

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“APLICACIÓN DEL SOFTWARE PLANGRID PARA
MEJORAR EL COSTO, PLAZO, EFICIENCIA Y
EFICACIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA
AMPLIACIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
VIRGEN INMACULADA EN EL DISTRITO DE SAN
BARTOLO, LIMA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Jefferson Ruben Trauco Murriel

Asesor:

MBA. Ing. José Luis Neyra Torres

<https://orcid.org/0000-0002-6470-2998>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Edmundo Vereau Miranda	10557797
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ruben Kevin Manturano Chipana	46905022
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Neicer Campos Vasquez	42584435
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. José Luis Neyra Torres, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Civil, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo del proyecto de investigación del estudiante:

- Jefferson Rubén Trauco Murriel

Por cuanto, **CONSIDERA** que el proyecto de investigación titulado: APLICACIÓN DEL SOFTWARE PLANGRID PARA MEJORAR LA EFICIENCIA Y LA EFICACIA EN LA AMPLIACIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA VIRGEN INMACULADA EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA, 2021 para aspirar al título profesional por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al interesado para su presentación.

MBA. Ing. José Luis Neyra Torres
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

El Asesor Neyra Torres José Luis identificado con D.N.I N°, y código ORCID:, docente de la carrera de Ingeniería Civil; ha realizado el seguimiento del proceso de formulación, desarrollo, revisión y verificación en programa de anti-plagio de la Tesis de:

- Jefferson Rubén Trauco Murriel.

Luego de la revisión de la Tesis titulada: “APLICACIÓN DEL SOFTWARE PLANGRID PARA MEJORAR EL COSTO, PLAZO, EFICIENCIA Y EFICACIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA VIRGEN INMACULADA EN EL DISTRITO DE SAN BARTOLO, LIMA, 2021”, para aspirar al Título Profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, expresa el siguiente resultado:

Aprobado

Desaprobado

Y respecto al uso de la información de la empresa; el Asesor declara, según los criterios definidos por la universidad, lo siguiente:

Este trabajo No requiere autorización de uso de información de la empresa.

Lima , 16 de junio del 2022.

MBA. Ing. José Luis Neyra Torres
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres, y a mis profesores de la universidad, que son las personas que me han inculcado valores y conocimientos en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su sacrificio y dedicación en mi desarrollo profesional. Su ayuda ha sido fundamental, han estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero estuvieron motivándome y ayudándome.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO CALIFICADOR.....	ii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Realidad problemática.....	20
1.2. Antecedentes.....	20
1.2.1. Antecedentes internacionales.....	20
1.2.2. Antecedentes nacionales.....	24
1.3. Definiciones Conceptuales.....	28
1.3.1. PlanGrid.....	28
1.3.2. Costos directos de construcción.....	33
1.3.3. Plazos de construcción.....	35
1.4. Formulación del problema.....	44
1.4.1. Problema general.....	44
1.4.2. Problemas específicos.....	44
1.5. Objetivos.....	44
1.5.1. Objetivo general.....	44
1.5.2. Objetivos específicos.....	45
1.6. Hipótesis.....	45
1.6.1. Hipótesis general.....	45
1.6.2. Hipótesis específicas.....	45
1.7. Justificación.....	46

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	48
2.1. Tipo de investigación	48
2.1.1. Método	48
2.1.2. Orientación	48
2.1.3. Enfoque	49
2.1.4. Recolección de datos	49
2.1.5. Tipo	49
2.1.6. Diseño	50
2.1.7. Estudio del diseño	50
2.2. Población y muestra	50
2.2.1. Población	50
2.2.2. Muestra	51
2.3. Técnicas, instrumentos y método	52
2.3.1. Técnicas	52
2.3.2. Instrumentos	52
2.3.3. Método	55
2.4. Análisis de datos	56
2.5. Aspectos éticos	57
CAPÍTULO III. RESULTADOS	58
3.1. Medición de los parámetros antes de la aplicación del software PlanGrid	58
3.2. Medición de los parámetros después de la aplicación del software PlanGrid	65
3.3. Contraste de hipótesis de la investigación.	74
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	81
4.1. Limitaciones	81
4.2. Discusión	82
4.3. Implicancias	86
4.4. Conclusiones	87
REFERENCIAS	89
ANEXOS	93
Anexo 1: Matriz de consistencia	93
Anexo 2: Modelo de ficha de registro de actividades	94
Anexo 3: Modelo de ficha de registro de clasificación de plazos de trabajo	95
Anexo 4: Cronograma valorizado de avance de obra	97
Anexo 5: Plazos totales de avance de obra	100

Anexo 6: Módulo “A” Aulas	104
Anexo 7: Pre dimensionamiento de columnas y vigas	105
Anexo 8: Modelo estructural de Zapatas	106
Anexo 9: Condición de diseño por capacidad de carga (cargas a servicio).	107
Anexo 10: Puesta a tierra.....	108
Anexo 11: Costo del PlanGrid.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Confiabilidad del instrumento de plazo de construcción	54
Tabla 2. Confiabilidad del instrumento de costo directo de construcción.....	54
Tabla 3. Registro de costos directos presupuestados de las actividades del proyecto constructivo.	60
Tabla 4. Costos directos diarios por día de actividad antes de la aplicación del software PlanGrid.....	60
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de los costos directos antes de la aplicación del PlanGrid.....	61
Tabla 6. Tiempo de operaciones de la mano del proyecto antes de la aplicación del software PlanGrid.	62
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de los costos directos antes de la aplicación del PlanGrid.....	63
Tabla 8. Eficiencia y eficacia antes de la aplicación del software PlanGrid.....	64
Tabla 9. Costos directos diarios por día de actividad después de la aplicación del software PlanGrid.....	65
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de los costos directos después de la aplicación del PlanGrid.....	66
Tabla 11. Plazo de tiempo de las diferentes actividades del proyecto.	67
Tabla 12. Tiempo de operaciones de la mano del proyecto después de la aplicación del software PlanGrid.	68
Tabla 13. Estadísticos descriptivos de los plazos después de la aplicación del PlanGrid	69
Tabla 14. Eficiencia y eficacia después de la aplicación del software PlanGrid.....	72
Tabla 15. Resumen de los costos directos antes y después de la aplicación del PlanGrid.	72
Tabla 16. Resumen de los plazos de construcción antes y después de la aplicación del PlanGrid.....	73
Tabla 17. Prueba de Shapiro-Wilk para los datos obtenidos de costos	75
Tabla 18. Prueba de Shapiro-Wilk para los datos obtenidos de tiempo	75

Tabla 19. Prueba de Shapiro-Wilk para los resultados calculados de eficiencia y eficacia.	76
Tabla 20. Prueba T de Student para muestras relacionadas para los costos directos de construcción.....	77
Tabla 21. Prueba T Student para muestras relacionadas para los plazos de construcción	78
Tabla 22. Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas para los plazos de construcción	78
Tabla 23. Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas de la eficiencia de los plazos de construcción.....	80
Tabla 24. Prueba T Student para muestras relacionadas de la eficacia de los plazos de construcción.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del presupuesto del proyecto.....	34
Figura 2. Línea base de costo directo, gastos y requisitos de financiamiento.....	35
Figura 3. Descripción general de la programación.....	37
Figura 4. Tipos de relaciones del Método de Diagramación por Precedencia (PDM)....	38
Figura 5. Representación del cronograma de hitos del proyecto.....	42
Figura 6. Representación del cronograma detallado del proyecto.....	42
Figura 7. Representación del cronograma resumen del proyecto.....	43
Figura 8. Diagrama de la metodología usada	56
Figura 9. Comparación de los costos directos promedio.....	70
Figura 10. Comparación de los plazos de construcción promedio	71

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación de eficiencia	43
Ecuación 2. Ecuación de eficacia	43

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo general determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima en el año 2021. La metodología fue cuantitativa, aplicada, descriptiva y no experimental. La población fue la construcción del primer piso del módulo A de 3 aulas con una duración de 60 días. Se aplicó la observación directa y el análisis documental. Los costos directos antes del software tuvieron un valor de S/ 149.734,00 y su promedio diario de S/ 4.991,13. Después del Software PlanGrid su valor fue de S/ 83.126,00 y su promedio diario fue de S/ 2.770,87. El tiempo productivo promedio ante del software fue 372,33 minutos, y después fue 397,60; mientras que la eficiencia promedio antes del software fue 78%, y después fue 83%. La eficacia promedio antes del software fue de 0,60 y después fue de 1,00. Todas estas diferencias fueron significativas estadísticamente (sig. 0,000). Se concluye que la aplicación del software PlanGrid mejoró significativamente el costo directo, plazo, eficiencia y eficacia en la ampliación de la Institución Educativa “Virgen Inmaculada”.

Palabras clave: PlanGrid, costo directo, plazo, tiempo productivo, eficiencia, eficacia.

ABSTRACT

The general objective of the study was to determine to what extent the application of PlanGrid software improves the cost, time, efficiency and effectiveness in the construction of the expansion of the Virgen Inmaculada Educational Institution in the district of San Bartolo, Lima in the year 2021. The methodology was quantitative, applied, descriptive and non-experimental. The population was the construction of the second floor of module A of 3 classrooms with a duration of 60 days. Direct observation and documentary analysis were applied. The direct costs before the software had a value of S/ 149,734.00 and its daily average of S/ 4,991.13. After the software its value was of S/ 83,126.00 and its daily average was of S/ 2,770.87. The average productive time before the software was 372.33 minutes, and after it was 397.60; while the average efficiency before the software was 78%; and after it was 83%. The average efficiency before the software was 0.60, and after it was 1.00. All these differences were statistically significant (sig. 0.000). It is concluded that the application of the PlanGrid software significantly improved the direct cost, time, efficiency and effectiveness in the expansion of the "Virgen Inmaculada" Educational Institution".

Keywords: PlanGrid, direct cost, term, uptime, efficiency, effectiveness.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El mundo de la construcción soporta la fama de ser una industria antigua, con poca difusión tecnológica y con muy bajo nivel de industrialización, que muchas veces se compara con la industrialización de las fábricas, para fijar las oportunidades de innovación y prefabricación en el ámbito de la construcción. A pesar de ello, la importancia de la construcción en la economía no es un tema de debate ya que, gracias a su contribución a la formación de capital fijo, los ingresos y empleados creados hacen que sea una de las industrias más importantes (aunque no atraviese ahora por su mejor momento). Por esto, es muy necesario conseguir que sea competitiva, introduciendo una nueva y mejor tecnología que mejore la productividad del sector (Klinc & Turk, 2019). Es decir, que a pesar de que la industria de la construcción sea una de las más antiguas y sea pilar de la economía, esta tiene un amplio margen de crecer si se invierte en innovaciones tecnológicas enfocadas a aumentar su productividad.

Al igual que otros entornos industriales, el lugar de trabajo en la construcción está influenciado por perspectivas tecnológicas, de gestión y locales, aunque existen algunas diferencias inherentes a este sector. El trabajador de la construcción no está confinado en un lugar de trabajo específico, rodeado de equipos de oficina normales, como escritorios y ordenadores; más bien, los profesionales de la construcción se desplazan en su mayoría a una u otra obra. Sus tareas se centran en la mejora de las instalaciones que implican movimientos físicos, como la medición del rendimiento energético de los edificios, el análisis de las herramientas y sus utilidades en las obras, el examen de los materiales de construcción, la planificación de viviendas asequibles teniendo en cuenta las condiciones

climáticas o, en otras palabras, el desarrollo de prácticas de desarrollo sostenible (Liu et al., 2019).

A nivel mundial, el sector de la construcción en Nueva Zelanda emplea a más de 194.000 personas y es un motor clave del crecimiento económico, con unos ingresos anuales de más de 30.000 millones de dólares para el 2015, de acuerdo al Ministerio de Innovación Empresarial y Empleo. Sin embargo, la productividad del sector de la construcción es baja, en comparación con otros sectores económicos, evidenciando elevados tiempos de ejecución y altos costos. El sector de la construcción es una de las pocas industrias que ha retrasado los resultados del crecimiento de la productividad agregada de Nueva Zelanda, y el gobierno ha identificado el crecimiento de la productividad como una prioridad (Liu et al., 2019).

El sector de la construcción es una industria basada en el conocimiento o información. Por ello, se considera que la gestión eficaz del conocimiento (GC) es uno de los factores que mejoran el rendimiento de las organizaciones que quieren seguir teniendo éxito en el altamente competitivo sector mundial de la construcción. La gestión del conocimiento es aún más importante para las pequeñas y medianas empresas (PYMES), ya que el conocimiento es un recurso clave para que puedan sobrevivir, crecer y seguir siendo competitivas en tiempos económicos turbulentos (Núñez et al., 2018). El conocimiento es un pilar importante en las empresas del sector de la construcción, ya que esto permite a las organizaciones aumentar su desempeño en la ejecución de las actividades, permitiendo a las empresas que dominen esta gestión tener un mayor posicionamiento en el mercado del sector.

Sin embargo, una de las principales limitaciones para la adquisición y almacenamiento de conocimientos en las empresas de construcción en Chile es la falta de tiempo durante la ejecución de los proyectos. Por lo tanto, no solo el formato en el que se

comparte la información, sino también la plataforma debe ser fácil de usar. Un sistema con una interfaz de usuario (UI) difícil de usar o demasiado sofisticada es desalentador para los profesionales de la construcción, ya que tendrían que invertir mucho tiempo para lograr lo que quieren hacer dentro del sistema. En este sentido, las características de las plataformas pueden incluir elaboradas capacidades de procesamiento de datos (como el aprendizaje automático) siempre que estén disponibles para el usuario en una interfaz sencilla y directa (Núñez et al., 2018).

Otra de las limitaciones señaladas por los profesionales de la construcción chilena en relación con el intercambio de conocimiento es la falta de procedimientos organizativos de la GC, lo que significa que no hay indicaciones claras sobre qué conocimiento debe ser almacenado, dónde, por quién o cómo (Núñez et al., 2018).

En el Perú, así como en otros países de Latinoamérica, se observan varios factores que influyen en el lento ritmo de adopción de los nuevos desarrollos tecnológicos en el sector de la construcción. Entre estos factores, se encuentran que las empresas constructoras son muy conservadoras y con aversión al riesgo. Hasta ahora, no han visto la necesidad de mejorar sus procesos, ya que la rentabilidad que han obtenido les ha satisfecho, y sus competidores también son muy conservadores (Vela et al, 2021). Ahora bien, esta situación de asumir riesgos para mejora de la gestión de procesos constructivos origina bajos niveles de eficiencia y eficacia debido a que las exigencias de los clientes cada vez son mayores en relación a los plazos de construcción y los costos asociados.

A pesar de que existen nuevas tecnologías como las aplicaciones para PC y móviles en el sector de la construcción, se dispone de poca información sobre el valor de las aplicaciones móviles. Autores recomiendan el uso de smartphones (o móviles) para agilizar la recogida y el intercambio de datos, mejorando así la eficiencia del flujo de trabajo. Los altos funciones de gestión, el director y el consejero delegado trabajan para

identificar las oportunidades y problemas relacionados, interpretando la información pertinente, considerando las capacidades y limitaciones de la organización y la formulación de estrategias para mejorar la productividad en el lugar de trabajo. Los mandos intermedios, los directores de proyecto/construcción/instalación son responsables de gestionar todo el ciclo de vida del proyecto, desde la asistencia a las licitaciones, el establecimiento y la puesta en marcha de los proyectos, el acuerdo para cumplir con los entregables de los proyectos, acordar los resultados con las partes interesadas externas, gestionar el programa del proyecto, motivar a su equipo para que cumpla con sus objetivos y, por último, entregar el proyecto (Liu et al., 2019).

Algunas de las tareas realizadas por los profesionales de la construcción son la supervisión de las actividades de la obra, la entrega de proyectos de alta calidad, la preparación de estimaciones presupuestarias, la resolución de problemas de construcción, el mantenimiento de las normas de salud y seguridad, el desarrollo de planes de garantía de calidad, el control de los costes de construcción, la selección de materiales y equipos de construcción adecuados, el pedido de materiales, el seguimiento de inventarios, la preparación de informes de la obra y la gestión de clientes y partes externas (por ejemplo, subcontratistas y proveedores) (Liu et al., 2019).

En el caso de la empresa constructora del presente estudio, no escapa a esta realidad, al ser una empresa conservadora y gestionar sus procesos de manera tradicional, lo que le ha originado problemas de elevados costos, retraso en los plazos de culminación de los entregables, baja eficiencia y eficacia, y por esta razón debe asumir el riesgo para gestionar las diferentes actividades de los procesos que se llevan a cabo en la industria de la construcción con un sistema informático que les permita a los profesionales de la construcción hacer cambios desde la oficina y visualizarlos en tiempo real en el campo

para tomar decisiones en el menor tiempo posible. Una de las aplicaciones que permite este tipo de funciones es el software PlanGrid.

Por esta razón, el presente estudio se plantea la aplicación del software PlanGrid para mejorar el costo, plazo, eficiencia y eficacia en la construcción de la ampliación de la institución educativa Virgen Inmaculada en el distrito San Bartolo, Lima.

A continuación, se muestran una serie de estudios empíricos en los que se ha hecho uso de softwares de planificación especialmente diseñados para el área de la construcción, de modo de colaborar con la productividad en la misma. Se hará énfasis, particularmente, en la aplicación empírica del software PlanGrid, que es sobre el que se centrará la presente investigación.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Liu, Mathrani y Mbachu (2016) Nueva Zelanda realizaron una investigación, titulada “Buscando las aplicaciones de construcción más populares”, en la cual tuvieron como objetivo “identificar las barreras para una mayor aceptación de la tecnología de aplicaciones móviles en la industria de la construcción de Nueva Zelanda; y determinar la popularidad de las aplicaciones de construcción y sus características clave” (p. 205). Metodológicamente, se trató de una investigación cualicuatitativa exploratoria, con una muestra de 14 miembros de la Asociación de Maestros Constructores Registrados de Nueva Zelanda. Entre sus resultados más importantes, se destaca que la principal barrera para una mayor implementación de las apps de construcción es el costo del software y la licencia de uso, siendo otros de los más importantes el costo de entrenamiento, los problemas de ciberseguridad y la falta de flexibilidad sumada a los altos costos de personalización. También se llegó a la conclusión de que el software PlanGrid es la app

de construcción más popular, y la que ofrece las funcionalidades clave más buscadas, recibiendo una valoración de 5/5.

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación en tanto ofrece un marco de comparación vital para el trabajo con aplicaciones como PlanGrid en el Perú. Tomando en cuenta que Nueva Zelanda es uno de los países más desarrollados del mundo, llama especialmente la atención que la principal limitante para el uso más sistemáticos de aplicaciones de construcción sea su precio y el costo de entrenamiento. Por ello, PlanGrid puede ser una app ideal para el Perú, en tanto que es de las más económicas y que requieren menor entrenamiento, por su interfaz intuitiva.

Cain (2017) Estados Unidos realizó una investigación, titulada “La implementación de PlanGrid de Whiting-Turner en Oakland Global Logistics Center: un estudio de caso”, en la cual tuvo como objetivo explorar el uso, la efectividad y las potenciales áreas de desarrollo del software PlanGrid, de acuerdo con su implementación en el proyecto de construcción Oakland Global Logistics Center por parte de la empresa Whiting-Turner. Metodológicamente, se trató de un estudio de caso cualitativo, utilizando entrevistas exploratorias en el personal de la obra. Entre sus resultados más importantes, se destaca que PlanGrid se usó principalmente como: “un conjunto de planes electrónicos móviles que ayudan en la toma de decisiones de campo, una herramienta para documentar el progreso de la tarea y las medidas de seguridad, y un medio de encapsulación de documentos, donde las RFI [Request for Information] y las presentaciones están vinculadas a las hojas de plan” (párr. 1). Adicionalmente se determinó que el software era eficaz dentro del Project Management Information System (PMIS), siendo necesario más desarrollo en su interfaz, la colaboración con el grupo del proyecto y la integración con otras apps de construcción.

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación pues ofrece información explícita sobre los procesos para los que es usado el software PlanGrid en un proyecto de construcción, todos los cuales son de vital importancia para la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada. Además, deja en claro que es un software útil dentro del PMIS, aunque en este particular puede necesitar algunas mejoras. Pero ello muestra la agilidad y flexibilidad de esta herramienta tecnológica.

Hyttinen (2017) Finlandia realizó una investigación, titulada “Utilización del programa PlanGrid en la autoinspección”, en la cual tuvo como objetivo “investigar cómo es utilizado el programa PlanGrid en la autoinspección” (p. iii). Metodológicamente, se trató de una investigación documental, de tipo cualitativa, y de campo, cuantitativa, con encuestas a 26 empleados de la unidad YIT ARK. Entre sus resultados más importantes, se destaca que el software es excelente no solo para la autoinspección sino para el control de calidad en líneas generales, por lo cual recomienda que la aplicación debería estar en manos tanto del contratista principal como de los subcontratistas. Dentro de las recomendaciones de mejora para la app, se indica que debería contar con todas las mediciones de control de calidad existentes.

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación, pues ofrece un marco claro de uso del software PlanGrid en el proceso de autoinspección y, en general, en el control de calidad de la construcción. Si bien también carece de la posibilidad de hacer algunas de las mediciones de control de calidad que se realizan en campo, sumado a lo ya mencionado hasta ahora, deja en claro que invertir en este software implica invertir en una herramienta con múltiples usos, lo que permite un gran ahorro en inversión de software, y un aumento en la productividad.

Matamoros (2018) Costa Rica realizó una investigación, titulada “Fortalecimiento de la Gestión de Proyectos de la Empresa Estructuras S.A.”, en la cual tuvo como objetivo

“fortalecer la gestión de proyectos de la Empresa, utilizando ‘Buenas Prácticas de Gestión’, para convertirla en una Empresa más eficiente y competitiva” (p. xii). Metodológicamente, se trató de una investigación cualitativa, aplicada y descriptiva, con una muestra de 17 empleados y 11 documentos. Entre sus resultados más importantes, se destaca que las buenas prácticas incluyen la aplicación de la técnica Last Planner System (LPS) y la técnica del Valor Ganado, por lo cual se diseñó una propuesta de gestión de proyectos, que incluye la implementación del software PlanGrid. Los resultados preliminares indican que hubo un desempeño positivo del 6% en términos de costos, por lo cual es recomendable el uso de esta aplicación en el contexto de las técnicas usadas.

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación en tanto que permite conocer la integración del software PlanGrid con las técnicas LPS y del Valor Agregado, lo que afianza lo dicho hasta ahora. Adicionalmente, se especifica que, tras la implementación del software ha habido una reducción del 6% en costos, lo que sirve para estimar el posible resultado a alcanzar en la presente investigación en una de sus hipótesis específicas.

Agudelo (2020) Colombia realizó una investigación, titulada “Programación colaborativa en obra: Last Planner System, a través de Autodesk PlanGrid, con un enfoque VDC, aplicado en la obra Parma”, en la cual tuvo como objetivo “gestionar de forma óptima la ejecución de actividades de la programación general del proyecto Parma, a través de la consolidación de información verídica y útil que permita potenciar el trabajo colaborativo en obra” (p. 7). Metodológicamente, se trató de una investigación cualitativa, aplicada y descriptiva. Entre sus resultados más importantes, se destaca que, gracias a la implementación del software PlanGrid “se ha podido mitigar gradualmente el déficit existente en el flujo de información entre los colaboradores (...), se contribuyó al trabajo colaborativo (...), la automatización e industrialización de los procesos” (p. 57),

de la misma forma que se destaca el valor añadido del software en “dinamizar el flujo de trabajo (...) y la productividad de la obra (...), disminuyendo la incertidumbre (...) y garantizando un rumbo de trabajo correcto, disminuyendo los reprocesos a su mínima expresión” (p. 57).

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación porque amplía lo ya observado en el estudio anterior, en tanto que, en esta, además de integrar el software PlanGrid a la técnica LPS, se hace con un enfoque VDC, y se describen de forma cualitativa algunos de los resultados que es posible esperar de implementar el uso de este software en la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada. De ello, se destaca que hay un aumento en la productividad de la obra, variable medida en la presente investigación, aunque operacionalizada como eficiencia y eficacia.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Farfán y Chavil (2016) realizaron una investigación, titulada “Análisis y evaluación de la implementación de la metodología BIM en empresas peruanas”, en la cual tuvieron como objetivo “evaluar el estado en el que se encuentra la implementación de la metodología BIM en las empresas peruanas mediante el análisis de los impactos que produce su aplicación en los proyectos y el retorno de la inversión que experimentan las empresas que están a la vanguardia de su implementación” (p. 19). Metodológicamente, se trató de una investigación cualicuantitativa, aplicando encuestas y análisis documental a una muestra de 3 proyectos que implementados con BIM. Entre sus resultados más importantes, se destaca que hay “resultados económicos positivos en la implementación de BIM aplicando tan solo lo más básico de su potencial, es decir, la compatibilización de proyectos” (p. 5). En concreto, se ha observado un ROI de 4,32 soles por cada sol invertido. Los autores recomiendan entender que la metodología es más que el modelado

3D, y que incluye el trabajo colaborativo y dinámico, en el entorno virtual que ofrecen aplicaciones como PlanGrid y BIM 360, ambas de Autodesk.

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación, porque incorpora a la lista de técnicas y metodologías con las cuales es compatible el uso del software PlanGrid, el de la metodología BIM. Si bien Autodesk tiene su propio programa para la metodología BIM (BIM 360), PlanGrid también tiene funciones de modelado 3D que, aunque menos potentes que las de BIM 360, son funcionales para muchos trabajos de implementación de esta metodología, razón por la cual la misma página de Autodesk puntúa como una herramienta más completa a su software PlanGrid. Así pues, por la inversión en este software se pueden aplicar múltiples técnicas y metodologías que, como se indica en este estudio, pueden incrementar su productividad, con retornos de inversión superiores al 400%.

Espinoza, García, Pumayali y Montejo (2019) realizaron una investigación, titulada “Factores para la implementación de la metodología BIM en el diseño de condominios en Piura - 2019”, en la cual tuvieron como objetivo “determinar los factores necesarios para la implementación de la metodología BIM (...), mediante la identificación de conocimientos sobre dicha metodología en los profesionales encargados del diseño de proyectos, así como identificando las deficiencias de la utilización de la metodología tradicional” (p. 38). Metodológicamente, se trató de una investigación descriptiva y no experimental, con una muestra de 10 proyectistas del Gobierno Regional de Piura. Entre sus resultados más importantes, se destaca que en Piura existen profesionales capacitados y con experiencia en el manejo de proyectos por medio de la metodología BIM, lo mismo que de los softwares de modelado y gestión, como BIM 360 y PlanGrid, existiendo también una amplia aceptación en su aplicación, lo que sugiere que se está en el momento correcto para promover una fase pre-BIM, usando la

metodología en el diseño de condominios, como forma de multiplicar el conocimiento en nuevos profesionales.

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación porque describe un escenario de apertura en la industria de la construcción peruana para iniciar la implementación más sistemática de software como PlanGrid para la aplicación de la metodología BIM, tanto porque se cuenta con el capital intelectual (preparado en la metodología y el uso del software), como porque hay deseos de trabajar con esta metodología y esta herramienta. Se espera, entonces, que los resultados obtenidos en Piura sean extensibles a Lima y otras regiones del Perú.

Méndez (2019) realizó una investigación, titulada “Implementación de modelos BIM en programa mantenimiento de infraestructura hospitalaria Villa El Salvador 2018”, en la cual tuvo como objetivo “implementar el modelamiento basado en metodología BIM para la visualización, comunicación y operación del programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura hospitalaria” (p. 29). Metodológicamente, se trató de una investigación aplicada y cuasiexperimental, con un centro hospitalario como estudio de caso. Como instrumento para la aplicación de BIM, se utilizó el software PlanGrid, junto con Revit y Lumion. Entre sus resultados más importantes, se destaca que el problema que más afecta a los colaboradores es la falta de información actualizada y un plan de gestión poco integrado. Por medio de la implementación de BIM se logró mejorar el conocimiento de la metodología, la comunicación, la visualización y acceso a la información y la planificación, el enriquecimiento de la información, entre otros.

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación, porque muestra la tendencia cada vez mayor a utilizar el software PlanGrid para la implementación de la metodología BIM, poniéndolo por encima de otros programas más especializados y centrados en el modelado 3D, tras entender, no solo que está aplicación

es más económica, flexible y de mejor curva de aprendizaje, sino que la metodología BIM no debe centrarse únicamente en el modelado 3D, sino que debe tener como centro la colaboración, acceso a información, planificación y otros valores.

Braul, Bellido, López y Sánchez (2020) realizaron una investigación, titulada “Business Consulting – BESCO SAC”, en la cual tuvieron como objetivo “identificar el problema principal que no le permite a Besco alcanzar sus objetivos” (p. v). Metodológicamente, se trató de un proyecto Capstone. El problema principal fue el aumento del presupuesto derivado de las observaciones en sus proyectos de construcción, lo que estanca su rendimiento. Al respecto, se encontró como causa raíz era la gestión inadecuada de ingeniería y As-Built. Ante ello, se propuso el uso de PlanGrid para generar un impacto en el costo y plazo. Entre sus resultados más importantes, se destaca que se espera un ahorro directo de 242,693 soles (21% del presupuesto de calidad) tras la implementación del software PlanGrid. De forma indirecta, se espera un ahorro adicional de entre 721,463 soles (escenario conservador) y 1,442,925 soles (escenario optimista).

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación, en tanto que la elección del software PlanGrid proviene de los pasos sistemáticos que ofrece la metodología de los proyectos Capstone para garantizar que se está solucionado el problema detectado de la manera más innovadora, expansible y sostenible. En ese sentido, los autores se enfocan en las mismas dos variables de eficiencia y eficacia operacionalizadas en la presente investigación, y las estimaciones que realizan sobre los beneficios de la aplicación del software contribuyen a justificar por completo la inversión a realizar por la constructora para su uso.

Flórez (2020) realizó una investigación, titulada “Interacción entre BIM y Lean Construction analizadas en proyectos de edificación”, en la cual tuvo como objetivo “mostrar las interacciones positivas entre Lean Construction y BIM encontradas en los

casos analizados de proyectos de vivienda multifamiliar” (p. 1). Metodológicamente, se trató de un estudio comparativo de tipo documental. Entre sus resultados más importantes, se destaca que la metodología BIM influye positivamente en la construcción y potencia los principios de Lean Construction. Se recomienda el uso del software PlanGrid para mejorar el control de la planificación en obra y lograr la aplicación de los sistemas Just In Time y Pull, que además se pueden integrar a otros programas ya usados como Naviswork y Revit.

El anterior estudio resulta de importancia para la presente investigación en tanto que incorpora otras metodologías y sistemas con los cuales es compatible el software PlanGrid, como lo son Lean Construction, Just in Time y Pull, de la misma manera que garantizan la adecuada integración de este software con otros muy usados en el área de la construcción, como Naviswork y Revit. Con todo lo explorado en los diferentes estudios empíricos presentados, entonces, se entiende que el software PlanGrid se presenta como la mejor opción en el mercado actual para mejorar la productividad en las construcciones e implementar las metodologías, técnicas y sistemas en boga. Por todas esas razones, se justifica la selección hecha del software y se puede presumir un resultado favorable en lo referido a las hipótesis de estudio.

1.3. Definiciones Conceptuales

1.3.1. PlanGrid

Es un software que ayuda a organizar los proyectos en obras de construcción, sobre todo el seguimiento de los cambios en los planos de construcción; también se puede hacer listas de poncheo, cargar documentos y reportes de visitas de campo. Todo el equipo del proyecto puede tener la información a la mano y estar en una actualización continua. Esta herramienta es importante porque ayuda a mejorar la comunicación dentro del proyecto (Matamoros, 2018).

Este software se puede tener instalado en la computadora, en el celular y en la Tablet. La información que se suba a la aplicación se almacena en la nube por lo que está segura y todos los integrantes del proyecto la tienen actualizada; se pueden hacer reportes de campo y administrar con los otros integrantes consultas o sugerencias, por lo que todo el equipo del proyecto se mantiene informado de cualquier cambio que se haga en el transcurso del proyecto de manera simultánea (Matamoros, 2018).

PlanGrid es un programa claro y fácil de usar, desarrollado como servicio principal, especialmente para su uso *in situ*. Es ideal como herramienta de autoevaluación, para la observación en la obra, como herramienta de recordatorio para los capataces y para la elaboración de informes de calidad a lo largo del periodo de construcción. PlanGrid se puede utilizar en PC y *Tablet*, así como en *smartphones*; hay varias plataformas operativas para el software y esto permite que se utilice ampliamente. Para empezar a utilizar el programa no es necesario estar muy familiarizado con él. Empezar es relativamente fácil, gracias a las sencillas funciones del programa (Hyttinen, 2017).

PlanGrid es un rápido programa de visualización de dibujos de construcción para dispositivos móviles. Se puede compartir planos, notas, fotos e informes con todo el equipo de proyecto, desde cualquier lugar. Se puede utilizar la aplicación con o sin conexión a Internet. El programa es adecuado para hacer un seguimiento de las versiones durante la construcción, documentar el progreso y gestionar los problemas sobre el terreno, al tiempo que se mantienen actualizados los dibujos de todos (Hyttinen, 2017).

La versión de prueba del software es válida durante 21 días a partir del registro. La versión de prueba puede cargar un número ilimitado de imágenes y otros documentos, pero la versión de prueba pasará a ser paga después del periodo de prueba. La versión gratuita permite un total de 50 descargas de imágenes de base activas y un número ilimitado de otros documentos. En la versión paga, los archivos adjuntos no se ven

afectados por el número de páginas y pueden ser ilimitados. No existen muchas diferencias entre la versión gratuita y de pago, salvo que las versiones de pago permiten descargar más imágenes de fondo (Autodesk Construction Cloud, 2021).

El idioma por defecto del sitio web es el inglés. El lenguaje utilizado es claro y las palabras describen bien las funciones del programa. Sin embargo, en el sitio web, el idioma se puede cambiar en la configuración. En los dispositivos móviles Android, el idioma no se puede cambiar y está automáticamente en inglés (Autodesk Construction Cloud, 2021).

La aplicación permite cargar varias imágenes de fondo, documentos y archivos adjuntos. Se pueden hacer anotaciones y notas en los planos de planta utilizando varias herramientas. Los archivos se pueden utilizar para ver el sitio, las dimensiones, las estructuras, las instrucciones y cualquier información que se considere necesaria. Se pueden crear varios proyectos diferentes en la aplicación o las personas pueden participar en varios proyectos al mismo tiempo. La aplicación permite tomar notas cómodamente para el usuario o compartirlas con otras personas del proyecto (Autodesk Construction Cloud, 2021).

La aplicación también puede crear un informe claro sobre una sola observación o, incluso, si se quiere compartir un informe con otras personas, todas las deficiencias del contratista. Cualquiera puede revisar los detalles en los planos. Se podrán asignar las deficiencias/observaciones a la persona responsable y asignar una solicitud de corrección (Autodesk Construction Cloud, 2021).

La aplicación sirve como una buena herramienta de comunicación entre los diferentes contratistas de la obra, por ejemplo, para recibir el máster o revisar el trabajo realizado. Con las funciones fotográficas y las herramientas de marcado, puede resaltar

cualquier deficiencia y actualizarse en tiempo real para todas las partes implicadas. Para

Hyttinen, (2017), entre las ventajas que posee el software se tienen:

- La aplicación y registro gratuitos.
- Es claro, rápido y fácil de usar en todos los dispositivos.
- Es posible marcar los defectos y desperfectos directamente en las imágenes de base.
- Posee varias herramientas de marcado y la fijación de fotos directamente a la observación.
- Se puede realizar etiquetado y denominación de las anotaciones para facilitar la corrección de la observación.
- Se pueden realizar marcas específicas del contratista/trabajo, indicando quién es el responsable de corregir las deficiencias para la corrección de defectos
- Los planos están siempre actualizados para todas las partes y las marcas están disponibles para que todos las vean.
- Funciona en todos los dispositivos y entornos, incluso sin conexión a la red.
- Crea automáticamente copias de seguridad de las marcas realizadas, incluso si ocurren cortes en el suministro eléctrico en el dispositivo inteligente; los datos se pueden almacenar en el software.
- El usuario no puede hacer nada completamente irreversible; el programa siempre preguntará si el usuario está a punto de hacer un cambio más permanente, como borrar las entradas creadas.
- Se puede realizar impresión del informe de errores o envío directo a la persona/contratista responsable.
- Envía de un recordatorio por correo electrónico a los responsables de las deficiencias no corregidas.

- El usuario puede participar activamente en varios proyectos al mismo tiempo.
- Se puede añadir un número ilimitado de documentos.

Asimismo, de acuerdo con Hyttinen (2017), las desventajas del software son:

- No es posible rellenar las listas de control y los contadores; por ejemplo, la medición del control de seguridad semanal *in situ*.
- Solo da acceso a 50 planos, por lo cual es relativamente limitado (si se requiere una ampliación de esta función, se debe pagar).
- El informe no está disponible como archivo de texto claro, por ejemplo, Excel --> lista de control de estilo antiguo.
- Con un gran número de lagunas, cada laguna está en su propia página y el informe se hace grande.
- No se copian las entradas en una nueva imagen base.

1.3.1.1. Construcción

Se trata de una serie de actividades, cuyo fin último es crear una edificación nueva, o ya bien algún otro tipo de obra vial, marítima o hidráulica, logrando que la misma sea completamente funcional, para lo cual requiere, adicionalmente, la incorporación de redes de distribución de comunicaciones y energía eléctrica (Loyola & Goldsack, 2010).

Como también se consideran los trabajos de demolición cuando los mismos están dirigidos a despejar un área para la próxima construcción, así como aquellos trabajos de ampliación o modernización con el objetivo de modificar la función, forma o dimensión original de las construcciones existentes. Así también es considerada como el área que engloba a los profesionales destinados a planificar, supervisar y erigir infraestructuras, tomando en cuenta las puntuales normas de control de calidad del país a que pertenezca (Loyola & Goldsack, 2010).

Un último concepto implicaría que la construcción es “la manera en la cual un diseño facilita el uso eficiente de los recursos de construcción y aumenta la facilidad y seguridad de construcción en obra, al tiempo que los requerimientos del cliente son cumplidos” (Lam et al., 2006, p. 458).

1.3.2. Costos directos de construcción

La gestión de los costos del proyecto se ocupa principalmente del costo de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto. La gestión de los costos del proyecto debería tener en cuenta el efecto de las decisiones tomadas en el proyecto sobre los costos recurrentes posteriores de utilizar, mantener y dar soporte al producto, servicio o resultado del proyecto (Project Management Institute, 2017).

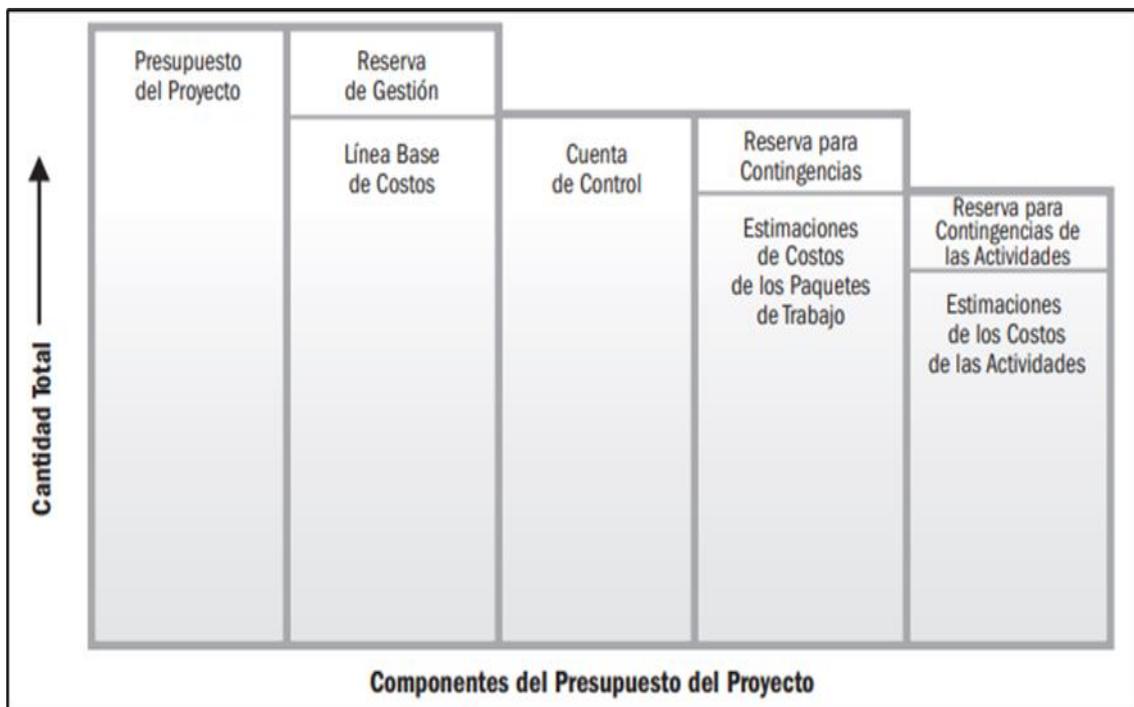
La gestión de costos del proyecto se lleva a cabo con el presupuesto, que es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costos autorizada. El beneficio clave de este proceso es que determina la línea base de costos con respecto a la cual se puede monitorear y controlar el desempeño del proyecto. Este proceso se lleva a cabo una única vez o en puntos predefinidos del proyecto (Project Management Institute, 2017).

La línea base de costos es la versión aprobada del presupuesto del proyecto con fases de tiempo, excluida cualquier reserva de gestión, la cual solo puede cambiarse a través de procedimientos formales de control de cambios. Se utiliza como base de comparación con los resultados reales. La línea base de costos se desarrolla como la suma de los presupuestos aprobados para las diferentes actividades del cronograma (Project Management Institute, 2017).

La Figura 1 muestra los diferentes componentes del presupuesto del proyecto y la línea base de costos. Las estimaciones de costos para las diversas actividades del proyecto, junto con cualquier reserva para contingencias para dichas actividades, se

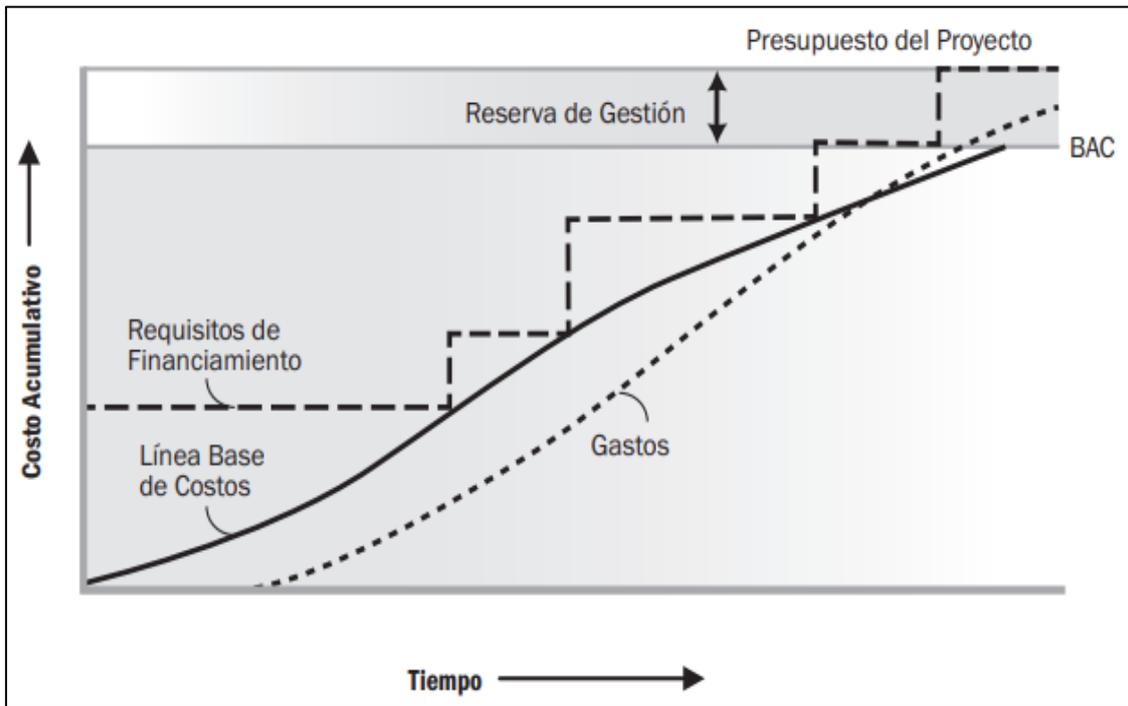
agregan en los costos de sus paquetes de trabajo asociados. Las estimaciones de costos de los paquetes de trabajo, junto con cualquier reserva para contingencias de estos, se agregan en cuentas de control. La suma de las cuentas de control proporciona la línea base de costos. Dado que las estimaciones de costos que dan lugar a la línea base de costos están directamente ligadas a las actividades del cronograma, esto permite disponer de una visión por fases temporales de la línea base de costos, que se representa típicamente como una curva en S, tal y como muestra en la Figura 2 (Project Management Institute, 2017).

Figura 1. Componentes del presupuesto del proyecto.



Fuente: Project Management Institute (2017).

Figura 2. Línea base de costo directo, gastos y requisitos de financiamiento.



Fuente: Project Management Institute (2017).

Las reservas de gestión se suman a la línea base de costos directos para obtener el presupuesto del proyecto. A medida que van surgiendo cambios para garantizar el uso de las reservas de gestión, se utiliza el proceso de control de cambios para obtener la aprobación para pasar los fondos de la reserva de gestión aplicables a la línea base de costos directos (Project Management Institute, 2017).

Ahora bien, el controlar los costos es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos del proyecto y gestionar cambios a la línea base de costos. El beneficio clave de este proceso es que la línea base de costos es mantenida a lo largo del proyecto. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto (Project Management Institute, 2017).

1.3.3. Plazos de construcción

La programación del proyecto proporciona un plan detallado que representa el modo y el momento en que el proyecto entregará los productos, servicios y resultados

definidos en el alcance del proyecto y sirve como herramienta para la comunicación, la gestión de las expectativas de los interesados y como base para informar el desempeño (Project Management Institute, 2017).

El equipo de dirección del proyecto selecciona un método de planificación, tal como la ruta crítica o un enfoque ágil. Luego, los datos específicos del proyecto, como las actividades, fechas planificadas, duraciones, recursos, dependencias y restricciones, se ingresan a una herramienta de planificación para crear un modelo de programación para el proyecto. El resultado es un cronograma del proyecto (Project Management Institute, 2017).

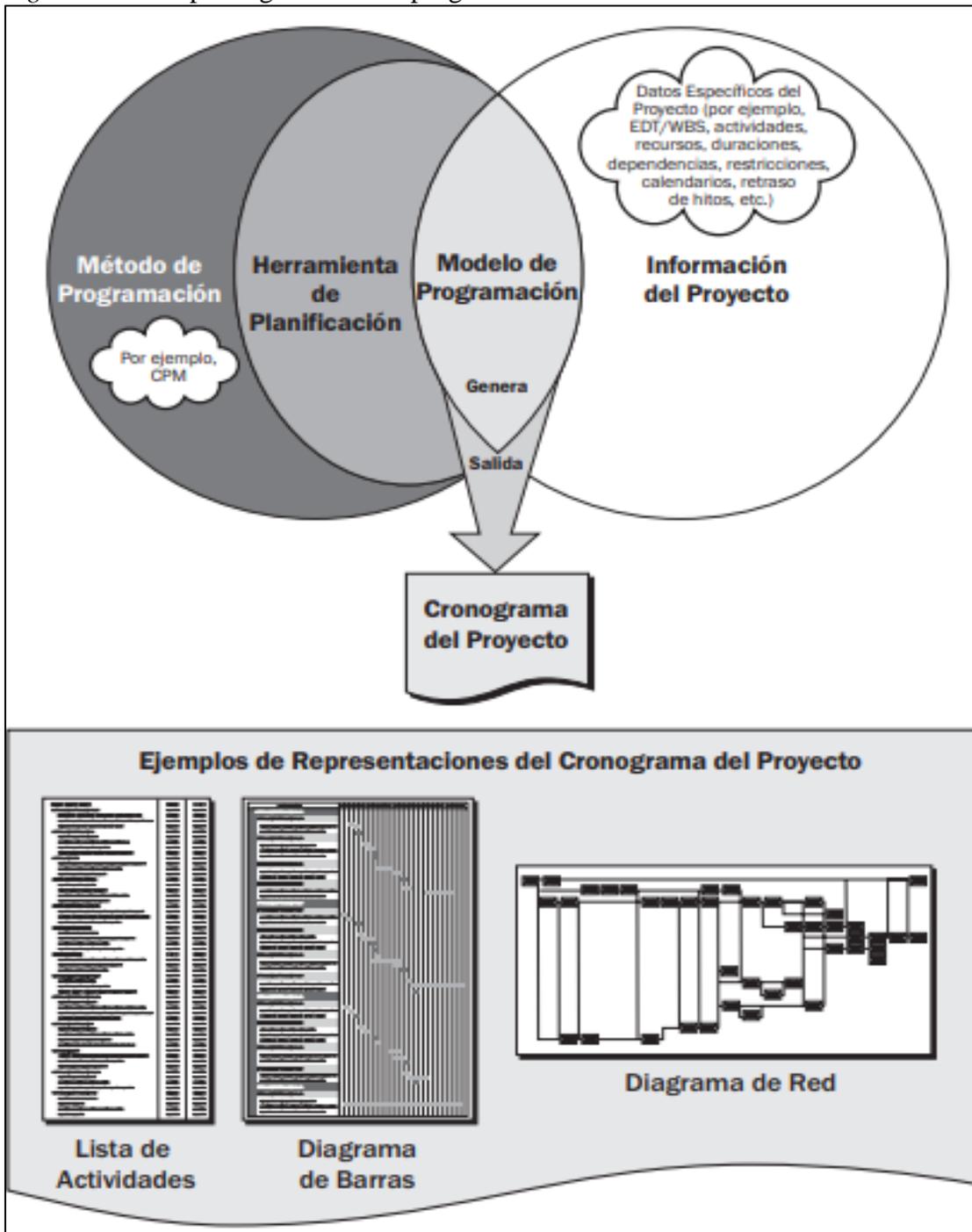
La Figura 3 proporciona una descripción general de la programación, que muestra las interacciones que se dan entre método de planificación, herramienta de planificación y salidas de los procesos de Gestión del Cronograma del Proyecto para crear un modelo de programación. Para proyectos más pequeños, la definición y secuenciación de las actividades, y la estimación de su duración, así como el desarrollo del modelo de programación, son procesos tan estrechamente vinculados que se ven como un único proceso susceptible de ser realizado por una sola persona en un periodo de tiempo relativamente corto (Project Management Institute, 2017).

Planificar la Gestión del Cronograma es el proceso de establecer las políticas, los procedimientos y la documentación para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que proporciona guía y dirección sobre cómo se gestionará el cronograma del proyecto a lo largo del mismo. Este proceso se lleva a cabo una única vez o en puntos predefinidos del proyecto (Project Management Institute, 2017).

Definir las actividades es el proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para elaborar los entregables del proyecto. El beneficio

clave de este proceso es que descompone los paquetes de trabajo en actividades del cronograma que proporcionan una base para la estimación, programación, ejecución, monitoreo y control del trabajo del proyecto. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto (Project Management Institute, 2017).

Figura 3. Descripción general de la programación.



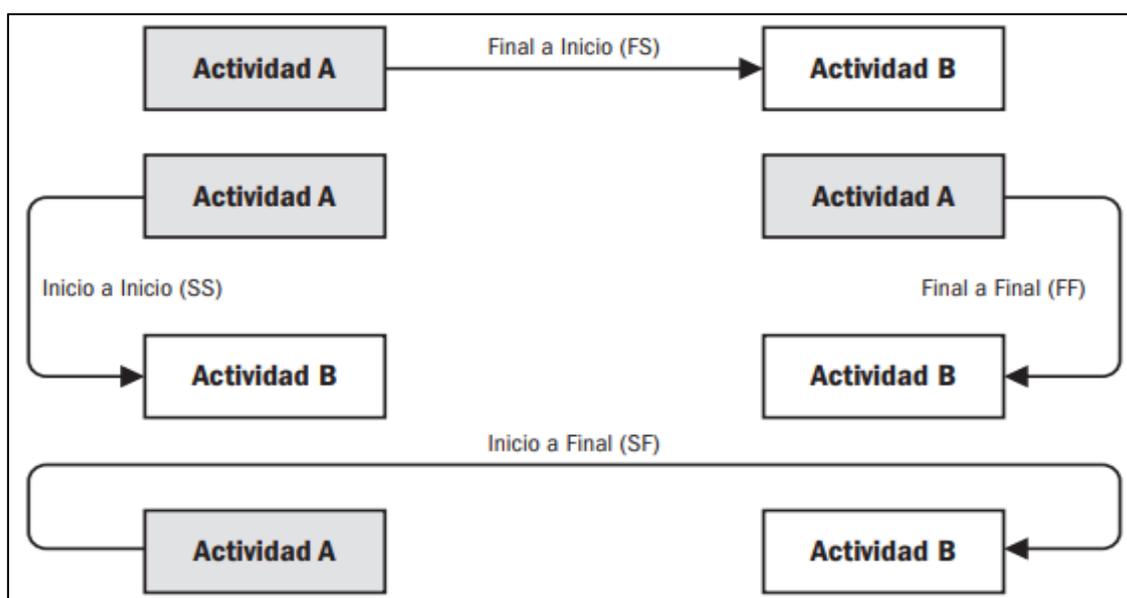
Fuente: Project Management Institute (2017).

Secuenciar las actividades es el proceso que consiste en identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto. El beneficio clave de este proceso es la definición de la secuencia lógica de trabajo para obtener la máxima eficiencia, teniendo en cuenta todas las restricciones del proyecto. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto (Project Management Institute, 2017).

Para secuenciar las actividades, se emplea el método de diagramación por precedencia (PDM). 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 ser ejecutadas (Project Management Institute, 2017).

El PDM incluye cuatro tipos de dependencias o relaciones lógicas. Una actividad predecesora es una actividad que precede desde el punto de vista lógico a una actividad dependiente en un cronograma. Una actividad sucesora es una actividad dependiente que ocurre de manera lógica después de otra actividad en un cronograma. En la Figura 4, se presentan las relaciones mencionadas, que se definen a continuación.

Figura 4. Tipos de relaciones del Método de Diagramación por Precedencia (PDM).



Fuente: Project Management Institute (2017).

- Final a Inicio (FS). Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya concluido una actividad predecesora. Por ejemplo, la instalación del sistema operativo en una PC (sucesora) no puede comenzar hasta que el hardware de la PC sea ensamblado (predecesora).
- Final a Final (FF). Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya concluido una actividad predecesora. Por ejemplo, es necesario terminar de redactar un documento (predecesora) antes de que pueda finalizar su edición (sucesora).
- Inicio a Inicio (SS). Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya comenzado una actividad predecesora. Por ejemplo, nivelar el cemento (sucesora) no puede comenzar antes de comenzar a verter los cimientos (predecesora).
- Inicio a Final (SF). Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya comenzado una actividad predecesora. Por ejemplo, un nuevo sistema de cuentas a pagar (sucesora) tiene que comenzar antes de que el antiguo sistema de cuentas a pagar pueda ser anulado (predecesora).

Ahora bien, estimar la duración de las actividades es el proceso de realizar una estimación de la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados. El beneficio clave de este proceso es que establece la cantidad de tiempo necesario para finalizar cada una de las actividades. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto (Project Management Institute, 2017).

La estimación de la duración de las actividades utiliza información del alcance del trabajo, los tipos de recursos o niveles de habilidad necesarios, las cantidades estimadas de recursos y sus calendarios de utilización. Otros factores que pueden influir en las

estimaciones de la duración incluyen restricciones impuestas a la duración, esfuerzo involucrado o tipo de recursos (ej.: duración fija, esfuerzo o trabajo fijo, número de recursos fijo), así como la técnica de análisis de la red del cronograma utilizada (Project Management Institute, 2017). De acuerdo con el autor citado, los factores a considerar al estimar la duración incluyen:

- Ley de los rendimientos decrecientes. Cuando un factor (ej.: recurso), usado para determinar el esfuerzo requerido para producir una unidad de trabajo, se incrementa mientras todos los demás factores permanecen fijos; eventualmente se alcanzará un punto en que las adiciones de ese factor comenzarán a generar gradualmente incrementos menores o decrecientes de la producción.
- Número de recursos. Incrementar el número de recursos al doble del número original no siempre reduce el tiempo a la mitad, ya que puede aumentar adicionalmente la duración debido al riesgo, y, en algún punto, añadir demasiados recursos a la actividad puede aumentar la duración debido a la transferencia de conocimiento, la curva de aprendizaje, la coordinación adicional y otros factores involucrados.
- Avances tecnológicos. Esto también puede desempeñar un papel importante para determinar las estimaciones de la duración. Por ejemplo, un aumento de la producción de una fábrica puede lograrse adquiriendo los últimos avances tecnológicos, lo que puede impactar la duración y las necesidades de recursos.
- Motivación del personal. El director del proyecto también debe ser consciente del Síndrome del Estudiante (o procrastinación), en el cual las personas solo se ponen a trabajar en el último momento posible antes del plazo, y la Ley de Parkinson, según la cual el trabajo se expande para ocupar todo el tiempo disponible para su realización.

Desarrollar el cronograma es el proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma, para crear un modelo de programación para la ejecución, el monitoreo y el control del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que genera un modelo de programación con fechas planificadas para completar las actividades del proyecto. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto (Project Management Institute, 2017).

Se utiliza el modelo de programación para determinar las fechas planificadas de inicio y fin de las actividades del proyecto, así como los hitos de este, sobre la base de la mejor información disponible. El desarrollo del cronograma puede requerir el repaso y la revisión de las estimaciones de duración, estimaciones de recursos y reservas de cronograma para establecer un cronograma aprobado del proyecto, que pueda a su vez servir como línea base con respecto a la cual se pueda medir el avance (Project Management Institute, 2017).

Las herramientas y técnicas más utilizadas para el desarrollo del cronograma del proyecto son:

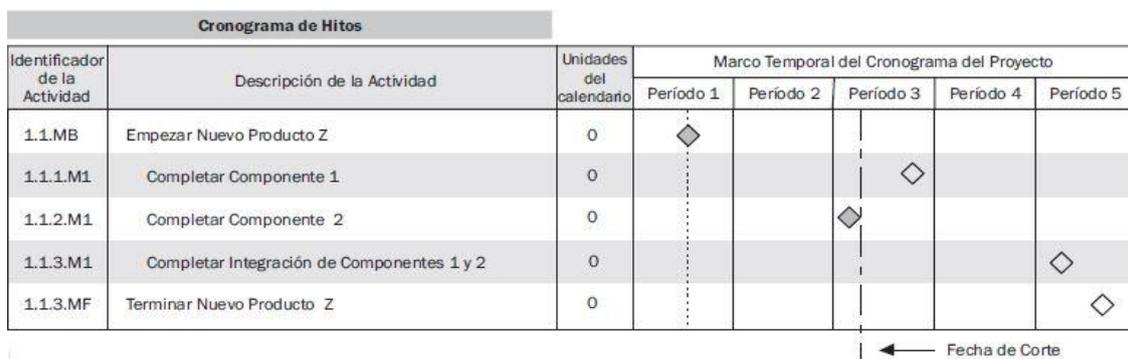
- Análisis de la red del cronograma
- Método de la ruta crítica
- Optimización de recursos
- Análisis de datos
- Adelantos y retrasos
- Compresión del cronograma

El cronograma del proyecto es una salida de un modelo de programación que presenta actividades vinculadas con fechas planificadas, duraciones, hitos y recursos. El cronograma del proyecto debe contener, como mínimo, una fecha de inicio y una fecha de finalización planificadas para cada actividad. Si la planificación de recursos se realiza

en una etapa temprana, el cronograma mantendrá su carácter preliminar hasta que se hayan confirmado las asignaciones de recursos y se hayan establecido las fechas de inicio y finalización programadas (Project Management Institute, 2017).

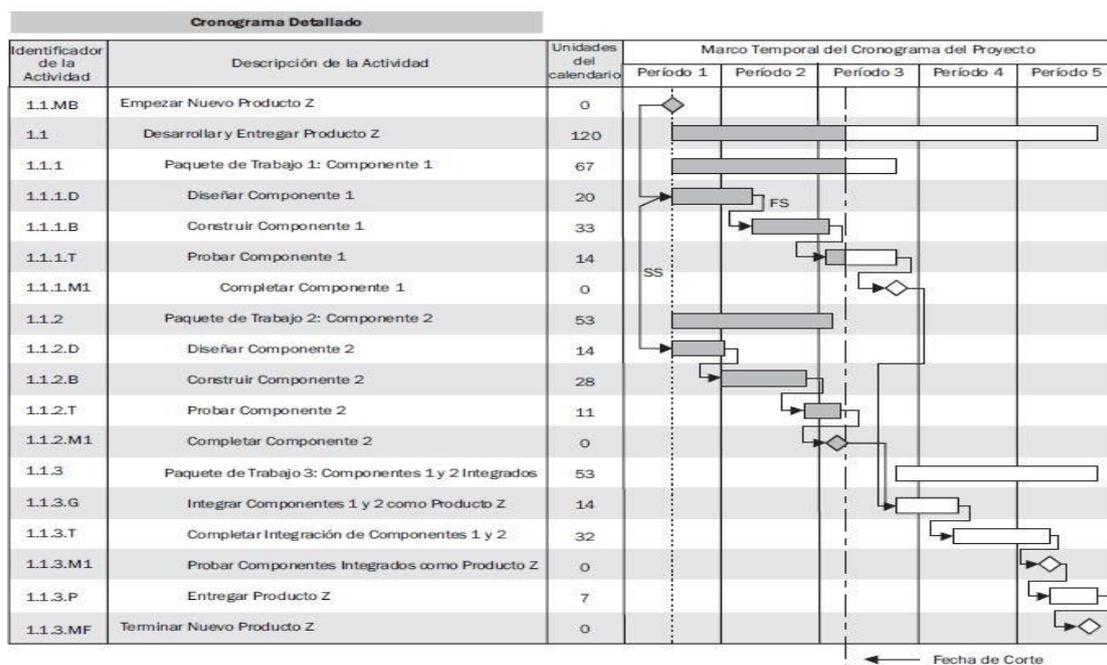
Aunque el modelo de programación del proyecto puede presentarse en forma de tabla, es más frecuente representarlo en forma gráfica, mediante la utilización de uno o más de los siguientes formatos: diagramas de barras, diagramas de hitos o diagramas de red del cronograma del proyecto (Project Management Institute, 2017).

Figura 5. Representación del cronograma de hitos del proyecto.



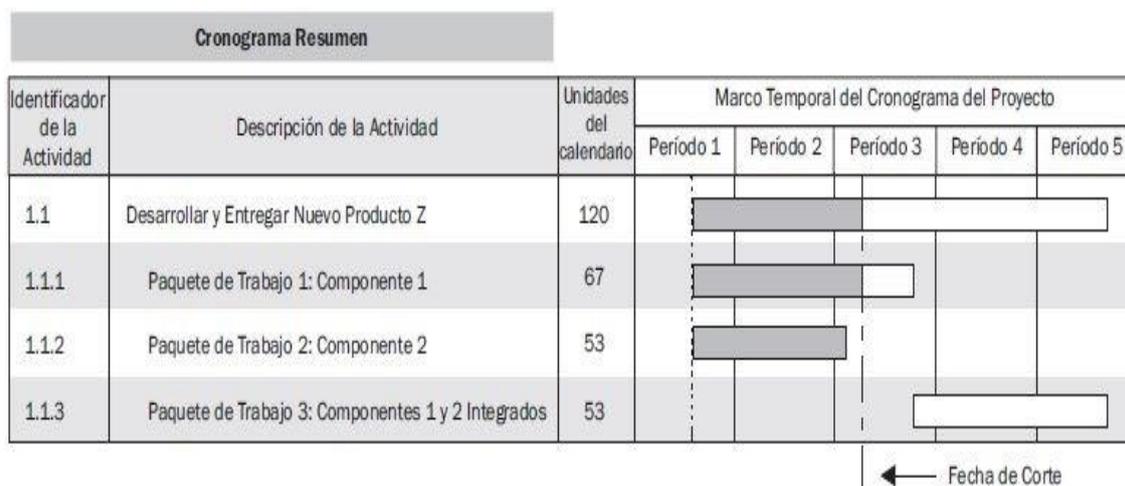
Fuente: Project Management Institute (2017).

Figura 6. Representación del cronograma detallado del proyecto.



Fuente: Project Management Institute (2017).

Figura 7. Representación del cronograma resumen del proyecto.



Fuente: Project Management Institute (2017).

Ahora bien, estos parámetros de la construcción de obra permiten conocer la eficiencia y eficacia del proceso constructivo. Así pues, la eficiencia se establece como la relación entre producido y los recursos empleados, y busca minimizar el coste de los recursos (hacer bien las cosas) (Gutiérrez, 2010). En términos numéricos, es la razón entre el tiempo útil para producir y tiempo total de producción (ver Ecuación 1).

Ecuación 1. Ecuación de eficiencia

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ útil}{Tiempo\ total} \dots\dots\dots (1)$$

Por otro lado, la eficacia es el nivel alcanzado al lograr los objetivos, es decir el nivel de las acciones planificadas que se logran (Gutiérrez, 2010) (ver Ecuación 2).

Ecuación 2. Ecuación de eficacia

$$Eficacia = \frac{Unidades\ productivas}{Tiempo\ útil} \dots\dots\dots (2)$$

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿Cómo puede el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia mejorar aplicando el software PlanGrid en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora el costo de construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021?
- ¿En qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora el plazo de construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021?
- ¿En qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Aplicar del software PlanGrid para lograr mejoras sustanciales en el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora el costo en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.
- Determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora el plazo en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.
- Determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente en un 15% el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.

1.6.2. Hipótesis específicas

- La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente el costo en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.
- La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente el plazo en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.

- La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.

1.7. Justificación

De acuerdo a Arispe et al. (2020) mencionan que esta justificación “implica generar un análisis teórico o una reflexión teórica sobre el conocimiento existente de las variables en investigación. Se sustenta en los investigadores que impulsan las teorías de las variables de estudio” (p. 28). La presente investigación se justifica, desde el aspecto teórico, en el sentido de que la incorporación de software de planificación y colaboración en el área de la construcción, como lo es el caso del software PlanGrid, es un tema de vital importancia, pero todavía poco desarrollado en el compendio teórico de la construcción 4.0, que también es un área en actual desarrollo. La ingeniería civil, como ciencia aplicada, ha estado pospuesta, por mucho tiempo, al tema de la gestión, y por ende tiene deudas notables a nivel teórico en cómo coordinar los esfuerzos conjuntos de todos los actores que participan de una obra civil. De allí que esta investigación pueda ayudar a ampliar el debate académico existente alrededor de estos temas.

Según Arispe et al. (2020) considera que esta justificación conlleva dar a conocer el beneficio práctico de la investigación, por medio de estrategias que soluciones la problemática. Desde el punto de vista práctico, la presente investigación tiene como beneficio comprender los efectos directos del uso del software PlanGrid en mejorar el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia en la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima en el año 2021. Resultados favorables en el uso de este software en el contexto de la industria peruana de construcción, ayudarán a que su aplicación sea cada vez mayor, de la misma manera que

provee un marco de comparación, para futuras investigaciones, que aborden otros softwares, con funciones similares a las de PlanGrid.

Finalmente, para Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) la razón social de una investigación radica en quienes serán los beneficiados de los resultados obtenidos, como trasciende en la sociedad y permite conocer el alcance del estudio. En lo referido al punto de vista metodológico, la presente investigación se justifica en tanto que provee un marco de acción investigativa secuenciado y objetivado, que permite ser repetido, como experiencia empírica, por otros investigadores interesados en corroborar estos resultados, o bien ampliarlos, estudiando algún matiz no explorado en este trabajo de investigación. En ese sentido, puede ser útil tanto para la escuela de ingeniería civil de la Universidad Privada del Norte, como de otras universidades del Perú y la región latinoamericana.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

De acuerdo a lo planteado por Hernández, Fernández y Baptista (2014) “las investigaciones descriptivas, son aquellas que buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sean sometidos a análisis” (p. 143). La presente investigación es de tipo descriptiva. Su aspecto descriptivo se fundamenta en que el investigador recabó la información de forma sistemática sobre las variables costos, plazo, eficiencia y eficacia, lo que le permitió conocer las características de la situación actual y los cambios en la misma tras la intervención de las variables independientes.

2.1.1. Método

Según lo planteado por Arias (2012), considera que los estudios hipotéticos-deductivos son los que parten de una hipótesis para poder deducir e inferir los resultados o, lo que es igual, parte de consideraciones generales para finalmente establecer conclusiones específicas. En este caso la presente tesis tiene un método deductivo por cuanto se van a demostrar las hipótesis en el desarrollo de la aplicación del PlanGrid para la mejora sustancial del costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia en una construcción, y ello se prueba vía recolección de datos y análisis inferencial.

2.1.2. Orientación

Sobre este particular, Arias (2012) indica que una investigación se considera aplicada cuando no genera nuevos conocimientos formales, sino que se basa en conocimientos formales previos para aplicarlos en la solución de un caso concreto. Se considera una orientación aplicada, por cuanto se utilizaron los conocimientos sobre

implementación del software de gestión de comunicación y planificación en construcciones, para obtener resultados diferenciados sobre el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia de una obra de construcción.

2.1.3. Enfoque

Hernández et al. (2014) infieren que el modelo cuantitativo emplea la recogida y el estudio de datos para responder las interrogantes del estudio y comprobar las hipótesis, y se basa en la medida numérica, la cuantificación y el empleo de estadística. La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se tomaron datos numéricos relacionados con el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia, que fueron medidos en función al tiempo que se tardó para construir un metro cuadrado de pared y el costo directo de dicho proceso.

2.1.4. Recolección de datos

Según lo indicado por Palella y Martins (2012) en cuanto a la recolección de datos, en las investigaciones de campo la toma de datos se realiza directamente en el lugar en el que ocurren los eventos que desean valorarse. La presente investigación es de campo ya que no se toman de forma controlada, como podría ocurrir en un laboratorio, ni se toman de fuentes secundarias.

2.1.5. Tipo

De acuerdo a lo planteado por Hernández et al. (2014), la investigación exploratoria se trata de un estudio que realiza una primera aproximación sobre un tema que no ha sido abordado de forma directa por la empírica, de modo que lo obtenido puede servir como resultados preliminares para diseñar nuevas y mejor orientadas investigaciones. La presente investigación es de tipo exploratoria porque pretende conocer como el software PlanGrid mejora los costos, plazo, eficiente y eficacia.

2.1.6. Diseño

Según Palella y Martins (2012), un estudio cuasiexperimental es aquel que no cuenta con un grupo control, lo que quiere decir que la variable de estudio no es controlada, sino estudiada en su manifestación natural, pero se pueden tomar mediciones en dos momentos diferentes con un único tratamiento para determinar si varían los valores previos y posteriores. El diseño fue cuasiexperimental preprueba-postprueba, ya que se empleó el software PlanGrid para observar la mejora en el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia en una obra de construcción, realizándose mediciones antes y después de la aplicación, para determinar si la variación en estos valores es significativa. En ese sentido, en la presente investigación, se estudió el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia de una construcción en su entorno natural, sin controlar dichas variables.

2.1.7. Estudio del diseño

Para la presente investigación, se tomó una obra centrada en la ampliación de una institución educativa, con tiempo determinado de duración de 60 días. Los primeros 30 días sirven como punto basal, y al término de estos se aplican los instrumentos de recolección de datos, constituyéndose como una preprueba. Los siguientes 30 días son los que reciben el tratamiento cuasiexperimental, a saber, la aplicación del software PlanGrid, tras los cuales se vuelve a medir con los instrumentos de recolección de datos, lo que constituye la postprueba. Ambos valores servirán para el cálculo inferencial.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población, según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018, p. 195), “es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. En este sentido, la población del presente estudio estuvo conformada por las edificaciones de un

piso tipo módulo de tres aulas en el distrito de San Bartolo, en Lima, siendo esta indeterminada o infinita, que, según los autores mencionados, se refieren a las poblaciones cuyo número es mayor a 10.000 o no puede ser determinado por ser de difícil acceso.

2.2.2. Muestra

En ese sentido, Arispe et al., (2012) la definen “...como ese subgrupo de casos de una población en el cual se recolectan los datos” (p. 74). Estos autores consideran que la muestra no probabilística está confirmada por “los elementos no son seleccionados por probabilidades si no por características, como el criterio del investigador” (p. 74) y afirman que un tipo de muestreo empleado en este tipo de caso es el intencional que se fundamenta en el criterio del investigador. De acuerdo a lo anterior la muestra de este estudio fue no probabilística de tipo intencional, la misma estuvo constituida específicamente por la construcción del primer piso del módulo A de la Institución Educativa Virgen Inmaculada, el cual cuenta con 3 aulas, con las dimensiones mínimas para brindar *confort* a los estudiantes, donde se tomaron los datos recolectados en los 60 días para los costos, plazos, eficiencia y eficacia. Es decir, se realizó el análisis del costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia de la ejecución del proyecto de un piso y tres aulas, abarcando las etapas de construcción de obras preliminares (cercado provisional, oficinas, movilización de equipos, entre otros), estructuras (demolición de estructura existente, movimiento de tierras, obras de concreto simple y concreto armado, entre otros) arquitectura (muros y tabiques de albañilería, pisos y veredas, carpintería de madera, entre otros), instalaciones eléctricas (salidas, tuberías y accesorios, tableros eléctricos, entre otros) e instalaciones sanitarias (tubería de desagüe, entre otros).

2.3. Técnicas, instrumentos y método

2.3.1. Técnicas

En este sentido, Arias (2012) describe que la observación directa consiste en capturar a través de la vista, en forma ordenada, cualquier evento o escenario que se suceda en una situación determinada, en concordancia a los propósitos de la investigación. La revisión documental, para este autor, es aquella donde se recolecta toda la información existente y necesaria para cumplir con los objetivos de la investigación, la cual permite al investigador obtener los resultados de su investigación.

Las técnicas de recolección de datos que se utilizaron para esta investigación son por un lado la observación directa, ya que se realizaron inspecciones para la medición de los plazos (tiempo de construcción) en la obra antes y después de implementar el software PlanGrid; y por el otro el análisis documental, la cual consistió en el análisis del presupuesto de la obra antes y después de la implementar el software, además del análisis de los documentos técnicos del software PlanGrid necesario para su implementación.

2.3.2. Instrumentos

Según Tamayo (2003), la ficha de registro posee los aspectos del evento que se reflexionan fundamentales y dos aspectos distintos, una representación y un contenido. En relación con los instrumentos de recolección de datos que se emplearon para la presente investigación, se puede mencionar la ficha de registro de costos directos (ver anexo 1) y la ficha de registro de clasificación de plazos de trabajo (ver anexo 2). No se elaboraron instrumentos de recolección de datos para las variables eficiencia y la eficacia en tanto que los mismos son obtenidos por medio de fórmulas en las que se utilizan los datos recabados en las variables costo directo y plazo.

2.3.2.1. Confiabilidad

De acuerdo con Arias (2012), una prueba piloto es un estudio que se lleva a cabo para probar la aplicabilidad real de un instrumento de recolección de datos u otro tipo de instrumento o herramienta de trabajo, realizándose con una muestra diferenciada de la muestra principal del estudio, pero que comparta la mayoría de sus características, para garantizar su representatividad. Para la obtención de la confiabilidad, en ambos instrumentos de recolección de datos se realizó una prueba piloto de los mismos. Así pues, para la presente investigación se realizó una prueba piloto con 7 días de trabajo en la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo.

Tras la realización de la prueba piloto, se calculó el coeficiente de confiabilidad, por medio del estadístico alfa de Cronbach, que permite valorar el grado en que un instrumento de recolección de datos ofrece resultados similares en situaciones evaluativas similares. Este estadístico permite obtener valores entre 0 y 1, siendo más confiable el instrumento que se acerque más a 1 (Hernández et al., 2014). Para este trabajo de investigación, se utilizó la guía de interpretación de Palella y Martins (2012), a saber:

No confiable: 0 – 0,24.

Confiabilidad baja: 0,25 – 0,49.

Confiabilidad moderada: 0,5 – 0,74.

Confiabilidad fuerte: 0,75 – 0,9.

Confiabilidad alta: 0,9 – 1.

Por último, según Reidl-Martínez (2013), la fórmula para calcular el coeficiente Alfa de Cronbach es la siguiente:

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right]$$

Donde:

α = coeficiente de confiabilidad.

S_i^2 = varianza del ítem i.

S_t^2 = varianza de los valores totales observados.

k = número de preguntas o ítems.

En ese sentido, a continuación, se presenta la Tabla 1 y 2, con los resultados de la aplicación del coeficiente alfa de Cronbach a los dos instrumentos de recolección de datos de la presente investigación, referidos a las variables plazo de construcción y costo directo de construcción, por lo ya explicado en la sección anterior.

Tabla 1.

Confiabilidad del instrumento de plazo de construcción

	Alfa de Cronbach	Ítems
Plazo de construcción	0,805	6

Tabla 2.

Confiabilidad del instrumento de costo directo de construcción

	Alfa de Cronbach	Ítems
Costo directo de construcción	0,826	4

Como se puede observar, tanto en la Tabla 1 como en la Tabla 2 los resultados son superiores a ,800, valor que se considera provee a un instrumento de recolección de datos de una confiabilidad fuerte, como lo indican Palella y Martins (2012), entendiendo que esta categorización se le ofrece a todo instrumento que obtenga un coeficiente de confiabilidad entre ,750 y ,900. Lo anterior quiere decir que tanto el instrumento de plazo de construcción como el instrumento de costo directo de construcción demostraron ser confiables en un nivel fuerte para su aplicación en la presente investigación u otros estudios que quieran explorar las variables costos, plazo, eficiencia y eficacia.

2.3.3. Método

Lo primero que se realizó fue una revisión de la literatura técnica relacionada con el software para conocer cuáles son las funciones principales de este y así poder realizar la identificación de la información relacionada con la obra que puede ser subida a la nube para ser visualizada a través del software.

En este sentido, se realizó la recopilación de todos los costos directos de construcción de la obra antes de la aplicación del PlanGrid, abarcando las diferentes etapas del proceso constructivo en los primeros 30 días, a saber: estructuras (61% de avance), movimiento de tierras (100% de avance), concreto simple (100% de avance), obra de concreto armado (57% de avance) y arquitectura (78% de avance) y los datos de los 30 días posteriores a la aplicación del software antes mencionado estuvieron conformado por: estructuras (39% de avance), obra de concreto armado (43% de avance), arquitectura (22% de avance), instalaciones eléctricas (100% de avance) e instalaciones sanitarias (100% de avance).

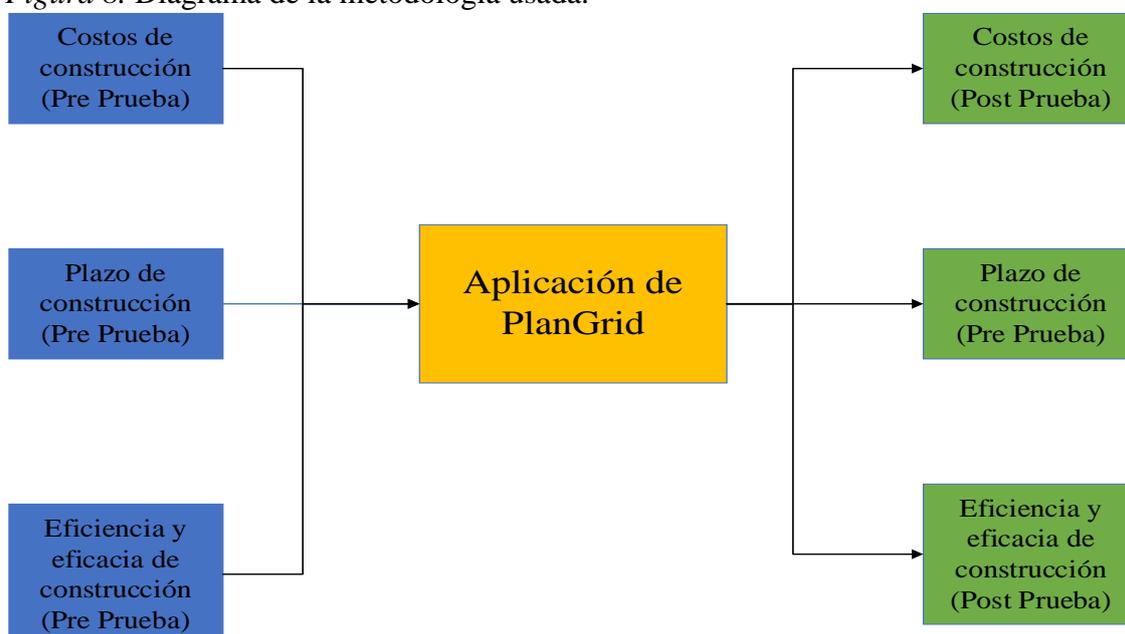
En lo referido a los plazos, se realizó la medida de los plazos en la obra antes y después del uso del software. Esta se relacionó con el tiempo de construcción de la obra, específicamente, con la ejecución de protocolos establecidos para el proceso constructivo. De la misma manera, se valoró y estudió esta variable, por ser necesario para la determinación cómo era influenciada por la aplicación del software PlanGrid.

Luego de lo anterior, se procesó y analizó toda la información obtenida de la recolección de datos, mediante la utilización del instrumento y herramientas de análisis, lo que permitió conocer factores de importancia en el proceso constructivo tales como tiempo de operaciones de cada actividad, es decir, los tiempos productivos, los tiempos contributivos y los tiempos no contributivos, que indiquen si existe algún tipo de inconveniente que origine deficiencias o no.

Una vez identificadas las actividades, se determinaron las variables eficiencia y eficacia, para lo cual se emplearon los datos de las variables costo y plazo, así como la ecuación de eficiencia (Ecuación 1) y la ecuación de eficacia (Ecuación 2). Posteriormente, estos resultados permitieron la realización de un adecuado análisis estadístico para comprobar la hipótesis general y específica, a fin de conocer si la aplicación del software PlanGrid influye en las variables estudiadas.

A continuación, se presenta la Figura 8, con el diagrama de la metodología usada.

Figura 8. Diagrama de la metodología usada.



Fuente: Elaboración propia.

2.4. Análisis de datos

Según Palella y Martins (2012) mencionan que luego de recoger los datos generados de las variables estudiadas, se debe realizar su análisis estadístico, lo que permitió interpretar sobre las características y significancia de la información suministrada de la medición. En este caso, por manejarse un gran cantidad de datos numéricos, se adopta diversos métodos estadísticos para su análisis.

Ahora bien, el análisis de datos se realizó empleando del software SPSS V25 para el tratamiento estadístico descriptivo e inferencial de los datos. Para los datos de los costos

plazos, eficiencia y eficacia en la construcción por metro cuadrado, se utilizó el método analítico, aplicando análisis de las estadísticas descriptiva.

Por otro lado, para determinar la influencia de los costos plazos, eficiencia y eficacia partir de la aplicación del PlanGrid se aplicó el análisis inferencial, donde en primer lugar se efectuó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para observar la existencia o no de una distribución normal de los datos. Posteriormente, se realizó la contrastación de hipótesis, aplicando la t de Student o la prueba no paramétrica, según corresponda. En ambos casos, el nivel de significancia de aceptación de las hipótesis fue menor a ,05.

Una vez aplicadas las técnicas de recolección de datos en la presente investigación, los resultados se desarrollaron a través de las herramientas estadísticas, por medio de un sistema de tabulación. En este sistema, los datos se agruparon por categorías relacionadas con las variables estudiadas. En cuanto a la representación gráfica, se aplicó por medio de gráficos de barra, los cuales permiten el procesamiento de estos para un mejor análisis e interpretación de estos.

2.5. Aspectos éticos

Según Arispe et al., (2020, p. 92) “los aspectos éticos son considerados, tanto por el tema y diseño de investigación, así como los resultados sean obtenidos lo más éticamente posible”.

Los datos fueron recolectados de fuentes oficiales y de la empresa constructora, y por ende se aseguró su integridad, a fin de que las variables resultantes reflejen, verazmente, el comportamiento de las variables. De igual forma, se respetó la propiedad intelectual de los autores usados como fundamento, aplicando las normas establecidas en cuanto al sistema de referencia, especificadas en el manual APA 7ma edición, según parámetros de la Universidad Privada del Norte.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Medición de los parámetros antes de la aplicación del software PlanGrid

Para el presente estudio, se seleccionaron todas las etapas de la obra. Las características estructurales han sido planteadas para el diseño del módulo educativo, en función a la zonificación sísmica del Perú, perteneciéndole a la región de Lima (Zona 4), y para el dimensionamiento de elementos estructurales se ha tenido en cuenta el área tributaria, la consideración de carga muerta, carga viva donde se considera la sobrecarga, y la fuerza de sismo. Para esto se considera el esquema arquitectónico variando en lo más mínimo la propuesta de diseño arquitectónico. Para la elección del sistema de infraestructura o cimentación, se ha considerado realizar el estudio de suelos respectivo, y con los resultados de capacidad portantes y características de este se han tomado las mejores consideraciones para zapatas y cimientos reforzados.

De acuerdo con la memoria descriptiva general, la propuesta arquitectónica asume en su integridad el enfoque y concepción de mejorar y adecuar la infraestructura educativa para lograr una educación básica de calidad, accesible a todos los adolescentes, jóvenes de menores recursos.

Esta etapa del proyecto consiste en diseñar aulas, servicios higiénicos y ambientes complementarios, acordes a las normas del Ministerio de Educación y el Reglamento Nacional de Edificaciones. Se ha tenido en cuenta el máximo aprovechamiento del espacio destinado a educación, lo mismo que las formas y técnicas que responden al clima, conservando el contexto formal.

Se consideró el siguiente tipo de acabados:

- Cobertura: losa aligerada en techos con acabados.

- Columnas y vigas: tarrajeadas y pintadas.
- Muros: ladrillo de arcilla de soga con columnetas y viguetas de concreto armado, tarrajado y pintado.
- Pisos: de cerámico antideslizante.
- Carpintería de madera: puertas de madera y ventanas metálicas.
- Zócalos: cerámico.
- Veredas: concreto pulido.

En relación con las instalaciones eléctricas, el proyecto comprende el diseño de las redes interiores (alimentadores a los tableros de distribución) y la iluminación de las zonas exteriores (luz de emergencia) en los ambientes que comprenden la infraestructura.

El proyecto se ha desarrollado en base a los planos de arquitectura respectivos y a los requerimientos de energía eléctrica manifiesta en ellos.

El proyecto está compuesto por una red de alimentación a los tableros de distribución. Esta red se inicia desde la acometida del concesionario (caja de medidor) hasta el Tablero General (TG) y desde este va a los diferentes sub-tableros de distribución de los módulos.

En este contexto, la presente investigación pretende observar si la aplicación del software PlanGrid mejora los costos, los plazos, la eficiencia y la eficacia en el proyecto de ampliación de la institución educativa “Virgen Inmaculada”. Para evaluar las variables de eficiencia y eficacia para la obra se emplearon las variables de costos directos y plazos de construcción. Así pues, se procedió a realizar la medición de la variación del costo directo de obra para los 60 días de operaciones en el proceso constructivo mencionado. Asimismo, el costo directo diario promedio por operador fue de S/ 71,80 y por peón fue de S/ 50,80.

En la Tabla 3 se presenta el resumen del costo directo de las diferentes etapas de la obra estudiada, sin tomar en cuenta el Impuesto General a las Ventas (IGV), los gastos generales (GG) y la utilidad.

Tabla 3.

Registro de costos directos presupuestados de las actividades del proyecto constructivo.

Descripción de la actividad	Costo directo total (60 días)	Costos directos promedio (S/día)
Estructuras		
Trabajos preliminares	6675,64	111,26
Movimiento de tierras	15974,83	266,25
Concreto simple	10144,22	169,07
Obras de concreto armado	128154,30	2135,91
Arquitectura		
Muros y tabiques de albañilería	5734,47	95,57
Revoques y enlucidos	5848,23	97,47
Cielos rasos	8710,38	145,17
Pisos y veredas	9603,12	160,05
Zócalos y contrazócalos	3714,80	61,91
Carpintería de madera	17213,86	286,90
Cerrajería	956,22	15,94
Vidrios cristales y similares	10337,60	172,29
Pintura	9743,85	162,40
Varios	1885,05	31,42
Instalaciones eléctricas		
Salidas	2203,48	36,72
Conductores eléctricos	369,18	6,15
Tuberías y accesorios	1117,01	18,62
Tomacorrientes	187,83	3,13
Interruptores	53,00	0,88
Tableros eléctricos	443,36	7,39
Puesta a tierra	577,51	9,63
Artefactos de iluminación	3821,16	63,69
Instalaciones sanitarias		
Movimiento de tierras	625,03	10,42
Tuberías	781,96	13,03
Cajas	457,16	7,62
Total	245333,25	4.088,89

A partir del presupuesto, se realizó la medición de los costos directos por día de actividad, los cuales se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4.

Costos directos diarios por día de actividad antes de la aplicación software PlanGrid

Días de actividad	Costos directos diarios antes de PlanGrid (S/)
1	4.750,00
2	5.192,00
3	4.865,00
4	4.793,00
5	5.093,00
6	5.095,00
7	5.097,00
8	4.752,00
9	5.051,00
10	4.899,00

11	4.947,00
12	4.788,00
13	5.040,00
14	4.915,00
15	5.188,00
16	5.083,00
17	5.118,00
18	4.936,00
19	5.109,00
20	5.006,00
21	4.889,00
22	4.993,00
23	5.028,00
24	4.929,00
25	4.818,00
26	5.095,00
27	5.204,00
28	5.161,00
29	4.971,00
30	4.939,00
Total	149.734,00
Promedio	4.991,13

A continuación, en la Tabla 5 se presentan los estadísticos descriptivos de los costos directos antes de la aplicación de software PlanGrid en el proyecto de ampliación de la Institución Educativa “Virgen Inmaculada” en el distrito de San Bartolo.

Tabla 5.
Estadísticos descriptivos de los costos directos antes de la aplicación del PlanGrid

Descripción	Estadístico	Error estándar
Media	4991,1333	24,51318
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4940,9983
	Límite superior	5041,2684
Media recortada al 5%	4992,8889	
Mediana	4999,5000	
Varianza	18026,878	
Desviación estándar	134,26421	
Mínimo	4750,00	
Máximo	5204,00	
Rango	454,00	
Rango intercuartil	206,50	
Asimetría	-,224	,427
Curtosis	-,941	,833

Fuente: SPSS

Como se puede observar, la media de los costos directos antes de la aplicación del software, arrojó un valor de S/. 4991,13; teniendo una variación de S/. 134,26. Por otro lado, la mitad de los datos analizados muestran un valor por debajo de S/. 4999,50; mientras que el rango de los costos directos por día fue de S/. 454,00. Así pues, los valores mínimo y máximo se encuentran entre S/. 4750,00 y S/. 5204,00. También se observa que la distribución de los costos directos analizados es de asimetría negativa (-,224), lo que indica que existen más valores por debajo del valor medio obtenido; es decir, existe un alargamiento de la distribución en dirección a los valores por debajo de la media y de curtosis platicúrtica (-,941) ya que existen pocos valores cerca del valor promedio obtenido. Finalmente, el valor del intervalo de confianza obtenido para un 95% arrojó un valor inferior de S/. 4940,9983 y valor mayor de S/. 5041,2684, lo que quiere decir que la media obtenida se encuentra dentro de este rango.

Para el mismo proceso, se realizó la medición de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos por parte de la mano de obra del proyecto antes de la aplicación del software. Los mismos se pueden observar en la Tabla 6.

Tabla 6.

Tiempo de operaciones de la mano del proyecto antes de la aplicación software PlanGrid

Muestra	Productivo (min.)	Contributivo (Min.)	No contributivo (Min.)
1	363,00	221,00	142,00
2	395,00	251,00	144,00
3	373,00	171,00	202,00
4	394,00	221,00	173,00
5	353,00	217,00	136,00
6	351,00	222,00	129,00
7	393,00	216,00	177,00
8	414,00	243,00	171,00
9	345,00	191,00	154,00
10	359,00	178,00	181,00
11	361,00	224,00	137,00
12	333,00	131,00	202,00
13	392,00	174,00	218,00
14	412,00	190,00	222,00
15	358,00	141,00	217,00
16	401,00	274,00	127,00
17	393,00	229,00	164,00
18	380,00	156,00	224,00

19	395,00	236,00	159,00
20	351,00	221,00	130,00
21	383,00	214,00	169,00
22	387,00	191,00	196,00
23	334,00	211,00	123,00
24	373,00	212,00	161,00
25	401,00	220,00	181,00
26	346,00	225,00	121,00
27	376,00	132,00	244,00
28	350,00	236,00	114,00
29	373,00	240,00	133,00
30	331,00	178,00	153,00
Promedio	372,33	205,53	166,80

Cabe mencionar que la jornada laboral para la construcción de la ampliación de la I.E. “Virgen Inmaculada” en el distrito de San Bartolo, fue de 8 horas por día, es decir 480 minutos.

A continuación, en la Tabla 7 se presentan los estadísticos descriptivos de los plazos de tiempo antes de la aplicación de software PlanGrid en el proyecto de ampliación de la I.E “Virgen Inmaculada”.

Tabla 7.
Estadísticos descriptivos de los costos directos antes de la aplicación del PlanGrid

Descripción	Productivo (min.)		Contributivo (Min.)		No contributivo (Min.)		
	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	
Media	372,3333	4,37347	205,5333	6,43298	166,8000	6,52676	
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	363,3886	192,3764		153,4513		
	Límite superior	381,2781	218,6903		180,1487		
Media recortada al 5%		372,3148	206,2778		165,6852		
Mediana		373,0000	216,5000		162,5000		
Varianza		573,816	1241,499		1277,959		
Desviación estándar		23,95446	35,23491		35,74855		
Mínimo		331,00	131,00		114,00		
Máximo		414,00	274,00		244,00		
Rango		83,00	143,00		130,00		
Rango intercuartil		42,25	48,00		62,25		
Asimetría		-,071	,427	-,602	,427	,465	,427
Curtosis		-1,073	,833	-,051	,833	-,777	,833

Como se puede observar, la media de los tiempos productivo, contributivo y no contributivo antes de la aplicación del software, arrojó un valor de 372,33 min, 205,53 min, y 166,8000 min, respectivamente; teniendo una variación de 23,95 min, 35,23 min y 35,75 min respectivamente. Por otro lado, la mitad de los datos analizados muestran un valor por debajo de 373,00 min, para los tiempos productivos, 216,50 min, para los tiempos contributivos, y 162,50 min, para los tiempos no contributivos. También se observa que la distribución de los tiempos productivos (-,071) y contributivos (-,602) analizados es de asimetría negativa, lo que indica que existe un alargamiento de la distribución en dirección a los valores por debajo de la media. En el caso de los tiempos no contributivos (,465), la asimetría es positiva, indicando que el alargamiento de la distribución se ubica hacia valores mayores de su media. La curtosis de todos los datos es platicúrtica (-1,073, -,051 y -,777, respectivamente), ya que existen pocos valores cerca del valor promedio obtenido. Finalmente, el valor del intervalo de confianza obtenido para un 95% para los tres casos demostró que las medias obtenidas se encuentran dentro de estos rangos.

Ahora bien, para evaluar las variables eficiencia y eficacia, se tomaron los costos directos de construcción y plazo de construcción para los primeros 30 días de la ejecución del proyecto constructivo, y se incorporaron a las ecuaciones 1 (eficiencia) y 2 (eficacia), empleando como componentes para las ecuaciones el tiempo productivo (tiempo útil) y el metraje (unidades producidas) alcanzado por día en la arquitectura en las diferentes actividades. Estos resultados se pueden evidenciar en la Tabla 8.

Tabla 8.

Eficiencia y eficacia antes de la aplicación del software PlanGrid

Muestras	Eficiencia (%)	Eficacia
1	76	0,84
2	82	0,64
3	78	0,73
4	82	0,32
5	74	0,79
6	73	0,82

7	82	0,33
8	86	0,52
9	72	0,81
10	75	0,64
11	75	0,77
12	69	0,63
13	82	0,55
14	86	0,49
15	75	0,55
16	84	0,54
17	82	0,61
18	79	0,53
19	82	0,45
20	73	0,56
21	80	0,67
22	81	0,64
23	70	0,60
24	78	0,57
25	84	0,58
26	72	0,73
27	78	0,53
28	73	0,51
29	78	0,56
30	69	0,61
Promedio	78	0,60

3.2. Medición de los parámetros después de la aplicación del software PlanGrid

Una vez aplicado el software PlanGrid, se realizó la medición de los costos directos, sin tomar en cuenta el IGV, los GG y la utilidad por día de actividad, los cuales se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9.

Costos directos diarios por día de actividad después de la aplicación software PlanGrid

Días	Costos directos diarios después de PlanGrid (S/)
1	2780,00
2	2711,00
3	2781,00
4	2791,00
5	2828,00
6	2771,00
7	2732,00
8	2833,00
9	2854,00
10	2898,00
11	2787,00
12	2678,00
13	2714,00
14	2964,00
15	2881,00
16	2797,00
17	2769,00
18	2389,00
19	2715,00
20	2892,00

21	2717,00
22	2796,00
23	2631,00
24	2772,00
25	2468,00
26	2935,00
27	2902,00
28	2827,00
29	2803,00
30	2710,00
Total	83.126,00
Promedio	2.770,87

A continuación, en la Tabla 10 se presentan los estadísticos descriptivos de los costos directos después de la aplicación de software PlanGrid en el proyecto de ampliación de la I.E “Virgen Inmaculada”.

Tabla 10.
Estadísticos descriptivos de los costos directos después de la aplicación del PlanGrid

Descripción	Estadístico	Error estándar
Media	2770,8667	22,19520
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	2725,4724 2816,2610
Media recortada al 5%	2780,4259	
Mediana	2784,0000	
Varianza	14778,809	
Desviación estándar	121,56813	
Mínimo	2389,00	
Máximo	2964,00	
Rango	575,00	
Rango intercuartil	123,50	
Asimetría	-1,392	,427
Curtosis	3,133	,833

Fuente: SPSS

Como se puede observar, la media de los costos directos después de la aplicación del software arrojó un valor de S/. 2770,87; teniendo una variación de S/. 121,57. Por otro lado, la mitad de los datos analizados muestran un valor por debajo de S/. 2784,00; mientras que el rango de los costos directos por día fue de S/. 575,00; los valores mínimo y máximo se encuentran entre S/. 2389,00 y S/. 2964,00. También se observa que la distribución de los costos directos analizados es de asimetría negativa (-1,392), lo que

indica que existen más valores por debajo del valor medio obtenido; es decir, existe un alargamiento de la distribución en dirección a los valores por debajo de la media y de curtosis leptocúrtica (3,133), ya que existen muchos valores cerca del valor promedio obtenido. Finalmente, el valor del intervalo de confianza obtenido para un 95% arrojó un valor inferior de S/. 2725,4724 y valor mayor de S/. 2816,2610, lo que quiere decir que la media obtenida se encuentra dentro de este rango. Seguidamente, en la Tabla 11 se presentan los plazos de tiempo de duración de cada una de las actividades evaluadas en el proyecto de ampliación de la I.E. “Virgen Inmaculada”.

Tabla 11.

Plazo de tiempo de las diferentes actividades del proyecto.

Descripción de la actividad	Duración (Días)
Estructuras	47
Trabajos preliminares	10
Movimiento de tierras	11
Concreto simple	4
Obras de concreto armado	45
Arquitectura	26
Muros y tabiques de albañilería	6
Revoques y enlucidos	4
Cielos rasos	2
Pisos y veredas	4
Zócalos y contrazócalos	1
Carpintería de madera	1
Cerrajería	1
Vidrios cristales y similares	1
Pintura	4
Varios	3
Instalaciones eléctricas	11
Salidas	1
Conductores eléctricos	1
Tuberías y accesorios	1
Tomacorrientes	1
Interruptores	1
Tableros eléctricos	2
Puesta a tierra	4
Artefactos de iluminación	1
Instalaciones sanitarias	42
Movimiento de tierras	5
Tuberías	1
Cajas	36

Como se puede apreciar, la actividad con mayor cantidad de días analizada fue la de las actividades relacionadas con las estructuras, con una duración de 47 días, seguida

de las actividades de instalaciones sanitarias, con una duración de 42 días, mientras que las actividades de arquitectura e instalaciones eléctricas fueron la que tuvieron menos duración, con un total de 26 y 11 días, respectivamente. Es preciso indicar que las actividades de instalaciones eléctricas y sanitarias culminaron en el día 60 del lapso establecido para la finalización del proyecto constructivo analizado. Para el mismo proceso, se realizó la medición de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos por parte de la mano de obra del proyecto después de la aplicación del software. Los mismos se puede observar en la Tabla 12.

Tabla 12.

Tiempo de operaciones de la mano del proyecto después de la aplicación software PlanGrid.

Muestra	Productivo (Min.)	Contributivo (Min.)	No contributivo (Min.)
1	416,00	344,00	72,00
2	415,00	331,00	84,00
3	398,00	278,00	120,00
4	400,00	276,00	124,00
5	419,00	305,00	114,00
6	400,00	318,00	82,00
7	405,00	337,00	68,00
8	419,00	256,00	163,00
9	415,00	343,00	72,00
10	369,00	257,00	112,00
11	375,00	247,00	128,00
12	407,00	268,00	139,00
13	406,00	334,00	72,00
14	396,00	313,00	83,00
15	418,00	362,00	56,00
16	363,00	317,00	46,00
17	363,00	245,00	118,00
18	394,00	301,00	93,00
19	420,00	365,00	55,00
20	393,00	234,00	159,00
21	422,00	267,00	155,00
22	401,00	311,00	90,00
23	389,00	319,00	70,00
24	369,00	287,00	82,00
25	421,00	298,00	123,00
26	385,00	302,00	83,00
27	354,00	268,00	86,00
28	412,00	312,00	100,00
29	386,00	290,00	96,00
30	398,00	300,00	98,00
Promedio	397,60	299,50	98,10

A continuación, en la Tabla 13, se presentan los estadísticos descriptivos de los plazos de tiempo después de la aplicación de software PlanGrid en el proyecto de ampliación de la I.E “Virgen Inmaculada”.

Tabla 13.

Estadísticos descriptivos de los plazos después de la aplicación del PlanGrid

Descripción	Productivo (min.)		Contributivo (Min.)		No contributivo (Min.)		
	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar	
Media	397,6000	3,58977	299,50000	6,362200	98,1000	5,656925	
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	390,2581 404,9419	286,48784 312,51216		86,5303 109,6697		
Media recortada al 5%		398,5185	299,35185		97,2963		
Mediana		400,0000	301,50000		91,5000		
Varianza		386,593	1214,328		960,024		
Desviación estándar		19,66197	34,847203		30,98426		
Mínimo		354,00	234,000		46,00		
Máximo		422,00	365,000		163,00		
Rango		68,00	131,000		117,00		
Rango intercuartil		29,50	54,000		48,75		
Asimetría		-,681	,427	-,020	,427	,518	,427
Curtosis		-,504	,833	-,711	,833	-,392	,833

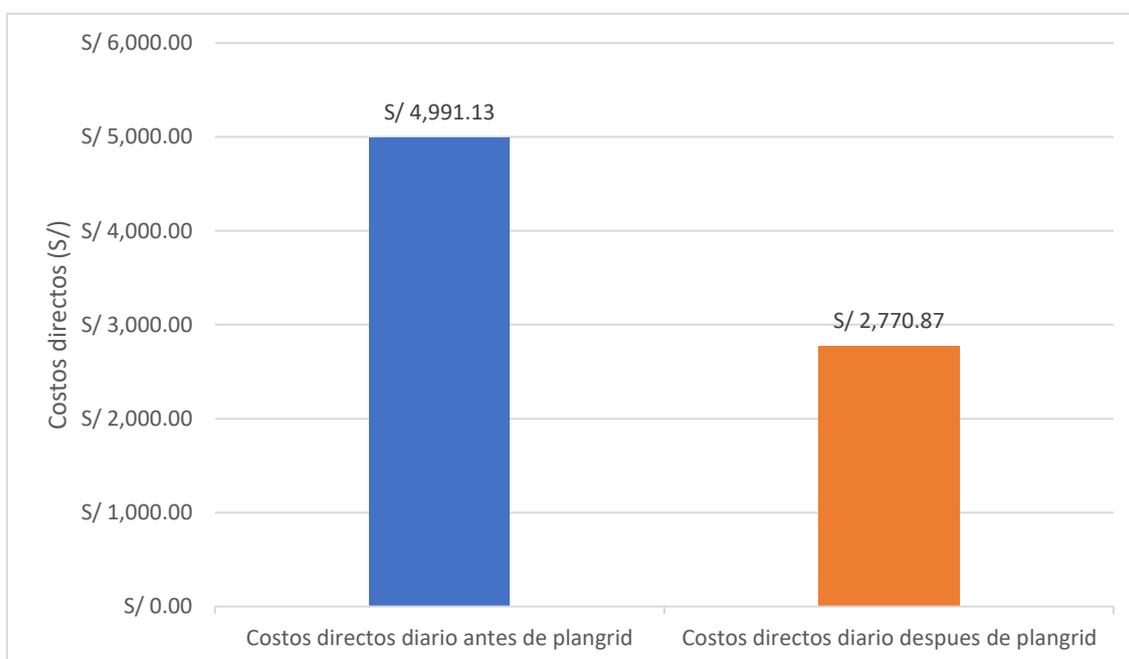
Fuente: SPSS.

Como se puede observar, la media de los tiempos productivo, contributivo y no contributivo después de la aplicación del software, arrojó un valor de 397,60 min, 299,50 min y 98,10 min, respectivamente; teniendo una variación de 19,66 min, 34,85 min y 30,98 min, respectivamente. Por otro lado, la mitad de los datos analizados muestran un valor por debajo de 400,00 min, para los tiempos productivos, 301,50 min, para los tiempos contributivos, y 91,50 min, para los tiempos no contributivos. También se observa que la distribución de los tiempos productivos (-,681) y contributivo (-,020) analizados tienen una asimetría negativa, lo que indica que existe un alargamiento de la distribución en dirección a los valores por debajo de la media. En el caso de los tiempos no contributivos (,518), la asimetría es positiva, indicando que el alargamiento de la

distribución se ubica hacia valores mayores de su media. La curtosis para los tiempos productivos, contributivo y no contributivo es platicúrtica (-,504, -,711 y -,392, respectivamente), ya que existen pocos valores cerca del valor promedio obtenido. Finalmente, el valor del intervalo de confianza obtenido para un 95%, para los tres casos, demostró que las medias obtenidas se encuentran dentro de estos rangos.

Seguidamente, en la Figura 9 se presentan los costos directos promedio antes y después de la aplicación del software PlanGrid.

Figura 9. Comparación de los costos directos promedio

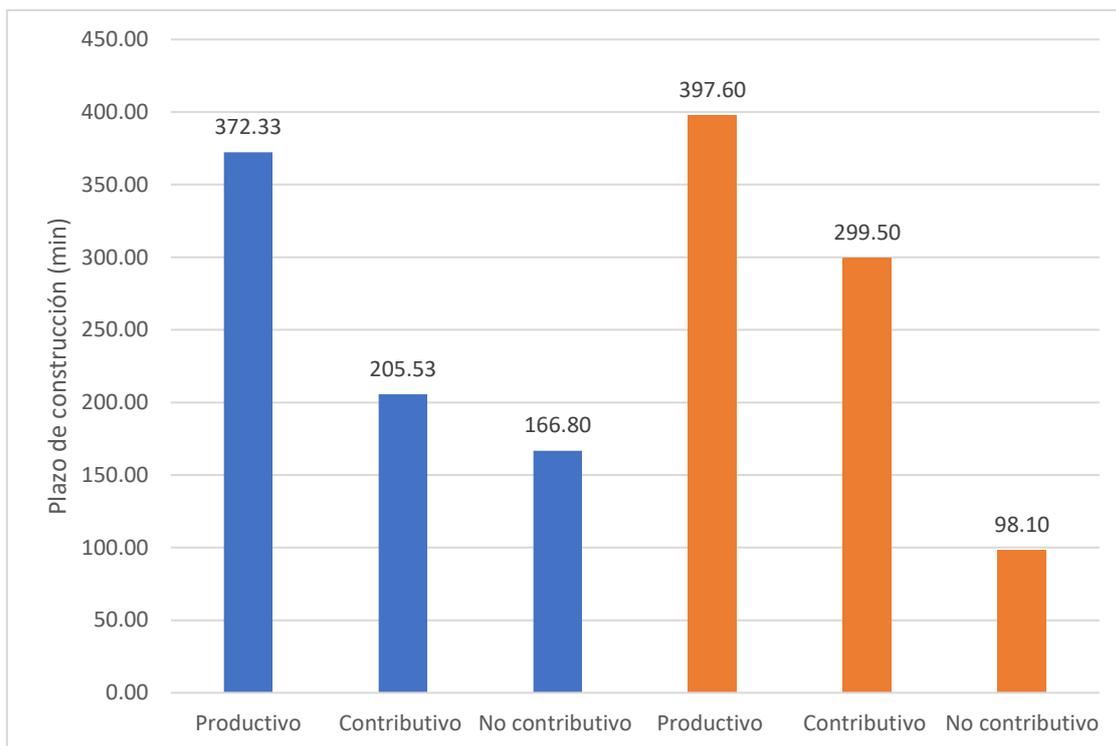


Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, se obtuvo una reducción en los costos directos promedio, ya que antes de la aplicación del PlanGrid tuvo un valor de S/. 4.991,13 por día y después de la aplicación del software se alcanzó un valor de S/ 2.770,87 por día.

Asimismo, en la Figura 10 se presentan los plazos de construcción promedio antes y después de la aplicación del software PlanGrid.

Figura 10. Comparación de los plazos de construcción promedio.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, se obtuvo un aumento en los plazos de construcción promedio, ya que antes de la aplicación del PlanGrid se tuvo un tiempo productivo de 372,33 min por día, un tiempo contributivo de 205,53 min por día y un tiempo no contributivo de 166,80 min por día, y después de la aplicación del software se alcanzó un tiempo productivo de 397,60 min por día, un tiempo contributivo de 299,50 min por día y el tiempo no contributivo se redujo a 98,10 min por día.

Ahora bien, para evaluar las variables eficiencia y eficacia, se tomaron en consideración las variables costos directos de construcción y plazo de construcción en los siguientes 30 días (después de la aplicación del software PlanGrid) de la ejecución del proyecto constructivo, sobre los cuales se realizó el cálculo empleando las ecuaciones 1 (eficiencia) y 2 (eficacia), empleando como componentes para las ecuaciones el tiempo

productivo (tiempo útil) y el metraje (unidades producidas) alcanzado por día en las diferentes actividades. Estos resultados se pueden evidenciar en la Tabla 14.

Tabla 14.

Eficiencia y eficacia después de la aplicación del software PlanGrid

Muestras	Eficiencia	Eficacia
1	87%	0,90
2	86%	0,93
3	83%	1,02
4	83%	0,89
5	87%	1,02
6	83%	1,08
7	84%	1,04
8	87%	0,95
9	86%	1,00
10	77%	1,15
11	78%	1,07
12	85%	1,01
13	85%	1,02
14	83%	1,05
15	87%	0,89
16	76%	1,12
17	76%	1,07
18	82%	1,00
19	88%	0,87
20	82%	0,96
21	88%	1,00
22	84%	0,99
23	81%	1,04
24	77%	1,01
25	88%	0,92
26	80%	0,96
27	74%	1,02
28	86%	0,98
29	80%	1,07
30	83%	0,99
Promedio	83%	1,00

Ahora bien, para realizar el contraste de la hipótesis general de la presente investigación, se comparan los datos de los costos antes y después de la aplicación del PlanGrid, los cuales se muestra en la Tabla 15. Esto es así, porque es un requisito para la aplicación de la fórmula de eficiencia y eficacia.

Tabla 15.

Resumen de los costos directos antes y después de la aplicación del PlanGrid

Nro. De datos	Costos directos diarios antes de PlanGrid (S/)	Costos directos diarios después de PlanGrid (S/)
1	4.750,00	2780,00
2	5.192,00	2711,00
3	4.865,00	2781,00
4	4.793,00	2791,00
5	5.093,00	2828,00
6	5.095,00	2771,00

7	5.097,00	2732,00
8	4.752,00	2833,00
9	5.051,00	2854,00
10	4.899,00	2898,00
11	4.947,00	2787,00
12	4.788,00	2678,00
13	5.040,00	2714,00
14	4.915,00	2964,00
15	5.188,00	2881,00
16	5.083,00	2797,00
17	5.118,00	2769,00
18	4.936,00	2389,00
19	5.109,00	2715,00
20	5.006,00	2892,00
21	4.889,00	2717,00
22	4.993,00	2796,00
23	5.028,00	2631,00
24	4.929,00	2772,00
25	4.818,00	2468,00
26	5.095,00	2935,00
27	5.204,00	2902,00
28	5.161,00	2827,00
29	4.971,00	2803,00
30	4.939,00	2710,00

Asimismo, se compararon los datos de los tiempos productivos, contributivo y no contributivo antes y después de la aplicación del PlanGrid, los cuales se muestran en la Tabla 16. De la misma forma, esto conforma uno de los pasos previos para entender la variabilidad de resultados antes y después del PlanGrid en lo referido a eficiencia y eficacia.

Tabla 16.

Resumen de los plazos de construcción antes y después de la aplicación del PlanGrid

Muestra	Antes			Después		
	Productivo (min.)	Contributivo (Min.)	No contributivo (Min.)	Productivo (Min.)	Contributivo (Min.)	No contributivo (Min.)
1	363,00	221,00	142,00	416,00	344,00	72,00
2	395,00	251,00	144,00	415,00	331,00	84,00
3	373,00	171,00	202,00	398,00	278,00	120,00
4	394,00	221,00	173,00	400,00	276,00	124,00
5	353,00	217,00	136,00	419,00	305,00	114,00
6	351,00	222,00	129,00	400,00	318,00	82,00
7	393,00	216,00	177,00	405,00	337,00	68,00
8	414,00	243,00	171,00	419,00	256,00	163,00
9	345,00	191,00	154,00	415,00	343,00	72,00
10	359,00	178,00	181,00	369,00	257,00	112,00
11	361,00	224,00	137,00	375,00	247,00	128,00
12	333,00	131,00	202,00	407,00	268,00	139,00
13	392,00	174,00	218,00	406,00	334,00	72,00
14	412,00	190,00	222,00	396,00	313,00	83,00
15	358,00	141,00	217,00	418,00	362,00	56,00

16	401,00	274,00	127,00	363,00	317,00	46,00
17	393,00	229,00	164,00	363,00	245,00	118,00
18	380,00	156,00	224,00	394,00	301,00	93,00
19	395,00	236,00	159,00	420,00	365,00	55,00
20	351,00	221,00	130,00	393,00	234,00	159,00
21	383,00	214,00	169,00	422,00	267,00	155,00
22	387,00	191,00	196,00	401,00	311,00	90,00
23	334,00	211,00	123,00	389,00	319,00	70,00
24	373,00	212,00	161,00	369,00	287,00	82,00
25	401,00	220,00	181,00	421,00	298,00	123,00
26	346,00	225,00	121,00	385,00	302,00	83,00
27	376,00	132,00	244,00	354,00	268,00	86,00
28	350,00	236,00	114,00	412,00	312,00	100,00
29	373,00	240,00	133,00	386,00	290,00	96,00
30	331,00	178,00	153,00	398,00	300,00	98,00
Suma	11170,00	6166,00	5004,00	11928,00	8985,00	2943,00
Días	24	13	11	25	19	7

3.3. Contraste de hipótesis de la investigación.

Ahora bien, por medio del paquete estadístico SPSS se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, para comprobar si los datos obtenidos en las tablas 15 y 16 siguen una distribución normal, ya que resulta conveniente cuando el tamaño de la muestra es igual o menor a 50 casos, siendo el número de casos del presente estudio 30 datos antes de la aplicación del software PlanGrid y 30 datos después de la aplicación del software mencionado.

Por ello, se procede a plantear las hipótesis correspondientes para las variables evaluadas. No deben confundirse las hipótesis de normalidad con las hipótesis general y derivadas de la investigación, pues las de normalidad solo tienen como propósito determinar cuál es el estadístico más apropiado para realizar el cálculo inferencial en la investigación y así comprobar la hipótesis general de la investigación. Así pues, la hipótesis de normalidad sería la siguiente:

H0: los datos de la muestra se ajustan a la distribución normal.

H1: los datos de la muestra no se ajustan a la distribución normal.

Siendo el criterio de rechazo de la hipótesis, el descrito por Sáez (2012), “se rechaza la hipótesis nula en favor de la alternativa cuando el p-valor asociado al valor que tome DN sea inferior a 0,05” (p. 178).

El propósito de esta prueba es determinar el método de la prueba de hipótesis para el análisis estadístico de los datos de costos, plazos, eficiencia y eficacia, como variables de la investigación. De la Tabla 17 a la Tabla 19, se muestran los resultados obtenidos de la prueba de Shapiro-Wilk para conocer las pruebas a aplicar tanto para las variables. Se inicia, entonces, con el cálculo de normalidad de las variables de los costos y plazos y luego de las variables eficiencia y eficacia.

Tabla 17.

Prueba de Shapiro-Wilk para los datos obtenidos de costos

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Costo directo antes	,957	30	,262
Costos directo después	,971	30	,556

Fuente: SPSS

Al observar los resultados obtenidos, se puede evidenciar que el valor de significación para la variable costos directos antes de software fue de ,262 y para la variable costos directos después del software fue de ,554 siendo estos mayores a 0,05, por lo cual se acepta la hipótesis nula, ya que se tiene evidencia que los datos se ajustan a una distribución normal. Por lo tanto, para comprobar si las diferencias entre ambas variables son significativas se empleó el estadístico T de Student.

Tabla 18.

Prueba de Shapiro-Wilk para los datos obtenidos de tiempo

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Productivo antes	,957	30	,257
Contributivo antes	,940	30	,091
No contributivo antes	,949	30	,162
Productivo después	,919	30	,026
Contributivo después	,979	30	,792
No contributivo después	,956	30	,242

Fuente: SPSS

Al observar los resultados obtenidos, en todos los casos se puede evidenciar que los valores de significación son mayores a ,050 a excepción de tiempo productivo después (,026), por lo cual se acepta la hipótesis nula, evidenciándose que los datos se ajustan a una distribución normal, mientras que para los datos de tiempo productivo después se rechaza la hipótesis nula, ya que no se tiene la certeza de que estos datos tengan un comportamiento de distribución normal.

Tabla 19.

Prueba de Shapiro-Wilk para los resultados calculados de eficiencia y eficacia.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia antes	,952	30	,194
Eficiencia después	,924	30	,035
Eficacia antes	,957	30	,266
Eficacia después	,978	30	,764

Fuente: SPSS

Al observar los resultados obtenidos se puede evidenciar que el valor de significación para la eficiencia y eficacia antes del software y la eficacia fueron de ,194; ,266 y ,764, por lo cual se acepta la hipótesis nula, por ser estos valores mayores al valor teórico (,050), lo que quiere decir que estos datos presentan una distribución normal. Sin embargo, el valor de significación para la eficiencia después del software fue de ,035, por lo cual se rechaza la hipótesis nula, siendo este valor menor al valor teórico (,050), lo que quiere decir que estos datos no presentan una distribución normal.

Por lo tanto, para comprobar si las diferencias entre los datos de la eficacia son significativas se empleó el estadístico T de Student y para los datos de eficiencia se empleó el estadístico de Wilcoxon.

1. Determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora los costos de construcción.

Para calcular la hipótesis principal de esta investigación, que plantea que existe una diferencia significativa entre la eficiencia y la eficacia antes y después del PlanGrid,

se ha atendido también a la diferencia antes y después de la aplicación del PlanGrid en lo referido a las variables costos directos y plazos, tomando en cuenta que estas variables son requeridas para el cálculo de la eficiencia y la eficacia. Así pues, se divide esta hipótesis principal en tres pruebas de hipótesis, empezando en este caso con la variable de costos directos.

En este sentido, para calcular en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora los costos directos de construcción en la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo-Lima, se aplicó, por medio del paquete estadístico SPSS, la prueba paramétrica T de Student para el contraste de la hipótesis.

Al respecto, se toma como criterio para el rechazo de la hipótesis nula la comparación con el valor de significancia calculado para la data con el valor de significancia teórico de 0,05. Si el valor de significancia calculado $< 0,05$, se aceptará H_0 . Pero, si el valor p calculado $\geq 0,05$, se aceptará H_1 (Levin y Rubin, 2004).

En este contexto, se evaluó la hipótesis a continuación (los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 20).

H_1 : La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente el costo en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.

Tabla 20.
Prueba T de Student para muestras relacionadas para los costos directos de construcción

	Diferencias emparejadas								Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl		
				Inferior	Superior				
Par 1 Costo directo antes – Costo directo después	2220,26667	158,82281	28,99695	2160,96125	2279,57208	76,569	29	,000	

Fuente: SPSS

Al observar los resultados obtenidos se puede evidenciar que el valor de significancia asintótica es igual a ,000, siendo este valor menor al valor teórico ,05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula, lo que demuestra que la aplicación del software PlanGrid mejora significativamente los costos directos de construcción en la ampliación de la Institución Educativa “Virgen Inmaculada” en el distrito de San Bartolo, Lima en el año 2021.

2. Determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora los plazos de construcción

Ahora bien, para calcular en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora los plazos de construcción en la ampliación de la Institución Educativa “Virgen Inmaculada” en el distrito de San Bartolo-Lima, se aplicó, por medio del paquete estadístico SPSS, la prueba paramétrica T Student para el contraste de la hipótesis.

En este contexto, se evaluó la hipótesis a continuación (los resultados obtenidos se muestran en las tablas 21 y 22).

H1: La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente el plazo en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.

Tabla 21.

Prueba T Student para muestras relacionadas para los plazos de construcción

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 2	Contributivo antes - Contributivo después	-93,966	48,849	8,9185	-112,207	-75,726	-10,536	29	,000
Par 3	No contributivo antes - No contributivo después	68,700	47,381	8,650	51,007	86,392	7,942	29	,000

Fuente: SPSS

Tabla 22.

Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas para los plazos de construcción

	Productivo Después – Productivo antes
Z	-3,529 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: SPSS

En la Tabla 21, al observar los resultados obtenidos, se puede evidenciar que los valores de significancia asintótica para los diferentes plazos medidos (contributivo y no contributivo) son iguales a ,000 y ,000, siendo estos valores menores al valor teórico ,05.

Mientras que, en la Tabla 22 al observar el resultado obtenido, se puede evidenciar que el valor de significancia asintótica (bilateral) para el plazo medido (productivo antes y después) es igual a 0,000, siendo estos valores menores al valor teórico 0,05.

Por esto, se rechaza la hipótesis nula, lo que demuestra que la aplicación del software PlanGrid mejora significativamente los plazos de construcción en la ampliación de la Institución Educativa “Virgen Inmaculada” en el distrito de San Bartolo, Lima en el año 2021.

3. Determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora la eficiencia y la eficacia de la construcción.

Finalmente, para calcular en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora la eficiencia y eficacia de los plazos de construcción en la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo-Lima, se aplicó, por medio del paquete estadístico SPSS, la prueba no paramétrica de Wilcoxon para la eficiencia y la prueba paramétrica T Student para los datos de eficacia para el contraste de la hipótesis. En este contexto, se evaluó la hipótesis general a continuación (los resultados obtenidos se muestran en las tablas 23 y 24).

H1: La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.

Tabla 23.

Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas de la eficiencia de los plazos de construcción

	Eficiencia antes - Eficiencia después
Z	-3,562 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

<A>a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: SPSS

Tabla 24.

Prueba T Student para muestras relacionadas de la eficacia de los plazos de construcción

	Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1 Eficacia antes - Eficacia después	-,39667	,13448	,02455	-,44688	-,34645	-16,156	29	,000	

Fuente: SPSS

Al observar los resultados obtenidos se puede evidenciar que los valores de significancias asintótica y bilateral son iguales a 0,000, siendo este valor menor al valor teórico 0,05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula, lo que demuestra que la aplicación del software PlanGrid mejora significativamente la eficiencia y eficacia de los plazos de construcción en la ampliación de la Institución Educativa “Virgen Inmaculada” en el distrito de San Bartolo, Lima en el año 2021.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Limitaciones

En la investigación se encontraron limitantes en cuanto a:

- Apertura para compartir información técnica sobre los procesos constructivos y de gestión, de parte de los encargados de la obra, lo que impidió trabajar con datos más variados y ricos, que permitieran valorar el tiempo, el plazo, la eficacia y la eficiencia desde indicadores más complejos. En ese sentido, el presente trabajo se presenta como uno de tipo exploratorio, como un primer acercamiento a este tema de investigación, sirviendo de base para futuros investigadores interesados en softwares como el PlanGrid.
- La aplicación del software PlanGrid se realizó sin realizar un entrenamiento previo o mínimo al personal encargado de gestionarlo. Y si bien se trata de un software con una curva de aprendizaje mínima, siendo de muy fácil uso, se experimentaron algunas dificultades en la comprensión de la herramienta de trabajo en los primeros días, lo que deriva en una toma de datos menos precisa. Se recomienda, por ello, involucrar un proceso de entrenamiento previo si se desea trabajar con este tipo de software.
- El tiempo total de la obra es muy corto para observar resultados más claros. Al tratarse de una obra pequeña, de solo 60 días de duración, dividida en 30 días de preprueba y 30 días de prueba, lleva a generalizar sobre la base de datos muy limitados. En ese sentido, deben analizarse los presentes resultados con

prudencia, si bien se acoplan a los observados en otras investigaciones con tomas de datos más extensas en cuanto a tiempo.

4.2. Discusión

La presente investigación buscó determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora la eficiencia y la eficacia en el proyecto constructivo de la Institución Educativa “Virgen Inmaculada” en el distrito de San Bartolo, Lima.

Al realizar la revisión de los antecedentes de investigación sobre la aplicación del software PlanGrid, se encontraron en su mayoría trabajos de enfoque cualitativo. Esto es debido a que el software PlanGrid no ha sido estudiado desde la perspectiva científica académica con amplitud, y desde su incorporación al mercado es ahora el momento en que ha llamado la atención de la comunidad científica para su estudio, por lo cual es limitada la bibliografía empírica. Estos trabajos de enfoque cualitativo describen que el software empleado es unas de las aplicaciones móviles más populares en la industria de construcción en Nueva Zelanda (Liu et al., 2016) donde se indica que una de las principales barreras para su aplicación es el costo de la app. En el Perú, el costo de la app por día es de S/. 8.09. Sin embargo, no se toma en cuenta en la presente investigación el costo por entrenamiento y la ciberseguridad, que son otras limitantes del uso del software. La implicancia práctica de este hallazgo se centra en que la empresa debe tomar en cuenta el costo de la licencia anual del software, así como el entrenamiento de los ingenieros que lo gestionarán y todo el sistema de gestión de seguridad de la información que amerita poseer. Desde lo teórico y metodológico no se evidencia implicancia en los resultados.

En el mismo sentido, se encontró lo reportado por Hyttinen (2017), quien menciona que la utilización del software PlanGrid no solo es adecuada para la autoinspección, sino para el control de calidad de los procesos. En esta investigación no

se abordó esta temática, por cuanto la misma se ve limitada para su comparación, pero por las prácticas realizadas se presume que es viable este uso.

En el caso del Perú, se encontró que el software PlanGrid es empleado por diversas empresas perteneciente al sector de la construcción. El uso de este software logró generar un impacto económico positivo en las empresas peruanas (Farfán & Chavil, 2016), lo que se puede interpretar como que generan ahorros importantes en los presupuestos planificados. Asimismo, se encontró que en el Perú existen profesionales capacitados y con una experiencia en el manejo de proyecto empleando sistemas como el PlanGrid, lo que sugiere que este momento es ideal para su aplicación en un número mayor de empresas (Espinoza et al., 2019). La aplicación de este software permite tener mayor comunicación y un acceso a la información, como planos y planificación, en el campo, lo que permite un mejor desenvolvimiento de los profesionales que lo utilizan. Sin embargo, la mayoría de los hallazgos encontrados en el país también son de índole cualitativa y si bien se puede afirmar que en el proceso de aplicación del software en la obra se constató que los ingenieros estaban familiarizados con el mismo y que se generaba un flujo de información actualizada, este estudio no se orientó a estas variables, por lo cual no se encuentra una implicancia teórica ni metodológica.

En relación con los costos directos de la obra, se realizaron dos etapas de recolección de datos: antes de la aplicación del software PlanGrid y después de su aplicación. Para la primera etapa, se obtuvo que el costo directo de la obra promedio por día ascendió a S/ 4.088,89 y en los 30 días tuvo un valor de S/. 149.734.00, alcanzado el 61,03% del presupuesto planificado para la obra (S/ 245.333,25). Después de la aplicación del software PlanGrid, se obtuvo un costo directo diario promedio de S/ 2.770,87, mientras que el costo directo de los 30 días después de la aplicación fue de S/ 83.126,00, con un costo directo total para la obra de S/ 232.860,00, obteniéndose así un

ahorro S/ 12.473,25 con respecto al presupuesto planteado, representando un ahorro del 5.1% del presupuesto original.

Al evaluar estadísticamente esta diferencia, se observa que el valor de significancia es igual a ,000, demostrando que la mejora en el costo directo fue significativa estadísticamente. Este resultado es semejante a lo reportado por Matamoros (2018), quien indica que la utilización del software PlanGrid genera un desempeño positivo en términos de costos directos. Esta semejanza en los resultados implica que al gestionar las actividades con el software no se generan retrasos en la ejecución de la actividad planificada y permite que estas no generen un sobre costo por concepto de pago de horas extras, de adquisición de material extra o sobre costos por pago extra por concepto de alquiler de maquinaria. En lo teórico, este resultado demuestra que el software PlanGrid es adecuado para llevar a cabo la gestión de costos de los proyectos. Desde lo metodológico demuestra que el procedimiento para la toma de datos para determinar los costos directos es adecuado cuando se emplea el software PlanGrid. A pesar de obtener un valor muy cercano, no se obtuvo el mismo valor, porque el autor antes citado empleó el software en un proyecto de mayor envergadura que el de la presente investigación, lo que genera una limitación a la misma, por cuanto no se cuenta con datos suficientes para lograr el resultado conseguido por Matamoros (2018).

En relación a lo reportado por Cain (2017), quien menciona que el software era eficaz dentro del Project Management Information System (PMIS), los resultados de la presente investigación coinciden, ya que se obtuvo una eficacia promedio de 1,00; es decir, que el software permite aprovechar el tiempo contributivo de la construcción por m² producido (metraje diario alcanzado). La implicación práctica radica en que el software permite gestionar de manera eficaz el tiempo de la construcción en la obra, y en lo teórico demuestra que el software es una herramienta poderosa y a la vez ágil en el

suministro de información en el campo, que permite la toma de decisiones rápida. La implicancia metodológica de este resultado radica en que es necesario la determinación de la eficacia por ser una variable adecuada, lo mismo que la variable plazo de construcción, pues permiten tener un punto de comparación. Este resultado tiene la limitante de que solo se calculó la eficacia en función del tiempo contributivo y no se tomaron en cuenta otras variables que pueden impactar en la eficacia global de la obra.

En relación a reportado por Braul et al. (2020), quienes indicaron que la aplicación del software PlanGrid generó un ahorro de 242,693 soles (21% del presupuesto de calidad), al comparar con lo obtenido en el presente estudio, un ahorro S/ 12.473,25 con respecto al presupuesto planteado, representando un ahorro del 5.1% del presupuesto original, se evidencia una gran diferencia. Esto se debe a que son proyectos totalmente diferentes en envergadura y presupuestos planeados. Sin embargo, en ambos se observaron ahorros económicos. La implicancia práctica de este hallazgo es que se confirma que la aplicación del software PlanGrid permite generar ahorro económico por cuanto se tiene la información a la mano y se pueden tomar decisiones de manera ágil sin perder tiempo y recursos valiosos. En lo teórico, tiene implicación porque complementa lo descrito en la gestión de costos de proyecto. En lo metodológico, permite tener un aporte a la comunidad científica, relacionado con la aplicación del software. En cuanto a la limitación, se puede mencionar que al ser esta investigación un proyecto considerado pequeño en duración no se tiene la suficiente cantidad de datos para conocer si el ahorro económico puede llegar a nivel de los reportado por Braul et al. (2020).

En relación con el plazo de ejecución de la obra, se realizaron dos mediciones directas (tiempo productivo y tiempo contributivo) y una indirecta (tiempo no contributivo). Antes de la aplicación del software PlanGrid por jornada se obtuvo un tiempo productivo promedio de 372.33 minutos, mientras que tiempo contributivo

promedio fue de 205.53 minutos y el tiempo no contributivo promedio fue de 166.80 minutos. Después de la aplicación del software PlanGrid, el tiempo productivo promedio aumentó a 397.60 minutos, mientras que el tiempo contributivo promedio aumentó a 299.50 minutos y el tiempo no contributivo promedio disminuyó a 98.10 minutos, siendo todas estas diferencias significativas estadísticamente, ya que cada comparación tuvo un valor de significancia igual a ,000. Estas diferencias se deben a que el software es una herramienta que permite tomar decisiones en campo, tal como lo establece Cain (2017). La mejora del tiempo contributivo también se debe a que se contó con un flujo de información adecuado, como lo establece Agudelo (2020). Y, en ese sentido, el tiempo no contributivo se originó porque se mejoró la comunicación entre los colaboradores del proyecto, lo que coincide con lo mencionado por Méndez (2019).

4.3. Implicancias

Esta investigación tiene relevancia teórica, en tanto que es un primer abordaje sobre el espacio o la importancia que tienen los softwares de planificación y colaboración en el compendio teórico de la construcción 4.0, que todavía tiene un desarrollo muy limitado y en pleno crecimiento e interés académico. También permite valorar la importancia que tiene el área de gestión en la ingeniería civil, un tema olvidado del desarrollo teórico en esta profesión, y que aquí se ha notado lo promisorio que resulta. Se espera, entonces, que la comunidad científica aproveche estos resultados para sumarlos a su debate académico en curso.

De la misma forma, la presente investigación tiene relevancia práctica en tanto que ha permitido valorar, de forma directa y clara, los efectos directos de la aplicación del software PlanGrid en mejorar la eficiencia y la eficacia en una obra constructiva, concretamente en la ampliación de la I.E. Virgen Inmaculada, en San Bartolo, Lima. En términos cualitativos, como parte de la experiencia de trabajo, se ha notado mucha

apertura e interés por parte de los trabajadores de esta construcción en el uso de este software, y su incorporación como una herramienta de trabajo rutinaria, aprendiendo en buen tiempo su uso correcto, lo que demuestra que es un momento óptimo para ampliar la aplicación de este tipo de softwares.

Esta investigación también tiene relevancia social, pues como se ha podido comprobar ha mejorado la eficiencia y la eficacia en el proceso constructivo de una obra pública, lo que puede contribuir, si se aplica a gran escala en el sector público, que se proteja la inversión ciudadana, evitando sobrecostos, retrasos y otros vicios propios de la gestión constructiva, que terminan restando valor a los esfuerzos de desarrollo público. Y esto sería extrapolable también para la industria privada, que también puede beneficiarse de lo antes mencionado.

4.4. Conclusiones

La aplicación del software PlanGrid mejoró significativamente los costos directos de construcción en la ampliación de la Institución Educativa “Virgen Inmaculada” en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021, con una significancia asintótica igual a .000. En soles eso representa costos directos diarios promedio de S/. 4,991.13 antes de la aplicación del PlanGrid, y de S/. 2,770.87 después de la aplicación del PlanGrid; lo que significa una reducción del 55.51%.

La aplicación del software PlanGrid mejoró significativamente los plazos de construcción (productivo, contributivo y no contributivo) en la ampliación de la Institución Educativa “Virgen Inmaculada” en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021, con una significancia asintótica de .000. En minutos, eso representa un aumento de 372.33 minutos de tiempo productivo promedio antes del PlanGrid a 397.60 minutos después del PlanGrid; de la misma forma que de 205.53 minutos de tiempo contributivo promedio antes del PlanGrid a 299.50 minutos después del PlanGrid. En cuanto al tiempo

no contributivo promedio, el mismo disminuyó de 166.80 minutos antes del PlanGrid a 98.10 minutos después del PlanGrid. Ello significa un aumento de 6.78% (tiempo productivo) y de 45.72% (tiempo contributivo), y una reducción de 58.81% (tiempo no contributivo).

La aplicación del software PlanGrid mejoró significativamente la eficiencia y la eficacia en la ampliación de la Institución Educativa “Virgen Inmaculada” en el distrito de San Bartolo, Lima en el año 2021, con una significancia asintótica de .000. En cuanto a la eficiencia, la misma pasó de un 78% antes de la aplicación del PlanGrid a un 83% después de la aplicación. Y en cuanto a la eficacia, pasó de 0.60 antes del PlanGrid a 1.00 después del PlanGrid.

REFERENCIAS

- Agudelo, S. (2020). *Programación colaborativa en obra: Last Planner System, a través de Autodesk PlanGrid, con un enfoque VDC, aplicado en la obra Parma* [Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]. Repositorio institucional de la UDEA. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/18319>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Episteme.
- Arispe, C. M., Yangali, J. S., Guerrero, M. A., Rivera, O., Acuña, L. A., y Arellano, C. (2020). *La investigación científica. Una aproximación para los estudios de posgrado*. Universidad internacional de Guayaquil.
- Autodesk Construction Cloud (2021). *PlanGrid Build. Construction app built for the field*. <https://construction.autodesk.com/products/autodesk-plangrid-build/?pgr=1>
- Braul, A., Bellido, T., López, D., & Sánchez, M. (2020). *Business Consulting – BESCO SAC* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional de la PUCP. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17459>
- Cain, A. (2017). *Whiting-Turner PlanGrid Implementation on Oakland Global Logistics Center: A Case Study*. <https://digitalcommons.calpoly.edu/cmisp/38/>
- Carrasco, S. (2017). *Metodología de la investigación científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Editorial San Marcos.
- Espinoza, J., García, K., Pumayali, A., & Montejo, R. (2019). Factores para la implementación de la metodología BIM en el diseño de condominios en Piura - 2019. *Revista Científica Institucional Tzhoecoen*, 12(1) 38-52. <https://doi.org/10.26495/tzh.v12i1.1244>
- Farfán, E., & Chavil, J. (2016). *Análisis y evaluación de la implementación de la metodología BIM en empresas peruanas* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias

Aplicadas]. Repositorio institucional de la UPC.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621662>

Flórez, D. (2020). *Interacción entre BIM y Lean Construction analizadas en Proyectos de Edificación* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional de la PUCP.

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17368>

Galindo, M., & Ríos, V. (2015). Productividad. *Serie de Estudios Económicos*, 1(1), 1-9. https://scholar.harvard.edu/files/vrios/files/201508_mexicoproductivity.pdf.

García, F. (2010). La Tecnología su conceptualización y algunas reflexiones con respecto a sus efectos. *Metodología de la Ciencia. Revista de la Asociación Mexicana de Metodología de la Ciencia y de la Investigación*, 2(1), 13-28. <http://www.ammci.org.mx/revista/pdf/Numero2/2art.pdf>

García, R. (2010). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. McGraw-Hill.

Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad*. McGraw-Hill.

Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de la Administración de Operaciones*. Pearson Educación.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Hyttinen, A. (2017). *Utilization of the PlanGrid Program on Self-Inspection* [Tesis de maestría, Universidad de Ciencias Aplicadas de Metropolia]. Repositorio Theseus. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/135162/Hyttinen_Atte.pdf

- Klinc, R., & Turk, Ž. (2019). Construction 4.0 – Digital Transformation of One of the Oldest Industries. *Economic and Business Review*, 21(3), 393-410.
<https://doi.org/10.15458/ebr.92>
- Lam, P., Wong, F., & Chan, A. (2006). Contributions of Designers to Improving Buildability and Constructability. *Design Studies*, 27(4), 457-479.
<https://doi.org/10.1016%2Fj.destud.2005.10.003>
- Liu, T., Mathrani, A., & Mbachu, J. (2016). Hunting the Popular Construction Apps. En *2016 3rd Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering*.
https://www.researchgate.net/publication/317420968_Hunting_the_Popular_Construction_Apps
- Liu, T., Mathrani, A., & Mbachu, J. (2019). Benefits and barriers in uptake of mobile apps in New Zealand construction industry: What top and middle management perceive. *Facilities*, 37(5/6), 254-265. <https://doi.org/10.1108/F-08-2017-0078>
- Loyola, M., & Goldsack, L. (2010). *Constructividad y arquitectura*. Universidad de Chile.
- Matamoros, F. (2018). *Fortalecimiento de la Gestión de Proyectos de la Empresa Estructuras S.A.* [Tesis de maestría]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10016>
- Méndez, R. (2019). *Implementación de modelos BIM en programa de mantenimiento de infraestructura hospitalaria Villa El Salvador 2018* [Tesis de maestría, Universidad San Pedro]. Repositorio institucional de la USANPEDRO.
http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/14701/Tesis_65516.pdf
- Núñez, D., Ferrada, X., Neyem, A., Serpell, A., & Sepúlveda, M. (2018). A user-centered mobile cloud computing platform for improving knowledge management in small-to-medium enterprises in the Chilean construction industry. *Applied Sciences*, 8(4), 516.
<https://doi.org/10.3390/app8040516>

Palella, M., & Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación* (3ra ed.). Fedupel.

Project Management Institute. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. PMI.* [https://www.u-cursos.cl/usuario/9ab2176940ab9954ced859e56499d050/mi_blog/r/Project_Management_Institute-Guia_de_los_fundamentos_para_la_direccion_de_proyectos_\(Guia_del_PMBOK\)-Project_Management_Institute__Inc_\(2017\).pdf](https://www.u-cursos.cl/usuario/9ab2176940ab9954ced859e56499d050/mi_blog/r/Project_Management_Institute-Guia_de_los_fundamentos_para_la_direccion_de_proyectos_(Guia_del_PMBOK)-Project_Management_Institute__Inc_(2017).pdf)

Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la Productividad*. OIT.

Reidl-Martínez, L. (2013). Confiabilidad en la medición. *Investigación en Educación Médica*, 2(6), 107-111. [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72695-4](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72695-4)

Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. (4ta ed.). Limusa.

Vela, L., Esenarro, D., Rodriguez, C., Hernandez, F., & Calvo, R. (2021). Plan Grid in the Process of Purchasing Services in the Construction Site Nuevo Santa Clara Stage 4, 5, 6, Lima. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(4), 12260-12266. <https://www.annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/4149>

ANEXOS

ANEXO N° 1: Matriz de consistencia

“Aplicación del software PlanGrid para mejorar el costo, plazo, eficiencia y eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, 2021”

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Indicadores	Metodología
¿Cómo puede el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia mejorar aplicando el software PlanGrid en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021?	Aplicar del software PlanGrid para lograr mejoras sustanciales en el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.	La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente en un 15% el costo, el plazo, la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.	Variable independiente Software PlanGrid	Porcentaje de información cargada	Enfoque: cuantitativo Grado de aplicación: aplicado
Problemas específicos 1) ¿En qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora el costo de construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021? 2) ¿En qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora el plazo de construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021? 3) ¿En qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021?	Objetivos específicos 1) Determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora el costo en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021. 2) Determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora el plazo en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021. 3) Determinar en qué medida la aplicación del software PlanGrid mejora la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.	Hipótesis específicas 1) La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente el costo en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021. 2) La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente el plazo en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021. 3) La aplicación del software PlanGrid mejora significativamente la eficiencia y la eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, en el año 2021.	Variables dependientes Eficiencia y eficacia. Costo Plazo	- Tiempo útil/tiempo total -Unidades productivas /tiempo útil Costo/día Tiempos- Cronograma	Nivel: descriptivo Diseño: no experimental Técnicas de recolección de datos: observación directa y análisis documental. Instrumentos de recolección de datos: ficha de registro de costos directos y ficha de registro de clasificación de plazos de trabajo.

ANEXO N° 2: Modelo de ficha de registro de actividades

Registro de tiempo de mano de obra en campo					
Proyecto: Ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada.					
Ubicación: Distrito de San Bartolo.					
Descripción de la actividad	Con PlanGrid			Sin PlanGrid	
	Costo de la App (S./.)	Precio de operario (S./.)	Precio de peón (S./.)	Precio de operario (S./.)	Precio de peón (S./.)
	Día.	Día	Día	Día	Día
Trabajos preliminares	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Movimiento de tierras	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Concreto simple	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Obras de concreto armado	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Muros y tabiques de albañilería	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Revoques y enlucidos	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Cielos rasos	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Salidas	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Conductores eléctricos	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Tuberías y accesorios	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Tomacorrientes	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Tuberías	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Cajas	8,09	71,80	50,80	51,80	30,80
Responsable: Jefferson Trauco					

ANEXO N° 3: Modelo de ficha de registro de clasificación de plazos de trabajo

Clasificación de los tiempos de trabajo						
Obra	Infraestructura de la Institución Educativa "Virgen Inmaculada"					
	Tiempos sin PlanGrid			Tiempo con PlanGrid		
Muestra	Productivo (min.)	Contributivo (min.)	No contributivo (min.)	Productivo (min.)	Contributivo (min.)	No contributivo (min.)
1	363,00	221,00	142,00	416,00	344,00	72,00
2	395,00	251,00	144,00	415,00	331,00	84,00
3	373,00	171,00	202,00	398,00	278,00	120,00
4	394,00	221,00	173,00	400,00	276,00	124,00
5	353,00	217,00	136,00	419,00	305,00	114,00
6	351,00	222,00	129,00	400,00	318,00	82,00
7	393,00	216,00	177,00	405,00	337,00	68,00
8	414,00	243,00	171,00	419,00	256,00	163,00
9	345,00	191,00	154,00	415,00	343,00	72,00
10	359,00	178,00	181,00	369,00	257,00	112,00
11	361,00	224,00	137,00	375,00	247,00	128,00
12	333,00	131,00	202,00	407,00	268,00	139,00
13	392,00	174,00	218,00	406,00	334,00	72,00
14	412,00	190,00	222,00	396,00	313,00	83,00
15	358,00	141,00	217,00	418,00	362,00	56,00
16	401,00	274,00	127,00	363,00	317,00	46,00
17	393,00	229,00	164,00	363,00	245,00	118,00
18	380,00	156,00	224,00	394,00	301,00	93,00
19	395,00	236,00	159,00	420,00	365,00	55,00
20	351,00	221,00	130,00	393,00	234,00	159,00
21	383,00	214,00	169,00	422,00	267,00	155,00

22	387,00	191,00	196,00	401,00	311,00	90,00
23	334,00	211,00	123,00	389,00	319,00	70,00
24	373,00	212,00	161,00	369,00	287,00	82,00
25	401,00	220,00	181,00	421,00	298,00	123,00
26	346,00	225,00	121,00	385,00	302,00	83,00
27	376,00	132,00	244,00	354,00	268,00	86,00
28	350,00	236,00	114,00	412,00	312,00	100,00
29	373,00	240,00	133,00	386,00	290,00	96,00
30	331,00	178,00	153,00	398,00	300,00	98,00
Promedio	372,33	205,53	166,80	397,60	299,50	98,10

ANEXO N° 4: Cronograma valorizado de avance de obra

Descripción de la actividad	Antes de PlanGrid		
	Unidad	Costo total (60 días)	Costos promedio (S/día)
Obras preliminares			
Estructuras			
Trabajos preliminares			
Limpieza permanente de obra	m ²	126,60	2,11
Trazo niveles y replanteo	m ²	532,68	8,88
Demolición de estructura existente	m ²	3.316,36	55,27
Traslado y reubicación de aulas prefabricadas	glb	1.200,00	20,00
Retiro de puerta metálica y demolición de muro para ingreso	glb	1.500,00	25,00
Movimiento de tierras			
Excavación de zanjas y zapatas	m ³	3.933,85	65,56
Relleno compactado c/ equipo mat/propio	m ³	774,93	12,92
Acarreo interno, material proveniente de excavaciones	m ³	3.277,15	54,62
Eliminación material excedente acarreado	m ³	5.290,60	88,18
Relleno y compactado con material de préstamo	m ²	2.698,30	44,97
Concreto simple			
Cimientos corridos 1:10 + 30 % p.g.	m ³	3.386,16	56,44
Concreto sobrecimiento mezcla 1:8 + 25% p.m.	m ³	1.326,09	22,10
Encofrado y desencofrado de sobrecimiento	m ²	2.436,83	40,61
Contrapiso de 4"	m ²	2.995,14	49,92
Obras de concreto armado			
Viga de cimentación			
Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas de cimentación	m ³	1.328,81	22,15
Encofrado y desencofrado de viga de cimentación	m ²	1.853,59	30,89
Acero fy=4200 kg/cm2 en viga de cimentación	kg	5.683,56	94,73
Zapatas			
Concreto f'c=210 kg/cm2 en zapatas	m ³	17.554,61	292,58
Acero fy=4200 kg/cm2 en zapatas	kg	6.507,42	108,46
Columnas y placas			
Concreto f'c=210 kg/cm2 en columnas y placas	m ³	7.101,66	118,36
Encofrado y desencofrado caravista en columnas y placas	m ²	10.983,52	183,06
Encofrado y desencofrado normal en columnetas	m ²	2.329,37	38,82
Acero fy=4200 kg/cm2 en columnas y placas	kg	17.172,06	286,20
Vigas			
Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas	m ³	6.544,63	109,08
Encofrado y desencofrado caravista en de vigas	m ²	11.867,16	197,79

Encofrado y desencofrado normal en vigas	m ²	755,22	12,59
Acero fy=4200 kg/cm2 en vigas	kg	12.200,66	203,34
Losas aligeradas			
Concreto f'c= 210 kg/cm2 en losa aligerada	m ³	6.968,00	116,13
Encofrado y desencofrado de losa aligerada	m ²	11.546,98	192,45
Acero fy=4200 kg/cm2 en losa aligerada	kg	3.061,24	51,02
Ladrillo para techo de h=0.15 m	und	4.695,81	78,26
Arquitectura			
Muros y tabiques de albañilería			
Muro de ladrillo k.k arcilla sogá con mezcla c:a 1:4	m ²	1.593,13	26,55
Muro de ladrillo k.k arcilla cabeza con mezcla c:a 1:4	m ²	4.141,34	69,02
Revoques y enlucidos			
Tarrajeo en muros interiores y exteriores, mezcla c:a 1:5	m ²	4.721,43	78,69
Bruñas de 1 x 1 cm	m	1.126,80	18,78
Cielos rasos			
Tarrajeo frotachado de cielo raso, mezcla c:a 1:5	m ²	8.710,38	145,17
Pisos y veredas			
Piso de cemento pulido y bruñado e=2"	m ²	884,62	14,74
Piso cerámico 30x30 color claro	m ²	8.718,50	145,31
Zócalos y contrazócalos			
Contrazócalos s/colorear h=20 cm mz 1:2 cm	m	1.008,60	16,81
Contrazócalos de cerámico 60x10cm color claro	m	2.706,20	45,10
Carpintería de madera			
Puerta c/tableros mad.,780-aulas	m ²	6.878,12	114,64
Ventana de madera cedro-aulas c/seg	m ²	10.335,74	172,26
Cerrajería			
Bisagra alumin. De 4" pesada en puerta	pza	81,12	1,35
Bisagra alumin. De 2.5" pesada en puerta/ventana	pza	60,96	1,02
Cerradura dos golpes en puerta, con tirador	pza	540,30	9,01
Cerrojo "sapito" seguridad bat. ventana	pza	206,88	3,45
Manija de 4" para puertas	pza	66,96	1,12
Vidrios cristales y similares			
Vidrios semidobles importados	p2	10.337,60	172,29
Pintura			
Pintura látex 2 manos en cielo raso y vigas	m ²	5.721,14	95,35
Pintura látex 2 manos en muros y columnas	m ²	4.022,71	67,05
Varios			
Pizarra acrílica 5.00x1.20	pza	780,81	13,01
Junta de construcción con Tecnopor	m	504,24	8,40
Colocación de placa recordatoria	GLB	600,00	10,00

Instalaciones eléctricas			
Salidas			
Salida para centro de luz en techo	pto	1.279,44	21,32
Salida para interruptores	pto	284,32	4,74
Salida para tomacorrientes doble con toma a tierra simple	pto	639,72	10,66
Conductores eléctricos			
Conductor (2x2.5) mm2 lsoh para luz	m	247,35	4,12
Conductor (2x4+1x2.5 mm2) lsoh para tomacorrientes	m	121,83	2,03
Tuberías y accesorios			
Tubo pvc-sap ø 20mm x 3metros	m	725,51	12,09
Codos pvc-sap ø 20mm	und	391,50	6,53
Tomacorrientes			
Tomacorrientes con toma a tierra	und	187,83	3,13
Interruptores			
Interruptores simples	und	53,00	0,88
Tableros eléctricos			0,00
Tablero general t-g	und	443,36	7,39
Puesta a tierra			
Pozo de tierra	und	577,51	9,63
Artefactos de iluminación			
Artefacto tipo para adosar con 3 lámparas fluorescente de 36w. Alto Factor de potencia	und	2.186,64	36,44
Artefacto adosado en techo con difusor de plástico marco de aluminio con 2 lámparas fluorescentes de 18w, alto factor de potencia	und	1.105,08	18,42
Salida para data en techo	und	529,44	8,82
Instalaciones sanitarias			
Movimiento de tierras			
Excavación de zanja	m ³	381,25	6,35
Cama de arena		243,78	4,06
Tuberías			
Suministro e instalación de tubería PVC d=6"	m	781,96	13,03
Cajas			
Suministro e instalación de caja de registro	und	457,16	7,62
Total		245.333,25	4.088,89

ANEXO N° 5: Plazos totales de avance de obra

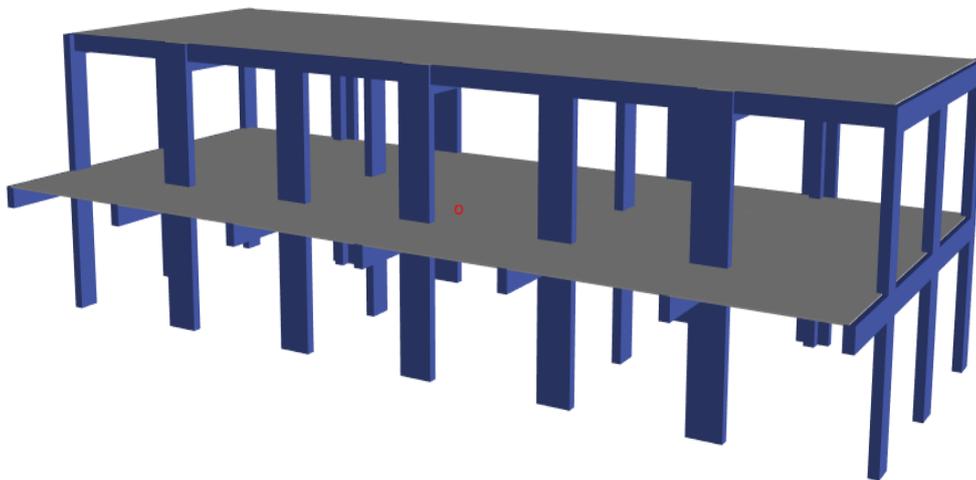
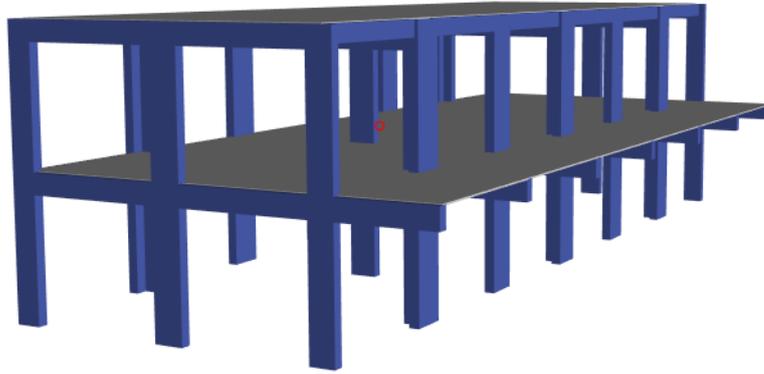
Número de esquema	Nombre de tarea	Duración
1	PABELLÓN DE 03 AULAS	60 días?
1.1	OBRAS PRELIMINARES	59 días
1.1.1	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	59 días
1.1.1.1	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA 7.20m.x4.80m	1 día
1.1.1.2	ALMACÉN, OFICINA	58 días
1.1.1.3	CERCADO PROVISIONAL DE ÁREA DE TRABAJO	1 día
1.1.1.4	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	1 día
1.2	ESTRUCTURAS	47 días
1.2.1	TRABAJOS PRELIMINARES	10 días
1.2.1.1	LIMPIEZA PERMANENTE DE OBRA	1 día
1.2.1.2	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO	1 día
1.2.1.3	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURA EXISTENTE	5 días
1.2.1.4	TRASLADO Y REUBICACIÓN DE AULAS PREFABRICADAS	2 días
1.2.1.5	RETIRO DE PUERTA METÁLICA Y DEMOLICIÓN DE MURO PARA INGRESO	2 días
1.2.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	11 días
1.2.2.1	EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y ZAPATAS	1 día
1.2.2.2	RELLENO COMPACTADO C/ EQUIPO MAT/PROPIO	1 día
1.2.2.3	ACARREO INTERNO, MATERIAL PROVENIENTE DE EXCAVACIONES	1 día
1.2.2.4	ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE ACARREADO	1 día
1.2.2.5	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO	1 día
1.2.3	CONCRETO SIMPLE	4 días
1.2.3.1	CIMIENTOS CORRIDOS 1:10 + 30 % P.G.	1 día
1.2.3.2	CONCRETO SOBRECIMENTOS MEZCLA 1:8 + 25% P.M.	1 día
1.2.3.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO	1 día
1.2.3.4	CONTRAPISO DE 4"	1 día
1.2.4	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	45 días
1.2.4.1	VIGA DE CIMENTACIÓN	4 días
1.2.4.1.1	CONCRETO $f'_c=210$ KG/CM2 EN VIGAS DE CIMENTACIÓN	1 día
1.2.4.1.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGA DE CIMENTACIÓN	1 día
1.2.4.1.3	ACERO $F_y=4200$ Kg/cm2 EN VIGA DE CIMENTACIÓN	2 días
1.2.4.2	ZAPATAS	2 días
1.2.4.2.1	CONCRETO $f'_c=210$ KG/CM2 EN ZAPATAS	1 día
1.2.4.2.2	ACERO $F_y=4200$ Kg/cm2 EN ZAPATAS	1 día
1.2.4.3	COLUMNAS Y PLACAS	14 días

1.2.4.3.1	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 EN COLUMNAS Y PLACAS	5 días
1.2.4.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA EN COLUMNAS Y PLACAS	7 días
1.2.4.3.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN COLUMNETAS	5 días
1.2.4.3.4	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 EN COLUMNAS Y PLACAS	2 días
1.2.4.4	VIGAS	19 días
1.2.4.4.1	CONCRETO f'c=210 KG/CM2 EN VIGAS	7 días
1.2.4.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA EN VIGAS	8 días
1.2.4.4.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGUETAS	2 días
1.2.4.4.4	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 EN VIGAS	2 días
1.2.4.5	LOSAS ALIGERADAS	6 días
1.2.4.5.1	CONCRETO F'c= 210 K/CM2 EN LOSA ALIGERADA	1 día
1.2.4.5.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA	2 días
1.2.4.5.3	ACERO Fy=4200 Kg/cm2 EN LOSA ALIGERADA	2 días
1.2.4.5.4	LADRILLO PARA TECHO DE h=0.15 m	1 día
1.3	ARQUITECTURA	26 días?
1.3.1	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERÍA	6 días
1.3.1.1	MURO DE LADRILLO K.K ARCILLA SOGA CON MEZCLA C:A 1:4	3 días
1.3.1.2	MURO DE LADRILLO K.K ARCILLA CABEZA CON MEZCLA C:A 1:4	3 días
1.3.2	REVOQUES Y ENLUCIDOS	4 días
1.3.2.1	TARRAJEO EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES, MEZCLA C:A 1:5	2 días
1.3.2.2	BRUÑAS DE 1 X 1 cm	2 días
1.3.3	CIELO RASOS	2 días
1.3.3.1	TARRAJEO FROTACHADO DE CIELO RASO, MEZCLA C:A 1:5	2 días
1.3.4	PISOS Y VEREDAS	4 días
1.3.4.1	PISO DE CEMENTO PULIDO Y BRUÑADO E=2"	2 días
1.3.4.2	PISO CERÁMICO 30x30cm COLOR CLARO	2 días
1.3.5	ZÓCALOS Y CONTRAZÓCALOS	1 día
1.3.5.1	CONTRAZÓCALO S/COLOREAR H=20 CM MZ 1:2 cm	1 día
1.3.5.2	CONTRAZÓCALO DE CERÁMICO 60x10cm COLOR CLARO	1 día
1.3.6	CARPINTERÍA DE MADERA	1 día
1.3.6.1	PUERTA CN C/TABLEROS MAD.,780-AULAS	1 día
1.3.6.2	VENTANA DE MADERA CEDRO-AULAS C/SEG	1 día
1.3.7	CERRAJERÍA	1 día
1.3.7.1	BISAGRA ALUMIN. DE 4" PESADA EN PUERTA	1 día
1.3.7.2	BISAGRA ALUMIN. DE 2.5" PESADA EN PUERTA/VENTANA	1 día

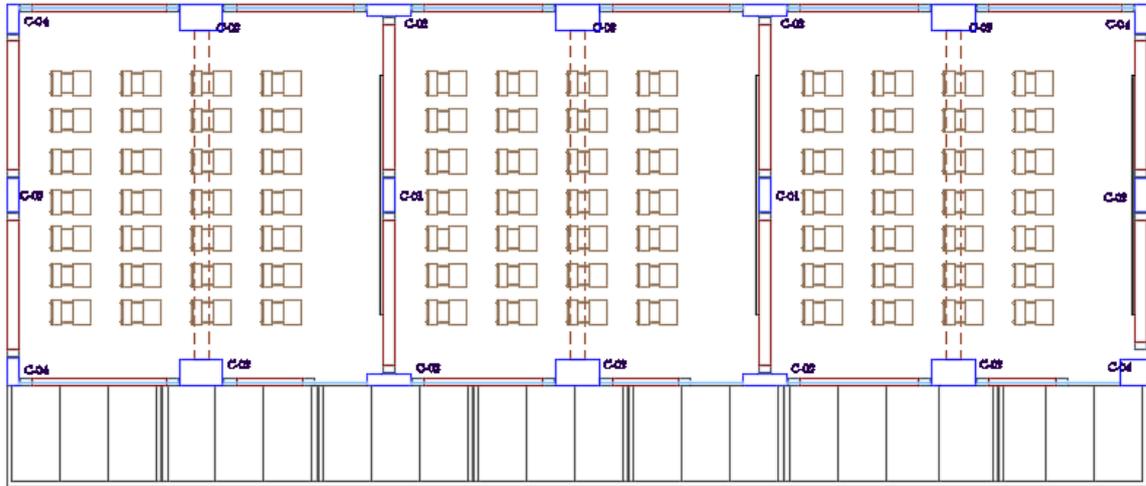
1.3.7.3	CERRADURA DOS GOLPES EN PUERTA, CON TIRADOR	1 día
1.3.7.4	CERROJO "SAPITO" SEGURIDAD BAT.VENTANA	1 día
1.3.7.5	MANIJA DE 4" PARA PUERTAS	1 día
1.3.8	VIDRIOS CRISTALES Y SIMILARES	1 día
1.3.8.1	VIDRIOS SEMIDOBLES IMPORTADOS	1 día
1.3.9	PINTURA	4 días
1.3.9.1	PINTURA LATEX 2 MANOS EN CIELO RASO Y VIGAS	2 días
1.3.9.2	PINTURA LATEX 2 MANOS EN MUROS Y COLUMNAS	2 días
1.3.10	VARIOS	3 días?
1.3.10.1	PIZARRA ACRÍLICA 5.00x1.20	1 día
1.3.10.2	JUNTA DE CONSTRUCCIÓN CON TEKNOPORT	2 días
1.3.10.3	COLOCACIÓN DE PLACA RECORDATORIA	1 día?
1.4	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	11 días
1.4.1	SALIDAS	1 día
1.4.1.1	SALIDA PARA CENTRO DE LUZ EN TECHO	1 día
1.4.1.2	SALIDA PARA INTERRUPTORES	1 día
1.4.1.3	SALIDA PARA TOMACORRIENTES DOBLE CON TOMA A TIERRA SIMPLE	1 día
1.4.2	CONDUCTORES ELÉCTRICOS	1 día
1.4.2.1	CONDUCTOR (2x2.5) mm ² LSOH para luz	1 día
1.4.2.2	CONDUCTOR (2x4+1x2.5 mm ²) LSOH para tomacorrientes	1 día
1.4.3	TUBERÍAS Y ACCESORIOS	1 día
1.4.3.1	TUBO PVC-SAP ø 20mm x 3metros	1 día
1.4.3.2	CODOS PVC-SAP ø 20mm	1 día
1.4.4	TOMACORRIENTES	1 día
1.4.4.1	TOMACORRIENTES CON TOMA A TIERRA	1 día
1.4.5	INTERRUPTORES	1 día
1.4.5.1	INTERRUPTOR SIMPLE	1 día
1.4.6	TABLEROS ELÉCTRICOS	2 días
1.4.6.1	TABLERO GENERAL T-G	2 días
1.4.7	PUESTA A TIERRA	4 días
1.4.7.1	POZO DE TIERRA	4 días
1.4.8	ARTEFACTOS DE ILUMINACIÓN	1 día
1.4.8.1	ARTEFACTO TIPO PARA ADOSAR CON 3 LÁMPARAS FLUORESCENTE DE 36W. ALTO FACTOR DE POTENCIA	1 día
1.4.8.2	ARTEFACTO ADOSADO EN TECHO CON DIFUSOR DE PLÁSTICO MARCO DE ALUMINIO CON 2 LÁMPARAS FLUORESCENTES DE 18W, ALTO FACTOR DE POTENCIA	1 día
1.5	INSTALACIONES SANITARIAS	42 días
1.5.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	5 días
1.5.1.1	EXCAVACIÓN DE ZANJAS	3 días
1.5.1.2	CAMA DE ARENA	2 días
1.5.2	TUBERÍA DE DESAGÜE	1 día

1.5.2.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC D=6"	1 día
1.5.3	CAJAS	36 días
1.5.3.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA DE REGISTRO	1 día
1.5.3.2	FIN	0 días

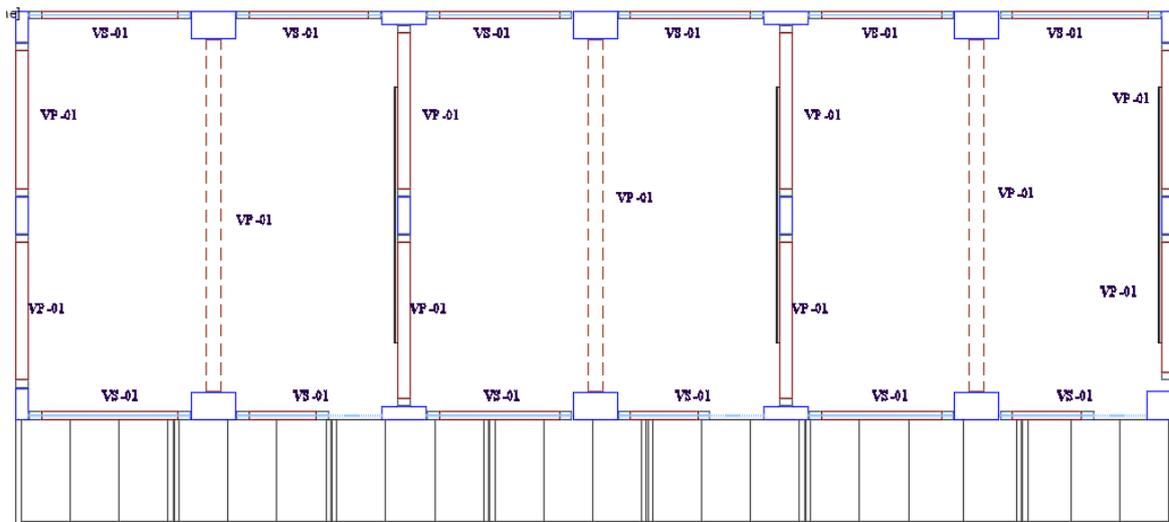
ANEXO N° 6: Módulo “A” Aulas



ANEXO N° 7: Pre dimensionamiento de columnas y vigas

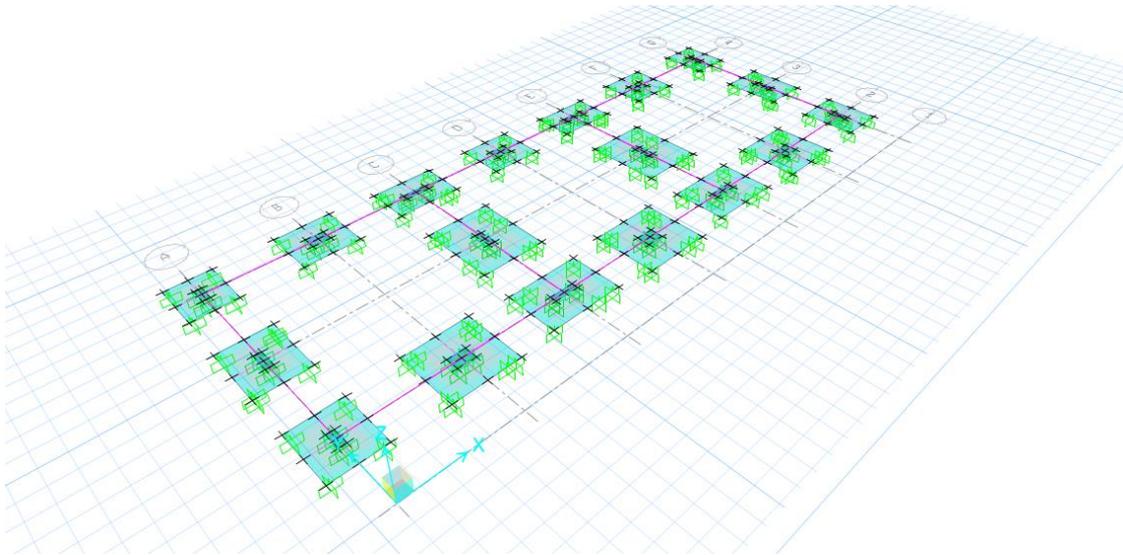


Columnas

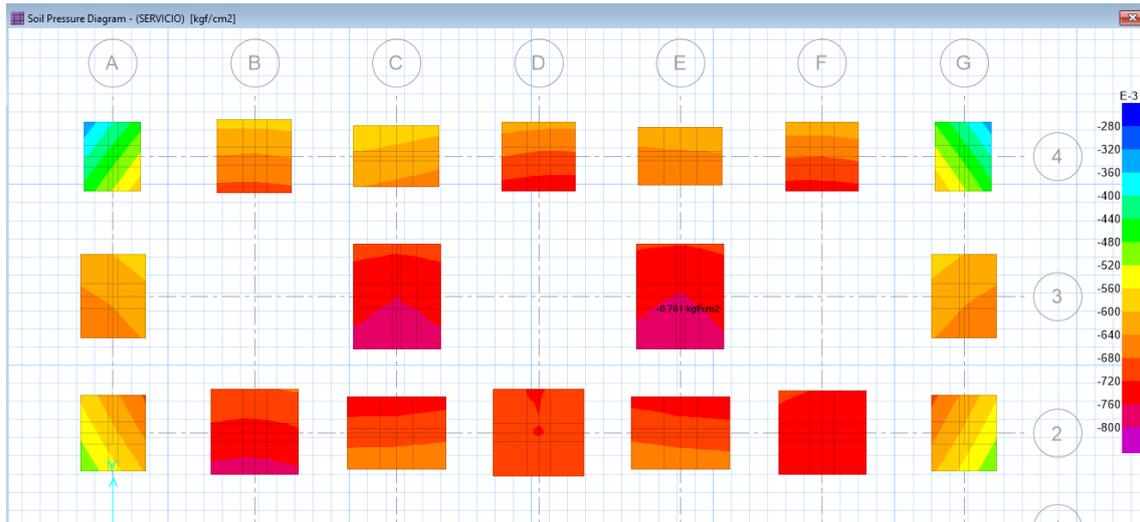


Vigas

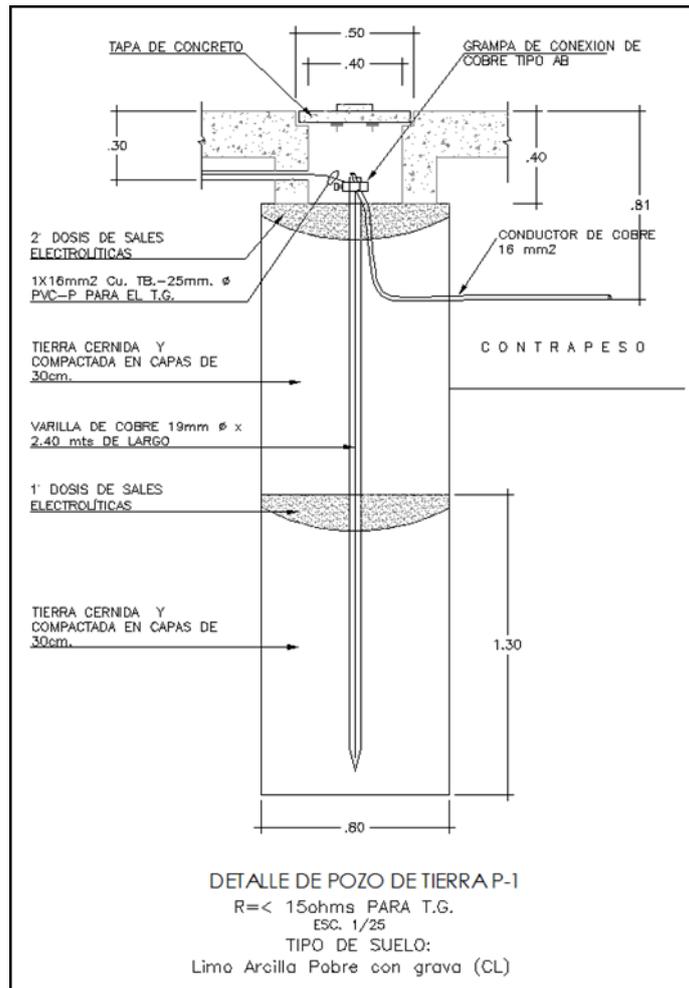
ANEXO N° 8: Modelo estructural de Zapatas.



ANEXO N° 9: Condición de diseño por capacidad de carga (cargas a servicio).



ANEXO N° 10: Puesta a tierra



ANEXO N° 11: Costo del PlanGrid

Ingresar información de pago

LÍMITE DE PLANOS

<input type="radio"/>	Nailgun	550 planos, \$468/year
<input checked="" type="radio"/>	Dozer	5000 planos, \$708/year
<input type="radio"/>	Crane	Unlimited planos, \$1428/year

SUSCRIPCIÓN

<input type="radio"/>	Monthly	\$69/mes
<input checked="" type="radio"/>	Annual	\$708/año AHORRA \$120