro para poder desarrollar soluciones a los problemas de la falta de progreso o retraso.

- h. Otro problema identificado es que existe una mayor preocupación por el control que por la planificación; lo que nos lleva a deducir que importa más el resultado que el proceso, esto puede interpretarse como una variación de los objetivos principales del proyecto de construcción, los cuales se identifican en la etapa de planificación.

### 6.3 Recomendaciones practicas

- 1) Con respecto a los problemas identificados como falta de claridad en las metas y objetivos, y la estimación de las duraciones por medio de suposiciones inexactas, las recomendaciones prácticas serían:
  - a. Desarrollar planes en los que se pueda garantizar que el programa de actividades sea realista.
  - b. Fijación de metas tangibles y fácilmente medibles por medio de indicadores cuantificables, que permitan un análisis profundo y una subsecuente elaboración de estrategias para el alcance de dichas metas.
  - c. Establecer una ruta crítica claramente identificable en el programa maestro.
  - d. Hacer del conocimiento de los equipos de construcción (ejecución y planificación), el impacto o relación de no terminar a tiempo y el aumento de los costes del proyecto.
  - e. Implicación temprana en los planes, por parte de los involucrados en todas las etapas del proceso de construcción.
  - f. Hacer uso de un planificador de proyectos que posea una apreciación del proceso de construcción; asimismo, se puede tratar de incluir el uso de los datos históricos en el desarrollo del programa de obras.



- g. Asegurarse de que los equipos de construcción del proyecto comprendan las metas referentes al plazo, coste y calidad que se pretenden alcanzar.
  - h. En la medida de lo posible construir un programa de construcción que presente cierta flexibilidad.
  - i. El sistema del último planificador ofrece técnicas de gestión que permiten hacer frente al comportamiento variable de los proyectos de construcción desde el punto de vista del control de la producción; asimismo, este sistema promueve una serie de acciones de mejora de la fiabilidad de la planificación y reducción de los impactos negativos de dicha variabilidad. Por lo anteriormente descrito, sería adecuada la implementación del sistema del último planificador como herramienta de los sistemas de planificación y control de obras en Perú.
- 2) Al respecto de los problemas 21.c, 21.d, y 21.e. Se plantea una solución a partir de lo descrito en el marco teórico. Se dijo que la planificación es la fijación de estrategias para la ejecución de una cantidad de trabajo dentro de un plazo fijo, dentro de un coste presupuestado, y bajo normas de calidad; asimismo, la planificación se desarrolla en un ambiente multidisciplinario y como tal, se debe tener en cuenta que posee cuatro principios de multiplicidad (Jerarquía, exhaustividad, continuidad y cooperación) los que son desarrollados a través de cuatro interrogantes: ¿Por qué planificar?, ¿Qué planificar?, ¿Cuándo planificar? ¿Quién debe de planificar?, a ello se agregaría la interrogante ¿Cómo?; con lo cual se contempla el método constructivo para el desarrollo de las actividades que forman parte de la ejecución y, además, suele ser elaborado de forma individual por los diferentes integrantes del proyecto generando conflictos en la diversa toma de decisiones. Esto, además, no implica dejar de lado la inclusión de tecnologías innovadoras, sino más bien buscar que estas sean un complemento de lo tratado en este punto.



- 3) Con respecto a los problemas vinculados con el control (21.f y 21.g), se plantean las siguientes soluciones:

*Para el monitoreo o seguimiento*

- a. Asegurar un régimen de seguimiento regular integrado (coste y plazo) en el proyecto, el cual puede ser semanal o mensual.
- b. Seguimiento continuo de la evolución de la duración del proyecto en función de la ruta crítica; asimismo, realizar una constante comparación entre hitos claves.
- c. Seguimiento constante de los cambios de diseño a fin de evitar una extensión.
- d. Adecuado conocimiento del tiempo y acuerdos y las implicaciones de esto en el coste, lo antes posible.
- e. Asegurarse de que exista un manual del proceso de control (costes y plazos), al que el equipo de seguimiento o monitoreo pueda referirse en caso de existir una pérdida en el proceso de control.
- f. Realizar un seguimiento de que los trabajos están siendo ejecutados dentro de los planes elaborados y bajo las estrategias planteadas.
- g. Seguimiento frecuente del proceso de control a fin de identificar áreas potenciales de riesgo desde el principio
- h. Contar con un equipo o personal dedicado a la ejecución de las tareas de control (planificación, monitoreo, elaboración de informes, análisis).
- i. Asegurar de que exista un sistema de seguimiento de la eficiencia de trabajo como parte de los procesos de control (costes y plazos).

*Para la elaboración de informes*

- j. Asegurar que la información situacional del proceso de control se encuentre al día y que esta sea honesta y veraz.
- k. Presentación de informes de forma regular de la situación del proyecto en función de parámetros cuantificables, que puedan ser utilizados por todos los implicados para su análisis y que a su vez no permita el uso de datos ambiguos o que generen mala interpretación.



- l. Registrar con precisión la información y tratar de que la recolección de datos se realice de una manera automatizada, esto a fin de que el personal de campo no pierda tiempo y que no se pierdan datos importantes durante este proceso.
- m. Asegurar una relación abierta y veraz entre los equipos de construcción; es decir, los equipos de ejecución de obra, equipos de planificación y equipos de control de la calidad.
- n. Presentación de la información mediante el uso de herramientas cuantitativas (por ejemplo, gráficos, histogramas, etc.), añadir también explicaciones cualitativas de modo que los resultados encuentren adecuado sustento.

### *Para la elaboración del análisis*

- o. Asegurar que el personal directamente implicado en la ejecución, realice una divulgación de información necesaria referida al proceso de control de manera oportuna.
- p. Prever el tiempo y coste de terminación como parte de la actividad de análisis durante la actividad de control del proyecto.
- q. Asegurar una integración del control de coste y tiempo durante el análisis; asimismo, hacer uso de tecnologías como BIM 4D (integración de tiempo) y 5D (integración de coste) para una mejor comprensión de los sucesos.
- r. Realizar un análisis del rendimiento mediante el uso de herramientas cuantitativas.
- s. Enfocarse en la eficiencia de la mano de obra durante el análisis del proceso de control (costo y tiempo).



### 6.4 Limitaciones

- 1) Debido a que el sector de la construcción en Perú, cuenta con una población infinita y la encuesta fue realizada sobre una muestra relativamente pequeña en contraste con la población infinita; no es factible una generalización.
- 2) El sector de la construcción, por ser de carácter multidisciplinario cuenta con profesionales de todas las ramas profesionales; por lo que, la encuesta no se pudo sectorizar sólo en profesionales con experiencia en la planificación y ejecución de obra.
- 3) Debido a que los profesionales de la planificación y ejecución de obras, suelen tener mucha carga laboral, fue difícil recolectar más encuestas; principalmente a profesionales con amplia experiencia.
- 4) Fueron varios los factores que dificultaron la recolección de datos para la encuesta, entre ellos tenemos; la distancia geográfica, y la temporada en la que se difundió la encuesta, debido a que se encontraban en época de verano, en la que la mayoría de personas suele tomar vacaciones.
- 5) La presente investigación se encuentra limitada a Perú, no a otros países; aunque, se confirma en gran parte con lo concluido en otras investigaciones realizadas para diferentes países.

### 6.5 Futuras líneas de investigación

- 1) Investigar como es la planificación y control en proyectos de construcción en las etapas previas a la construcción y como es el impacto de estas etapas en el proceso de ejecución.
- 2) Realizar una investigación más profunda sobre el proceso de control en los proyectos de construcción en Perú.
- 3) Realizar estudios comparativos de los diferentes sistemas de planificación y control en países con similares características



## CAPITULO VII: REFERENCIAS

**CAPITULO VII: REFERENCIAS**

- (APM), A. f. (2010). Introduction to Project Control. *Association for Project Management, Princes Risborough*.
- (CAPECO), C. p. (2015). *Informe económico de la construcción*. Obtenido de <https://www.capeco.org/iec>
- (CIOB), C. I. (2008). A Research on Managing the. *CIOB, (Ascot)*.
- (PMI), P. M. (2008). A Guide to the Project Management, 4th ed. *Project Management*. Newtown Square.
- (PROINVERSION), A. d. (2015). *El Perú en un instante: Resultados macroeconómicos*. Obtenido de <http://www.investinperu.pe/modulos/JER/PlantillaStandard.aspx?are=0&prf=0&jer=5651&sec=1>
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 241-252.
- Azhar, S., Hein, M., & Sketo, B. (2008). Building information modeling: Benefits, risks and challenges. *Proc., 44th Associated Schools of Construction National conference*. Auburn, AL.
- Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J., & Leung, B. (2008). Building information modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. *Proc., First International Conference on Construction*, (págs. 435-446). Karachi, Pakistan.
- Baguley, P. (2008). Project Management. *Hodder Education, London*. Londres, Inglaterra.
- Botero, L. F., & Álvarez, M. E. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. Estudio del caso de la ciudad de Medellín. *Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte*, 17, 148-159.
- Braimah, N. (2014). Understanding Construction Delay Analysis and the Role of Preconstruction Programming. *J. Manage. Eng*, 30.
- Chang, A. (2002). Reasons for cost and schedule increase for engineering design projects. *J. Manag. Eng.*, 29-36.
- Cohenca, D., Laufer, A., & Ledbetter, W. B. (1989). Factors affecting construction planning efforts. *J. Constr. Engrg. and Mgmt*, 70-89.
- Cohenca-Zall, D., Laufer, A., Shapira, A., & Howell, G. (1994). Process of planning during construction. *J. Constr. Eng. Manage.*, 561-578.
- Cooke, B., & Williams, P. (2004). Construction planning, programming and control. Blackwell, Oxford.



- De Marco, A. (2011). Project Management for facility constructions. Springer-Verlag.
- Diekmann, J. E., & Al-Tabtabai, H. (1992). Knowledge-based approach to construction project control. *International Journal of Project Management*, 23-30.
- Eknarin, S. (2004). An Integrated Decision Support System for Multi-Construction Planning and Control in Construction. *Tesis PhD*. Reino Unido: University of Teesside.
- Faniran, O. O., Oluwoye, J. O., & Lenard, D. J. (1998). Interactions Between Construction Planning. *J. Constr. Eng. Manage.*, 245-256.
- Fiallo, C., & Revelo, V. (2002). Applying LPS to a construction project: A case study in Quito, Ecuador. *Proc. 10th Annual Conf. of IGCL*. Gramado, Brazil. Obtenido de [http://iglc.net/?page\\_id=101](http://iglc.net/?page_id=101)
- Fischer, M., & Tatum, C. B. (1997). Characteristics of design-relevant constructability knowledge. *Journal of Construction Engineering and Management*, 253-260.
- González, J. A., Solis, R., & Alcudia, C. (2010). Diagnostico sobre la planeación y control de proyectos en las PYMES de construcción. *Revista de la construcción*, 17-25.
- González, J., Alcudia, C., & Zaragoza, N. (2006). Exploratory Study on Construction Project Management in Southeast Mexico. *Proceedings of the Internacional Symposium on Construction in Developing Economies: New Issues and Challanges*. CIB Working Commission W107 Construction in Developing, (págs. 18-20). Santiago de Chile.
- Gutiérrez, A., & Oliva, E. (2010). *El sector de la construcción en Perú*. Instituto Español de Comercio Exterior. Obtenido de <http://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/4387506.html?idPais=PE>
- Haponava, T., & Al-jibouri, S. (2010). Influence of process performance during the construction stage on achieving end-project goals. *Constr. Manag. Econ.*, 853-869.
- Heldman, K. (2005). Project Manager's Spotlight on Risk Management. En *Project Manager's Spotlight on Risk Management*. Neil Edde, Alameda.
- Henderson, K. (2007). Earned Schedule: A Breakthrough Extension to Earned Value Management. *PMI Asia Pacific Global Congress Proceedings*. Hong Kong.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. P. (2010). Metodología de la investigación, 5ta Ed. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.



- Howell, G. A., Laufer, A., & Ballard, G. (1993). Uncertainty and project objectives. *Project Appraisal Journal* , 37-43.
- Kerzner, H. (2013). En *Project Management: A systems approach to planning, scheduling and controlling*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Khanh, H., & Kim, S. (2014). Identifying causes for waste factors in high-rise building projects: A survey in Vietnam. *J. Civil. Eng.*, 865-874.
- Koskela, L. (1992). Application of the new production philophy to construction. Center for integrated facility engineering.
- Koskela, L. (2000). An exploration toward a production theory and its application to construction. *Thesis, University of Technology, Espoo, Finland*.
- Laufer, A. (1989). Owner's Project Planning: The Process Approach. *Source document 45, Contruction Industry Institute, University of Texas*. Austin, Texas.
- Laufer, A. (1991). Using a knowledge-based system for planning and organizing at the onceptual planning stage . *MSc thesis presented to the technion - IIT*. Haifa, Israel.
- Laufer, A., & Tucker , R. L. (1988). Competence and timing dilemma in construction planning. *Construction Management and Economics*, 339-355.
- Laufer, A., & Tucker, R. L. (1987). ¿Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. *Construction Management and Economics*, 243-266.
- Laufer, A., Tucker, R., Shapira, A., & Shenhar, A. (1994). The multiplicity concept in construction project planning. *Construction Management and Economics*, 53-65.
- Lee, C. (2008). BIM: Changing the Construction Industry. *Proceedings Project Management Institute Global Congres*. Denver, CO.
- Lewis, J. P. (1995). Planificación, programación y control de proyectos : Guía práctica para una gestión de proyectos eficiente. Capellades, Barcelona : Ediciones S, D.L. 1995.
- Li, B., Austin, S. A., & Thorpe, T. (2006). Management and planning of a collaborative construction planning process. *Proceedings of International Conference on Asia-European Sustainable Urban Development*. Chongqing. Obtenido de <https://dspace.lboro.ac.uk/2134/5314>
- Lipke, W. (2003). Schedule is different. *The Measurable News*, 31-34.
- Lipke, W., & Henderson, K. (2006). Earned schedule: An emerging enhancement to earned value management. *CrossTalk*, 19, 26-30.



- Love, P., Holt, G., & Li, H. (2002). Triangulation in construction management research. *Journal of Engineering, Construction and Arquitectural Management*, 294-303.
- Management, A. f. (2006). APM Body of Knowledge, 5th ed. *Association for Project Management, Princes Risborough*.
- MANAGEMENT, I. P. (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK), 5ta Ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Mattos, A., & Valderrama, F. (2014). Métodos de planificación y control de obras. Del diagrama de barras al BIM. Barcelona: Editorial Reverté, SA.
- Ministerio de Relaciones Exteriores (MRE), Agencia de promoción de la inversión privada, P., & Building a better working World, E. (2015-2016). *Guía de negocios e inversión en el Perú*. Obtenido de [http://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/GUIA\\_INVERSION/Guia\\_de\\_Negocios\\_e\\_Inversion\\_2015-2016.pdf](http://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/GUIA_INVERSION/Guia_de_Negocios_e_Inversion_2015-2016.pdf)
- Navon, R., & Sacks, R. (2007). Assessing research issues in Automated Project Performance Control (APPC). *Automation in Construction*, 474-484.
- Neale, R. H., & Neale, D. E. (1989). *Construction planning*. London: Telford.
- Olawale, Y., & Sun, M. (2013). PCIM: Project Control and Inhibiting-Factors Management Model. *J. Manage. Eng.*, 60-70.
- Olawale, Y., & Sun, M. (2014). Construction project control in the UK: Current practice, existing problems and recommendations for future improvement. *International Journal of Project Management*, 623-637. Obtenido de [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Pellicer, E. (2014). *Gestión de Proyectos*. Valencia.
- Picornell, M. (2012). Análisis del método del valor ganado como herramienta de planificación y control de obras para las empresas constructoras: Aplicación a España (TFM Master). Universidad Politécnica de Valencia .
- Rodrigues, A. (1994). The role of system dynamics in project management: A comparative analysis with traditional models. *International system dynamics conference*, (págs. 215-225).
- Rosenberg, T. L. (2007). Obtenido de (<http://www.ralaw.com/resources/>)
- Ruskin, A., & Estes, W. (1995). *What Every Engineer Should Know About Project*. Inc., New York.
- Ruskin, A., & Estes, W. (1995). *What Every Engineer Should Know About Project*. New York.: Marcel Dekker, Inc.,.
- Sanchiz, I. (2013). *Last Planner System*. Un caso de estudio.



- Sanvido, V., Grobler, F., Parfit, K., Guvenis, M., & Coyle, M. (1992). Critical success factors for construction projects. *journal construction, engineer y managerial*, 94-111.
- Serpell, A., & Alarcon, L. (2003). Planificación y control de proyecto. Universidad Católica de Chile.
- Shakeel, A., & Monir, S. (2006). Significant factors causing delay in the UAE construction industry. *Construction Management and Economics*, 24, 1167-1176.
- Solís, R. G., Martínez, J., & González, J. A. (2009). Estudio de Caso: demoras en la construcción de un proyecto en México. Ingeniería. *Revista Académica de la FI-UADY*, 41-48.
- Thompson, D. B., & Miner, R. G. (2007). *Building information modeling—BIM: Contractual risks are changing with technology*. Obtenido de <http://www.aepronet.org/ge/no35.html>
- Trimble, G. (1984). Resource-oriented scheduling. *International Journal of Project Management*, 70-74.
- Turner, R. J. (2009). *The handbook of project-based management*, Third edition. McGraw-Hill Companies, Inc.
- White, D., & Fortune, J. (2002). Current practice in project management - an empirical study. *International Journal of Project Management*, 20, 1-11.
- Winch, G., & Kelsey, J. (2004). What do construction project planners do? *International Journal of Project Management*, 23, 141-149.
- Winter, R. (2011). MS project for construction schedulers. *The AACE International 55th Annual Meeting*,. Morgantown, WV: AACE International.
- Zanen, P., & Hartmann, T. (2010). The application of construction project management tools an overview of tools for managing and controlling construction projects. *VISICO Center*. University of Twente.



**CAPITULO VIII: ANEXOS**



CAPITULO VIII: ANEXOS

ANEXO 1: LISTA DE TABLAS

**Tabla 1:** Información general de las técnicas y herramientas de la gestión de proyectos ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Tabla 2:** Preguntas de caracterización del encuestado..... 70

**Tabla 3:** Términos usados en la encuesta..... 71

**Tabla 4:** Variables, constructos y apoyo teórico ..... 72

**Tabla 5:** Variables, constructos y apoyo teórico (continuación tabla 2) ..... 73

**Tabla 6:** Cuadro resumen de fiabilidad para cada constructo ..... 82

**Tabla 7:** Fiabilidad encuesta global ..... 82

**Tabla 8:** Razones por las que se elabora una programación y control de obra (P\_9) ..... 92

**Tabla 9:** Estimación de la duración de las actividades (P\_10) ..... 93

**Tabla 10:** Técnica, método herramientas que más utiliza para elaborar una programación de obra (P\_11) ..... 94

**Tabla 11:** Justificación de la selección de la herramienta, método o técnica para elaborar una programación (P\_12) ..... 95

**Tabla 12:** Software que utilizan mayormente para elaborar programación de obra (P\_13) ..96

**Tabla 13:** Frecuencia de actualización de la programación de obra (P\_14)..... 97

**Tabla 14:** Herramienta, técnica o método que utiliza para realizar el control temporal de avance de obra (P\_17) ..... 98

**Tabla 15:** Frecuencia con la que realiza control temporal (P\_18)..... 99

**Tabla 16:** Lista de los 10 principales problemas que se presentan durante la ejecución de obra..... 101

**Tabla 17:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores >0.05) ..... 104

**Tabla 18:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores <0.05) ..... 105

**Tabla 19:** ANOVA de un factor años de experiencia (valor>0.05) ..... 106

**Tabla 20:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores >0.05) ..... 107

**Tabla 21:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores <0.05) ..... 108

**Tabla 22:** ANOVA de un factor sector de la construcción (valores mayores a 0.05)..... 109

**Tabla 23:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores >0.05) ..... 110

**Tabla 24:** Prueba de homogeneidad de varianzas por años de experiencia (valores >0.05) ..... 111

**Tabla 25:** ANOVA de un factor tipo de estudios (valores mayores a 0.05)..... 112

**Tabla 26:** ANOVA de un factor tipo de estudios (valores menores a 0.05)..... 113

**Tabla 27:** Esfericidad de Bartlett e índice KMO ..... 116

**Tabla 28:** Comunalidades..... 118

**Tabla 29:** Varianza total explicada ..... 119

**Tabla 30:** Matriz de componentes rotados <sup>a</sup> ..... 120

**Tabla 31:** Esfericidad de Bartlett e índice KMO ..... 121



<b>Tabla 32:</b> Comunalidades – segunda iteración.....	122
<b>Tabla 33:</b> Varianza total explicada – segunda iteración .....	123
<b>Tabla 34:</b> Matriz de componentes rotados <sup>a</sup> .....	124
<b>Tabla 35:</b> Resumen del modelo <sup>d</sup> .....	127
<b>Tabla 36:</b> ANOVA <sup>a</sup> .....	128
<b>Tabla 37:</b> Coeficientes de regresión parcial <sup>a</sup> .....	128
<b>Tabla 38:</b> Resumen total del modelo.....	129
<b>Tabla 39:</b> Pruebas de chi - cuadrado.....	131
<b>Tabla 40:</b> Medidas simétricas .....	131



**ANEXO 2: LISTA DE GRAFICOS**

**Gráfico 1:** Producto Bruto Interno 2004 - 2014 (miles de millones US\$) .....20

**Gráfico 2:** PBI Global y PBI Construcción 2011-2015.....20

**Gráfico 3:** Tasas de crecimiento económico. Proyecciones – Latinoamérica (2015 – 2016).....21

**Gráfico 4:** Mapa de los proyectos de Inversión por ciudades .....22

**Gráfico 5:** Evolución del sector construcción y variación porcentual anual sobre el PBI .....24

**Gráfico 6:** Principales proyectos del sector construcción .....25

**Gráfico 7:** Principales empresas del sector construcción y facturación 2009 .....26

**Gráfico 8:** Distribución geográfica de ingresos de las constructoras de obras de infraestructura (2015).....27

**Gráfico 9:** Terminología Programación Ganada (Earned Schedule) ..... **¡Error! Marcador no definido.**

**Gráfico 10:** Proceso de la etapa teórica .....69

**Gráfico 11:** Cargo que desempeña .....76

**Gráfico 12:** Años de experiencia.....77

**Gráfico 13:** Estudios realizados .....78

**Gráfico 14:** Sector de la construcción .....78

**Gráfico 15:** Agrupación de variables medidas.....80

**Gráfico 16:** Objetivos y metas de obra se manifiestan a priori de.....85

**Gráfico 17:** Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su comprobación y aceptación (P\_6) .....85

**Gráfico 18:** ¿Cronograma que figura en contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra? (P\_7) .....86

**Gráfico 19:** ¿Planificación que figura en contrato es suficiente para la ejecución de la obra? (P\_8).....86

**Gráfico 20:** ¿Durante la ejecución de obra se realiza más un control de coste que de plazo? (P\_15).....87

**Gráfico 21:** Realiza algún proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en la planificación? (P\_16.1) .....87

**Gráfico 22:** ¿Utiliza algún tipo de formato en el que agrupe la información obtenida? (P\_16.2) .....88

**Gráfico 23:** ¿Realiza algún tipo de análisis de la información obtenida que le permita tomar medidas correctivas a tiempo? (P\_16.3) .....88

**Gráfico 24:** ¿Realiza una retroalimentación del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra? (P\_19) .....89

**Gráfico 25:** ¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción frente a los resultados obtenidos de la planificación y control de obras? (P\_20).....89

**Gráfico 26:** Al momento de elaborar la programación ¿Considera la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.)? (P\_22).....90

**Gráfico 27:** Considera que existe una retroalimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales (P\_23) .....90

**Gráfico 28:** Elabora algún tipo de programa en el que integre la construcción geométrica virtual (3D) con información de construcción (materiales o procesos) e información de planificación (plazo, costos) (P\_24).....91



<b>Gráfico 29:</b> Razones por las que se elabora una programación y control de obra (P_9).....	92
<b>Gráfico 30:</b> Estimación de la duración de las actividades (P_10) .....	93
<b>Gráfico 31:</b> Técnica, método herramientas que más utiliza para elaborar una programación de obra (P_11) .....	94
<b>Gráfico 32:</b> Justificación de la selección de la herramienta, método o técnica para elaborar una programación (P_12) .....	96
<b>Gráfico 33:</b> Software que utilizan mayormente para elaborar programación de obra (P_13).....	97
<b>Gráfico 34:</b> Frecuencia de actualización de la programación de obra (P_14).....	98
<b>Gráfico 35:</b> Herramienta, técnica o método que utiliza para realizar el control temporal de avance de obra (P_17) .....	99
<b>Gráfico 36:</b> Frecuencia con la que realiza control temporal (P_18) .....	100
<b>Gráfico 37:</b> Problemas que se presentaron durante la ejecución de obra.....	102
<b>Gráfico 39:</b> Medias y 95% de Fisher LSD – Estudios realizados .¡Error! Marcador no definido.	
<b>Gráfico 38:</b> Medias y 95% de Fisher LSD – Estudios realizados .....	114

### ANEXO 3: ENCUESTA

## PLANIFICACIÓN Y CONTROL TEMPORAL DE OBRAS EN PERU

El objetivo de esta encuesta es poder identificar la realidad y problemas que se presentan durante la planificación y control temporal de las obras.

Su participación es muy valiosa y totalmente voluntaria (para sus respuestas puede considerar la última obra en la que laboró).

Se estima que el tiempo necesario para rellenar la encuesta oscila entre los 5 a 10 minutos. Esta encuesta es anónima. La información proporcionada es estrictamente confidencial.

**\*Obligatorio**

#### 1. Puesto de trabajo que desempeña dentro de la ejecución de obra \*

Marca solo un óvalo.

- Gerente de proyecto
- Jefe de oficina de planeamiento y control
- Ingeniero asistente de planificación
- Residente de obra
- Otro: \_\_\_\_\_

#### 2. Indique sus años de experiencia \*

Marca solo un óvalo.

- Menor a 5 años
- De 6 a 10 años
- De 11 a 15 años
- De 16 a 20 años
- Mayor a 21 años

#### 3. Estudios realizados \*

Marca solo un óvalo.

- Ingeniería Civil
- Arquitectura
- Ingeniería industrial
- Sin estudios universitarios
- Otro: \_\_\_\_\_



4. 4. Áreas de la construcción en las que se ha desempeñado mayormente (Puede marcar más de una opción) \*

Selecciona todos los que correspondan.

- Edificación
- Saneamiento
- Obras viales
- Energía y Minas
- Obras hidráulicas
- Infraestructura portuaria y aeroportuaria
- Otro: \_\_\_\_\_

5. 5. ¿Está de acuerdo, en que los objetivos y metas de la obra se manifiestan a priori de una manera clara y precisa? \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo				

6. 6. ¿Prepara y presenta una programación de actividades al cliente para su comprobación y aceptación? \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nunca	<input type="radio"/>	Siempre				

7. 7. ¿El cronograma que figura en el contrato es el que realmente utiliza para la planificación y seguimiento real de la obra? \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nunca	<input type="radio"/>	Siempre				

8. 8. ¿Considera que la planificación que figura en el contrato es suficiente para la ejecución de la obra? \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nunca	<input type="radio"/>	Siempre				



9. 9. De las siguientes opciones, ¿Cuál considera usted son las razones por las cuales elabora una programación y control de obra? (Puede marcar mas de una - máx. 3) \*  
*Selecciona todos los que correspondan.*

- Cumplir con la ejecución de obra en la fecha contractual
- Concluir la ejecución de obra dentro del presupuesto contractual
- Ejecutar la obra de forma que los recursos (materiales, RR.HH., maquinaria) estén organizados y a tiempo
- Elaborar un plan de contingencia frente a problemas no identificados inicialmente
- Evitar la ejecución de trabajos no productivos y mejorar la productividad de los recursos
- Cumplir con otras condiciones contractuales requeridas por el cliente
- Otro: \_\_\_\_\_

10. 10. De las siguientes opciones, seleccione la que utiliza mayormente para la determinación de la duración de las actividades del proyecto (Puede marcar más de una) \*

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Experiencia
- Base de datos histórica
- Cálculo de rendimientos
- Estimación de tres valores (óptimo, pésimo y medio)
- Otro: \_\_\_\_\_

11. 11. De las siguientes opciones, seleccione la que utiliza mayormente para elaborar su programación en obra (marque solo una) \*

*Marca solo un óvalo.*

- Diagrama de barras o Gantt
- Diagrama de redes
- Técnica de programación por hitos
- Diagrama espacio – tiempo (línea de balance)
- Método del valor ganado (EVM)
- Otro: \_\_\_\_\_

12. 12. Con respecto a la pregunta 11, de forma breve y con sus propias palabras justifique su respuesta \*

---

---

---

---

---



13. De las siguientes opciones, seleccione el software que utiliza mayormente para elaborar la programación en obra (marque solo una) \*

Marca solo un óvalo.

- Microsoft Project
- Primavera
- Excel
- Planner Project
- Power Project
- Otro: \_\_\_\_\_

14. ¿Con que frecuencia, actualiza usted el cronograma de ejecución de obra? (marque solo una) \*

Marca solo un óvalo.

- Diariamente
- Semanalmente
- Quincenalmente
- Mensualmente
- Nunca
- Otro: \_\_\_\_\_

15. ¿Considera usted que, durante la ejecución de obra en general se aplica más un control de avance de obra en función del costo que del tiempo (plazo)? \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo				



16. 16. De los siguientes enunciados, considera usted que: \*

Marca solo un óvalo por fila.

	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
Realiza usted, algún tipo de proceso que le permita verificar que la ejecución de obra se realiza según lo previsto en planificación	<input type="radio"/>				
Con respecto al anterior enunciado, ¿Utiliza algún tipo de formato en el que agrupe la información obtenida?	<input type="radio"/>				
En función de los anteriores enunciados, ¿Realiza usted, algún tipo de análisis de dicha información que le permita tomar medidas correctivas a tiempo?	<input type="radio"/>				

17. 17. De las siguientes opciones, seleccione la que utiliza mayormente para la elaboración del control de avance de obra (marque solo una) \*

Marca solo un óvalo.

- Diagrama de barras o Gantt
- Diagrama de redes
- Técnica de programación por hitos
- Diagrama espacio – tiempo (línea de balance)
- Método del valor ganado (EVM)
- Otro: \_\_\_\_\_

18. 18. Con que frecuencia, realiza usted el control de avance de obra (marque solo una) \*

Marca solo un óvalo.

- Diariamente
- Semanalmente
- Quincenalmente
- Mensualmente
- Nunca
- Otro: \_\_\_\_\_

19. 19. Realiza usted, una retro-alimentación ("feedback") del cronograma de actividades con los cambios surgidos durante la ejecución de obra. \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nunca	<input type="radio"/>	Siempre				

20. 20. En término generales, ¿Cómo consideraría su nivel de satisfacción acerca de los resultados obtenidos con la planificación y control de obras realizado? \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Insatisfecho	<input type="radio"/>	Muy Satisfecho				

21. 21. De las siguientes, seleccione los principales problemas que se presentaron durante la ejecución de obra (Puede marcar más de una opción - máx. 5) \*

Selecciona todos los que correspondan.

- Preparación y aprobación de planos
- Planos/especificaciones técnicas/documentos incompletos
- Tiempo de espera para muestra/aprobación de materiales
- Inadecuada planificación inicial del proyecto
- Falta de datos en la estimación de la duración de las actividades y recursos
- Sobrestimación de la productividad
- Deficiente control del avance de obra
- Falta de disponibilidad de los grupos de planificación/ejecución de obra
- Obtención/autorización de permisos
- Inadecuada estrategia de liderazgo por parte de los equipos o gerentes de planificación/ejecución de obra
- Mala gestión de los recursos (mano de obra, materiales, etc.) en obra
- Inadecuado método de construcción
- Demora en el proceso de toma de decisiones por parte del propietario
- Falta de financiamiento durante la ejecución de obra
- Duración poco realista del contrato impuesta por el cliente
- Cambio en las especificaciones y tipo de materiales durante la construcción
- Excesiva burocracia/falta de cooperación por parte del propietario
- Escasez de mano de obra/materiales y/o fallos en los equipos/maquinaria
- Poca productividad/habilidad de la mano de obra
- Condición de subsuelo (problemas geológicos, problemas freáticos, etc.) y condiciones climáticas (lluvias, altas temperaturas, etc)
- Falta de comunicación y coordinación entre las partes involucradas en la construcción (contratista, subcontratista, consulto, propietario)
- Otro: \_\_\_\_\_



22. **22. Al momento de elaborar la programación de obra, ¿Considera usted la opinión del ejecutor final (subcontratista, maestro de obra, etc.) de la actividad/proceso? \***

Marca solo un óvalo.

1      2      3      4      5

---

Nunca                  Siempre

---

23. **23. Considera usted, ¿Qué existe una retro-alimentación de los resultados del control periódico hacia los ejecutores finales de la obra? \***

Marca solo un óvalo.

1      2      3      4      5

---

Totalmente en desacuerdo                  Totalmente de acuerdo

---

24. **24. Elabora usted, algún tipo de programa en el que integre la construcción geométrica virtual (3D) con información de construcción (materiales o procesos) e información de planificación (plazos, costes) \***

Marca solo un óvalo.

1      2      3      4      5

---

Nunca                  Siempre

---

25. **25. Si usted tiene alguna recomendación, experiencia personal o comentario puede llenarlo en las siguientes líneas (opcional)**

---

---

---

---

---