

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**LA GESTIÓN DEL TIEMPO EN OBRAS DE EDIFICACIÓN PARA
OPTIMIZAR EL PLAZO CONTRACTUAL**

TESIS
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADA POR

Bach. BERNABE GUTIERREZ, LUIS ALBERTO

Bach. OLIVOS PEREDA, MOISÉS KAROL

ASESOR: Dr. Ing. VALENCIA GUTIÉRREZ, ANDRÉS

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios que siempre está presente en mi vida. A mis padres Rafael y Nancy, que con su sacrificio y esfuerzo me permitieron seguir adelante en mi carrera. A las hermanas religiosas, Candore y Rocío que forjaron en mí valores de amor y humildad en mi camino de vida. A Mons. Lino, Obispo de Carabayllo y a todas las personas del Obispado que me dieron la oportunidad de seguir aprendiendo más de esta hermosa profesión.

Luis Alberto Bernabe Gutierrez

La presente tesis se la dedico a Dios que guía mis pasos y me da la fortaleza necesaria para seguir adelante. A mis madres Cintia y Juana que con esfuerzo me dieron mi educación, brindaron su apoyo en todo momento y son mis pilares para seguir avanzando. A mi padre Gerardo que en paz descansa, quien se sentía muy orgulloso de mí y fue un gran ejemplo. A mi padre Wilmer, que igualmente, en paz descansa, siempre recordaré cuando me contaba sus anécdotas. A mi hijo Piero a quien quiero mucho y es mi orgullo.

Moisés Karol Olivos Pereda.

AGRADECIMIENTO

A Dios

A nuestras familias

A nuestra alma mater, especialmente a los docentes de la facultad de la ingeniería civil que nos brindaron conocimiento y consejos durante la formación universitaria. A todas las personas que estuvieron siempre apoyándonos incondicionalmente.

Luis Bernabe y Moisés Olivos

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	3
1.2 Objetivo general y específico	6
1.3 Delimitaciones de la investigación	7
1.4 Justificación e importancia	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes del estudio de investigación	9
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2 Antecedentes nacionales	12
2.2 Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio.....	15
2.2.1 Planificación tradicional	15
2.2.2 Lean construction.....	16
2.2.3 Modelado de Información de Construcción (BIM)	24
2.2.4 Gestión de valor Ganado (EVM).....	28
2.3 Definición de Términos Básicos.....	37
CAPITULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	39
3.1 Hipótesis	39
3.1.1 Hipótesis Principal.....	39
3.1.2 Hipótesis Secundarias	39
3.2 Variables	40
3.2.1 Definición conceptual de las variables	40
3.2.2 Operacionalización de las variables.....	33
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
4.1 Tipo y nivel.....	34
4.1.1 Tipo.....	34
4.1.2 Nivel	34

4.2	Diseño de investigación	34
4.3	Población y muestra.....	35
4.3.1	Población de estudio	35
4.3.2	Diseño muestral	35
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
4.4.1	Tipos de técnicas e instrumentos	35
4.4.2	Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	35
4.4.3	Procedimientos para la recolección de datos	36
4.5	Técnicas para el procesamiento y análisis de información.....	36
	CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
5.1	Antecedentes	37
5.1.1	Descripción del proyecto	37
5.1.2	Procesos constructivos.....	40
5.1.3	Aplicación de BIM y Lean Construction en obra.....	49
5.2	Presentación de resultados	57
5.2.1	Resultados de la propuesta de Cronograma Lean y BIM	57
5.2.2	Resultados de la Propuesta de Ejecución.....	58
5.2.3	Resultados de la Propuesta de Seguimiento y control	59
5.3	Análisis de resultados	60
5.3.1	De la propuesta de Cronograma Lean y BIM.....	60
5.3.2	De la propuesta de mejora en la ejecución de obra	60
5.3.3	De la propuesta de mejora en el seguimiento y control.....	62
5.4	Discusión de Resultados	64
	RECOMENDACIONES	65
	CONCLUSIONES	66
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
	ANEXOS.....	71
	Anexo 1: Matrix de consistencia	71
	Anexo 2: Cronograma propuesto Parte I	72
	Anexo 05: Planificación con BIM – Parte I.....	75
	Anexo 06: Planificación con BIM – Parte II	76
	Anexo 07: Planificación con BIM – Parte III	77
	Anexo 8: Lookahead de las semanas 15, 16 y 17 – Parte I.....	78
	Anexo 9: Lookahead de las semanas 15, 16 y 17 – Parte II	79

Anexo 10: Vista en planta con el software Navitworks.....	80
Anexo 11: Vista general del Proyecto.	81

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplo de una programación maestra de una obra de edificación	17
Figura 2: Ejemplo de programación de Lookhead – Plazo: 4 semanas	19
Figura 3: Ejemplo de programación semanal y análisis de restricciones	20
Figura 4: Porcentaje de planificación Cumplida.....	22
Figura 5: Planificación a detalle de los procesos con BIM.....	25
Figura 6: Interpretación del modelado tradicional.....	26
Figura 7: Vista de cálculo de metrado de zapata centrada en software Revit	27
Figura 8: Vista de cimientos en Software Naviswork	27
Figura 9: Programación de cimentaciones con BIM y Lean Construction.....	28
Figura 10: Integración de la Línea Base de Medición del Rendimiento	29
Figura 11: Valor ganado, Valor planificado y Costos reales	30
Figura 12: Retraso – Bajo presupuesto	33
Figura 13: Retraso – Sobre presupuesto	34
Figura 14: Adelantado – Bajo presupuesto.....	35
Figura 15: Adelantado – Sobre presupuesto	36
Figura 16: Vista Laterales en 3D del proyecto, uasando BIM.....	38
Figura 17: Vista laterales en 3D y en planta del proyecto, uasando BIM	38
Figura 18: Cronograma maestro del proyecto Edificio multifamiliar Arica	39
Figura 19: Excavación masiva.....	41
Figura 20: Eliminación con rampa.....	41
Figura 21: Excavación de banquetas	42
Figura 22: Anclajes postensados.....	43
Figura 23: Tensado de cable	44
Figura 24: Muro pantalla anclados	45
Figura 25: Encofrado de muro pantalla	47
Figura 26: Vaciado en cada paño de muro anclado (a partir del 2° anillo)	48
Figura 27: Desencofrado y curado químico de muros	48
Figura 28: Programación de Lookhead – semana: 12, 13, 14.....	50
Figura 29: Registro 04 – Programación semanal.....	50
Figura 30: Panelado de los muros del eje A	51
Figura 31: Programación diaria del 27 de julio	51
Figura 32: Plantilla del Porcentaje del plan cumplido (PPC) semana N°06.....	52

Figura 33: Sectorización de cimentaciones, presentado en la semana 13	53
Figura 34: Plantilla usada para el análisis de restricciones.....	54
Figura 35: Acta de reunión de la semana N°13	55
Figura 36: Cuadro de control de los RDI's.....	56
Figura 37: Propuesta de cronograma de Lean y BIM.....	57
Figura 38: Cuadros comparativos de porcentajes	58
Figura 39: Cuadro comparativo de Curva S	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Obras paralizadas 2019.....	4
Tabla 2: Causas de paralización de obras 2019	5
Tabla 3: Días promedio de Paralización de Obras del gobierno 2019.....	5
Tabla 5: Estimación a la conclusión (EAC).....	36
Tabla 6: Definición de variables	40
Tabla 7: Operacionalización de las variables	33
Tabla 8: Producción semanal - Tradicional	62
Tabla 9: Producción semanal - Propuesto.....	63

RESUMEN

La presente investigación está enmarcada en el uso de herramientas tecnológicas que nos permitan un uso eficiente de la gestión de obras de Edificaciones. Por ello, tiene como objetivo principal determinar mejoras de gestión del tiempo en obras de edificación con la finalidad de optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión. Esta tesis de acuerdo a la metodología de investigación es de enfoque cuantitativo, según la finalidad es aplicada, de nivel correlacional, tipo de diseño es no experimental y por la prolongación en el tiempo es transversal. Asimismo, se ha aplicado el método del caso utilizando la data del proyecto “Excavación Masiva y Muro Pantalla” del Edificio Multifamiliar Arica”. Las herramientas y metodologías utilizadas son Lean Construction, BIM y el Valor Ganado del PMI. En la presente investigación se analizó la situación de un proyecto planificado de la manera tradicional y se comparó la línea base utilizando las metodologías señaladas en las etapas de planificación, ejecución y seguimiento y control. La conclusión principal fue que con la aplicación tecnológica de herramientas y metodologías actuales el plazo de la obra de edificación se optimiza en un 8.70% respecto a realizarlo de la manera tradicional.

Palabras claves: Lean Construction, PMI, Valor Ganado, Plazo contractual, Gestión del tiempo

ABSTRACT

The present investigation is framed in the use of technological tools that allow us an efficient use of the construction works management. Therefore, its main objective is to determine improvements in time management in building works in order to optimize the contractual term through management tools. According to the research methodology, this thesis has a quantitative approach, according to the purpose it is applied, correlational level, type of design is non-experimental and, due to its prolongation in time, it is transversal. Likewise, the case method has been applied using the data from the project "Excavación Masiva y Muro Pantalla" del Edificio Multifamiliar Arica". The tools and methodologies used are Lean Construction, BIM and the Earned Value of the PMI. In this research, it was analyzed the situation of a project planned in the traditional way and the baseline was compared using the methodologies indicated in the planning, execution and monitoring and control stages. The main conclusion was that with the technological application of current tools and methodologies the deadlines and costs of the building works can be optimized generating time savings of 8.70% compared to doing it in the traditional way.

Keywords: Lean Construction, PMI, Earned Value, Contract term, Time management

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción se caracteriza por la heterogeneidad, la complejidad, una cadena de suministro fragmentada y la variabilidad del desempeño. Estas particularidades provocan una baja productividad y que las construcciones estén sujetas a un alto riesgo en términos de desviaciones del cronograma y sobrecostos. Asimismo, la tasa de utilización de las tecnologías de la información y la comunicación en la industria de la construcción es relativamente baja respecto a otras industrias. Por lo que, el uso de prototipos basados en BIM y realidad aumentada en construcción AR4C es la tendencia (Ratajczak, Riedl, & Matt, 2019)

El 2015 en Hong Kong se realizó un ambicioso proyecto masivo de construcción de viviendas públicas en donde después de identificar los riesgos, se desarrolló una plataforma BIM habilitada para dispositivos de identificación por radiofrecuencia (RFID) que integra varias partes interesadas involucradas, flujo de información, procedimientos de prefabricación y tecnologías de construcción de vanguardia. (Zhengdao, y otros, 2017) En nuestro país tenemos distintas herramientas que nos permiten controlar costos y tiempos de obras con mayor certeza y precisión desde etapas tempranas de la planificación. Sin embargo, en las obras públicas y privadas se observan que las obras concluyen en plazos mayores a los estimados inicialmente y a costos mayores a los presupuestados. La industria de la construcción es una de las menos evolucionadas en temas de tecnología y encontramos en cuarta revolución industrial, consideramos relevante utilizar el uso de herramientas Lean, BIM y valor ganado PMI en las etapas de planificación, ejecución y seguimiento y control de obras

A continuación, detallaremos el desarrollo de toda la tesis que esta dividida en cinco capítulos:

En el Capítulo I se desarrolla el planteamiento del problema general de manera explicativa y tres problemas específicos, de la misma manera nuestros objetivos, delimitando espacial, temporal y temática nuestra investigación y justificando la importancia del presente estudio.

En el Capítulo II se trata el marco teórico, argumentando antecedentes del estudio, investigaciones relacionadas con el tema, y bases teóricas que fundamentan el uso de metodologías lean Construction, BIM y PMI. Definiendo términos técnicos que será de mucha ayuda para el entendimiento de la investigación y contando con una hipótesis de trabajo, que orientará en el proceso.

En el Capítulo III contempla la hipótesis general y específicas que se busca comprobar con la investigación. Asimismo, se plantea una definición conceptual de las variables y su operacionalización con sus respectivas dimensiones e indicadores, de los cuales se obtuvo los objetivos específicos.

En el Capítulo IV se tiene la metodología del estudio, tipo y nivel, el diseño de investigación, la población y muestra, variables, técnicas e instrumentos de recolección de datos y las técnicas de procesamiento y análisis aplicada en la presente investigación.

En el Capítulo V se tiene la descripción del proyecto y de los procesos constructivos. Se analiza mediante herramientas Lean, BIM y del Valor ganado las etapas de planificación, ejecución y control de obra resaltando las mejoras obtenidas al compararse con una planificación tradicional.

Al final del documento se presentan la discusión de resultados, conclusiones de la investigación, así como también las recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

Las obras son planificadas de manera tradicional mediante el uso del PERT y CPM, en donde, si bien son herramientas útiles para una planificación máster, los plazos reales de ejecución difieren bastante de la planificación inicial. Esto se debe, a que con las herramientas PERT, realizamos la planificación con rendimientos promedio y cuadrillas también promedios de procesos constructivos típicos. Sin embargo, la realidad está sujeta a incertidumbre y variabilidad de distintas variables intervinientes que no son tenidas en cuenta en la planificación master. Por ello, consideramos que utilizando el Last Planner System del Lean Construction, la técnica del Valor ganado del Project Manager Institute y con ayuda de un entorno virtual que nos da el BIM decidimos investigar esta problemática

La construcción de edificaciones en Perú tiene aún un concepto tradicional, que le toma mucho esfuerzo incluir en el proceso constructivo nuevas tecnologías, métodos y herramientas de gestión, porque aún se tiene el prejuicio que la gestión de proyectos es un costo innecesario en la planificación de la construcción (León, Hinostroza, Huamán 2017).

En esa misma línea (Ghio, Bascuñan) señalan que la industria de la construcción en general se encuentra rezagada con respecto a: el nivel tecnológico alcanzado en otros sectores. Indicando que entre estos factores se encuentran: (i) las empresas constructoras son altamente conservadoras y adversas al riesgo; (ii) No han encontrado la necesidad de mejorar sus procesos ya que la rentabilidad que han obtenido los ha satisfecho; (iii) sus competidores son también altamente conservadores. (1995)

Esta problemática es similar en distintos países, así en Colombia (Gordo, Potes y Vargas) mencionan que a la hora de la ejecución de algunos contratos, se presentan una serie de inconvenientes que acarrear aspectos tanto sociales como ambientales, culturales, de planeación u otros factores externos, los cual conlleva a que los contratos no se terminen en el tiempo estipulado ocasionando de esta manera retrasos en las obras.

De igual forma (Millan, 2015) resalta en México que estos retrasos son costosos, ya que suele haber un préstamo (o financiamiento por parte del constructor) para realizar

las actividades, cuyos costos dependen del tiempo y la inflación continua de los precios, de los salarios y materiales.

En la investigación 2020 (Nutchapongpol y Gritsada) se identifican los principales factores que conducen a retrasos en la construcción encontrando que en una escala del 1 a 5 de Likert se tenía que las ordenes de cambio eran el segundo factor más importante con una puntuación de 4,53.

En nuestro país la Ley y Reglamento de Contrataciones del Estado que regula los procedimientos de contratación de las obras públicas. En el artículo 168° señala las causas por las cuales se otorga una ampliación de plazo, estableciendo además un procedimiento administrativo para este fin. Podemos observar en el reporte de Contraloría General de la República (2019), Tabla 1, que el mayor número de obras paralizadas corresponde a entidades de Gobierno Nacional con 495 por S/ 8,682,077,012, en tanto que las entidades de gobiernos regionales cuentan con 372 obras, cuyo monto contratado asciende a S/ 8,188,778,755.

Tabla 1: Obras paralizadas 2019

Nivel de Gobierno	Monto contratado		Obras paralizadas	
	S/	%	N°	%
Nacional	8,682,077,012	51	495	57
Regional	8,188,778,755	49	372	43
Total	16,870,855,767	100	867	100

Fuente: Información proporcionada por las Unidades Orgánicas/Gerencias Regionales de Control

En la Tabla 2, se tiene que la causa más frecuente de paralización corresponde a las obras “Deficiencias técnicas/incumplimiento contractual”, con 340 obras, seguido de 242 obras con “en arbitraje” y “limitaciones presupuestales” con 126 obras. La causa “deficiencias técnicas/incumplimientos contractuales” representa el 39% del total de obras paralizadas. Mientras, las casusas obras “en arbitraje”, “limitaciones presupuestales” y “disponibilidad del terreno”, que representan el 28, 15 y 3% respectivamente. (Contraloría General de la República, 2019).

Tabla 2: Causas de paralización de obras 2019

Causas de la paralización	Obras	
	N°	%
Deficiencias técnicas/incumplimiento contractual	340	39
En Arbitraje (1)	242	28
Limitaciones presupuestales	126	15
Disponibilidad del terreno	27	3
Cambio de Profesionales	18	3
Cierre de proyecto	3	0
Factores climatológicos	2	0
Intervenida por Fiscalía	2	0
Otros	2	0
Obra judicializada por la Municipalidad	1	0
Vigencia de Convenio	1	0
Sub Total	764	88
Información Limitada	103	12
Total	867	100

Fuente: Información proporcionada por las Unidades Orgánicas/Gerencias Regionales de Control

En la Tabla 3 se tiene el promedio ponderado de días de paralización por sector con los montos contratados, siendo el sector Relaciones Exteriores con mayor cantidad de días de paralización Relaciones Exteriores con 1 971, seguido de los sectores Justicia, Mujer y Poblaciones Vulnerables y Salud con 1 110, 997 y 932 días.

Tabla 3: Días promedio de Paralización de Obras del gobierno 2019

Sector	N° de Obras Paralizadas	Número de días promedio de paralización
Relaciones Exteriores	1	1971
Justicia	19	1110
Mujer y Poblaciones Vulnerables	4	997
Salud	27	932
Presidencia del Consejo de Ministros	7	887
Defensa	21	713
Comercio Exterior y Turismo	9	675
Cultura	14	646
Educación	149	645
Vivienda, Construcción y Saneamiento	99	619
Transportes y Comunicaciones	71	560
Agricultura	149	548
Energía y Minas	22	510
Desarrollo e Inclusión Social	90	481
Ambiente	1	479
Interior	25	372
Producción	5	323
Sub Total	713	-

Información Limitada	154	-
Total	867	-

Fuente: Información proporcionada por las Unidades Orgánicas/Gerencias Regionales de control

Problema General:

¿Qué mejoras en la gestión del tiempo de edificaciones permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?

Problema Específicos:

- a) ¿Qué mejoras en la planificación permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?
- b) ¿Qué mejoras en la ejecución permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?
- c) ¿Qué mejoras en el seguimiento y control permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?

1.2 Objetivo general y específico

Objetivo General:

Determinar mejoras de gestión del tiempo en obras de edificación con la finalidad de optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.

Objetivos Específicos

- a) Determinar las mejoras de planificación que permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.
- b) Determinar las mejoras en la ejecución que permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.
- c) Determinar las mejoras en el seguimiento y control que permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.

1.3 Delimitaciones de la investigación

a) Delimitación Temporal

La presente investigación se realiza con los datos obtenidos de la obra de la “Excavación Masiva y Muro Pantalla del Edificio Multifamiliar Arica” entre los meses de mayo a octubre del 2021. Cabe señalar que la presente investigación se realiza en un entorno influenciado por la pandemia.

b) Delimitación Espacial

El modelo de gestión se realiza con los datos del Edificio Multifamiliar Arica se ubica en la Calle Arica N°750, en la urbanización América del distrito de Miraflores-Lima. Se elabora el modelo de programación tradicional y el modelo de programación de obra aplicando las herramientas de gestión.

c) Delimitación Temática

El tema de la presente investigación está relacionado a la gestión de tiempo y no del costo. Se utilizaron las Metodologías de Lean Construction, BIM y del Valor ganado del Project Management Institute para establecer la estimación del tiempo.

1.4 Justificación e importancia

a) Justificación practica

Esta investigación, se justifica por las carencias continuas que se da en las empresas al ejecutar y no cumplir con los cronogramas de obra. Hay una necesidad de mejorar la planificación, control y ejecución de las obras en general y específicamente las obras de edificación con la ayuda de las directivas de la Filosofía Lean Construction, Valor ganado y BIM.

b) Justificación social

Esta investigación, se justifica socialmente porque al tener una buena planificación, se puede tener obras listas en menores plazos, en beneficio de la sociedad, que es el usuario final de las obras.

c) Justificación económica

Esta investigación, se justifica económicamente porque el tiempo de ejecución es proporcional al costo, es decir con la reducción de plazo de obra de la edificación

se puede tener ahorro en los gastos generales del presupuesto contractual, en beneficio de la empresa ejecutora del proyecto.

d) Importancia

La presente investigación, es importante porque permite a las empresas tener un alcance de la gestión de tiempo, desarrollando una planificación, control y ejecución de actividades a realizarse. De esta manera se podrá optimizar los plazos contractuales de obras de edificación, lo cual repercute en la sociedad porque las principales obras son realizadas por el sector público.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio de investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Almaraz (2016). En esta tesis señala que fue realizada con el principal motivo de poder entender y describir de una manera práctica y sencilla una metodología para realizar una planeación clara y de uso innovador en la cual se tenga el entendimiento y conocimiento del proyecto, a través de su programación se dará un mayor enfoque a los objetivos que se pretende llegar, así como observar las dificultades que se pudiesen presentar con antelación y evitar las dificultades que se presentan día a día en los proyectos de construcción. Resalta que la construcción se encuentra en un punto donde necesita herramientas innovadoras, que nos ayuden a la toma de decisiones de una manera fácil y práctica, ya que muchas veces se utiliza el conocimiento empírico como manera determinista teniendo incertidumbre y variabilidad en nuestros proyectos.

Según Gualdrón & López (2020), menciona que la construcción en Colombia se muestra renuente a los cambios generados por las nuevas herramientas tecnológicas que surgen a nivel mundial para mejorar la productividad y rentabilidad en las obras. Esta reticencia al cambio está principalmente en que las empresas constructoras tienen procesos tradicionales definidos que, en teoría, les han funcionado por años y estos que van desde el diseño, hasta la construcción y entrega de los proyectos. Sin embargo, en construcción de viviendas, se evidencia cada vez más que desde la misma concepción de los presupuestos (en donde se incluyen desperdicios) hasta la puesta en marcha de la obra con sus pedidos de material muchas veces sobredimensionados, que los procesos de control están obsoletos, y que la política no debería ser “construir a cualquier costo”, si no, “construir eficientemente”. Bajo esta última premisa surgen herramientas innovadoras creadas a partir de esta misma necesidad de optimizar recursos y procesos en la construcción siendo una de estas “Lean Construction”.

Según Constanza (2017) se pregunta: ¿Cumpliremos con la fecha de entrega? Esta es una pregunta recurrente al momento de estar en pleno proceso de construcción de un proyecto. Y es que el programa original suele sufrir varias modificaciones, pues a pesar de considerar una cierta holgura en los procesos, éstos se pueden ver afectados por distintas razones como atrasos con la provisión de materiales, falta de equipos, errores de diseño, problemas con la mano de obra o no tener los prerequisites para la ejecución de la tarea siguiente, derivando en cambios de presupuesto, planificación y baja productividad. Como una manera de bajar el impacto de estos factores en la producción, nace la metodología Last Planner, utilizada en la planificación de proyectos y basada en los principios de la filosofía Lean Construction. A pesar de que tiene más de 20 años, aún es poco utilizado en nuestro país y no ha logrado implementarse a fondo, debido a la falta de conocimientos y sobre todo a la reticencia a los cambios en el mundo de la construcción. El presente trabajo tiene como objetivo analizar los datos obtenidos a partir de la metodología Last Planner en dos edificios de altura de una empresa constructora, ubicados en la comuna de Las Condes y San Miguel. Para ello se hará una recopilación bibliográfica, recolección de datos a partir de la implementación en obra y un análisis de resultados.

Según Katherine (2017) se señala que las actuales investigaciones de Lean Construction y Building Information Modeling (BIM) se han centrado principalmente en los aspectos teóricos relacionados con su integración y sinergia. Sin embargo, poca atención se ha prestado al desarrollo de métodos prácticos Lean-BIM para gestionar proyectos y proporcionar evidencia de las oportunidades de mejora de rendimientos. En esta investigación, se pretende llenar este vacío mediante la propuesta de un marco de planificación Lean-BIM mediante la integración de Last Planner System (LPS) y BIM. El desarrollo de la investigación para probar el concepto de un marco de planificación Lean-BIM se lleva a cabo mediante la comparación de 2 casos de estudio: uno usando sólo LPS y otro usando LPS y BIM. Se realiza un seguimiento a la etapa de obra gruesa de ambos proyectos como parte del equipo de oficina técnica de la obra. Se reúnen datos de ambos proyectos, se analizan y comparan los procesos de planificación. Dentro de los datos obtenidos se incluyen: dinámica de las

reuniones de Planificación Intermedia y Semanal (número de participantes, roles, duración promedio de cada reunión y horas hombre asociadas), indicadores de LPS y Requerimientos de Información (RDI). Posteriormente, se utilizan mapas de proceso (diagramas de flujo) para documentar ambos procesos de planificación y la propuesta mejorada de planificación. Además, se integran las diferentes etapas de la planificación. Los resultados demuestran que el uso coordinado de LPS y BIM genera una reducción de la duración de las reuniones, un aumento del PAC, una disminución de la variabilidad del PAC, una disminución de las CNC y una disminución del número total de RDI de diseño. Se busca generar las bases para futuras investigaciones mediante una propuesta de planificación mejorada que combine LPS y BIM, y así demostrar que se facilita la interacción con un número mayor y más diverso de participantes del proyecto. Por otro lado, que al manipular BIM en las reuniones de planificación, se generan reuniones más efectivas y como resultado, mejora la comunicación y la confiabilidad de la planificación del proyecto.

Según Arturo (2018) señala que el enfoque Lean es una filosofía de trabajo que surge en la década de los 50 después de la segunda guerra mundial en la industria automotriz japonesa Toyota. Esta filosofía busca “satisfacer las necesidades y expectativas del cliente, con el menor consumo de recursos, a través de la continua eliminación de desperdicios, variaciones e inflexibilidades” (Instituto Lean Chile). En este trabajo, se realizó una revisión bibliográfica para definir, analizar y estudiar los conceptos fundamentales de la filosofía Lean desde el origen hasta recientes estudios y memorias en la industria de la construcción. Además, se estudió la evolución de esta filosofía: Lean Thinking, Lean Manufacturing, Lean Construction y Lean Project Management. Luego, a partir de la información recopilada, se analizó un caso específico para identificar los procesos del proyecto que no le agregaban valor. Uno de los objetivos de la memoria fue conocer el estado actual de la aplicación de Lean en Chile evaluando experiencias y conocimientos de los profesionales en la industria de la construcción. Para esto, se realizó una encuesta para medir el nivel de conocimiento de la filosofía Lean, de las herramientas y metodologías Lean, de Last Planner System y sus elementos principales y las

situaciones, que no agregan valor, más frecuentes en la construcción. Respecto de la aplicación de Lean en Chile y, específicamente en la industria de la construcción, se concluyó que esta es baja y que las empresas no tienen el conocimiento suficiente para su correcta implementación en los proyectos. Los profesionales no incorporan elementos de la filosofía o la cultura, sino solo utilizan algunas tecnologías, siendo la más frecuente, Last Planner System. En los proyectos de construcción, las actividades que no agregan valores más comunes son la falta de comunicación y los tiempos de espera en los distintos procesos. Para finalizar, a través del análisis que se realizó con el caso de estudio, se formularon recomendaciones para realizar una aplicación Lean. Estas siguieron los tres importantes pilares Lean: conocimiento de la filosofía, realizando capacitaciones al personal de los principios Lean; formación en cultura Lean a los participantes del proyecto, formando Líderes y organizaciones motivadas; y utilización de tecnologías y metodologías Lean, como Last Planner System y VDC/BIM. Se señaló que el desarrollo complementario de estos tres pilares es fundamental para una correcta aplicación de Lean.

En las cinco tesis de referencia se menciona la evolución del Lean Construction en estos casi 30 años desde su aparición. Los beneficios de implementar esta metodología son grandes porque por ejemplo permite identificar de manera sistemática las actividades que no agregan valor, liberar las restricciones de las actividades programadas en la semana, etc. En Chile -como en otros países sudamericanos- se tiene el conocimiento de la metodología, pero su aplicación está dada aun en pocas empresas. Asimismo, con la interacción de Lean Construction y el BIM se ha originado un nuevo panorama que requiere actualización de los principios del Lean Construction, lo cual abre un panorama para nuestra investigación.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Durand (2018) centra su atención en dos vértices del triángulo de hierro para la gestión de proyectos: costo y plazo. En base a ello, presenta herramientas y metodologías que pretenden reducir tiempos de ejecución, agilizar el aprendizaje, reducir el error y, sobre todo, tomar decisiones más

certeras para la gestión de la obra. El marco teórico rescata y complementa conceptos particulares de las filosofías, guías y metodologías actualmente usados. Particularmente sobre el PMBOK, Lean construction, Sistemas Integrados de gestión, conceptos de metodologías ágiles, metodologías de planeamiento y de control de costos. Dentro de la gestión del tiempo, se explica la metodología del Sistema Last Planner (LPS) y su importancia en las obras de construcción. Así mismo, se presenta a las Líneas de Flujo (LF) como un método de programación complementario y no alternativo, y se enfoca en revisar las programaciones a nivel de partidas generales. En otras palabras, se introducen las LF al esquema de planeamiento del Last Planner. Así mismo, la tesis ofrece un software gratuito de visualización de Líneas de Flujo que solo requiere la configuración de la programación de obra de acuerdo con un formato en Microsoft Excel (herramienta altamente divulgada y muy usada en el rubro de la construcción). Además, se presentan los componentes resultantes de la integración del LF al LPS. Por otro lado, la tesis enfoca la gestión de costos mediante el desarrollo de la metodología del valor ganado y resultados operativos proyectados. Adicionalmente, la tesis ofrece un video explicativo de los conceptos económicos detrás del resultado operativo proyectado (ROP) con la finalidad de aprender, reforzar los conceptos y aprender el uso de la herramienta.

Según Ramos & Tolentino (2020) se midió el tiempo de retraso que hubo en el proceso administrativo reflejado en el cronograma de obra. Las herramientas que usaron para el análisis fueron lista de chequeo o check list, matriz de probabilidad e impacto, entre otras. Mediante la aplicación de estas últimas, se presentan conclusiones de lo importante que es contar con herramientas de gestión y las propuestas de estas directivas, que son tres: en el expediente técnico para una planificación de obra correcta, en las valorizaciones para un flujo de caja positivo y la liquidación para un correcto cierre de obra. Esta investigación plantea principalmente proponer directivas de gestión en la modalidad de administración directa, para cumplir con el cronograma de obra a través de un análisis documental.

Según Fernández (2018) se expone el proceso que se utilizó para la aplicación de la nueva filosofía en obras en Lima Metropolitana, mostrando la ruta de aplicación de herramientas Lean con los formatos y procesos para desarrollarla, en un proyecto inmobiliario de 16 departamentos en el distrito de Breña. Esta investigación muestra el cambio entre la conversión por conversión de procesos y la construcción por flujo de procesos, además, del impacto en la ingeniería del país, que con 10 años de aplicación Lean en el Perú, aún está no se termina de insertar en el sector construcción. En la última parte, se exponen las recomendaciones del autor en la necesidad de profundizar la investigación en la adecuación de la filosofía Lean a las características de la obra en el Perú, y la integración de la educación superior a la marcha empresarial en el país.

Según Herrera & Jurado (2019) expone conceptos relacionados a los retrasos que ocurren en una obra y a las causas del deficiente seguimiento y control realizado al cronograma contractual de proyectos de construcción de la ciudad de Lima Metropolitana. Asimismo, se recaudó información de metodologías y herramientas a la vanguardia y se levantó la información de 3 proyectos de construcción de edificaciones multifamiliares. A partir de la información de estos proyectos, se identificaron los principales problemas de cada metodología que terminaron causando retrasos sobre los plazos contractuales de los mismos. Estos problemas pudieron ser agrupados en tres principalmente: la inadecuada planificación, la inadecuada programación y el vínculo débil o inexistente entre ambos. A partir de lo mencionado, se propuso una metodología con el principal objetivo de brindar una guía hacia los contratistas para realizar un seguimiento efectivo al plazo contractual de sus proyectos y prevenir todo retraso.

Según Corrales & Saravia (2020) exponen que los proyectos de edificaciones que se vienen ejecutando generalmente no cuentan con una ingeniería definida al inicio de la etapa de construcción. Esto genera que los proyectos tengan numerosas indefiniciones en su inicio. A consecuencia de ello, las consultas, las órdenes de cambio, y definiciones se dan en mayor cantidad en la etapa de ejecución aumentando el esfuerzo y por lo tanto incrementando el plazo contractual en la solución de cualquier retrabajo. Las

metodologías tradicionales, no colaborativas, suelen tener como común denominador, la gran cantidad de solicitudes de información durante la construcción. Esta situación sumada a de un flujo lento de respuesta a las consultas realizadas en campo puede resultar perjudicial para la entrega oportuna del proyecto.

Esta metodología VDC se basa en “construir” dos veces, es decir construir previamente la edificación en un modelo virtual con todas las especialidades consolidadas y compatibilización para una vez teniendo el modelo liberado y libre de indefiniciones, se proceda con la construcción real. Esta metodología, busca la reducción de los recursos innecesarios y la disminución de la variabilidad a través del trabajo colaborativo mediante las sesiones ICE en el uso conjunto de herramientas tecnológicas (BIM) y filosofías Lean. La presente tesis demuestra que, teniendo un modelo integrado en la etapa de diseño y acompañado de un equipo colaborativo en sesiones ICE, es posible trasladar los esfuerzos de la etapa de construcción a la etapa de diseño y de esta manera reducir el tiempo de ejecución de los proyectos. De las tesis analizadas observamos que los proyectos en donde se aplica la metodología Lean Construction son edificaciones. En estas tesis se muestra los beneficios que tiene esta metodología en cuanto a la optimización de los tiempos que repercuten directamente también en los costos comparativamente con el uso de una metodología tradicional. Asimismo, en la tesis de Corrales & Saravia, 2020 se incorpora la metodología VDC desarrollada por el Center for Professional Development de la universidad de Standford, la cual agrega valor en la optimización del tiempo y costo de infraestructura.

2.2 Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio

2.2.1 Planificación tradicional

La planificación tradicional, tiene un enfoque de elaborar una programación general de los trabajos que deben ser ejecutados en toda la obra, sin embargo, esto es muy diferente con lo que sucede en la obra.

Existen diversos motivos por los cuales la planificación tradicional no se cumple (Ballard, 1994):

- a) La planificación tradicional, se basa en la destreza del ingeniero a cargo de la programación de la obra.
- b) Se mide lo realizado contra lo programado en la obra, pero no se mide el desempeño de la habilidad y la destreza para planificar.
- c) Esto ultima conlleva a que no se analicen los errores de la planificación y sus causas, y por tanto a que no se genere un aprendizaje.

2.2.2 Lean construction

a) Planificación mediante Last Planner

El Last Planner System o también conocido como el último planificador, es un sistema de control de proyectos en donde se rediseñan los sistemas de planificación convencionales con el fin de reducir la brecha entre lo que DEBERÍA hacerse y lo que se HIZO, esto a través de información confiable proveniente de los últimos planificadores, quienes son los que están directamente relacionados a los trabajos; de tal manera que se pueda ver en un plazo intermedio, lo que en la práctica se PUEDE hacer, y en un plazo más corto, lo que con mayor certeza se HARÁ. (Orihuela & Ulloa, 2011)

b) Cronograma maestro

El plan maestro o cronograma maestro, nace del cronograma contractual establecido por la entidad y el ejecutor, “la planificación maestra, consiste en plantear los hitos que se requieran para cumplir con los objetivos propuestos” (Orihuela & Ulloa, 2011) asimismo el plan maestro es la definición de fases del proyecto (faseo), que se elabora durante la planificación inicial del proyecto, donde abarca toda la duración del proyecto, estableciendo los hitos y compromisos del proyecto. Esta programación puede estar sujeta a modificaciones y ajustes de acuerdo al estado del proyecto (comienzos, secuencias, duraciones, etc.). Asimismo, el plan maestro es elaborado por el staff de obra

Existe fases claramente marcadas en los proyectos de edificaciones, estas fases involucran, movimiento de tierra, obras civiles, acabados húmedos y acabado secos.

En la planificación maestra se crean un primer escudo con referencia al hito Final del programa venta.

ACTIVIDAD	MESES							
	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.
Obras Provisionales	◆							
Movimientos de Tierras			S2					
Calzaduras			S2					
Cimentación			S2					
Muro de Contención			S2	S1				
Columnas y Placas			S2	S1	1P	2P	3P	4P
Vigas y Losas			S2	S1	1P	2P	3P	4P
Tabiquería					1P	S2	2P	3P
Tarrajeos						S1	1P	2P
Pisos					S2		1P	2P

Figura 1: Ejemplo de una programación maestra de una obra de edificación

Fuente: Orihuela & Ulloa, 2011

c) Pull planning

El Pull Planning es un componente esencial del Last Planner System (Sistema del Último Planificador). Es una planificación colaborativa, transparente y flexible, que ayuda a eliminar la sobreproducción, también puede ser definido como un proceso de mapeos que ilustra la relación entre las diferentes actividades o especialidades. Tiene como finalidad realizar una planificación desde el término de un hito hacia atrás, con la participación de todos los involucrados en el proyecto, no solo ingenieros responsables, sino también los capataces de todas las especialidades, ya que se encuentran directamente relacionados con la ejecución del proyecto; de esta forma, todas las tareas estarán definidas y secuenciadas. (McGraw-Hill, 2013).

d) Planificación por Fases

La planificación por fases o método del cangrejo, consiste en detallar las actividades que serán necesarias para ejecutar una fase del proyecto. En este tipo de planificación se usa la Técnica del Pull, para lo cual se recomienda la programación reversa, es decir, se trabaja de atrás (actividad final de una

fase) hacia adelante (actividad inicial de la fase). Esto ayuda a determinar los trabajos que son necesarios para cumplir el objetivo de la fase. (Orihuela & Ulloa, 2011)

Los involucrados deben reunirse para llevar a cabo la planificación de estas actividades. Una práctica recomendada por el Lean es trabajar en una pizarra con la ayuda de "post it" donde se escriben las tareas que deben ejecutar o que otros deben hacer para cumplir un objetivo. Estos son pegados y ordenados de acuerdo a la secuencia de trabajo. Asimismo, una vez que se ha planteado la secuencia, se comienza a calcular la duración del trabajo. Se debe buscar que los tiempos que se den sean lo suficientemente holgados para absorber cualquier variabilidad. (Orihuela & Ulloa, 2011).

Los beneficios de esta parte de la programación son:

- El equipo entiende mejor el proyecto.
- El equipo tiene la oportunidad de conocerse más.
- Cada miembro sabe lo que los otros necesitan para llevar a cabo sus tareas.
- Todos entienden lo que se debe hacer y cuándo hay que hacerlo.

e) Lookahead

Lookahead, es un instrumento del Last Planner System de planificación, en el cual se asigna recursos a una actividad para que sea ejecutada, esta planificación se trabaja con una mirada al futuro de 3 o 6 semanas según la complejidad del proyecto. Los "Last planners" seleccionan y disgregan las actividades en asignaciones, para posteriormente hacer un análisis de restricciones. El objetivo es producir asignaciones liberadas y listas para poder programarse semanalmente. Los pasos a seguir deben ser los siguientes (Deville & Gallo, 2017):

- Seleccionar aquellas actividades que se sabe que se podrían realizar cuando se programen. Tomar en cuenta si existen cambios en el diseño, temas sin resolver, disponibilidad de materiales y la probabilidad de que las actividades previas puedan ser terminadas cuando se necesiten.

- Dividir las actividades en asignaciones. Una asignación es una orden directa de trabajo y, por lo tanto, es el nivel más bajo de la planificación.
- Analizar las restricciones, proceso que se realiza para saber si las asignaciones pueden ejecutarse cuando se han programado. Se divide en dos:
 - Identificar las restricciones, adelantándose a seleccionar las posibles causas que pudieran hacer que una actividad no se realice.
 - Analizar las restricciones, que consiste en ver si se tiene la información suficiente, si se cuentan con todos los recursos, si los trabajos preliminares se van a terminar, etc. Sólo pueden avanzar en las semanas y entrar en la programación aquellas asignaciones que se encuentren listas y sin restricciones.
- Mantener un grupo de asignaciones denominado "trabajo de reserva", el cual es un "buffer" para mantener la eficiencia de la labor si las actividades planeadas no se pueden ejecutar o si el personal termina antes de lo previsto.
- Equilibrar la cantidad de trabajo por hacer con la capacidad que se tiene en obra.
- Listar los requisitos que se deben tener en cuenta para ejecutar las asignaciones en la semana que se han programado.

ACTIVIDAD	ENERO																																		
	SEM 11-01								SEM 11-02								SEM 11-03								SEM 11-04										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
Columnas y Placas																																			
Fierro Columnas y Placas																																			
Encofrado Columnas y Placas																																			
Concreto Columnas y Placas																																			
Losas, Vigas y Escaleras																																			
Fierro Losas, Vigas y Escalera																																			
Encofrado Losas, Vigas y Escalera																																			
Ladrillo de Techo																																			
Concreto Losas, Vigas y Escalera																																			

Figura 2: Ejemplo de programación de Lookhead – Plazo: 4 semanas

Fuente: Orihuela & Ulloa, 2011

f) Análisis de restricciones

El análisis de restricciones consiste en identificar los posibles factores que generen los cuellos de botella, de los procesos constructivos, que limiten el

cumplimiento de nuestro cronograma, identificando los obstáculos que impiden el desarrollo de las actividades. Después del desarrollo del Lookahead se procede a realizar el análisis de restricciones para detectar los componentes que impiden la ejecución de una actividad en el plazo proyectado.

Para el desarrollo del análisis de restricciones, primero se realiza el desglose de las actividades a ejecutar en la semana programada e identificando en el Lookahead, a la vez identificando los factores que involucran cada actividad y los involucrados encargados de la liberación de las restricciones.

Los factores a tomar en cuenta en el análisis de restricciones son: el cumplimiento de las tareas precedentes, el diseño y especificaciones de los detalles constructivos, la disponibilidad de componentes y materiales, la disponibilidad de mano de obra, de equipo, de espacio y la consideración de posibles impedimentos por condiciones externas. (Orihuela & Ulloa, 2011).

g) Plan Semanal

De las actividades y asignaciones que se tienen listas, se deben seleccionar aquellas que entrarán en la ventana de programación semanal. Se debe tener en cuenta la prioridad, la secuencia del trabajo y si se tienen en campo todos los recursos. La Figura 3 muestra un formato típico de una programación semanal, la cual entrega actividades liberadas luego de la aplicación de un análisis de restricciones.

ACTIVIDAD	ENERO					Und	Metrado	RESTRICCIONES					Liberado		
	Sem 11-03							Información	Actividad Precedentes	Espacio	Mano de obra	Material		Equipos	Condiciones Externas
	17	18	19	20	21										
Columnas y Placas															
Fierro Columnas y Placas						kg	4,000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Encofrado Columnas y Placas						m ²	250	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Concreto Columnas y Placas						m ³	23	ok	ok	ok	ok	Falta agregados	ok	ok	No
Losas, Vigas y Escaleras															
Fierro Losas, Vigas y Escalera						kg	2,900	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Encofrado Losas, Vigas y Escalera						m ²	255	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Ladrillo de Techo						und	2,900	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Si
Concreto Losas, Vigas y Escalera						m ³	70	ok	ok	ok	ok	Falta agregados	ok	ok	No

Figura 3: Ejemplo de programación semanal y análisis de restricciones

Fuente: Orihuela & Ulloa, 2011

h) Programación diaria

Programación o plan diario, es el último escalón de la planificación y programación que propone el sistema Last planner, esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con el fin de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claro las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo. Esta planificación la elabora el último planificador partiendo de los resultados del día y siguiendo lo programado para la semana, por lo cual también se usa para controlar avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y de esto se realice el PPC correspondiente. (Abner, 2014)

La programación diaria al ser una programación que va de la oficina técnica de la obra al campo tiene que tener características distintas a las anteriores, ya que se necesita que todos los involucrados en el proceso de construcción (maestro, capataces, operarios, etc.) entiendan la información que se trata de transmitir, por consiguiente se puede realizar de manera gráfica en pequeños planos separando las actividades para que se puedan identificar con facilidad y evitar confusiones al momento de asignar tareas en campo, o de manera textual detallando adecuadamente los elementos y su respectiva ubicación. (Abner, 2014)

i) Porcentaje de plan de cumplimiento

Consiste en medir la efectividad de la programación usando un indicador como el PPC (Porcentaje de Planificación Cumplida) y también se deben identificar las Razones del No Cumplimiento. Esto último sirve para conocer cuáles son las razones que más se repiten y poder corregirlas para las siguientes semanas (proceso de retroalimentación). La Figura 4 muestra un ejemplo de PPC durante 4 semanas y sus respectivas Razones de No Cumplimiento. (Orihuela & Ulloa, 2011)



Figura 4: Porcentaje de planificación Cumplida

Fuente: Orihuela & Ulloa, 2011

j) Análisis de causas de no cumplimiento

El análisis de causas de no cumplimiento (CNC), es una herramienta muy útil del Last Planner, a partir de esta herramienta se inicia el proceso de mejora continua. Las causas de no cumplimiento son aquellas razones por la que el plan de trabajo semanal no pudo ser completado al 100%. La identificación de estas causas y su posterior análisis para tomar medidas correctivas y/o preventivas deben ser realizadas de manera seria y responsable puesto que con el Porcentaje de plan de cumplimiento (PPC), son puntos de partida para la mejora continua de planificación. (Herrera & Sánchez , 2016)

k) Ejecución de actividades

La ejecución, se define a la puesta en marcha del proyecto donde se ejecutan todas las actividades necesarias para el cumplimiento del alcance acordado, donde se pone en práctica la planificación que se llevó a cabo previamente.

El definir bien las actividades nos ayudara a identificar posibles restricciones y realizar una buena secuencia en el proceso de trabajo.

Durante la ejecución de las actividades del proyecto se deberá poner bastante énfasis a las comunicaciones, con el equipo y terceros, con finalidad de resolver problemas que puedan surgir, y poder tener un flujo continuo de actividades.

l) Trenes de trabajo

Los trenes de trabajo también son llamados trenes de actividades o paquete de actividades consiste en un sistema de producción balanceado o también podría definirse como una programación rítmica de flujo continuo donde cada actividad depende una de otra y la variabilidad es reducida. Podemos decir en términos de programación cada una de las actividades programadas ya son crítica ya que si una se atrasa todas las actividades se atrasan también, es por ese motivo que en esta etapa de programación se debe contemplar los buffers, en obra se le conoce como escudo o colchón.

Asimismo, nos ayuda optimizar actividades repetitivas y secuenciales, así como estructura de edificaciones, montaje, tendido de tuberías. Lo que conlleva que su programación sea continua y constante en donde las cuadrillas ejecutan diariamente similar al metrados de producción diario, lo que promueve la mejorar de la productividad en la curva de aprendizaje.

m) Circuito fiel

Circuito fiel, es el procedimiento o metodología de dimensionamiento de cuadrillas, donde se tiene como finalidad calcular la cantidad exacta de mano de obra necesaria para realizar una actividad y cumplir con los rendimientos del proyecto, “en la construcción convencional se da muchas veces el maestro de obra es el que decide la cantidad el número de obreros a contratar, lo que genera que se tenga en la mayoría de los casos un número excesivo de personal en la obra y por consiguiente los niveles de Trabajos Productivos se reduzcan”. (Abner, 2014)

Para el cálculo de personal, se parte de los volúmenes de trabajo calculados para cada cuadrilla asignada en cada sector, por ello es que los metrados en cada sector deben ser similares a fin de que el trabajo se distribuya generando actividades repetitivas que permitan cerrar un circuito fiel de trabajo, en busca reducir al máximo el personal obrero contratado. (katerine, 2021).

2.2.3 Modelado de Información de Construcción (BIM)

El modelado de información de construcción o Building Information Modeling (BIM), es una metodología que busca mejorar las distintas fases de un proyecto de construcción, mediante trabajo colaborativo de los participantes del proyecto. BIM es un entorno compartido de construcción virtual en 3D, que utiliza softwares dinámicos de modelados en tres dimensiones.

El uso de herramientas BIM, permite que la variabilidad se reduzca y con ello que se logre un menor plazo y costo (Chirinos & Pecho , 2019).

La metodología BIM busca un flujo de trabajo que abarca todo el ciclo de vida del proyecto. Durante el diseño, no solo se utiliza BIM como una herramienta para mostrar la edificación en 3D, sino que realiza un intercambio de ideas y se muestran múltiples opciones a los participantes del proyecto, para dar valor a la idea del cliente y se pueda elegir la mejor opción. (Florez, 2020).

a) Coordinación BIM

La característica principal de un proyecto es la coordinación de las partes involucradas. El BIM permite que todas participantes del proyecto mejoren su coordinación y generen aportes, esto se facilita al tener un lenguaje común de trabajo por parte de arquitectura, ingenierías y construcción, donde todos conversan alrededor de una base de datos llamado “MODELO BIM” (Goyzueta & Hipolito, 2016)

Este proceso tiene como función principal la detección de problemas de interferencias e incompatibilidades, estos problemas se dan básicamente por un proceso ineficiente de integración de diseño del proyecto entre todas las especialidades.

BIM permite que estas interferencias sean localizadas con mayor facilidad respecto al sistema tradicional, en el que se tenía examinar documento por documento.

b) BIM en la etapa de la planificación

En la etapa de la planificación el BIM desempeña un papel importante, ya que la planificación genera un alto impacto en la producción, es en esta etapa donde se puede detectar posibles incoherencias e incompatibilidades de las especialidades y evitar que se generen consultas en la etapa de la

construcción, lo que se vería reflejado en retrasos o adicionales por una tardía detección de incompatibilidades. BIM trabaja en conjunto con otras herramientas de gestión, como Lean Construction, Para la etapa de planificación el tener un modelo bajo la metodología BIM, genera metrados más influyentes y ayuda al desarrollo de mejoras de los procesos, generando procesos de trabajo a detalle.

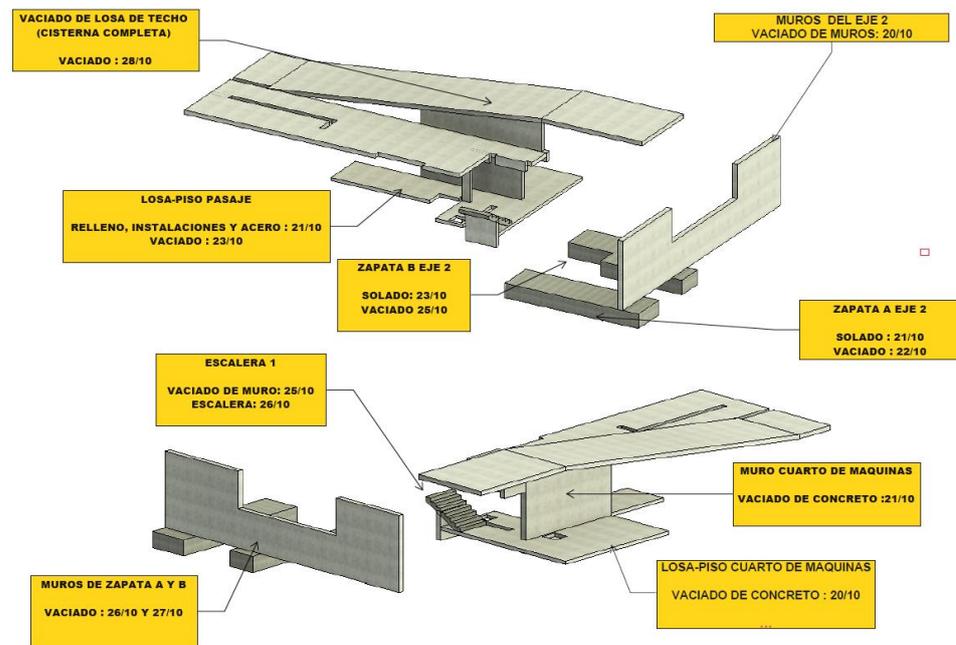


Figura 5: Planificación a detalle de los procesos con BIM
Fuente: Elaboración propia

c) BIM en la etapa de construcción

En el sector construcción es bien conocido por contener extensa información, en donde el papel es hasta ahora una forma de comunicar, lo que genera que la información sea interpretada de forma distinta por los interesados, partiendo desde el proyectista hasta llegar al ejecutor. (Rios, 2019)

Esta diferencia de interpretación de información de los planos 2D genera retrasos al proyecto, derivándose en consultas a los distintos proyectistas por especialidad.

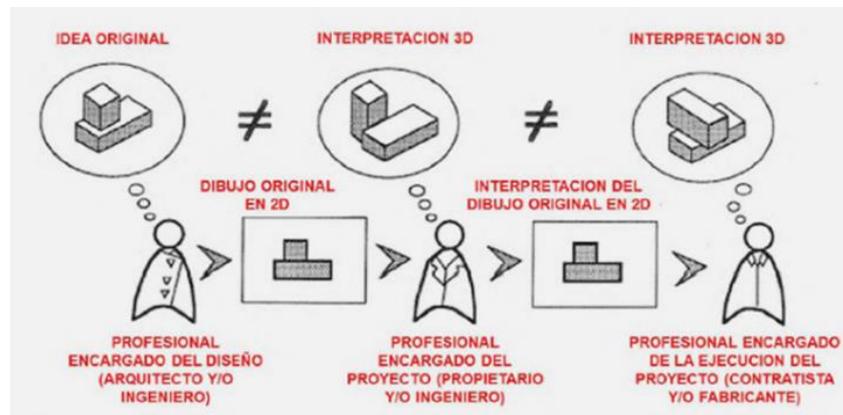


Figura 6: Interpretación del modelado tradicional

Fuente: (Rios, 2019)

En la etapa de construcción el BIM juega un rol importante, a continuación, se describen las siguientes fases de mejora:

- Cuantificación de materiales

En este proceso, las herramientas BIM, facilitan la cuantificación de cálculos de los requerimientos de materiales, para el desarrollo de actividades en la siguiente semana. Esta herramienta genera valores exactos, minimizando desperdicios, debido a que las herramientas en 2D que tradicionalmente se usan, no dan la perspectiva que un software en 3D, de esta manera BIM mejora notablemente la producción, reduciendo los tiempos de ejecución.

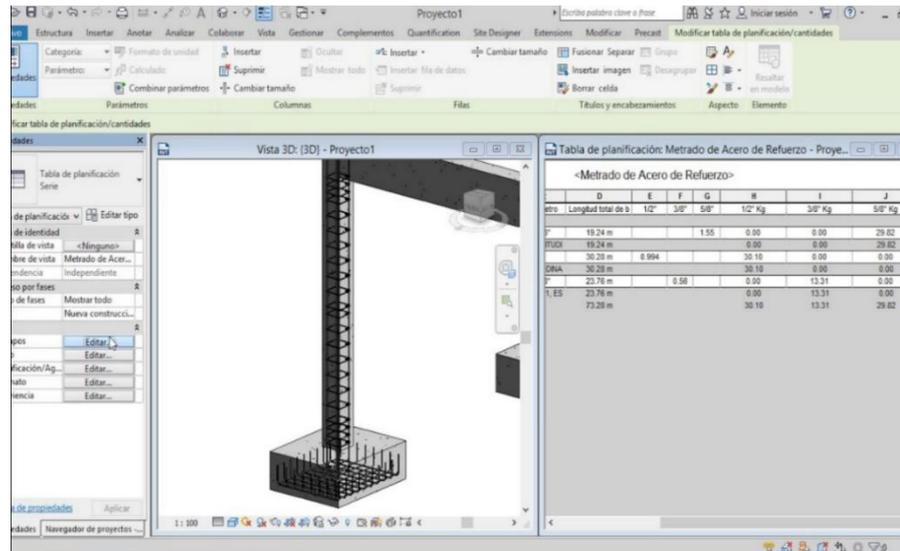


Figura 7: Vista de cálculo de metrado de zapata centrada en software Revit

Fuente: (Estructuras, 2018)

- Visualización del modelo BIM

En este proceso, el personal técnico de obra puede obtener visualizaciones en 3D, logrando un mayor entendimiento de los trabajos a realizar, reduciendo los trabajos rehechos. También permite la absolución de consultas con mayor facilidad

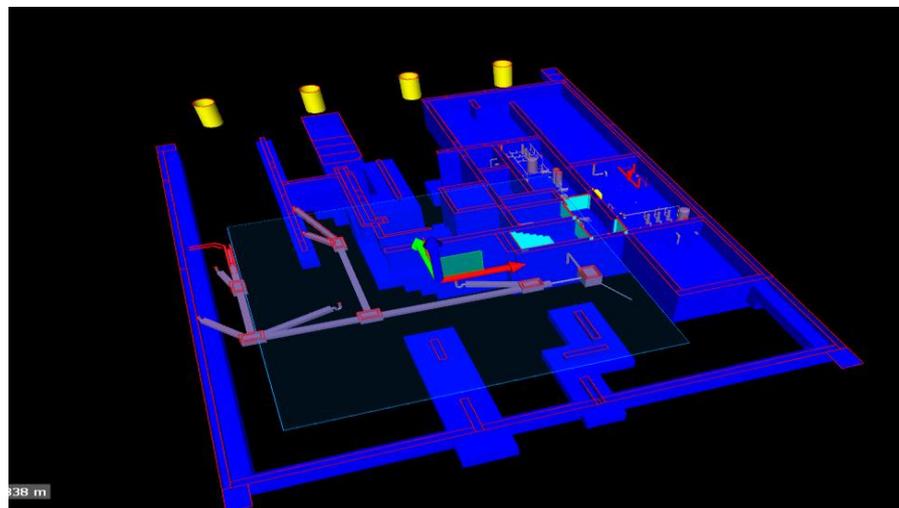


Figura 8: Vista de cimientos en Software Naviswork

Fuente: Elaboración propia

- Seguimiento y programación

En este proceso, el modelo BIM conjuntamente con el Sistema Last Planner, facilitan la planificación, mostrando a los involucrados de

ejecutar las actividades que se harán en las siguientes semanas y asignado sus frentes de trabajo.

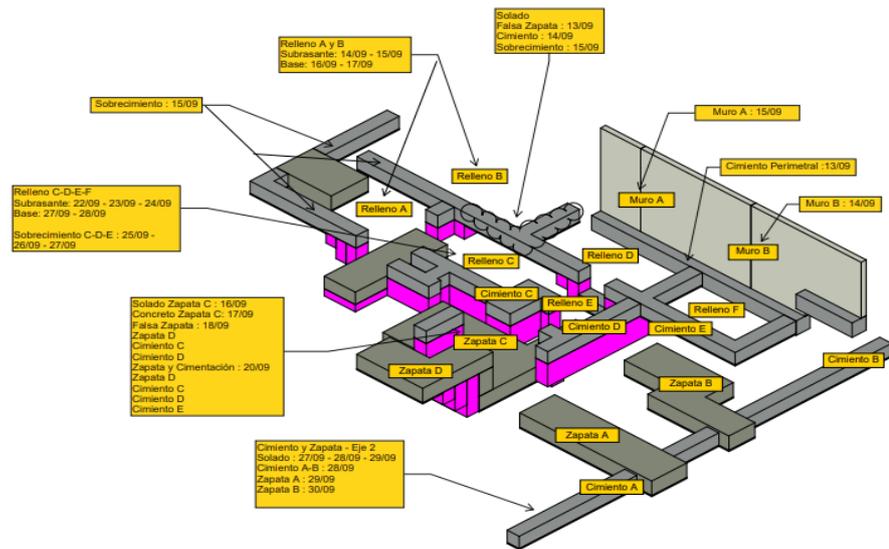


Figura 9: Programación de cimentaciones con BIM y Lean Construction

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Gestión de valor Ganado (EVM)

Definido como: “Metodología que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el avance del proyecto” (Project Management Institute, 2017, p. 712)

El valor ganado nos permite medir el rendimiento o el desempeño del proyecto integrando medidas de alcance, costo y del cronograma con respecto al desempeño real de obra. Asimismo, nos da a conocer la situación actual del proyecto y predecir o proyectar los resultados futuros a través de indicadores de variación, rendimiento y pronostico. Así como también conocer los impactos de costo, tiempo y alcance al término del proyecto.

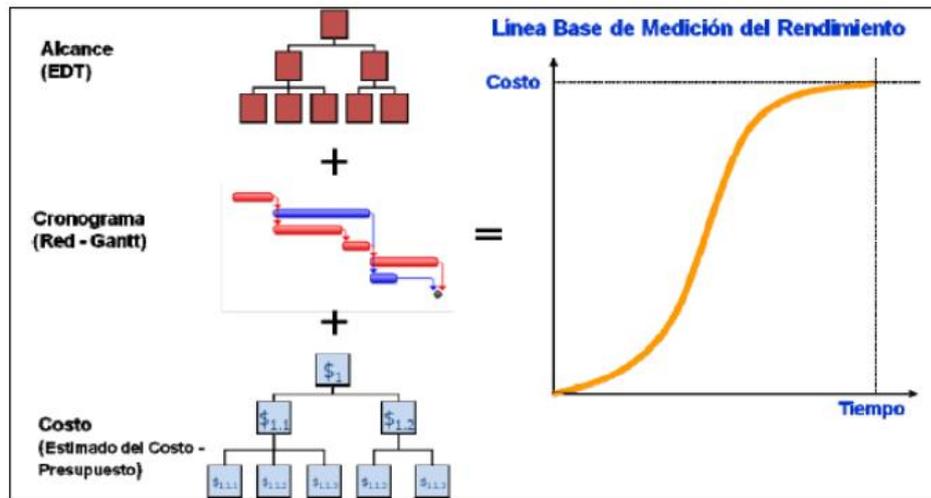


Figura 10: Integración de la Línea Base de Medición del Rendimiento

Fuente: Ambriz, 2008

En función a la gestión de tiempo, se pretende desarrollar metodologías que involucre el método de valor ganado para tratar de proyectar y evaluar los resultados de tiempo, costo y alcances. De esta forma detectar las desviaciones o el grado de estas variaciones respecto a la situación planificada inicialmente y poder implementar toda aquellas modificaciones o cambios necesarios que reduzcan nuestro proyecto, es decir, lo más cerca posible a la línea base planificada.

El EVM establece y monitorea tres parámetros que pueden aplicarse a todos los proyectos en cualquier sector.

- Parámetros principales

- a) **Valor Planificado (PV):** Presupuesto autorizado que se asigna al trabajo programado para completar una actividad o componente de la estructura de desglose del trabajo (EDT/WBS) sin contar con la reserva de gestión, para un punto dado en el tiempo, se conoce como línea base de la medición del desempeño (PMB), el valor planificado total se conoce como presupuesto hasta la conclusión. (Project Management Institute, 2017).

- b) **Valor ganado (EV):** Es la medida del trabajo realizado expresado en términos de presupuesto autorizado para dicho trabajo. Es el presupuesto asociado con el trabajo autorizado que se ha completado. El EV medido debe corresponderse con la PMB y no puede ser mayor que el presupuesto aprobado del PV para un componente. El EV se utiliza a menudo para calcular el porcentaje completado de un proyecto. Deberían establecerse criterios de medición del avance para cada componente de la EDT/WBS, con objeto de medir el trabajo en curso. Los directores de proyecto monitorean el EV, tanto sus incrementos para determinar el estado actual, como el total acumulado, para establecer las tendencias de desempeño a largo plazo (Project Management Institute, 2017).
- c) **Costo real (AC):** Es el costo incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un período de tiempo específico. Es el costo total en el que se ha incurrido para llevar a cabo el trabajo medido por el EV. El AC debe corresponderse, en cuanto a definición, con lo que haya sido presupuestado para el PV y medido por el EV (p.ej., sólo horas directas, sólo costos directos o todos los costos, incluidos los costos indirectos). El AC no tiene límite superior; se medirán todos los costos en los que se incurra para obtener el EV (Project Management Institute, 2017).

En la figura 8 podemos ver el valor planificado como el valor ganado y el costo incurrido durante el proyecto.

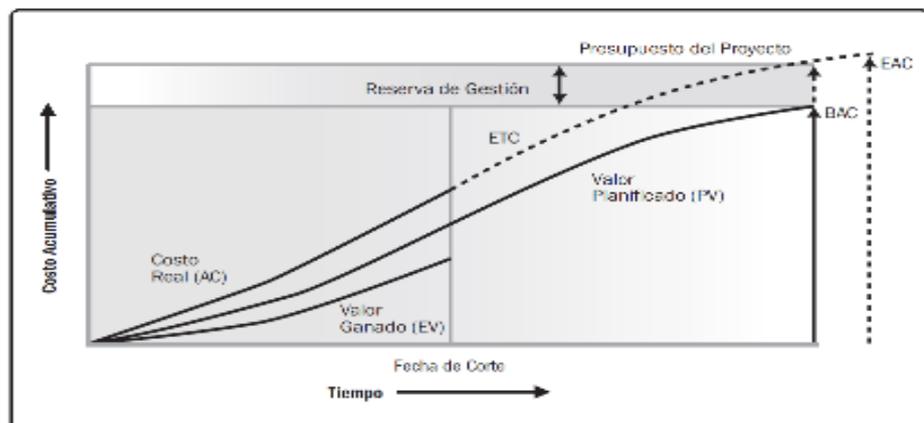


Figura 11: Valor ganado, Valor planificado y Costos reales

Fuente: Guía de PMBOK – 6ta Edición (2017)

A partir de estos parámetros principales del EVM como PV, EV y AC, se infieren métricas básicas para un correcto análisis de variación y tendencia del proyecto. Asimismo, al relacionar los parámetros principales nos permite conocer las posibles causas del desvío del cronograma y el costo incurrido (presupuestado) en el proyecto, usando como referencia línea base (PMB).

- **Índice de variación**

- a) **Variación del costo, CV (Cost Variance):** Mide el desempeño del costo. Por lo consiguiente podemos decir que es la diferencia entre el desempeño real y los costos incurridos. Nos indica si estamos por encima o por debajo del presupuesto planificado.

Ecuación 1

$$\text{CV} = \text{EV} - \text{AC}$$

CV=0, Por debajo del costo planificado

CV > 0, Por encima del costo planificado

CV < 0, Por encima del costo planificado

- b) **Variación del cronograma, SV (Schedule Variance):** Mide el desempeño del cronograma, es decir la variación del tiempo del proyecto. Por lo consiguiente podemos decir que es la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado, de esta manera, nos permite conocer si el tiempo de avance de obra se ajusta a los planificado

Ecuación 2

$$\text{SV} = \text{EV} - \text{PV}$$

SV=0, El proyecto está adelantado

SV > 0, El proyecto está a tiempo

$SV < 0$, El proyecto está atrasado

- **Índice de rendimiento**

- a) **Índice de desempeño del costo, CPI (Cost Performance Index):** Es una medida de la eficiencia en los costos de los recursos presupuestado, expresado como la razón entre el valor ganado y el costo incurrido.

Ecuación 3

$$CPI = EV / AC$$

$CPI=1$, Por encima del costo planificado

$CPI > 1$, Por debajo del costo planificado.

$CPI < 1$, indica que se ha realizado según lo previsto a la fecha

- b) **Índice de desempeño del cronograma, SPI (Schedule Performance Index):** Es una medida de la eficiencia del cronograma que se expresa como la razón entre el valor ganado y el costo planeado.

Ecuación 4

$$SPI = EV / PV$$

$SPI=1$, El proyecto va de acuerdo al cronograma

$SPI > 1$, Proyecto adelantado

$SPI < 1$, proyecto atrasado

- c) **Índice de productividad, SCI:** Es el producto del índice de plazo por el índice de costo el cual permite medir el equilibrio entre el SPI y CPI.

Ecuación 5

$$SCI = SPI \times CPI$$

SCI < 0.8 Existen serios problemas de rendimiento

0.8 < SCI < 0.9 Revisar el rendimiento para recuperar el ritmo

0.9 < SCI < 1.2 Indica una buena productividad

1.2 < SCI < 1.3 Revisar el rendimiento para recuperar el ritmo

1.3 < SCI Existen serios problemas de rendimiento

Este índice permite ver la posibilidad de recuperación del proyecto compensando el plazo vs. el costo. Por lo tanto esta medida es útil cuando uno de los índices SPI o CPI es mayor que 1 (uno), y el otro es menor que 1 (uno). Mientras más se aleje el índice SCI de 1 (uno), menor será la posibilidad de recuperación del proyecto.

Acorde EMVS, se pueden dar los posibles escenarios de tiempo y costo en base a los parametros EV, PV y AC. Los que nos permitirá conocer el estado situacional del proyecto.

- Retraso - Bajo presupuesto

En este primer escenario representa un proyecto donde se ve que el avance de obra está por debajo de lo planificado lo que indicaría un atraso en el cronograma de obra. Así como también se ha gastado menos de lo presupuestado según a la fecha de corte.

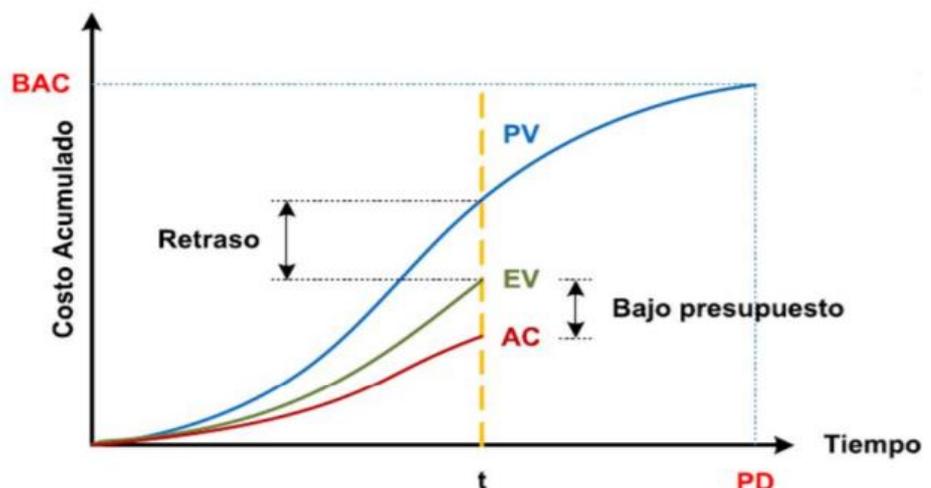


Figura 12: Retraso – Bajo presupuesto

Fuente: Padilla, W. (2012)

En este primer caso, representa un proyecto, que a la fecha de corte o seguimiento está atrasado ($SV < 0$) y existe un bajo presupuesto ($CV > 0$)

- **Retraso – Sobre presupuesto**

En este segundo escenario nos encontramos frente a un proyecto que se observa que el avance de obra está por debajo de lo planificado, lo cual indicaría un atraso en el cronograma de obra. Así mismo, podemos ver que los gastos incurridos son mayores de lo presupuestado. A priori se podría entender que es el escenario más desfavorable, pero tendríamos que analizar la situación más detalladamente para conocer las causas y tomar medidas necesarias.

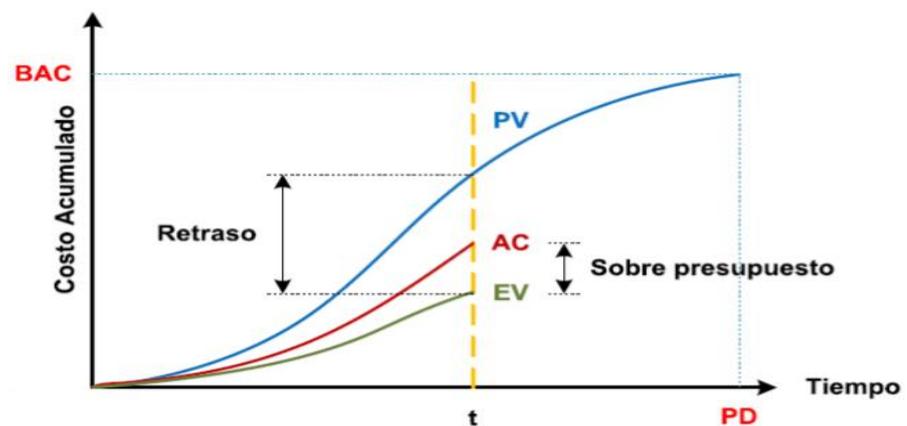


Figura 13: Retraso – Sobre presupuesto

Fuente: Padilla, W. (2012)

En este segundo caso, representa un proyecto, que a la fecha de corte o seguimiento está atrasado ($SV < 0$) y existe un costo por encima de lo presupuestado ($CV < 0$).

- Adelantado – Bajo presupuesto

En este escenario se observa que el avance de obra está por encima de lo planificado lo que indicaría un adelanto en el cronograma. Mientras que los costos incurridos son menores a lo presupuestado. A priori, parece que estamos en un escenario más favorable de los cuatro escenarios posibles. Lo que significaría que una ganancia (Ahorro) para el proyecto. Sin embargo, no debemos confiarnos, y debemos seguir controlando el desarrollo del proyecto. De los cuatro escenarios es el más esperado para cualquier tipo de proyecto de construcción.

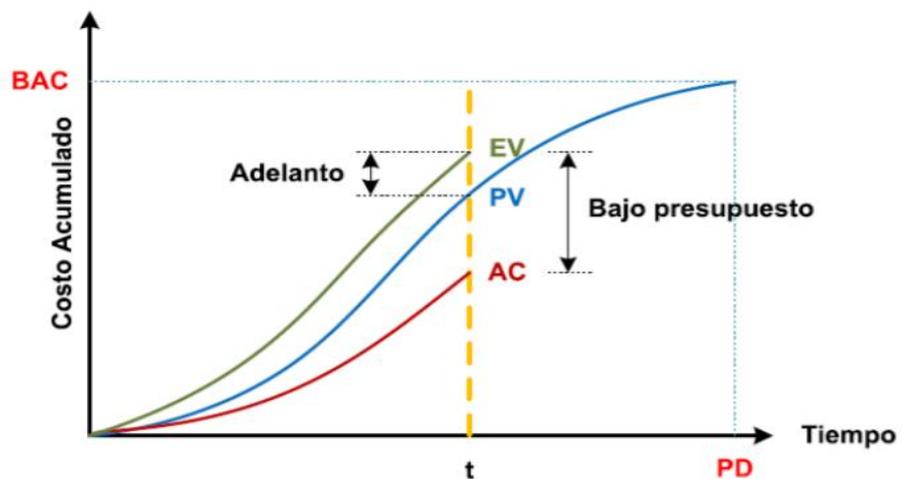


Figura 14: Adelantado – Bajo presupuesto

Fuente: Padilla, W. (2012)

En este tercer caso, representa un proyecto, que a la fecha de corte o seguimiento está adelantado ($SV > 0$) y costo por debajo de lo presupuestado ($CV > 0$).

- Adelantado – Sobre presupuesto

En este escenario se observa que el avance de obra está por encima de lo planificado lo que indicaría un adelanto en el cronograma. Sin embargo, existe costos incurridos mayores a lo presupuestado (Línea base de Costos). En este caso se debería replantear o generar una nueva línea base para la nueva planificación porque el costo podría aumentar sin medida.

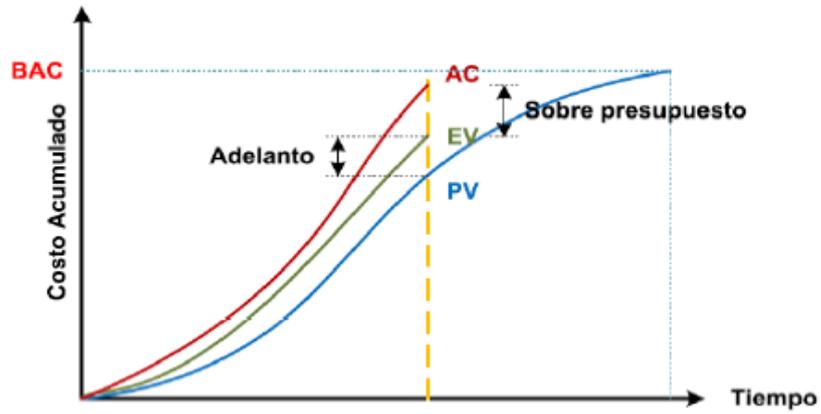


Figura 15: Adelantado – Sobre presupuesto

Fuente: Padilla, W. (2012)

En este último, representa un proyecto, que a la fecha de corte o seguimiento está adelantado ($SV > 0$) y costo por encima de lo presupuestado ($CV < 0$)

- **Pronósticos**

a) **Estimado a la Conclusión (Estimate at Completion, EAC):** Es la estimación de eventos futuros en función al costo, lo implica estimar conocer cuanto será el monto al término del proyecto (EAC). De acuerdo a muchos proyectos no se oscila utilizar estos pronostico ya que solo sirve como referencia.

Tabla 4: Estimación a la conclusión (EAC)

RESUMEN PRESUPUESTO BASE	
Si se espera que el CPI sea el mismo para el resto del proyecto	$EAC = BAC / CPI$
Si el trabajo futuro se realizará al ritmo previsto	$EAC = BAC / CPI$
Si el plan inicial ya no es válido	$EAC = AC + ETC$ (Ascendente)
Si el CPI y el SPI influyen en el trabajo restante	$EAC = AC + [(BAC - EV) / (CPI \times SPI)]$

Fuente: (PMBOK VI Edición, 2017)

2.3 Definición de Términos Básicos

- PMI: Es una de las asociaciones profesionales de miembros a nivel mundial. Su objetivo principal es promover la práctica, la ciencia y la profesión de gerencia de dirección de proyectos en todo el mundo, de manera consciente y proactiva, a fin de que las organizaciones adopten, valoren y utilicen esta metodología. (Project Management Institute, 2021).
- PMBOK: Es la guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Presenta 12 principios de la dirección de proyectos y ocho dominios de desempeño del proyecto que resultan críticos para entregar efectivamente los resultados del proyecto (Project Management Institute, 2021).
- BIM: (Building Information Modeling) se define como una metodología de trabajo colaborativo para la gestión de la información de una inversión. Su principal objetivo es asegurar la gestión eficiente de información en la etapa de la planificación y ejecución de una inversión (Ministerio de Economía y Finanzas - MEF - Gobierno del Perú, 2021).
- Valor ganado: es un método de análisis que utiliza un conjunto de mediciones asociadas con el alcance, cronograma y costo para determinar el desempeño del costo y del cronograma de un proyecto (Project Management Institute, 2021).
- Lean construction: es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades (Porrás Díaz, Giovanni Sánchez, & Galvis Guerra, 2014).
- Ampliación de obra: La ampliación de plazo era una forma de modificación del contrato, que consistía en una variación del plazo de ejecución contractual inicialmente pactado (Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado - OSCE, 2021).

- Flujo de caja: El flujo de caja es el registro de todos los ingresos y egresos a la caja a lo largo del tiempo. Dicho flujo se puede proyectar para efectos de la evaluación de la viabilidad de un proyecto (Conexion ESAN, 2016)
- Diagrama de red: Un diagrama de red también es conocida como diagrama de PERT. Es una herramienta para la gestión de un proyecto que incide para una mejor monitorización, planificación también ofrece más facilidades de decisiones durante la fase de planificación y desarrollo de un proyecto. Sus elementos para el diagrama de red es la Tarea, Predecesoras, Camino crítico (EKON, 2019).
- Valorización: Es la cuantificación económica del avance físico en la ejecución de la obra, realizada en un período determinado. Las valorizaciones tienen el carácter de pagos a cuenta, toda vez que en la liquidación final es donde se define el monto total de la obra y el saldo a cancelar (Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado - OSCE, 2021).

CAPITULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis Principal

Determinando las mejoras de gestión del tiempo en obras de edificación se optimizará el plazo contractual mediante herramientas de gestión.

3.1.2 Hipótesis Secundarias

- a) Determinando las mejoras de planificación que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.
- b) Determinando las mejoras en la ejecución que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.
- c) Determinar las mejoras en el seguimiento y control que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.

3.2 Variables

3.2.1 Definición conceptual de las variables

Tabla 5: Definición de variables

	Hipótesis	Variables	Definición Conceptual
Generales	Determinando las mejoras de gestión del tiempo en obras de edificación se optimizará el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Variable independiente (VI) Gestión del tiempo	VI: La gestión de tiempo, llamada también gestión de cronograma, es un conjunto de herramientas utilizadas para controlar y planificar, el tiempo en que se llevara a cabo los plazos previstos del proyecto, en base a sus objetivos para dirigir a tiempo el proyecto de manera eficaz, eficiente y sostenible.
		Variable dependiente (VD) Plazo contractual	VD: El cronograma contractual, es el cronograma general que forma parte del contrato y que es reconocido como tal, quedando establecido los compromisos de plazos, fechas(hitos) y recursos.
Esp. 01	Determinando las mejoras de planificación que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Variable independiente (VI) Planificación Variable dependiente (VD) Plazo contractual	VI: La planificación, es el conjunto de todos los procesos necesarios para poder delinear la entrega del proyecto, es decir, tener una visión global de la obra, de los recursos que se tiene que utilizar en el proyecto y a la vez coordinar y determinar las actividades a realizarse. Incluyendo las restricciones de tiempo, costo y recursos con la finalidad de cumplir el plazo establecido.
Esp. 02	Determinando las mejoras en la ejecución que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Variable independiente (VI) Ejecución Variable dependiente (VD) Plazo contractual	VI: La ejecución, se define a la puesta en marcha del proyecto donde se ejecutan todas las actividades necesarias para el cumplimiento del alcance acordado, donde se pone en práctica la planificación que se llevó a cabo previamente.
Esp. 03	Determinar las mejoras en el seguimiento y control que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Variable independiente (VI) Seguimiento y control Variable dependiente (VD) Plazo contractual	VI: El seguimiento y control, es un proceso es la etapa donde se debe medir el avance y el desempeño a través de una gestión del control alcance, control de costo y control del tiempo del proyecto mediante técnica de análisis de tendencia y variación con el fin de comparar resultados los resultados planificados y los resultados finales.

3.2.2 Operacionalización de las variables

Tabla 6: Operacionalización de las variables

OBJETIVO		VARIABLES PRINCIPALES	
OBJETIVO GENERAL	X:	Y:	
	Gestión del tiempo	Plazo contractual	
	DIMENSIONES DE X (Descomposición)	DIMENSIONES DE Y (Descomposición)	
Determinar mejoras de gestión del tiempo en obras de edificación con la finalidad de optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	X1:Planificacion	Y1: Plazo contractual	
	X2:Ejecucion		
	X3: Seguimiento y control		
	INDICADORES DE X (Fundamentos)	INDICADORES DE Y (Fundamentos)	
	Indicador Lean Consruction Indicador de Valor Ganado Indicador BIM	Porcentaje de Plan Completado Schedule Performance Index (SPI)	
PROBLEMA GENERAL	¿Qué mejoras de gestión del tiempo de edificaciones permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?		
Problema Especifico 1	¿Qué mejoras en la planificación permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?		
Problema Especifico 2	¿Qué mejoras en la ejecución permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?		
Problema Especifico 3	¿Qué mejoras en el seguimiento y control permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?		
OBJETIVO GENERAL	Determinar mejoras de gestión del tiempo en obras de edificación con la finalidad de optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.		
Objetivo Especifico 1	Determinar las mejoras de planificación que permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.		
Objetivo Especifico 2	Determinar las mejoras en la ejecución que permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.		
Objetivo Especifico 3	Determinar las mejoras en el seguimiento y control que permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.		
HIPÓTESIS GENERAL	Determinando las mejoras de gestión del tiempo en obras de edificación se optimizará el plazo contractual mediante herramientas de gestión.		
Hipotesis Especifico 1	Determinando las mejoras de planificación que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.		
Hipotesis Especifico 2	Determinando las mejoras en la ejecución que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.		
Hipotesis Especifico 3	Determinar las mejoras en el seguimiento y control que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.		

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación es cuantitativo porque según Hernández (2014) este tipo de enfoque requiere análisis de datos, procesamiento de información estadística y análisis de resultados. Esto se realizará la medición del tiempo durante el proyecto, el cronograma real de obra y la gestión de tiempo.

El método de la investigación hipotético-deductivo, ya que de esta manera buscaremos optimizar la gestión de tiempo mediante herramientas de gestión como Lean Construction, Valor ganado y BIM en una obra de edificación.

4.1 Tipo y nivel

4.1.1 Tipo

Según el tipo de investigación (Vargas, 2009). “la investigación aplicada o práctica se caracteriza por la forma en que analiza la realidad social y aplica sus descubrimientos en la mejora de estrategias y actuaciones concretas, permitiendo el desarrollo de la creatividad e innovar”.

4.1.2 Nivel

Según el Nivel de Investigación (Hernández, 2014): Una investigación correlacional evalúa “... el grado de asociación entre dos o más variables. En los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba” (p. 93). Como analizaremos la relación entre las variables principales que son la gestión del tiempo mediante herramientas de gestión optimizando los plazos establecidos contractualmente, podemos indicar que nuestra investigación es correlacional.

4.2 Diseño de investigación

Según (Kerlinger, 1979) el diseño de investigación no experimental es aquel en el que se observan manifestaciones tal y como se presentan en su entorno natural. Así esta investigación será por el Tipo de Diseño de Investigación: No experimental porque el caso en estudio del edificio “Edificio Multifamiliar Arica” es un caso real en donde no se manipularon las variables.

- La orientación de la investigación es aplicada, porque tras observar y describir los procesos actuales
- Según la planificación de la toma de dato o según su cronología es retrospectivo, ya que tomara registro de datos de la obra ya ejecutada.
- Según la prolongación en el tiempo o el número de mediciones será transversal ya que se medirá la variable en una sola ocasión. En este caso será de una semana.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población de estudio

En esta investigación el término población no corresponde, sin embargo, estamos considerando como un objeto de estudio. Por lo tanto nuestro objeto de estudio a nivel de movimientos de tierra que desarrollará en esta investigación.

4.3.2 Diseño muestral

La muestra para nuestra investigación a nivel de movimientos de tierra serán las excavaciones, muros anclados y cisternas.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

En la presente tesis se consideró técnicas de medición de análisis y recolección de datos mediante la aplicación de las herramientas de la Filosofía Lean implementando el sistema del último planificador, la metodología BIM y el método del valor ganado, lo que permitió analizar los efectos de dichas herramientas en la gestión del tiempo en la obra de edificación para optimizar y procesar la información durante todo el ciclo del proyecto de una manera más eficaz.

4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los criterios de validación y confiabilidad de los instrumentos serán respaldados por las diferentes herramientas del Lean Construction y del PMI que han demostrado su eficacia en la mejora de la productividad de obras.

4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos proviene de la empresa constructora y está conformado por los Informes mensuales de avance. Lo primero se observa la planificación inicial del master y luego con la data de los informes se elaborará el nuevo modelo mediante la técnica del último planificador.

4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de información

El procesamiento y análisis de información se realiza mediante cuadros de control elaborados en Excel la correspondencia que existe entre las variables de estudio.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Antecedentes

5.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la excavación masiva, construcción de muros anclados, muros de contención, cimentaciones, falsas zapatas, zapatas y cisterna, con finalidad de dar paso a lo que se proyecta la construcción de un edificio multifamiliar sostenible tipo B, la edificación contara con dos sótanos, un semisótano y cinco pisos con azotea. Los sótanos servirán de estacionamientos, por debajo del sótano 2 se encontrará la cisterna. Los pisos superiores estarán destinados a servir como vivienda. La planta del sótano es 20mx40m y tiene un área de 800m², mientras que en los pisos superiores se tiene 525m² aproximadamente.

Para los trabajos de anclajes de muros, se subcontrató a la empresa que realizo el diseño de anclajes, en base a la información entregada por el cliente (planos de estructuras, arquitectura, estudio de suelos y planos de ubicación).

a) Datos generales

Obra: "Excavación Masiva y Muro Pantalla" del Edificio Multifamiliar Arica"

Monto: S/ 1'943,246.20 + I.G.V.

Modalidad de Contrato: A suma alzada

Entrega del Terreno: 31.05.21

Fecha de Inicio: 09.06.21

Fecha de Término de Obra: 29.09.21

Plazo: 113 días calendarios

b) Ubicación

Terreno de 800m², ubicado en la Calle Arica N° 750, en la urbanización América del distrito de Miraflores, Lima, Lima.

c) Alcance

El alcance comprende la construcción de muros anclados, muro de contención, cimentaciones perimetrales, cimentaciones y zapatas aisladas, falsas zapatas, vigas de cimentación y la construcción de la cisterna, así como las excavaciones masivas de sótanos, excavaciones localizadas de la cimentación perimetral, zapatas aisladas y cisterna.

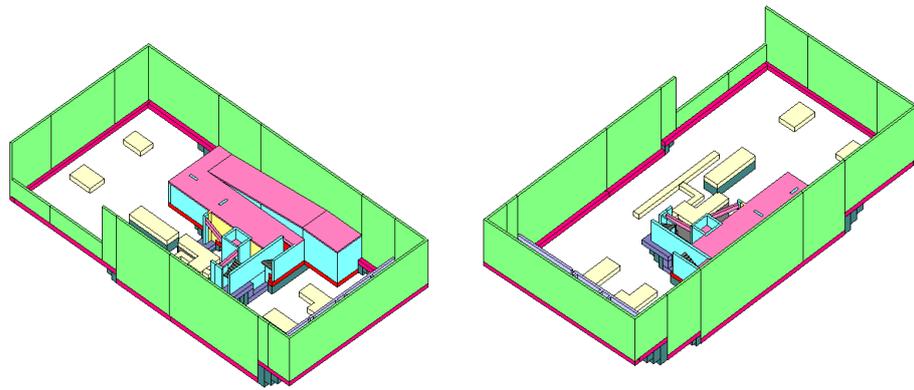


Figura 16: Vista Laterales en 3D del proyecto, usando BIM

Fuente: Elaboración propia

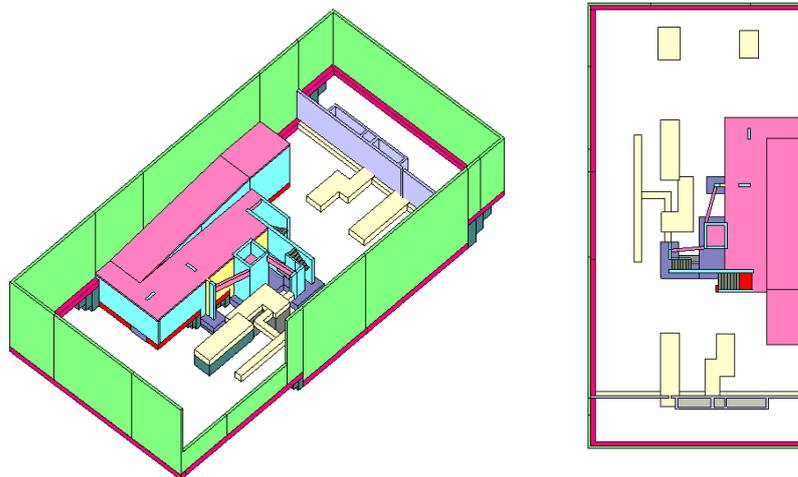


Figura 17: Vista laterales en 3D y en planta del proyecto, usando BIM

Fuente: Elaboración propia

d) Cronograma

El cronograma de obra o cronograma contractual del proyecto de movimientos de tierras y muros anclados – Edificio multifamiliar Arica, cuenta con 5 fases, estos trabajos se detallan por anillos, cisterna y muros de contención.

- 1° Anillo, con un periodo de 32 días hábiles.
- 2° Anillo, con un periodo de 31 días hábiles.
- 3° Anillo, con un periodo de 24 días hábiles.
- Cisterna, con un periodo de ejecución de 21 días hábiles.
- Muros de contención del eje 2, con un periodo de ejecución de 13 días hábiles.

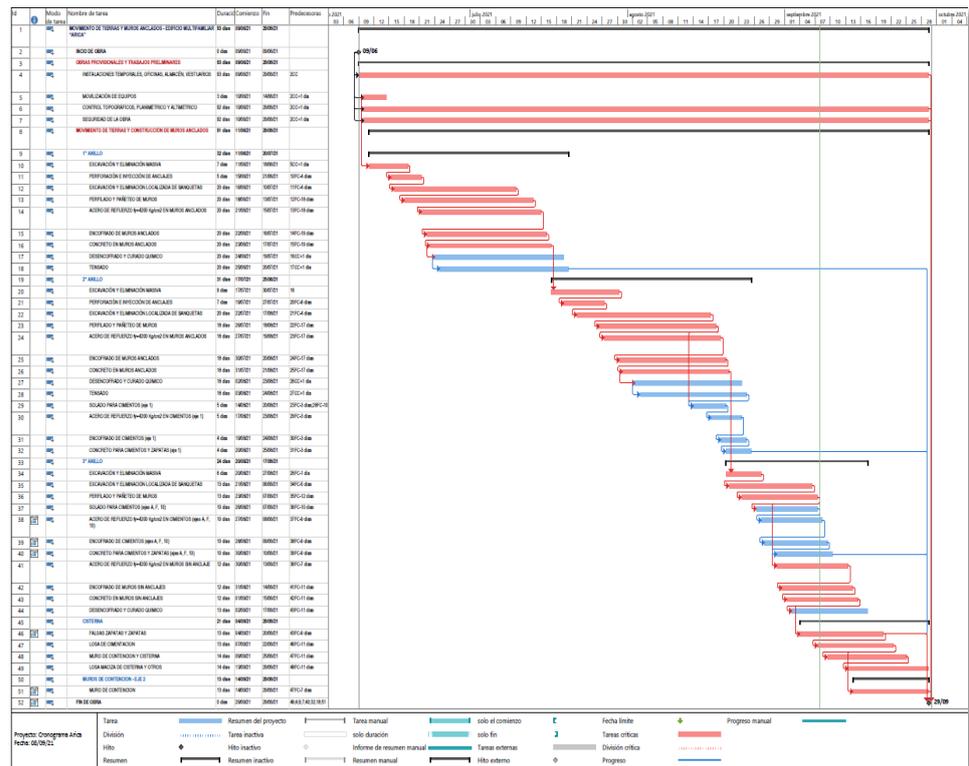


Figura 18: Cronograma maestro del proyecto Edificio multifamiliar Arica

Fuente: Elaboración de la empresa contratista

e) Constructibilidad

- Seguridad

Referente a la seguridad de los procesos en obra, para que el proyecto no presente atrasos, es necesario que la seguridad trabaje siempre de la mano con producción, debido a que, omitiendo la seguridad en los procesos constructivos, estos pueden ocasionar incidentes y/o accidentes que se verán reflejados en la paralización de actividades o peor aún en la paralización total del proyecto.

- Calidad

Al realizar trabajos que aseguren la calidad en el proyecto, este no presentara observaciones y ni no conformidades de obra. Teniendo en cuenta que las observaciones y no conformidades se tienen que levantar, lo que generara retrabajos que atrasen las actividades y alargue los tiempos estimados.

- Producción

La producción es la base importante debido a que es la fuente de ingreso del constructor o contratista, mientras más produce, más ingresos se obtiene en un determinado periodo de tiempo, es por ello que al realizar los trabajos en el plazo contractual esto generará, las utilidades propuestas y no se verá afectadas por las penalidades impuestas en el contrato, debido al atraso.

5.1.2 Procesos constructivos

En el proyecto se analizarán las actividades más incidentes

- Movimiento de tierras

- ✓ Excavación masiva: Para la excavación masiva (núcleo central de cada nivel), se utilizaron hasta dos Excavadoras, en las profundidades especificadas en los planos del proyecto, así como también acorde con los procedimientos constructivos. Cuando fue necesario, se utilizó agua con el objetivo de minimizar las emisiones de polvo, producto del

movimiento del terreno. Las excavaciones masivas se realizaron, dejando una banqueta perimetral adyacente a los muros. El equipo de topografía controló que se respete los niveles de excavación.



Figura 19: Excavación masiva

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Eliminación con Rampa: En esta obra, la eliminación del desmonte, lo hicimos por medio de una rampa, con una pendiente apropiada, por donde bajaron los volquetes y subieron llenos para trasladar el desmonte a un botadero previamente identificado y autorizado. El llenado se hizo directamente con la excavadora al volquete, luego de lo cual, se cubrió con una manta, para el traslado al botadero.



Figura 20: Eliminación con rampa

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Excavación de banquetas: Si bien la instalación de los cables tensores es en forma continua, la excavación de las banquetas es intercalada (salvo en los casos en que el proyectista, el especialista de anclajes, lo autoricen) Una vez que se perforo e instalo los anclajes, se procedió a excavar las banquetas, estas se excavaron en forma alternada (se hizo dos paños juntos solo cuando el especialista lo permito). Se procedió a excavar alternadamente las banquetas (de acuerdo al panelado Planificado), con ayuda de una Excavadora, luego de lo cual se realizaron los trabajos de perfilado manual y finalmente el rociado del talud con agua cemento, quedando listo así el terreno para dar inicio a los trabajos de concreto armado.

Tener en cuenta que el ancho de excavación de las primeras banquetas se consideró un sobre ancho en las partes laterales e inferior igual a la longitud de las barras de refuerzo que sirvieron de traslape con las barras de los muros adyacentes tanto a los costados como en la parte baja; como es lógico el ancho de la excavación de la carpeta vecina será menor. Todo el desmonte proveniente de las banquetas fue eliminado fuera de obra a botadero autorizado, del mismo modo que fue eliminado el material del corte masivo.



Figura 21: Excavación de banquetas

Fuente: Elaboración propia

- Anclajes postensados

Conforme la excavación masiva avanzo dejando las banquetas perimetrales, dimos inicio a la perforación y colocación de anclajes para lo cual, bajamos el equipo de perforación que realizo en los puntos indicado. En el proyecto, las perforaciones tuvieron la profundidad e inclinación indicadas en el proyecto. Luego se instala dentro de la perforación los cables tensores que rodean la tubería metálica por donde se inyecto a presión la lechada de concreto para formar el bulbo de concreto que soporta la tensión de los cables.



Figura 22: Anclajes postensados

Fuente: Elaboración propia

- Tensado de Cables

Después de haberse vaciado los muros pantalla con el concreto según la resistencia que requerida y especifica en el proyecto, se realizó el tensado de los mismos a los 3 días (esto para garantizar el tiempo de la ejecución del proyecto), con las cargas indicadas según el diseño para cada paño. Estos trabajos estarán bajo la responsabilidad del contratista, pero fueron ejecutados por la Empresa subcontratista, que mediante una Gata hidráulica desarrollo el tensado a cada paquete de cables que fueron colocados en cada uno de los paños. Estos trabajos quedaron constatados en un Protocolo por parte de la misma empresa PTP.

Una vez tensado todos los muros de una zona en específico y habiendo comprobado la ausencia de fallas por Punzonamientos durante el tensado,

se procedió a excavar los paños inferiores, repitiendo el ciclo, hasta llegar a la parte inferior de la excavación, donde culmina con la cimentación de los muros anclados.

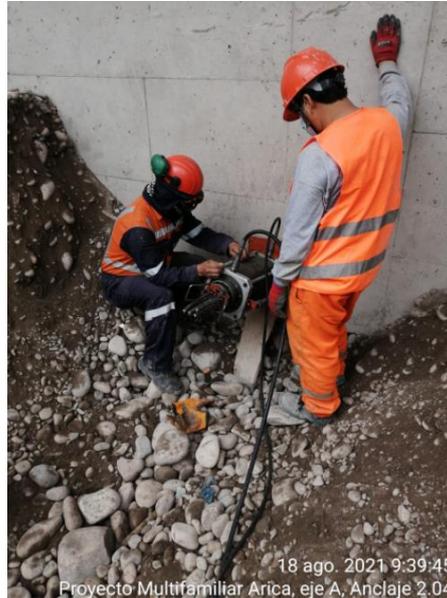


Figura 23: Tensado de cable

Fuente: Elaboración propia

- Muros pantalla anclados
 - ✓ Armadura de fierro corrugado: Se instaló la armadura de fierro con los debidos traslapes tanto vertical como horizontal (estas longitudes están indicada en los planos). Una vez fraguada la lechada de concreto con la cula se riega el talud, ingresaron los ferrereros a colocar la armadura en los paños; esta armadura respeto totalmente el diseño elaborado por el Ing. Civil Estructural del presente proyecto, tanto la armadura del muro como la armadura adicional adyacente al anclaje. En el primer anillo se habilitaron las armaduras para los paños de manera alternada (uno sí y otro no), dejando longitudes excedentes a las dimensiones reales de cada paño para efectuar posteriormente los traslapes con los muros contiguos, tanto lateralmente, como en la parte inferior, de tal forma que se continúe el siguiente anillo. La longitud de los traslapes y/o empalmes fueron de acuerdo a lo indicado en los planos para cada diámetro de varilla de fierro. La cuadrilla de ferrereros la conformaron: capataz, operarios

fierreros, oficiales y ayudantes. este trabajo concluye con la aprobación de la supervisión.



Figura 24: Muro pantalla anclados

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Encofrado: Con la aprobación de la armadura por la supervisión, se procedió a armar el encofrado del muro pantalla. Antes de iniciar con el encofrado, se rellenó con material propio de las excavaciones las sobre excavaciones de la parte inferior de cada paño, con la finalidad de dejar enterradas las armaduras verticales de las mallas de acero (traslape vertical). Luego, sobre el relleno se colocó tablas a lo largo del pie de cada paño, para que sobre estas tablas se coloquen también los trazos topográficos que puedan permitir la colocación de los elementos de encofrado teniendo como referencia los trazos realizados. Estos trazos sirvieron también para la ubicación y colocación de escantillones de concreto de 2"x2" para evitar que los paneles sedan por los esfuerzos transmitidos al encofrado y obtener así la verticalidad del muro durante el vaciado. El equipo usado fueron paneles metálicos. Estos paneles de

diversos tamaños, fueron unidos y alineados con accesorios como grapas, barras, perfiles y ángulos metálicos.

Para el aseguramiento del encofrado, se utilizó gran cantidad de puntales acomodados ordenadamente, que soportaron y aseguraron la verticalidad del encofrado. Estos puntales fueron soportados por bloques de concreto de aprox. 1.20 x 1.20 x 1.20 que fueron acomodados en forma paralela al muro uno junto al otro y en la cantidad que dependió del tamaño del muro. A modo de contrafuerte para reforzar la estabilización de los encofrados, se rellenaron con material propio de las excavaciones en la parte posterior de los bloques y de esta manera se garantizó el resultado esperado durante y después del vaciado. A partir de la construcción del 2do anillo, luego de haberse encofrado el muro, se dejó en la parte superior del paño una abertura que permita el ingreso y vaciado de concreto. Esta abertura recibió el nombre de cachimba, el cual tendrá un diseño de construcción geométrica en forma de un triángulo para lo cual se emplearon tablas, soleras y barrotes de madera para su encofrado y darle la forma inclinada que se requiere para poder introducir el concreto y pueda ser vibrado en toda su altura de vaciado. También se encofraron ambos costados de los paños con listones de madera de tal manera que no hubo fuga de concreto. Mas adelante se explicará el procedimiento de la demolición de estas cachimbas. Para el recubrimiento ($e=4\text{cm}$) de cada muro se utilizó dados o separadores de concreto que tendrán la finalidad de preservar el espesor del recubrimiento indicado y evitar así la exposición de las armaduras durante el vaciado de concreto. Antes del encofrado de cualquier elemento estructural, se usó una capa de desmoldante sobre la superficie de cada elemento del encofrado que vaya a estar en contacto con el concreto, esto a fin de evitar desprendimiento del concreto durante el desencofrado, además de evitar superficies demasiado rugosas y ásperas en la superficie del elemento vaciado. Las cuadrillas de encofrado que conformaron este equipo de trabajo estarán compuestas por: capataz, operarios encofradores, oficiales y ayudantes.



Figura 25: Encofrado de muro pantalla

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Vaciado de Concreto: Con la aprobación del encofrado por la supervisión se procedió con el vaciado del muro anclado. Una vez que se aprueba el encofrado, se procede entonces al vaciado de concreto; este fue del tipo premezclado. Este vaciado se efectuó a través de unidades concreteras (mixer) y para la colocación, una bomba concretera de tipo pluma. Conforme se desarrolló la construcción de los anillos de cada sótano, se utilizó tuberías como montantes, cada una con el número de elementos necesarios para conectar desde la batea de la bomba hasta la ubicación del muro encofrado para el vaciado de concreto; estos montantes se instalaron verticalmente adosada a los muros ya construidos y fijadas con abrazaderas metálicas para su estabilidad y seguridad.

El concreto y equipos que se usaron para estos trabajos fueron de una empresa reconocida en el mercado, para obtener un vaciado con la calidad y seguridad. Para evitar la presencia de cangrejeras y/o fisuras en los elementos de cada paño se utilizó durante el vaciado vibradores de concreto del tipo aguja, que fueron manipulados por el personal a cargo del vaciado y supervisado por los responsables de calidad del proyecto. Las características del concreto que fueron utilizadas, fueron coincidentes con las especificaciones técnicas del proyecto y en coordinación con los responsables de la supervisión de obra. Para este caso, el proyecto indicaba que el concreto de los muros pantalla tendría de una resistencia $f^c=280 \text{ kg/m}^2$. Este concreto lo empleamos en todos

los muros. Terminado los vaciados en cada paño de Muro Anclado (a partir del 2° anillo), se dejó el concreto de la CACHIMBA, para ser demolido al día posterior al vaciado de concreto o en su defecto cuando la fragua del concreto del muro así lo permita.



Figura 26: Vaciado en cada paño de muro anclado (a partir del 2° anillo)

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Desencofrado y curado químico de muros: Después de 12 horas de haberse realizado el vaciado de paños se procedió entonces con el desencofrado de los muros. Después de haberse retirado el sistema de encofrado en su totalidad, se procedió entonces con el curado de los muros, para el cual se empleó primero un riego con agua abundante sobre toda la superficie y finalmente después de unos minutos se rociaba nuevamente la superficie del muro con un curador químico (Z Membrana) por medio de una mochila fumigadora.



Figura 27: Desencofrado y curado químico de muros

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Demolición de cachimbas: Estas actividades se dieron inicio una vez fueron desencofrado los muros. Los equipos a utilizar fueron compuestos por martillos eléctricos y/o roto martillos para cada paño, además de andamios con los cuerpos requeridos para que se puedan apoyar durante estos trabajos. Por ser trabajos en altura, el personal que estuvo a cargo de estas actividades estuvieron previstos de los equipos de protección individual (EPI's) como arnés, línea de vida y demás equipos que se requieran para salvaguardar la integridad física del personal designado para estos trabajos.
- ✓ Resane y solaqueo de muros en zona de cachimbas: Después de realizarse la demolición de cachimbas de los muros, se realizó el resane convenientemente y para tales trabajos se usó un mortero de cemento que nos permitió obtener el acabado que se requiere. Estos trabajos por estar también a una determinada altura se utilizaron también Andamios normados, Arnés, línea de vida y demás equipos que se requirieron para salvaguardar la integridad física del personal designado para estos trabajos.

5.1.3 Aplicación de BIM y Lean Construction en obra

a) Look ahead

Esta herramienta tiene el objetivo de garantizar el cumplimiento de plazo de obra y anticipar el tiempo de planificación de tres semanas, con el fin de levantar las restricciones que limiten los trabajos de obra.

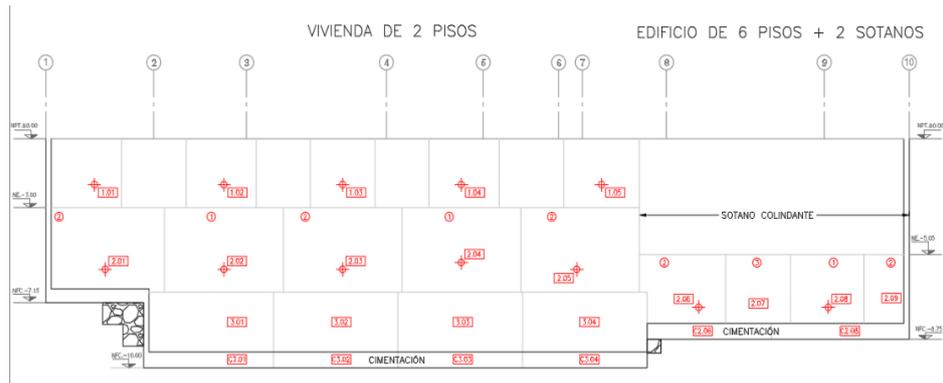


Figura 30: Panelado de los muros del eje A

Fuente: Elaboración propia

c) Programación diaria

La programación diaria, es el último escalón de la planificación del Last Planner de la metodología Lean Construction, esta programación es de corto plazo y se desglosa de la promoción semanal, con la finalidad para que todos en campo se guíen, tanto staff como personal operativo (Capataz o maestro). Para nuestro caso este último escalón, era vital para la ejecución del proyecto por las distintas restricciones que se tenían y al mismo tiempo, poder asignar mejor los recursos, con el fin de reducir las pérdidas relacionadas con el trabajo diario.

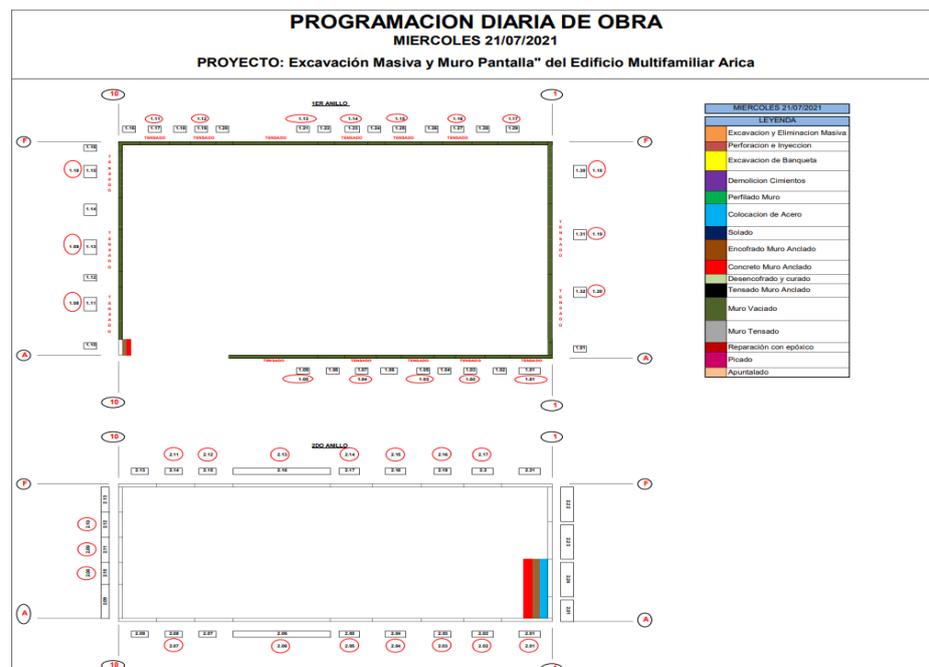


Figura 31: Programación diaria del 27 de julio

Fuente: Elaboración propia

d) Porcentaje de plan cumplido

El porcentaje de plan de cumplimiento (PPC), es la manera de cuantificar la efectividad de lo programado en la semana y así encontrar las razones porque no se cumplieron al 100%. El porcentaje de plan de cumplimiento, es el número de actividades previstas completadas, dividido por el número de todas las actividades programadas. mide el cumplimiento de la programación semanal el cual compara con lo que realmente se trabajó, es necesario tener el total de las actividades que se pudieron cumplir en obra. A continuación, se muestra el formato utilizado para obtener el Porcentaje de plan cumplido, se muestra el PPC de la semana N°06, en este periodo se estaba culminando las actividades relacionadas al primer anillo, nos muestra un porcentaje de plan cumplido de 71.02%.

REPORT DE CUMPLIMIENTO SEMANAL N° 06											% PROGRAMADO :	4.53%		
PROYECTO: "Excavación Masiva y Muro Pantalla" del Edificio Multifamiliar Arica											% DE CUMPLIMIENTO :	71.02%		
CODIGO DE PROYECTO:											% EJECUTADO :	3.21%		
CODIGO DE PROYECTO:											% DE DIFERENCIA :	-1.31%		
ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UND	CANT. A EJECUTAR	SEMANA DE							OBSERVACIONES	RESPONSABLE	METRADO EJECUTADO	PORCENTAJE EJECUTADO DE LA SEMANA
				LIJ	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM				
				12	13	14	15	16	17	18				
01.00	TRABAJOS PROVISIONALES Y PRELIMINARES													
01.01	CAMPAMENTO													
01.01.01	OFICINAS PARA CONTRATISTA, SUPERVISION Y CLIENTE + CASETA DE VIGILANCIA	und	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-		0.07	100.00%	
01.01.02	ALMACEN, COMEDOR Y VESTIDORES	glb	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-		0.07	100.00%	
01.01.03	SSH PARA OBRA	mes	0.26	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	-		0.26	100.00%	
01.01.04	CERCO METALICO	glb	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-		0.07	100.00%	
01.02	CONSUMO Y SERVICIOS													
01.02.01	ENERGIA PARA OBRA, ILUMINACION PROVISIONAL, AGUA, PROTECCION Y MITIGACION PARA VECINOS	glb	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-		0.07	100.00%	
01.03	LIPIEZA DE OBRA													
01.03.01	LIPIEZA PERMANENTE DE OBRA	glb	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-		0.07	100.00%	
01.04	TOPOGRAFIA													
01.04.01	TOPOGRAFIA PERMANENTE	mes	0.24	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	-		0.24	100.00%	
01.05	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION													
01.05.01	MOVILIZACION DE EQUIPOS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS	glb	0.00	-	-	-	-	-	-	-		0.00	#DIV/0!	
01.05.02	DESMOVILIZACION DE EQUIPOS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS	glb	0.00	-	-	-	-	-	-	-		0.00	#DIV/0!	
01.06	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL													
01.06.01	TRANSPORTE VERTICAL, HORIZONTAL E IZAJES	glb	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-		0.07	100.00%	
01.07	SEGURIDAD Y SALUD													
01.07.01	SEGURIDAD PARA OBRA	glb	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-		0.06	100.00%	
01.08	ANDAMIOS													
01.08.01	ALQUILER DE ANDAMIOS Y ESCALERA	glb	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-		0.07	100.00%	
01.09	OTROS													
01.09.01	ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD	glb	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-		0.07	100.00%	
02.00	ESTRUCTURAS													
02.01	1° ANILLO													
02.01.01	Excavacion y eliminacion masiva	m3	0.00									0.00	#DIV/0!	
02.01.02	Sistema de Postensado Temporal	und	0.00									0.00	#DIV/0!	
02.01.03	Excavacion y eliminacion de banquetas	m3	112.06									0.00	0.00%	
02.01.04	Acero	kg	2698.34			1,064.71	420.65	611.23		757.68		2594.26	100.25%	
02.01.05	Encofrado	m2	78.81			25.59	20.91	17.97				64.47	81.93%	
02.01.06	Concreto	m3	23.79			6.40	5.23	4.49				16.12	67.75%	
02.01.07	Curado	m2	94.58			12.31	25.59	20.91	17.97			76.78	81.16%	
02.01.08	Formado de Muro	und	5.68					2.00		1.00		3.68	64.78%	

Figura 32: Plantilla del Porcentaje del plan cumplido (PPC) semana N°06

Fuente: Elaboración propia

e) Sectorización

En este punto se buscó balancear las cargas de trabajo para que no se den atrasos, nuestro proyecto se sectorizo por anillos, según como se iba bajando la excavación, contractualmente se había propuesto un rendimiento de excavación de 300m3 al día, pero el área a trabajar era pequeña el cual hizo disminuir este rendimiento a 200m3 por día e igualmente se tenía propuesto un vaciado de muro por día, con el fin de garantizar 1.5% de avance por día.

Con respecto a la sectorización de cimentaciones se procedió desde el eje 10 al eje 1, con el fin de ir saliendo y dejar culminado el proyecto desde atrás hacia adelante.

A continuación, se muestra la sectorización presentada la semana 13, donde se detalla los trabajos de cimentaciones del eje 4 al eje 9.

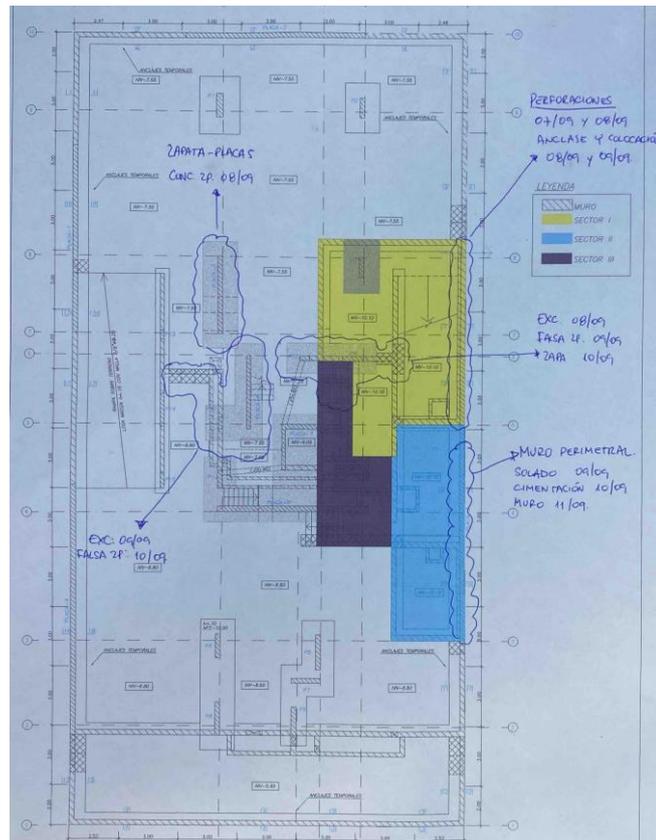


Figura 33: Sectorización de cimentaciones, presentado en la semana 13

Fuente: Elaboración por la empresa contratista

f) Análisis de restricciones

El análisis de restricciones, lo realizamos con el fin de eliminar desperdicios y tener un flujo continuo, evitando los cuellos de botella. Una vez realizado el lookahead, con ayuda al pull planning, se procedía a identificar las restricciones, designando a un responsable por cada restricción con un límite de tiempo para el levantamiento de esta restricción

A continuación, se muestra el formato usado para el control de levantamiento de restricciones.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / RECURSOS							
NOMBRE DE PROYECTO:				PROPIETARIO:	INDELETTORIA:	FRENDA:	FECHA DE ELABORACION DE LOCKHEAD:
Excavación Masiva y Muro Pantalla" del Edificio Multifamiliar Arica				LIBRACION:	DIRECCION DE LA OBRA	Nº HORA	2
Código	Unid	Metrado	Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable
1	LBS	-					
2	-	-					
3	-	-					
4	-	-					
5	-	-					
6	-	-					
7	-	-					
8	-	-					
9	-	-					
10	-	-					
11	-	-					
12	-	-					
13	-	-					
14	-	-					
15	-	-					
16	-	-					
17	-	-					
18	-	-					
19	-	-					
20	-	-					
21	-	-					
22	-	-					
23	-	-					
24	-	-					
25	-	-					

Figura 34:Plantilla usada para el análisis de restricciones

Fuente: Elaboración propia

g) Informes semanales

Estos informes son presentados una vez a la semana al cliente y a la supervisión con el fin de dar detalle del avance de obra, donde se indica los pendientes que se tiene para el avance del proyecto, estos informes se presentan los días martes y al día siguiente se expone en las reuniones semanales.

h) Reuniones semanales

Estas reuniones se dan todos los días miércoles, donde se da a conocer el avance del proyecto, participan la contratista, la supervisión y el cliente. En esta reunión se designa las obligaciones a cada participante y es de carácter obligatorio.

Todo las acciones y acuerdos de esta reunión quedan plasmado en un acta, donde se indica la responsabilidad de la persona asignada.

ACTA DE REUNIÓN DE OBRA N° 13				Codigo: S017F08-2020-001-01			
				Versión: 01			
				Aprobado: GP-SCIF			
				Fecha: 15.02.14			
Proyecto: "Bos Veción Maíz y Muro Periférico Edificio Multifamiliar Años 7 50"				Fecha de reunión: 01/09/2021			
Objetivo de la reunión: Reunión de coordinación semanal de Obra				Hora: 3:00.00 horas			
Lugar de la reunión: Reunión Virtual				Elaborado por: Aldo Ligante			
Participantes:							
Item	Nombre y Apellido	Abrev.	Asist.	Organización	Cargo o Actividad		
1		CD	X				
2		RC	X				
3		WB	X				
OBJETIVO DEL REPORTE: Redactar el acta de reunión y otorgar responsabilidades para seguimiento de acuerdos.							
Item	Tipo	Categoría / Especialidad	Acciones / Acuerdos	Responsable de seguimiento	Seguimiento		
					Fecha de Ingreso	Estado / Avance	Fecha de Cierre
Temas Pendientes							
Temas Nuevos							
2	Otro	Seguridad	CC muestra su informe semanal de seguridad, con los registros y otro de riesgos hechos de la presente semana, no se tiene incidencias ni accidentes a la fecha. La reunión del comité de seguridad fue el 31.08.21. Ingresó 02 trabajadores nuevos a la obra para implementar la cuadrilla de obra, CC comenta que ya están implementando el plan de salud ocupacional de la obra, AU solicita a CC que envíe un correo informando al nivel de avance en que se encuentra implementado el plan de salud ocupacional, RC solicita a la obra una fecha cuando lo firmen con el plan, B 31.08.21 se realizó el día auditoría de seguridad de la supervisión de seguridad, se dejó el acta de inspección, que todavía no se ha subscrito, CC informa que lo firmaron por haber una inspección de DUNAFI, presentando como trabajadores había en obra, WB indica que esta también pasó un inspector en la obra y dijo que tenía una reunión por azon, pero hasta la fecha no ha regresado.	CC/WB	01-Sep-21	En proceso	08-Sep-21
3	Otro	Avance de Obra	HA muestra su informe de avance semanal, se tiene un avance acumulado ejecutado de 61,40% y un avance acumulado programado de 65,98% con un atraso de -4,28% de acuerdo a la curva S y Look Ahead mensual, AU indica que de acuerdo al cronograma programado hay partidas que debían iniciar el 03/09/21 como la fase de cimentación de la cámara, y que hacen prever hasta dos semanas de atraso respecto al cronograma contractual, HA informa que el lunes 06/09/21 están ingresando a los trabajos de la cámara, RC comenta si no hay y consulta a la cámara, como pasa y bridas, WB informa que no tienen consulta y que ya están viendo la brida de la cámara, respecto al procedimiento de vaciado de la cámara HA enviará imagen con fotos de avance semanales, para verificar el estado de la obra.	WB	01-Sep-21	En proceso	08-Sep-21
13	Otro	Relación con propietarios de edificaciones vecinas	RC solicita a WB que haga firmar la conformidad de los trabajos de la cámara de obra y los trabajos particulares a la Srta. Dora Zabala, a la fecha no se tiene quejas de vecinos ni tampoco multas o notificaciones de la Mun. de Miraflores.	WB	01-Sep-21	En proceso	08-Sep-21
18	Otro	Monitoreo de ruido y aire	CC entregará un CD a AU y RC con el informe de monitoreo y ruido realizado en obra.	WB/CC	01-Sep-21	En proceso	08-Sep-21
19	Otro	Procedimiento de trabajo en la cámara	RC comenta que en otras obras no fue necesario el día de sellar en las zonas al exterior de la cámara, pero que le comentario de la edificación haga la prueba de estanqueidad, pero su especialista de impermeabilización le indicó que se debe aplicar un buen procedimiento de vaciado, se necesita que WB comite el procedimiento de vaciado para que el especialista le de al WB, WB la ampliará a la brevedad.	WB/HA	01-Sep-21	En proceso	08-Sep-21
21	Otro	Ingreso a obra de contrato de li edificación para Felipe	RC comenta que la 1era semana de octubre ingresó al contrato de la edificación a hacer el trabajo de la obra, para recibir los trabajos hechos por ALMASA, WB comenta a RC que de repente la nueva contratación de la edificación quiere usar la capacidad de la planta firme para los meses de obra, y los acabados a obra, RC hará la pregunta y la ampliará al día que sea la marca UNISPA.	WB/RC	01-Sep-21	En proceso	08-Sep-21
22	Otro	Ventilación Mecánica	HA comenta que ha hecho la consulta respecto al punto del ep 2, indicado en el caso 35-B de dimensión, enviará el correo a la brevedad con la solución para aplicación en la obra.	HA/AU	01-Sep-21	En proceso	08-Sep-21
FECHA DE LA PROXIMA REUNIÓN: Miércoles 08/09/2021 a las 03:00 pm							

Figura 35: Acta de reunión de la semana N° 13

Fuente: Elaborado por la supervisión

i) Control de RDI's

Los requerimientos de información (RDI), son requerimientos de consultas formales que se hacen para resolver dudas, imprecisiones y solicitar información, una mala gestión de RDI's ocasiona retrasos en la ejecución del proyecto.

En el proyecto los RDI's fueron absueltos a la brevedad, lo que facilito la ejecución y no genero atrasos por las consultas, se usó las herramientas del BIM para facilitar las respuestas de las consultas hechas en los RDI's.

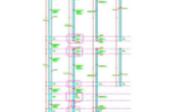
RDI'S							
OBRA:		EDIFICACION MULTIFAMILIAR ARCA 750					
PROYECTO:		EXCAVACION MADRE Y MURDO PANTALLA					
ITEM	COIGO	ELEMENTO / AREA O SECTOR	REQUERIMIENTO DE INFORMACION	FECHA	RESPUESTA RDI	ESTATUS	
1	RDI-001	ESTRUCTURAS	Se solicita confirmar la continuidad de la PLACA 6 en el sentido longitudinal debido que existe un desfase de 2 cm con los niveles inferiores, entre los planos de arquitectura y estructuras. 	14/06/2021	La placa está en el eje 7, con una longitud de 9,45 m	CONTESTADO	
2	RDI-002	ESTRUCTURAS	Se solicita confirmar la continuidad de la PLACA 6 en el sentido longitudinal debido que existe un desfase de 2 cm con los niveles inferiores, entre los planos de arquitectura y estructuras. 	14/06/2021	La dimensión de la placa 6-6 es conforme a lo indicado en plano 6-4.	CONTESTADO	
3	RDI-003	ESTRUCTURAS	Se solicita confirmar la continuidad de los muros de la PLACA 6 en el sentido longitudinal debido que existe desfase de los niveles inferiores de la placa con los niveles inferiores. 	14/06/2021	Hay continuidad de muros, no hay desfasos.	CONTESTADO	
4	RDI-004	ESTRUCTURAS	Se solicita confirmar con las dimensiones correctas de la PLACA 8, debido a que difiere las dimensiones al plano de E-05 Cementación y E-12 al E-15 Placa. 	14/06/2021	La dimensión es 16,46 m (del eje 3 al eje 6)	CONTESTADO	
5	RDI-005	ESTRUCTURAS	Se solicita confirmar las dimensiones de la viga VS-03 del eje A, siendo 60, ya que en el plano de anotación E-17 figura las dimensiones de (0,30x0,60) y en el Plano de Vigas Sólidas (0-20) se indica que es de (0,35x0,65) 	24/06/2021	La medida de la viga VS-03 es de (0,35x0,65)	CONTESTADO	

Figura 36: Cuadro de control de los RDI's

Fuente: Elaboración propia

5.2 Presentación de resultados

5.2.1 Resultados de la propuesta de Cronograma Lean y BIM

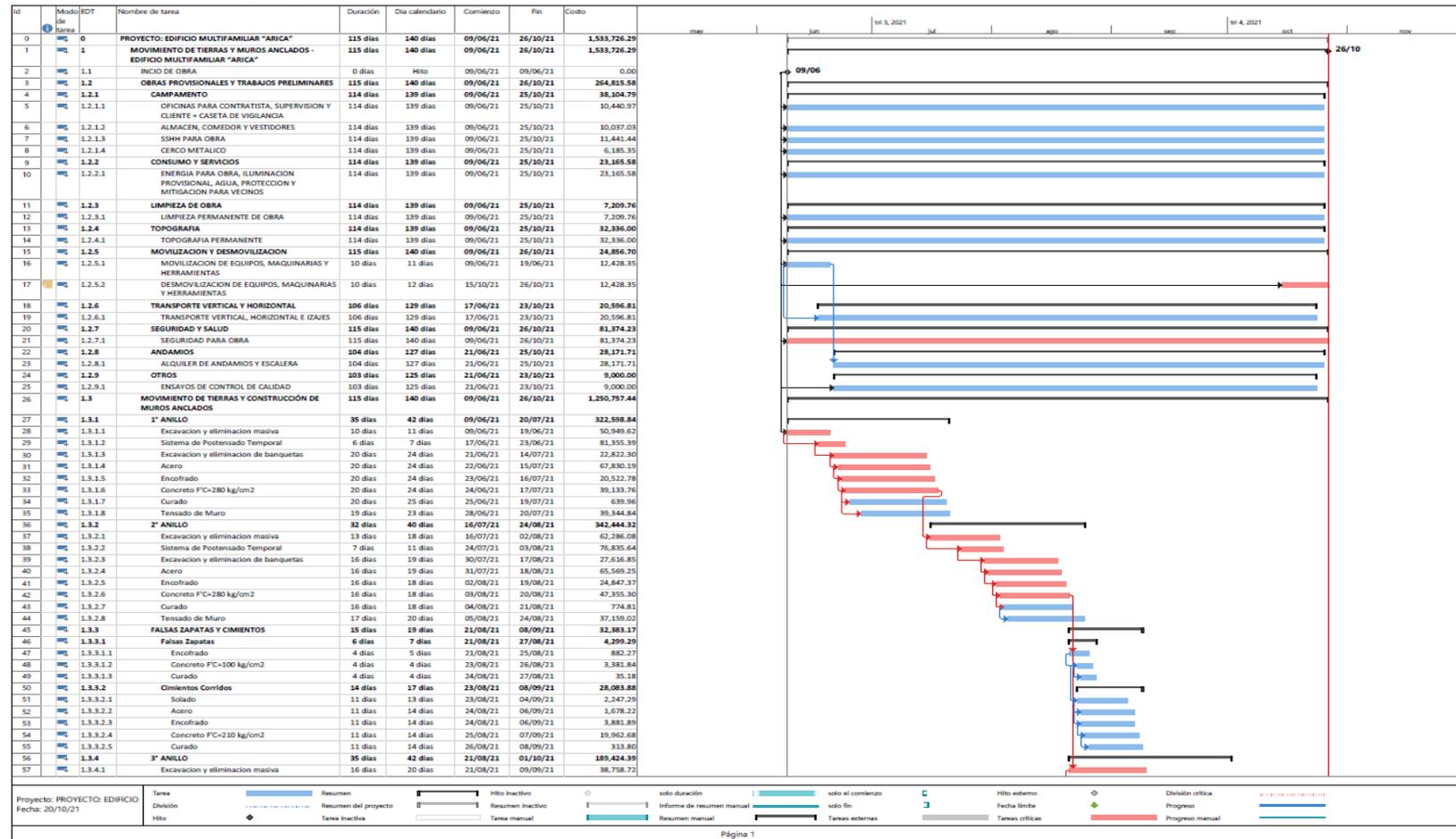


Figura 37: Propuesta de cronograma de Lean y BIM

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Resultados de la Propuesta de Ejecución

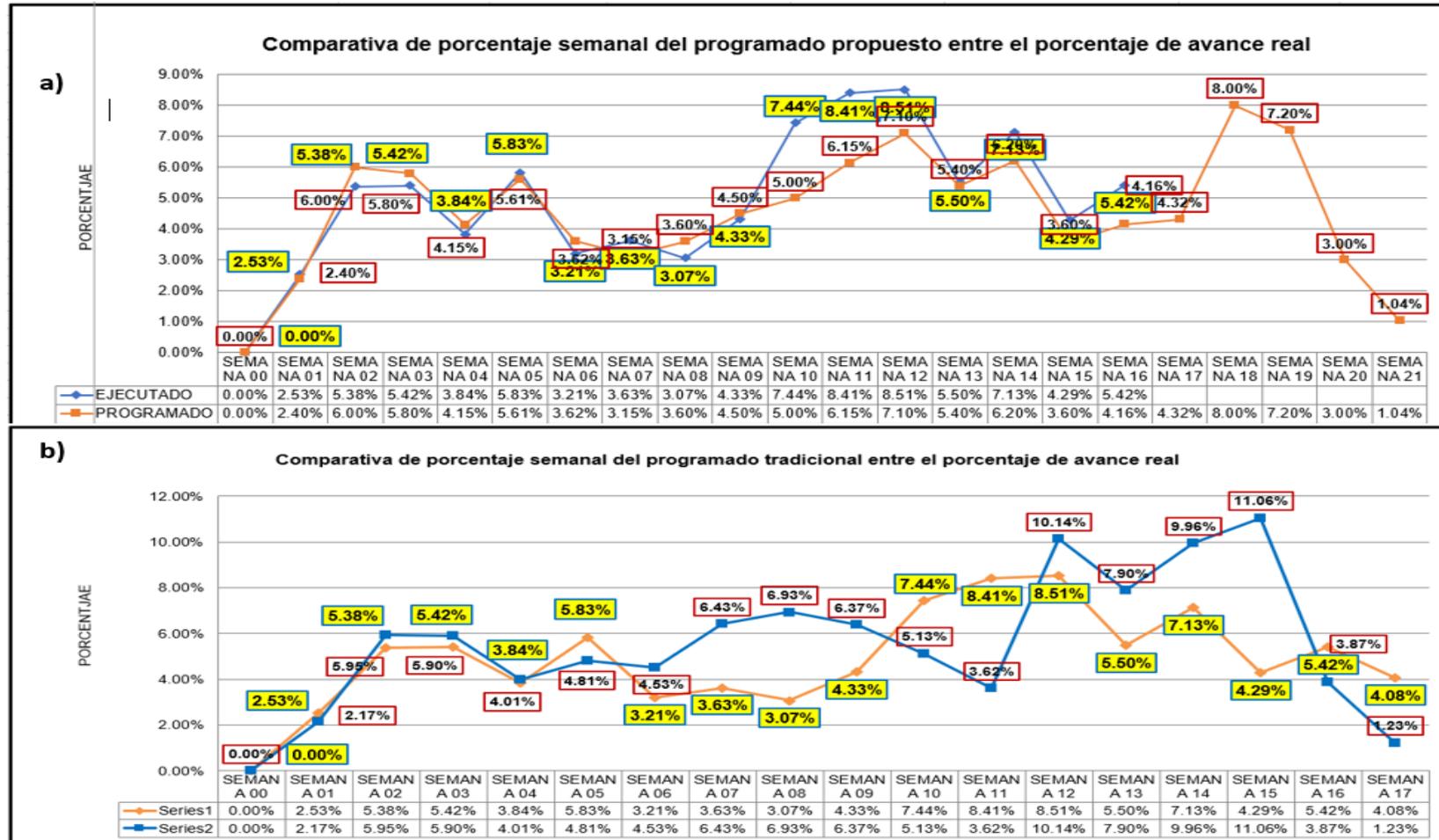


Figura 38: Cuadros comparativos de porcentajes

a) Comparativa de porcentaje semanal del programado propuesto entre el porcentaje de avance real

b) Comparativa de porcentaje semanal del programado tradicional entre el porcentaje de avance real

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Resultados de la Propuesta de Seguimiento y control

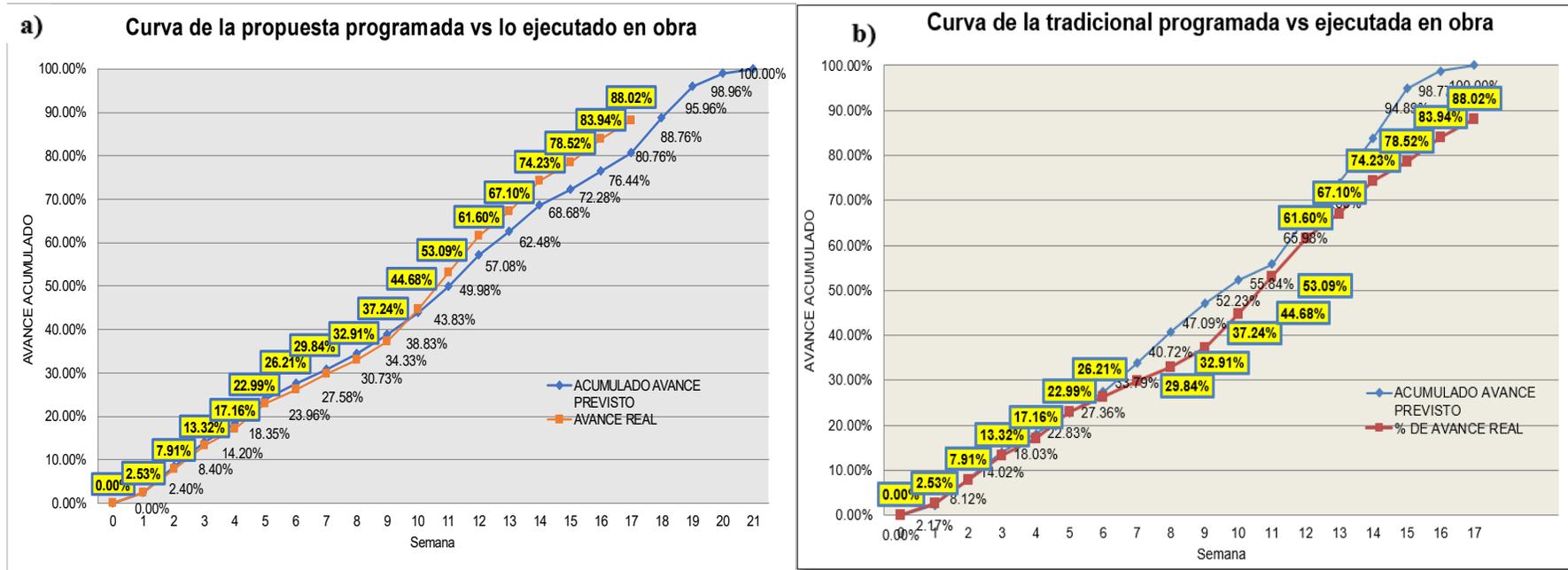


Figura 39: Cuadro comparativo de Curva S

a) Comparativa de porcentaje semanal del programado propuesto entre el porcentaje de avance real

b) Comparativa de porcentaje semanal del programado tradicional entre el porcentaje de avance real

Fuente: Elaboración propia

5.3 Análisis de resultados

En este ítem se realiza el análisis de los datos obtenidos de la aplicación de los instrumentos de recolección y se interpreta estos resultados en base al desarrollo de los capítulos teóricos, a fin de dar respuesta a los objetivos de la investigación.

5.3.1 De la propuesta de Cronograma Lean y BIM

En la figura 35, se muestra la propuesta del cronograma del proyecto “Excavación Masiva y Muro Pantalla” del Edificio Multifamiliar Arica” si se hubiera aplicado las metodologías BIM y Lean Construction al inicio del proyecto. En esta propuesta se realiza de manera detallada la secuencia de actividades, la duración de cada actividad y los recursos necesarios de acuerdo a la naturaleza del proyecto específico.

Se observa que el plazo contractual debió ser 21 semanas (propuesta) en vez de las 17 semanas obtenidas al aplicar la planificación tradicional. Es importante resaltar que este cronograma inicial es tomado como referente de la línea base del plazo. Y en este caso, al tenerse un cronograma inicial sub dimensionado, lo que se obtiene como optimización de la planificación es realmente un sinceramiento del plazo que debió tener la obra.

De acuerdo a la información del cliente, esta planificación de 21 semanas guarda relación con los plazos propuestos por los postores que quedaron en 2do y 3er lugar en la etapa de concurso de esta obra.

La herramienta de gestión utilizada para la estimación del cronograma de obra mostrado en la figura 35 es el MS Project y verificado con ayuda del Excel. Con esta herramienta se estima el proyecto en 140 días que es equivalente a 21 semanas.

5.3.2 De la propuesta de mejora en la ejecución de obra

En la figura 36b, teniendo como línea base la planificación inicial tradicional de 17 semanas que hemos comentado en el punto 5.3.1 se obtuvo los siguientes resultados:

En las primeras 5 semanas la obra estaba atrasada con un avance del 90% de lo planificado. Así por ejemplo la semana 2 se tenía programado un avance de 6% obteniendo un avance real de 5.38% es decir se tiene un orden del 90% de cumplimiento.

Entre las semanas 6 a 9, la obra se retrasa. Así en la semana 8 se tenía programado un avance de 6.93% y se ejecutó 3.07% es decir se tuvo un cumplimiento de 44.3% de lo planificado. Entre las semanas 10 a 11, la obra se adelanta. Así en la semana 11, se tenía programado un avance de 3.62% y se ejecutó 8.41%, es decir, se tuvo un cumplimiento de 232.32%.

Finalmente, de la semana 12 a 15 la obra se atrasa obteniendo un cumplimiento promedio 71.59% y en las semanas 16 y 17 se adelanta en promedio 331.80%. Podemos señalar que la obra se desarrolló con distintas variaciones respecto a lo planificado inicialmente.

De otro lado, en la misma figura 36a podemos observar que respecto a la propuesta de cronograma realizado con las Metodologías BIM y Lean Construction que es de 21 semanas. Podemos observar que la obra avanza de acuerdo a lo previsto en etapa inicial según el siguiente detalle:

En las primeras 9 semanas la obra estaba atrasada en un rango del 90%. Así por ejemplo la semana 2 se tenía programado un avance de 6% obteniendo un avance real de 5.38% es decir se tiene un orden del 90% de cumplimiento. Entre las semanas 10 y 13, la obra empieza a tener un mayor ritmo y conforme se observa por ejemplo en la semana 10 se tenía programado un avance de 5% y se ejecutó 7.44% es decir se avanzó 148% de cumplimiento.

Finalmente, de la semana 14 a 17 la obra sigue adelantada, pero en promedio podemos ver en la semana 15 que el avance programado era de 3.60% y se avanzó 4.29% es decir 119% de cumplimiento.

De acuerdo al procesamiento de los datos obtenidos en los reportes semanales se puede observar que existe una concordancia en el plazo de obra estimado en 21 semanas de la planificación con BIM más Lean Construction. A diferencia, de la planificación tradicional de 17 semanas en donde aparentemente se tendría un retraso de la obra.

Para la evaluación del cumplimiento semanal se utilizó como herramienta el Excel comparando la medición de la métrica porcentaje de plan de cumplimiento PPC.

5.3.3 De la propuesta de mejora en el seguimiento y control

Teniendo como línea base la planificación inicial tradicional:

En la figura 37 se observa que la obra empezó en la semana 1 adelantada con un SPI de 1.17. Sin embargo, en las tres siguientes semanas se retrasó en el orden de 0.96 en promedio. Nivelando en semana 5 y empezando de semana 6 a semana 10 a retrasarse de manera sostenida. Se mejoro entre semana 11 y 13, pero en las últimas semanas el atraso se mantuvo en un promedio de SPI igual a 0.87. Justificado en la tabla 7.

Tabla 7: Producción semanal - Tradicional

PRODUCCION SEMANAL					
	SEMANA	% DE AVANCE PREVISTO	ACUMULADO AVANCE PREVISTO	% DE AVANCE REAL	
0	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00
7	1	2.17%	2.17%	2.53%	1.17
14	2	5.95%	8.12%	7.91%	0.97
21	3	5.90%	14.02%	13.32%	0.95
28	4	4.01%	18.03%	17.16%	0.95
35	5	4.81%	22.83%	22.99%	1.01
42	6	4.53%	27.36%	26.21%	0.96
49	7	6.43%	33.79%	29.84%	0.88
56	8	6.93%	40.72%	32.91%	0.81
63	9	6.37%	47.09%	37.24%	0.79
70	10	5.13%	52.23%	44.68%	0.86
77	11	3.62%	55.84%	53.09%	0.95
84	12	10.14%	65.98%	61.60%	0.93
91	13	7.90%	73.88%	67.10%	0.91
98	14	9.96%	83.84%	74.23%	0.89
105	15	11.06%	94.89%	78.52%	0.83
112	16	3.87%	98.77%	83.94%	0.85
119	17	1.23%	100.00%	88.02%	0.88

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como línea base la planificación inicial con Lean Construction y BIM:

En la figura N°32 se observa que la ejecución de obra hubiera empezado en la semana 1 adelantada con un SPI igual a 1.05. Entre la semana 2 y la semana 9 la obra hubiera estado atrasada, pero con un SPI promedio de 0.95 lo cual es un valor cercano a la unidad que explica que la obra se ejecuta más o menos de acuerdo a la planificación inicial. Finalmente, durante la semana 10 a la semana 16, la obra se hubiera adelantado con SPI promedio de 1.07.

La herramienta utilizada para aplicar la metodología del valor ganado fue el Excel. Con lo cual se estimó los SPI para los dos escenarios de análisis explicados anteriormente.

Tabla 8: Producción semanal - Propuesto

PRODUCCION SEMANAL					
DÍAS	SEMANA	% DE AVANCE PREVISTO	ACUMULADO AVANCE PREVISTO	% DE AVANCE REAL	SPI
0	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00
7	1	2.40%	2.40%	2.53%	1.05
14	2	6.00%	8.40%	7.91%	0.94
21	3	5.80%	14.20%	13.32%	0.94
28	4	4.15%	18.35%	17.16%	0.94
35	5	5.61%	23.96%	22.99%	0.96
42	6	3.62%	27.58%	26.21%	0.95
49	7	3.15%	30.73%	29.84%	0.97
56	8	3.60%	34.33%	32.91%	0.96
63	9	4.50%	38.83%	37.24%	0.96
70	10	5.00%	43.83%	44.68%	1.02
77	11	6.15%	49.98%	53.09%	1.06
84	12	7.10%	57.08%	61.60%	1.08
91	13	5.40%	62.48%	67.10%	1.07
98	14	6.20%	68.68%	74.23%	1.08
105	15	3.60%	72.28%	78.52%	1.09
112	16	4.16%	76.44%	83.94%	1.10
119	17	4.32%	80.76%		
126	18	8.00%	88.76%		
133	19	7.20%	95.96%		
140	20	3.00%	98.96%		
147	21	1.04%	100.00%		

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos se puede observar en la tabla 7 que la línea base del cronograma inicial fue incorrecta dando valores de SPI menores a la unidad y que implicaba tener una obra atrasada. Sin embargo, con la aplicación de metodologías más precisas y que permiten disminuir el porcentaje de incertidumbre podemos observar en la tabla 8 que la obra debió tener un mayor plazo (21 semanas) en conformidad a lo observado en obra.

5.4 Discusión de Resultados

La presente investigación tuvo como finalidad determinar mejoras de gestión del tiempo en obras de edificación para optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.

Las herramientas de gestión utilizadas fueron el BIM, el Lean Construction y la técnica del valor ganado del PMBOK. De esta manera, se muestra las ventajas de utilizar un modelo de gestión moderno en proyectos lineales como son las edificaciones.

En la presente investigación se tienen resultados en el orden de magnitud general coincidentes a los de (Llerena & Soto, 2020). Así en nuestra tesis logramos una reducción del plazo contractual del orden del 8.70% con respecto a la programación inicial realizada de manera tradicional. Mientras que Llerena y Soto, obtuvieron una mejora del plazo contractual de 16.74% con respecto al plazo inicial.

Los resultados mostrados en este Capítulo V sobre el cumplimiento de cronograma coinciden con (Llerena y Soto, 2020) respecto a que se cumple lo planificado con precisiones semanales aplicando un flujo continuo de trabajo cuando se aplican las herramientas de Lean Construction.

En esta investigación logramos optimizar plazos con lo cual está implícito que existe una mejora de los costos. Sin embargo, al no ser alcance de nuestra investigación por no tener acceso a los costos de la obra, dejamos abierta la evaluación de los costos desde la planificación y principalmente en la ejecución de obra para futuras investigaciones.

RECOMENDACIONES

1. Para futuras investigaciones de esta temática sería recomendable que se seleccionen obras cuya ejecución desde un inicio sea con herramientas de gestión Lean construction, BIM y Valor ganado. Es decir que sea una empresa que tenga en su cultura el desarrollo de esta filosofía de gestión. Así se puede tener unas métricas de control referente de las lecciones aprendidas de proyectos anteriores.
2. También es importante que se pueda tener acceso a los costos reales de la construcción. Estos son de reservado acceso, pero para la utilización de la técnica del valor ganado se requieren para poder estimar la proyección de la obra y hacer las mejoras o ajustes necesarios.
3. Sería recomendable utilizar comparativamente otras técnicas de gestión como son las líneas de flujo que es una forma de planificar obras lineales. Así podría también establecer otras métricas de control comparativas a las encontradas en esta investigación.
4. El uso de herramientas BIM 4D para evaluación de tiempos, BIM 5D para evaluación de costos. Así como el uso de realidad aumentada (AR) como recursos tecnológicos ofrecen experiencias interactivas al usuario a partir de la combinación entre la dimensión virtual y física.
5. Sería deseable que se capaciten previo a esta investigación en la metodología Lean Construction, BIM, Valor ganado y conocer la planificación con la herramienta Ms Project tanto en la etapa de planificación y seguimiento. Asimismo, que exista continuidad entre el personal que realizó la planificación inicial y planificación propiamente de la obra.

CONCLUSIONES

1. Mediante el desarrollo de la presente investigación se verifica que aplicando las metodologías Lean Construction, BIM y Valor Ganado se logra optimizar el plazo contractual de acuerdo al detalle señalado en el capítulo 5. Obteniéndose una mejora de plazo del 8.70% que resulta de comparar las 23 semanas de plazo de manera tradicional versus las 21 semanas utilizando las herramientas de gestión mencionadas.
2. En el punto 5.3.1 se observa que aplicando las herramientas de gestión desde la etapa inicial se logra la aplicación del plazo contractual. En el caso de análisis se observa que la planificación fue realizada sin la aplicación de estas herramientas de gestión obteniéndose un plazo de 17 semanas. Sin embargo, el sinceramiento de este plazo fue de 21 semanas. Este valor es concordante con la situación actual de la obra en donde se tiene una situación de un trámite de adicional que bien pudo evitarse desde un inicio con una mejor estimación de plazos y minimizando riesgos.
3. En el punto 5.3.2 se realiza el análisis de resultados observándose comparativamente que el uso de herramientas de gestión permite tener la optimización del plazo contractual sincerando los valores estimados de manera tradicional. Se observa que usando herramientas BIM, Lean Construction y Valor Ganado desde la planificación inicial, la ejecución de la obra estaría muy concordante con la planificación de 21 semanas a diferencia de tener una línea base de 17 semanas.
4. Las mejoras se observan en el punto 5.3.3 del Análisis de resultados donde aplicando la técnica del valor se obtienen valores concordantes con la planificación aplicando las herramientas de gestión. Así la obra tiene valores de SPI que varían semana a semana, pero con valores cercanos a la única en las primeras semanas y termina en las últimas semanas con SPI mayores a 1 que significa tener una obra adelantada.
5. De acuerdo a los postores que quedaron en segundo y tercer lugar el plazo debió ser de 20 a 21 semanas. Este plazo guarda concordancia con los resultados obtenidos que es de 21 semanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abner, G. (2014). APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACION, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS. *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 121.
- Almaraz, A. (2016). APLICACIÓN DE LINEAS DE BALANCE CON HERRAMIENTAS DEL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION. *UNIVERSIDAD PANAMERICANA - Campus Guadalajara*, 79.
- Almaraz, A. (2016). APLICACIÓN DE LÍNEAS DE BALANCE CON HERRAMIENTAS DEL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Panamericana, Ciudad de Mexico.
- Arturo, L. (2018). APLICACIÓN DEL ENFOQUE LEAN A LA DIRECCION DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. *Universidad de Chile*, 96.
- Celis, J. (2019). Control de costos en un edificio multifamiliar aplicado a una constructora. (*Tesis de posgrado*). Universidad Peruana de Ciencias aplicadas, Lima, Perú.
- Chirinos, L., & Pecho , J. (2019). *mplementación de la metodología BIM en la construcción del proyecto multifamiliar DUPLO para optimizar el costo establecido*. Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS - Escuela de Post grado.
- Conexion ESAN. (2016, Septiembre 26). *La importancia de construir los flujos de caja de un proyecto*. Retrieved from Conexion ESAN: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/09/la-importancia-de-construir-los-flujos-de-caja-de-un-proyecto/>
- Constanza, A. (2017). IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN EDIFICACIÓN EN ALTURA EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA: Estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel. *Universidad Andres Bello*, 77.
- Deville, A., & Gallo, G. (2017). CONTRIBUCIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA ALCANZAR LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 76.

- EKON. (2019, Septiembre 25). *El diagrama de red en la gestión de proyectos: usos y cálculo*. Retrieved from EKON: <https://www.ekon.es/diagrama-red-gestion-proyectos/>
- Estructuras. (2018, Enero 26). Política social [video]. Youtube. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=e0Tg2iBrVPg>
- Felipe, I. (2018). ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DEL LEAN CONSTRUCTION EN CHILE. *Universidad de Chile*, 75.
- Florez, D. (2020). *INTERACCION ENTRE BIM Y LEAN CONSTRUCTION ANALIZADAS EN PROYECTOS DE EDIFICACION*. Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ - FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA.
- Goyzueta , G., & Hipolito, P. (2016). *IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM Y EL SISTEMA LAST PLANNER 4D PARA LA MEJORA DE GESTION DE LA OBRA “RESIDENCIAL MONTESOL-DOLORES”-TOMO I*. Arequipa - Perú: Universidad Nacional de San Agustín - Facultad de ingeniería civil.
- Gualdrón, A., & López, S. (2020). PROCESO CON LA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION PARA PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL EN FASE DE ESTRUCTURA. *Universidad Catolica de Colombia*, 59.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.
- Herrera, O., & Sánchez , J. (2016). ANÁLISIS DE RESTRICCIONES Y PRODUCTIVIDAD UTILIZANDO EL SISTEMA LASTA PLANNER PARA MEJORAR EL FLUJO DE TRABAJO EN EL TUNEL DE PRESIÓN EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA QUITARACSA I-2015. *Universidad Peruana de Ciencias aplicadas*.
- Ivan, B. (2016). PLAN DE GESTION DE OBRA APLICADO EN UN EDIFICIO RESIDENCIAL. *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 81.
- katerine, Z. (2021). IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LAST PLANNER SYSTEM EN EL DÉFICIT DE LA CONSTRUCCION DEL PUENTE EL CARMELO- VIRU- LA LIBERTAD. *UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO*, 130.

- Katherine, O. (2017). EXPLORACIÓN DE UN MARCO DE PLANIFICACIÓN LEAN-BIM: UN SISTEMA LAST PLANNER Y BIM BASADO EN DOS CASOS DE ESTUDIO. *Universidad Andres Bello*, 78.
- Ministerio de Economía y Finanzas - MEF - Gobierno del Perú. (2021). *Sobre BIM*. Retrieved from Ministerio de Economía y Finanzas - MEF - Gobierno del Perú: <https://www.mef.gob.pe/planbimperu/sobrebim.html>
- Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado - OSCE. (2021). Reglamento. Artículo 158. Ampliación de plazo contractual. *SUB DIRECCIÓN DE NORMATIVIDAD – DIRECCIÓN TÉCNICO NORMATIVA*.
- Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado - OSCE. (2021, Septiembre 11). *VALORIZACIONES Y LIQUIDACIÓN DE OBRA*. Retrieved from Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado - OSCE: https://portal.osce.gob.pe/osce/sites/default/files/Documentos/Capacidades/Capacitacion/Virtual/curso_contratacion_obras/ppt_cap5_obras.pdf
- Orihuela, & Ulloa. (2011). LA PLANIFICACIÓN EN LAS OBRAS Y EN EL SISTEMA LAST PLANNER. *Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral, Boletín N°12*, 4.
- PMI. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Chicago, EEUU: Project Management Institute.
- Porrás Díaz, H., Giovanny Sánchez, O., & Galvis Guerra, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería Vol. 11 - No. 1 (2014) ISSN: 1794-4953*.
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Chicago, EEUU: Project Management Institute.
- Project Management Institute, I. (2021). *El estándar para la dirección de proyectos e Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA: Catalogación en Publicación de la Biblioteca del Congreso.
- Ratajczak, J., Riedl, M., & Matt, D. (2019). BIM-based and AR Application Combined with Location-Based Management System for the Improvement of the Construction Performance. *Buildings*, 17.
- Rios, A. (2019). *APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM PARA MEJORAR LA PLANIFICACIÓN DE OBRA EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE*

EDIFICACIONES PARA OFICINAS ADMINISTRATIVAS EN LA REGIÓN TACNA . Moquegua - Perú: Universidad José Carlos Mariátegui.

Vargas, Z. (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. *REVISTA EDUCACION* , 158.

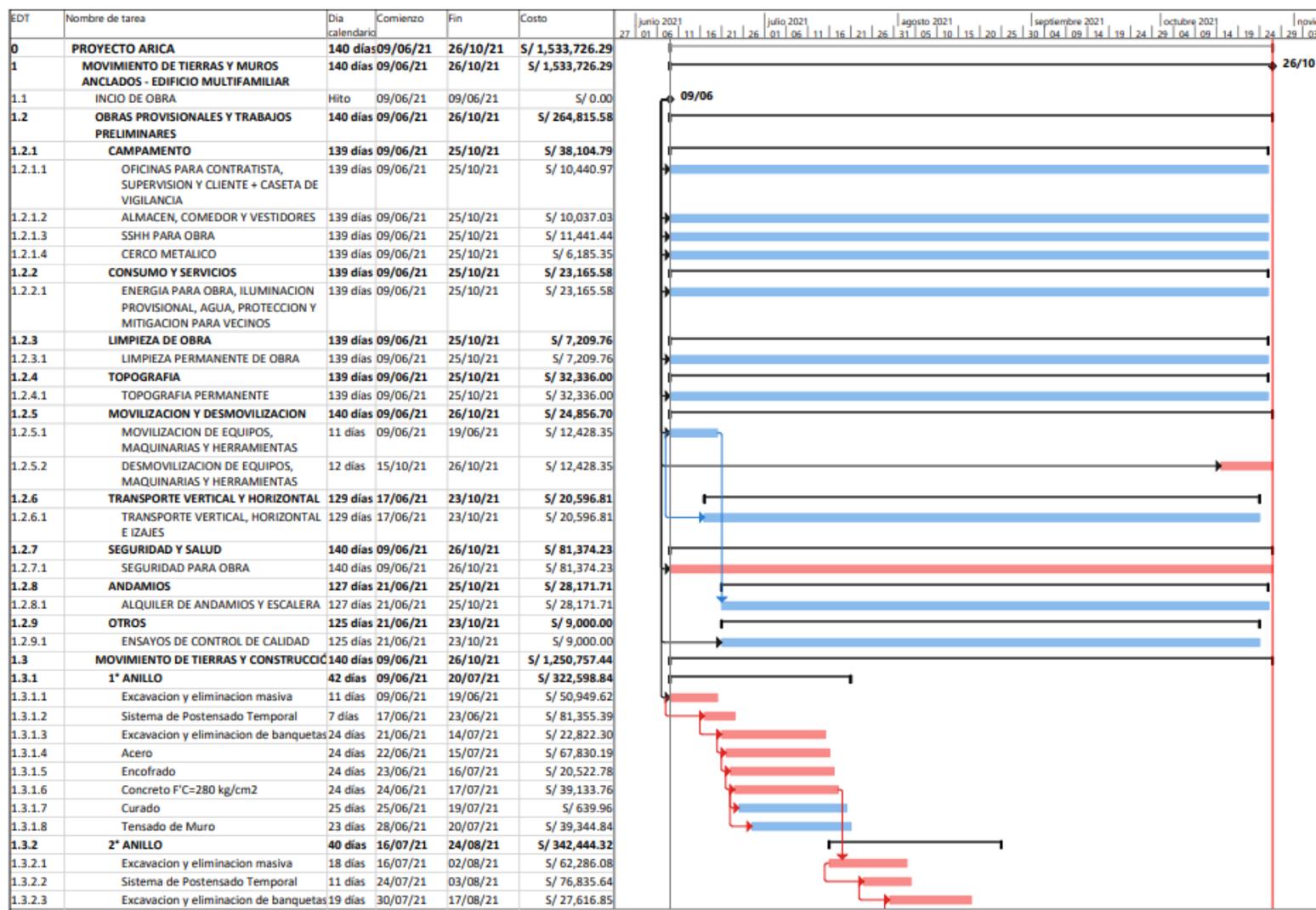
Zhengdao, C., Zhong, R., Xue, F., Xu, G., Chen, K., Guoquan, G., & Qiping, G. (2017). Integrating RFID and BIM technologies for mitigating risks and improving schedule performance of prefabricated house construction. *Journal Of Cleaner Production*, 15.

ANEXOS

Anexo 1: Matrix de consistencia

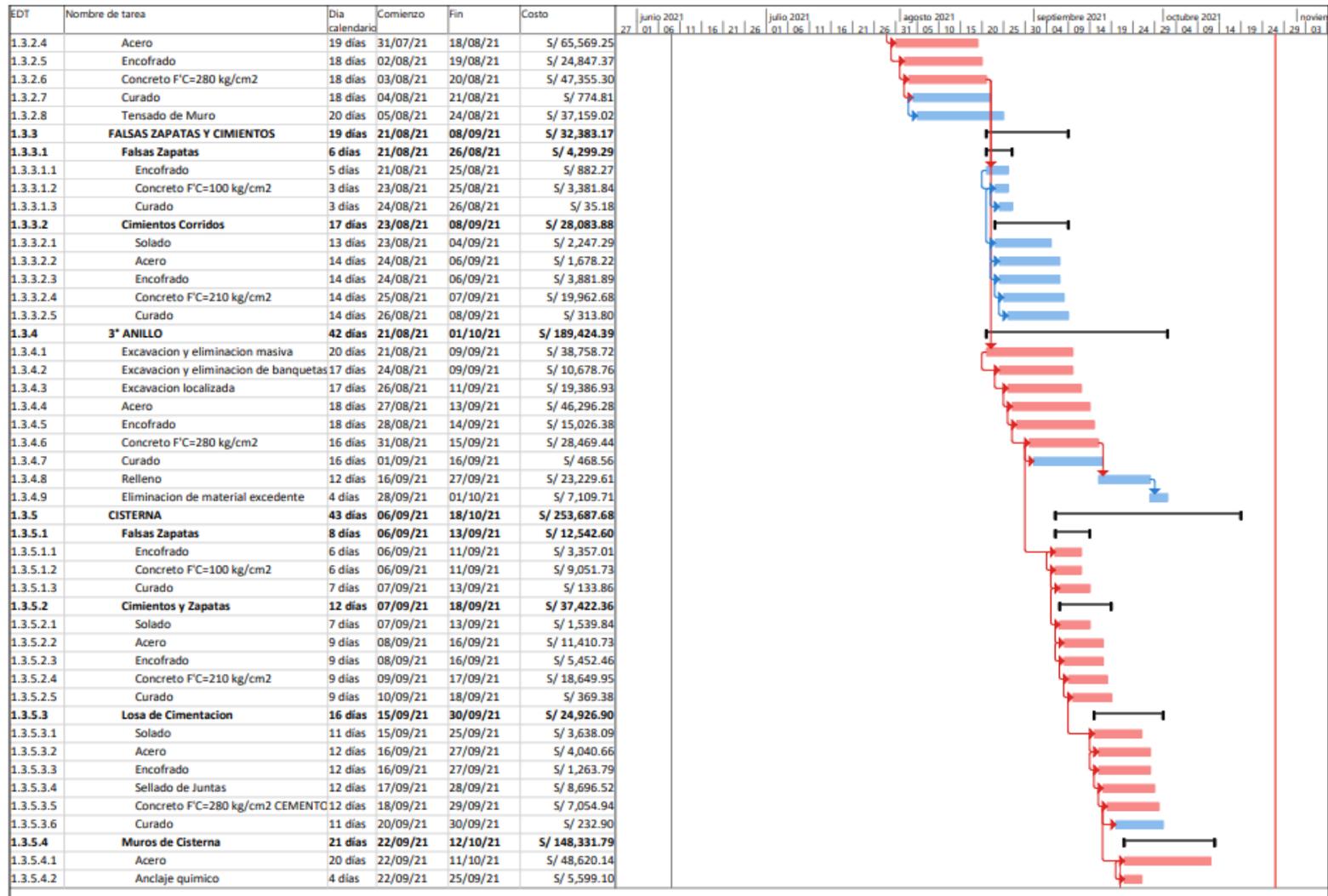
PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
¿Qué mejoras de gestión del tiempo de edificaciones permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?	Determinar mejoras de gestión del tiempo en obras de edificación con la finalidad de optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Determinando las mejoras de gestión del tiempo en obras de edificación se optimizará el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Variable independiente Gestión del tiempo Variable dependiente Plazo contractual	1) Método de Investigación: -Deductivo 3) Enforque de la Investigación: - Cuantitativo 4) Fuente de la Información: - Retro lectiva 5) Tipo de Investigación: - Aplicada 6) Nivel de la Investigación: - Correlacional 7) Diseño de Investigación: - Según el propósito del estudio es No Experimental -Según el número de mediciones es Transversal - Según la Cronología de las observaciones es Prospectiva.
Problemas Específicos	Objetivos Especificos	Hipotesis Especificos	V. Dependiente	
¿Qué mejoras en la planificación permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?	Determinar las mejoras de planificación que permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Determinando las mejoras de planificación que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Variable independiente Planificación Variable dependiente Plazo contractual	
¿Qué mejoras en la ejecución permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?	Determinar las mejoras en la ejecución que permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Determinando las mejoras en la ejecución que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Variable independiente Ejecución Variable dependiente Plazo contractual	
¿Qué mejoras en el seguimiento y control permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión?	Determinar las mejoras en el seguimiento y control que permiten optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Determinar las mejoras en el seguimiento y control que permitirá optimizar el plazo contractual mediante herramientas de gestión.	Variable independiente Seguimiento y control Variable dependiente Plazo contractual	

Anexo 2: Cronograma propuesto Parte I



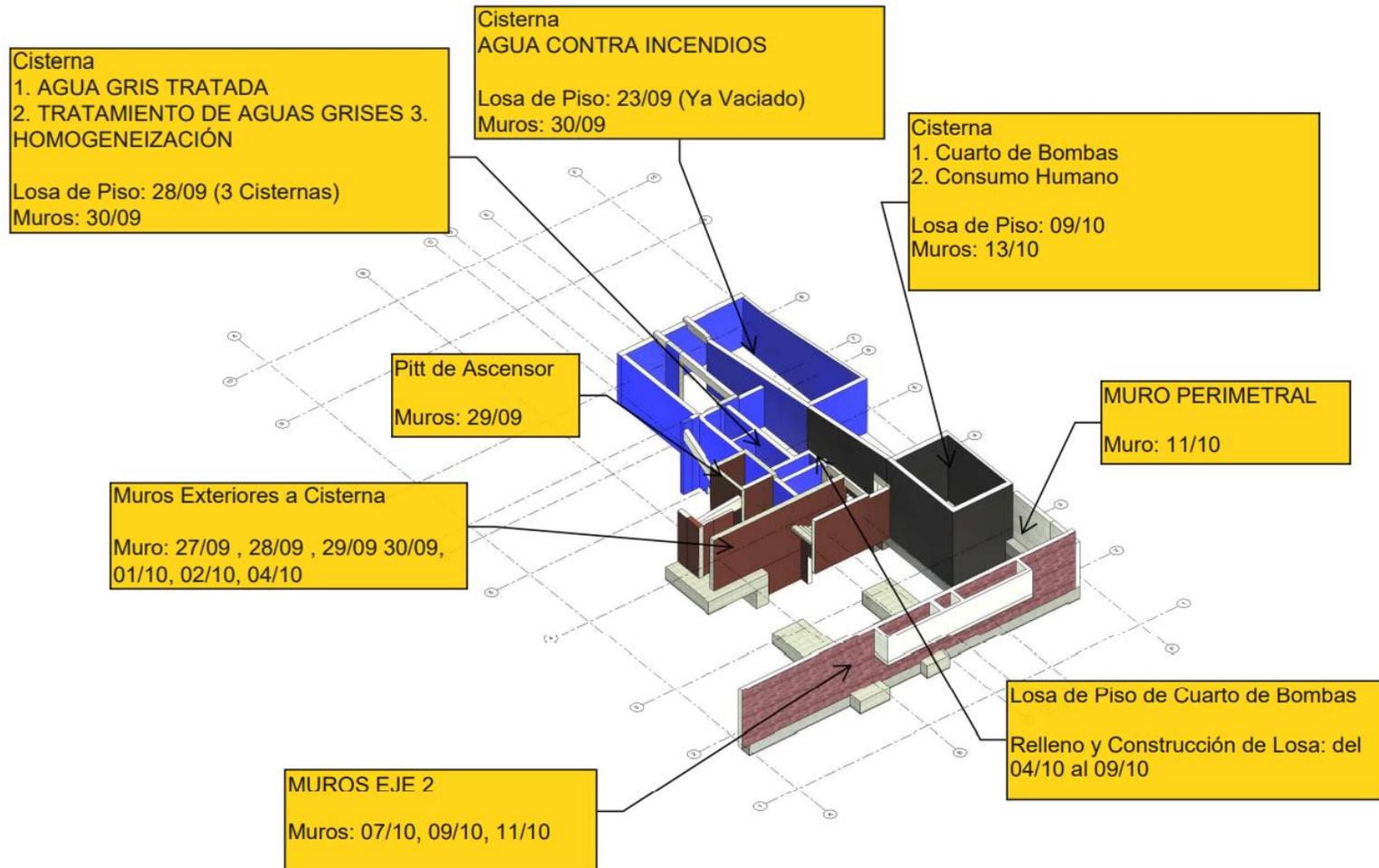
Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Cronograma propuesto – Parte II



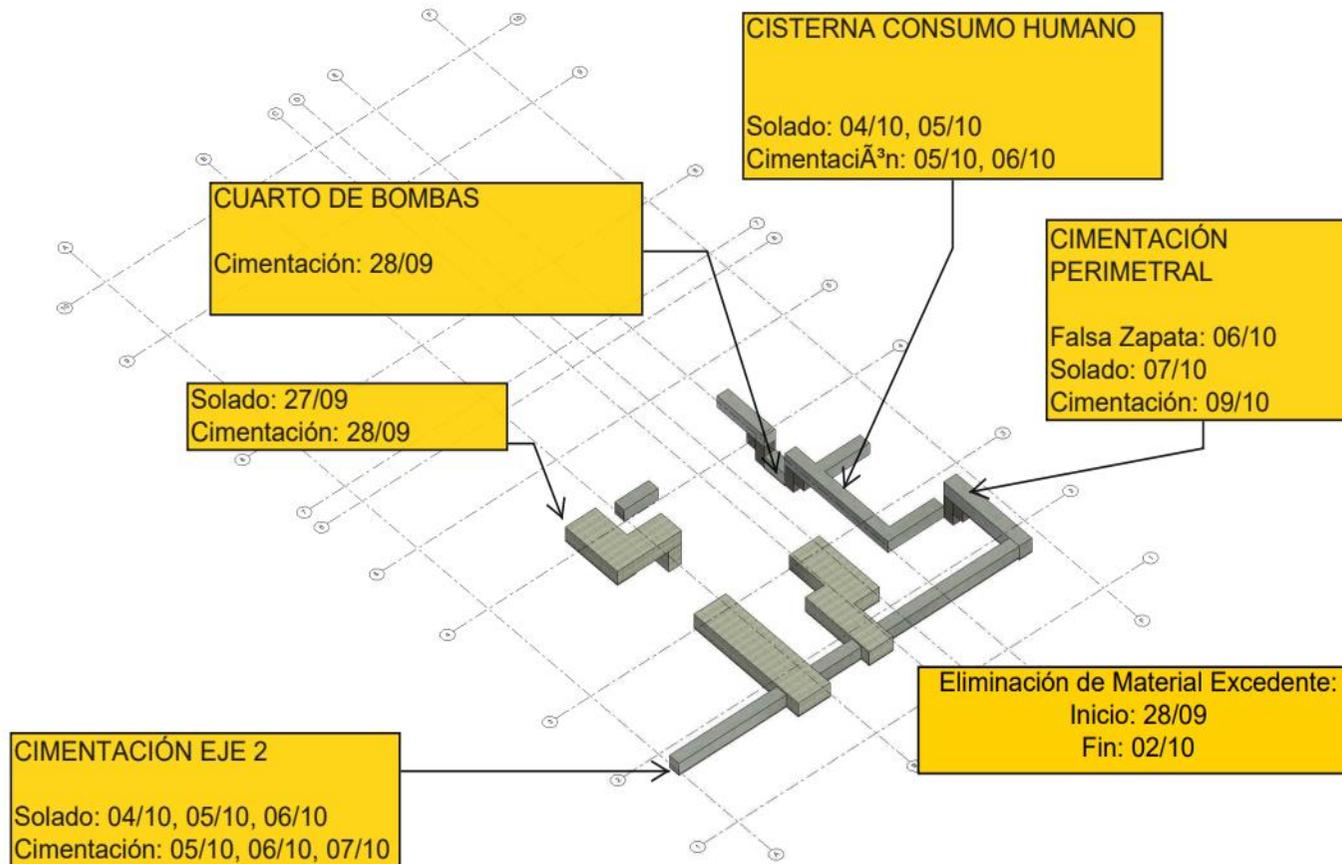
Fuente: Elaboración propia

Anexo 05: Planificación con BIM – Parte I



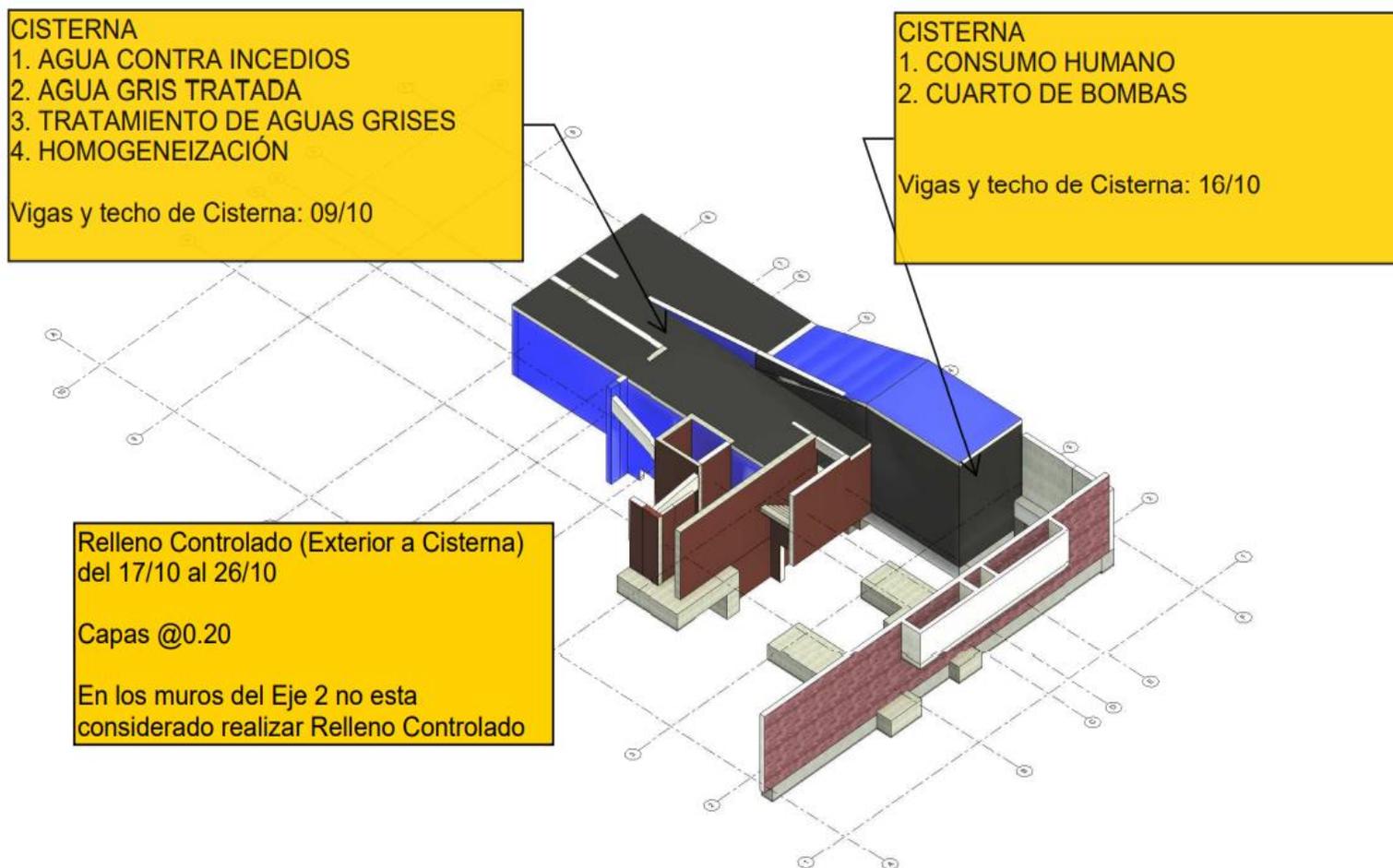
Fuente: Elaboración propia

Anexo 06: Planificación con BIM – Parte II



Fuente: Elaboración propia

Anexo 07: Planificación con BIM – Parte III



Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Lookahead de las semanas 15, 16 y 17 – Parte I

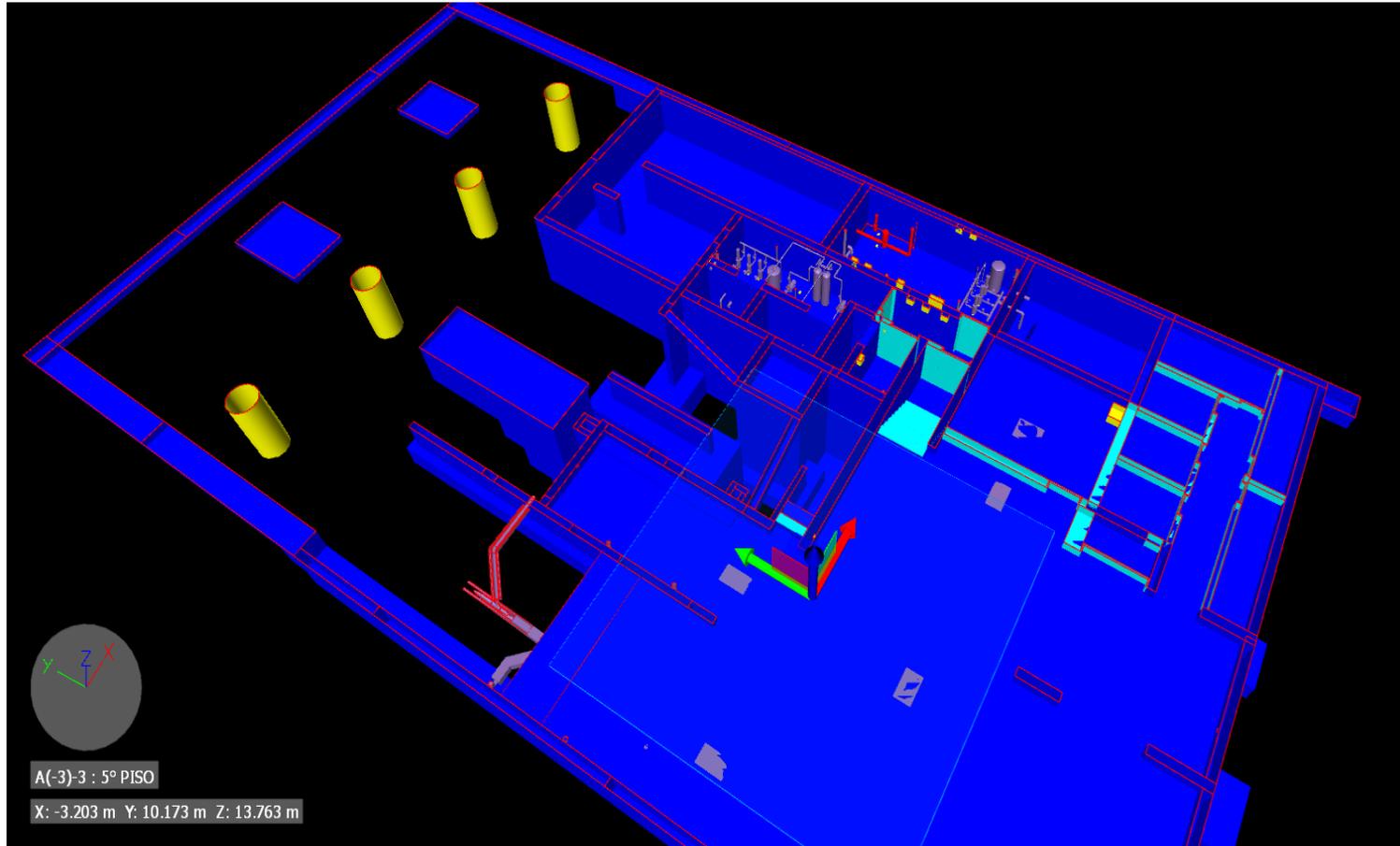
REGISTRO 16																											
GESTION DE PROYECTOS																											
03 WEEK																											
PROYECTO: "Excavación Masiva y Muro Pantalla" del Edificio Multifamiliar Arica																											
Item	Descripción de la actividad semana 13/09/20 al 19/09/21	Unidad	Metrado	SEMANA 15							SEMANA 16							SEMANA 17									
				AGOSTO							SEPTIEMBRE																
				LU	MA	MIÉ	JUE	VI	SA	DO	LU	MA	MIÉ	JUE	VI	SA	DO	LU	MA	MIÉ	JUE	VI	SA	DO			
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3							
01.00	TRABAJOS PROVISIONALES Y PRELIMINARES																										
01.01	CAMPAMENTO																										
01.01.01	DE CIERRES PARA CONTRATISTA, SUPERVISION Y CUENTE Y CASERA DE LOSA ARICA	und	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	-	
01.01.02	ALMACEN, COMEDOR Y VESTIDORES	gb	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	-	
01.01.03	SRH PARA OBRA	mes	4.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	-	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	-	0.04	0.04	-	-	-	-	-	-	-	
01.01.04	CERCO METALICO	gb	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	-	
01.02	CONSUMO Y SERVICIOS																										
01.02.01	ENERGIA PARA OBRA, ILUMINACION PROVISIONAL, AGUA, PROTECCION Y MITIGACION PARA VECINOS	gb	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	-	
01.03	LIMPIEZA DE OBRA																										
01.03.01	LIMPIEZA PERMANENTE DE OBRA	gb	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	-	
01.04	TOPOGRAFIA																										
01.04.01	TOPOGRAFIA PERMANENTE	mes	3.75	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	-	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	-	0.04	0.04	-	-	-	-	-	-	-	
01.05	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION																										
01.05.01	MOVILIZACION DE EQUIPOS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS	gb	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01.05.02	DESMOVILIZACION DE EQUIPOS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS	gb	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01.06	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL																										
01.06.01	TRANSPORTE VERTICAL, HORIZONTAL E IZAJES	gb	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	-	
01.07	SEGURIDAD Y SALUD																										
01.07.01	SEGURIDAD PARA OBRA	gb	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	
01.08	ANDAMIOS																										
01.08.01	ALQUILER DE ANDAMIOS Y ESCALERA	gb	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	-	
01.09	ANALISIS																										
01.09.01	ANALISIS	gb	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	-	
01.09.01	ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD	gb	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	-	
02.00	ESTRUCTURAS																										
02.01	PLANTAS																										
02.01.01	Excavacion y eliminacion masiva	m3	1,667.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.01.02	Sistema de Postensado Temporal	und	18.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.01.03	Excavacion y eliminacion de banquetas	m3	747.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.01.04	Acero	kg	13,431.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.01.05	Encofrado	m2	315.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.01.06	Concreto	m3	79.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.01.07	Curado	m2	315.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.01.08	Tensado de Muro	und	18.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.02	ZANJILLO																										
02.02.01	Excavacion y eliminacion masiva	m3	2,038.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.02.02	Sistema de Postensado Temporal	und	17.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.02.03	Excavacion y eliminacion de banquetas	m3	904.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.02.04	Acero	kg	12,284.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.02.05	Encofrado	m2	381.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.02.06	Concreto	m3	95.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.02.07	Curado	m2	381.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.02.08	Tensado de Muro	und	17.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.03	FALSAS ZAPATAS Y CIMENTOS																										
02.03.01	Falsas Zapatas																										
02.03.01.01	Encofrado	m2	17.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.03.01.02	Concreto	m3	12.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.03.01.03	Curado	m2	17.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.03.02	Cimientos Corridos																										
02.03.02.01	Solado	m2	70.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.03.02.02	Acero	kg	332.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.03.02.03	Encofrado	m2	76.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.03.02.04	Concreto	m3	52.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.03.02.05	Curado	m2	154.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.04	ZANJILLO																										
02.04.01	Excavacion y eliminacion masiva	m3	1,268.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.04.02	Excavacion y eliminacion de banquetas	m3	349.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.04.03	Excavacion localizada	m3	941.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.04.04	Acero	kg	9,167.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.04.05	Encofrado	m2	230.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.04.06	Concreto	m3	57.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.04.07	Curado	m2	230.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.04.08	Refrero	m3	607.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.04.09	Eliminacion de material excedente	m3	334.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05	CISTERNA																										
02.05.01	Falsas Zapatas																										
02.05.01.01	Encofrado	m2	65.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.01.02	Concreto	m3	32.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.01.03	Curado	m2	65.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.02	Cimientos y Zapatas																										

Anexo 9: Lookahead de las semanas 15, 16 y 17 – Parte II

REGISTRO 16																												
GESTION DE PROYECTOS																												
03 WEEK																												
PROYECTO: "Excavación Masiva y Muro Pantalla" del Edificio Multifamiliar Arica																												
Item	Descripción de la actividad semana 15/09/20 al 19/09/21	Unidad	Metrado	SEMANA 15							SEMANA 16							SEMANA 17										
				AGOSTO							SEPTIEMBRE																	
				LU	MA	ME	JUE	VI	SA	DO	LU	MA	ME	JUE	VI	SA	DO	LU	MA	ME	JUE	VI	SA	DO				
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3								
02.05.02.03	Encofrado	m2	107.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.02.04	Concreto	m3	48.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.02.05	Curado	m2	181.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.03	Losas de Cimentación																											
02.05.03.01	Soldado	m2	114.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.03.02	Acero	kg	800.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.03.03	Encofrado	m2	24.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.03.04	Sellado de Juntas	m	146.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.03.05	Concreto	m3	17.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.03.06	Curado	m2	114.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.04	Muros de Cisterna																											
02.05.04.01	Acero	kg	9,627.75	-1,203.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.04.02	Andaje químico	umd	590.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.04.03	Encofrado	m2	737.83	92.23	92.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.04.04	Bridas Rompe Agua	umd	10.99	1.11	1.11	1.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.04.05	Concreto	m3	96.22	8.02	8.02	8.02	8.02	8.02	8.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.04.06	Curado	m2	737.83	61.49	61.49	61.49	61.49	61.49	61.49	61.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.05	Techo de Cisterna																											
02.05.05.01	Encofrado	m2	161.87	23.12	23.12	23.12	23.12	23.12	23.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.05.02	Acero	kg	1,855.93	265.13	265.13	265.13	265.13	265.13	265.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.05.03	Concreto	m3	27.91	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.05.05.04	Curado	m2	161.87	-	20.23	20.23	20.23	20.23	20.23	20.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06	CIMENTACIONES AISLADAS Y MURO DE CONTENCIÓN (E.E 2)																											
02.06.01	Falsas Zapatas																											
02.06.01.01	Encofrado	m2	90.02	30.01	30.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.01.02	Concreto	m3	49.14	16.38	16.38	16.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.01.03	Curado	m2	90.02	22.51	22.51	22.51	22.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.02	Capilares / Cimentos - Muro Eje 2																											
02.06.02.01	Soldado	m2	58.78	19.59	19.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.02.02	Acero	kg	7,033.57	1,758.39	1,758.39	1,758.39	1,758.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.02.03	Encofrado	m2	99.57	24.89	24.89	24.89	24.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.02.04	Concreto	m3	54.26	10.85	10.85	10.85	10.85	10.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.02.05	Curado	m2	181.13	-	36.23	36.23	36.23	36.23	36.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.03	Muro de Contención Eje 2																											
02.06.03.01	Acero	kg	1,903.26	-	-	-	271.89	271.89	271.89	-	-	-	271.89	271.89	271.89	271.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.03.02	Encofrado	m2	169.96	-	-	-	24.28	24.28	24.28	-	-	-	24.28	24.28	24.28	24.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.03.03	Concreto	m3	22.00	-	-	-	3.14	3.14	3.14	-	-	-	3.14	3.14	3.14	3.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
02.06.03.04	Curado	m2	169.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03.00	INSTALACIONES SANITARIAS																											
03.01	REJILLA DE DESAGUE																											
03.01.01	TUBERIA MONTANTE DE DESAGUE PVC-SAP, Ø 2"	m	21.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03.01.02	TUBERIA MONTANTE DE DESAGUE PVC-SAP, Ø 3"	m	8.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.72	2.72	2.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03.01.03	TUBERIA MONTANTE DE DESAGUE PVC-SAP, Ø 4"	m	57.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.10	19.10	19.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03.02	SALIDAS DE DESAGUE																											
03.02.01	SALIDAS DE DESAGUE, Ø 2"	plo	7.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.50	3.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03.02.02	SALIDAS DE DESAGUE, Ø 3"	plo	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03.02.03	SALIDAS DE DESAGUE, Ø 4"	plo	19.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.50	9.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04.00	INSTALACIONES ELECTRICAS																											
04.01	SALIDA DE TOMA CORRIENTE																											
04.01.01	SALIDA DE TOMACORRIENTE SIMPLE	umd	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33	0.33	0.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04.01.02	SALIDA DE TOMACORRIENTE BIPOLAR	umd	8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.67	2.67	2.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04.01.03	SALIDA DE FUERZA	umd	19.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.33	6.33	6.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04.02	TUBERIA ELECTRICA PVC																											
04.02.01	TUBERIA PVC-SAP DE 20mm Ø	m	50.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.67	16.67	16.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04.03	CAJA PASE METALICA DE F" G"																											
04.03.01	CAJA DE F" G" 100X100X50mm	umd	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
04.03.02	CAJA DE F" G" 150X150X75mm	umd	7.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.33	2.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Vista en planta con el software Navitworks.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Vista general del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia