

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Propuesta de mejora del flujo de trabajo bajo el enfoque de modelado Last Planner y Building Information Modeling en un proyecto residencial – 2022**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Caled Josue Ramos Turpo

Elvis Johel Huanca Coacalla

**Asesor:**

Mg. Edwin Parillo Escarsena

Juliaca, diciembre de 2023

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Edwin Parillo Escarsena docente de la Facultad de Ingeniería y arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil , de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“PROPUESTA DE MEJORA DEL FLUJO DE TRABAJO BAJO EL ENFOQUE DE MODELADO LAST PLANNER Y BUILDING INFORMATION MODELING EN UN PROYECTO RESIDENCIAL – 2022”** los autores: Caled Josue Ramos Turpo y Elvis Johel Huanca Coacalla, tiene un índice de similitud de 20 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 05 días del mes de febrero del año 2024



Edwin Parillo Escarsena

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 27 día(s) del mes de diciembre del año 2023 siendo las 08:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Nerson Duberly Pari Gusi el (la) secretario(a): Mg. Arnaldo Cahua  
Esalarza y los demás miembros: Mg Lily Zea Gonzales  
 y el (la) asesor(a) Mg. Edwin Corillo

Escena con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:  
Propuesta de mejora del flujo de trabajo bajo el enfoque de modelado Last Planner y Building Information Modeling en un proyecto residencial 2022 del(los) bachiller(es): a) Galed Josue Ramos Turpo  
 b) Chris Johel Huanca Loacalla  
 c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Galed Josue Ramos Turpo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): Chris Johel Huanca Loacalla

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]  
Presidente/a

[Firma]  
Asesoría

[Firma]  
Bachiller (a)

[Firma]  
Miembro

[Firma]  
Bachiller (b)

[Firma]  
Secretaría

[Firma]  
Miembro

[Firma]  
Bachiller (c)

## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta investigación a nuestros familiares y mentores, quienes nos apoyaron en todo momento para iniciar y terminar este gran paso en nuestra vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme el regalo de la vida y estar aquí presente, a mis padres por su compañía y apoyo incondicional, mi familia porque son mi inspiración a seguir adelante, y mis docentes que fueron guía fundamental para lograr este objetivo

## Índice de Contenido

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS .....	vii
INDICE DE ANEXOS .....	vii
Resumen .....	8
Abstract .....	9
1. Introducción.....	10
2.1. Participantes .....	12
2.2. Medidas e instrumentos de evaluación .....	13
2.3. Descripción de la Intervención .....	13
2.4. Análisis de datos .....	13
3. Resultados .....	13
3.1. Datos del proyecto .....	13
3.2. Aplicación Last Planner System (LPS).....	14
3.3. <i>Aplicación de la tecnología BIM.</i> .....	21
4. Discusiones.....	25
5. Conclusiones.....	27
6. Recomendaciones.....	28
Referencias Bibliográficas .....	29
ANEXOS .....	31

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Datos del proyecto "Residencial perlas del altiplano - ampliación".....	14
<b>Tabla 2:</b> Cuadro de restricciones .....	16

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Plano de distribución de subsectores ubicado en la manzana P .....	14
<b>Figura 2:</b> Plan maestro para la ejecución de 6 viviendas.....	15
<b>Figura 3:</b> Sectorización del proyecto.....	15
<b>Figura 4:</b> Trenes de trabajo de las 6 viviendas. ....	16
<b>Figura 5:</b> Data porcentual del análisis de restricciones del proyecto. ....	19
<b>Figura 6:</b> Porcentajes de restricciones no levantadas del proyecto. ....	19
<b>Figura 7:</b> Porcentajes de restricciones levantadas del proyecto. ....	20
<b>Figura 8:</b> Porcentaje de plan cumplido en función a las asignaciones semanales programadas. ....	20
<b>Figura 9:</b> Control de hitos programados y reales de 6 viviendas .....	21
<b>Figura 10:</b> Seguimiento del avance del proyecto con Synchro Pro 4D. ....	22
<b>Figura 11:</b> Variación de presupuesto de materiales de la especialidad estructural entre el enfoque tradicional y la tecnología BIM en la vivienda tipo II.....	23
<b>Figura 12:</b> Variación de presupuesto de materiales de la especialidad arquitectura entre el enfoque tradicional y la tecnología BIM en la vivienda tipo II.....	23
<b>Figura 13:</b> Variación del presupuesto de mano de obra de la especialidad estructuras entre el enfoque tradicional y la tecnología BIM en la vivienda tipo II.....	24
<b>Figura 14:</b> Variación del presupuesto de mano de obra de la especialidad arquitectónica entre el enfoque tradicional y la tecnología BIM en la vivienda tipo II.....	24
<b>Figura 15:</b> Reuniones para la toma de decisiones, alineados al enfoque LPS .....	26

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 01:</b> Evidencia de sumisión de artículo a revista .....	31
<b>Anexo 02:</b> Resoluciones.....	32

# **Propuesta de mejora del flujo de trabajo bajo el enfoque de modelado Last Planner System y Building Information Modeling en un proyecto residencial – 2022**

## **Resumen**

La tecnología viene evolucionando constantemente y esto hace que tenga un papel muy importante en el rubro de la construcción, siendo una oportunidad la implementación de tecnologías. Las obras civiles tienen déficits que llevan a la pérdida de tiempo y dinero el cual le quita el valor real a la obra. En ese sentido se generó la necesidad de implementar la tecnología BIM y la metodología Last Planner en el proyecto “Residencial Perlas del Altiplano – ampliación”, el objetivo de este nuevo sistema de interacción planificación – tecnología es dar a conocer los tiempos ahorrados y la reducción de pérdidas para dar valor al flujo de trabajo. Se propuso la implementación de mejoras en el flujo de trabajo a través del tecnologías y metodologías usando el método directo observacional, no participante y en paralelo; analizando el estado actual de obra y proponiendo la mejora en un tiempo y espacio determinado. Se modelo en 4D para determinar los metrados y costos, se obtuvo un 10.01% de diferencia presupuestal en función a la mano de obra y materiales, también se realizó el lookahead y master plan de obra, se determinó un 9.42% de retraso en obra a nivel general, a causa de unas 18 restricciones identificadas y el porcentaje de plan cumplido promedio de 42% Por último, la interacción del flujo de trabajo de adaptabilidad BIM y la implementación de Lean Construction no resulto lo esperado a causa del nivel de adaptación del personal clave y la falta de procura para la envergadura de la obra.

**Palabras clave:** BIM, Flow, Last Planner, Project.



# **Proposal to improve the workflow under the Last Planner System and Building Information Modeling modeling approach in a residential project – 2022**

## **Abstract**

Technology is constantly evolving and this means that it plays a very important role in the construction industry, making the implementation of technologies an opportunity. Civil works have deficits that lead to the loss of time and money which takes away the real value of the work. In this sense, the need to implement BIM technology and the Last Planner methodology in the “Residencial Perlas del Altiplano – expansion” project was generated. The objective of this new planning-technology interaction system is to publicize the times saved and the reduction of losses to give value to the workflow. The implementation of improvements in the workflow was proposed through technologies and methodologies using the direct observational, non-participant and parallel method; analyzing the current state of work and proposing improvement in a given time and space. A 4D model was used to determine the measurements and costs, a 10.01% budget difference was obtained based on labor and materials, the lookahead and master work plan was also carried out, a 9.42% delay in work was determined. general level, due to some 18 identified restrictions and the average percentage of plan fulfilled of 42% Finally, the interaction of the BIM adaptability workflow and the implementation of Lean Construction did not result as expected due to the level of adaptation of the personnel key and the lack of procurement for the magnitude of the work.

*Key words:* BIM, Flow, Last Planner, Project.

## 1. Introducción

El modelado de información de edificios (BIM) proporciona representaciones digitales de los aspectos físicos y funcionales de los edificios e instalaciones. Como tal, proporciona conocimientos compartidos para todos los interesados en el proyecto. (Eastman et al. 2018); Además, se basa en la premisa de la colaboración de las numerosas partes interesadas que participan durante las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción (Gurevich et al. 2017). Se ha informado de múltiples beneficios del uso de BIM, como la participación temprana de las partes interesadas, la eficiencia del diseño, el modelado y la visualización en 3D, los desgloses de materiales y los presupuestos y estimaciones, la simulación en 4D, la coordinación del diseño, el aumento de la calidad del diseño y la ejecución de la obra (Jobim et al. 2018). En la investigación de (Won 2014) se examinó los numerosos criterios utilizados por las empresas de la construcción para evaluar las ventajas de BIM mediante la recopilación de 18 artículos publicados relativos a BIM. Como se preveía, las características de calendario y costes son las más utilizadas, con un 67% y un 56%, respectivamente, seguidas de las solicitudes de información, las órdenes de cambio y el retorno de la inversión, cada una de las cuales es utilizada por el 28%. Sin embargo, las solicitudes se sitúan al final de la lista, alcanzando solo el 6%, lo que pone de manifiesto el escaso grado de interacción entre BIM y la resolución de la demanda de construcción.

Se ha detectado un vacío en la investigación de la implantación del BIM en el contexto legal de los proyectos de construcción, Tal vez a raíz de este comentario realizado por Ashcraft en el 2008; en ese sentido se empezó a investigar BIM y encontrarle el uso en los proyectos de construcción se concluyó como ventaja la minimización de posibilidad de que se produzcan disputas entre las partes interesadas en el proyecto, ya que fomenta un ambiente de colaboración entre ellas y aumenta las posibilidades de resolver los problemas de diseño y de calendario en una fase temprana del ciclo de vida del proyecto (Greenwald 2013).

Otras ventajas de BIM son la disminución de las posibles causas de reclamaciones en los proyectos de construcción, como los defectos de diseño y las cantidades estimadas poco claras asociadas a la ejecución del proyecto; estas ventajas suelen notarse en proyectos de construcción grandes y complejos (El Hawary y Nassar 2015). Por otro lado, se han investigado los obstáculos de la implementación de BIM; por ejemplo, (Osorio et. al 2020) Durante las fases del proyecto de construcción, estos autores descubrieron graves

deficiencias en la implantación del BIM. Concretamente, entre las fases de diseño, así como entre las fases de construcción y postentrega. Esto se debe principalmente al hecho de que los intereses de las partes interesadas no están alineados. Desde el punto de vista contractual, estas deficiencias pueden estar más que cubiertas por las partes implicadas. La construcción requiere de un flujo continuo de información, tanto del entorno como de los estudios desarrollados. Además, se intenta controlar aspectos que muchas veces escapan de lo imaginado. Bajo esta idea u enfoque de querer mejorar y acelerar el rendimiento de un proyecto es que se optaron primero por buscar nuevas metodologías que agilicen el trabajo a desempeñar, una de las propuestas es la implementación de Last Planner System (LPS).

Last Planner System un método de trabajo basado en la filosofía Lean, cuyo objetivo es conseguir un flujo de trabajo continuo y una disminución de las pérdidas o tareas que no aportan valor” (Medina & monzón, 2020). La cual es una moderna metodología.

Una aplicación de flujos de trabajo automatiza la secuencia de acciones, actividades o tareas utilizadas para la ejecución del proceso, incluyendo el seguimiento del estado de cada una de sus etapas y la aportación de las herramientas necesarias para gestionarlo. El enfoque que propone Lean Construction para el análisis de un trabajo o realización de una actividad considera es considerar los materiales, la mano de obra, el tiempo en que se toma en realizar trabajos complementarios, además de la información (planos, indicaciones, seguridad, especificaciones técnicas). Todo esto va transformarse en entregable o producto que tenga valor para el cliente. En este modelo, el material es procesado; dentro de este flujo, se producen inspecciones, esperas y posteriormente movimientos de recursos hacia la actividad siguiente. Los procesos representan las conversiones, mientras que las demás actividades representan los flujos de producción o trabajos complementarios que tienen que ser realizados necesariamente para poder hacer la transformación. Estos flujos están asociados o poseen un costo, tiempo, planificación, espacio, etc. Y generan valor a través de la transformación.

En ese sentido las tecnologías del LPS y BIM traen consigo un beneficio para los proyectos de construcción. que permiten disminuir los retrasos en la programación de obras y reducir pérdidas económicas por mal manejo de tiempo y flujo de trabajo; examinar y resolver los fallos de los documentos contractuales de diseño, sacrificando tiempo y esfuerzo que podría dedicarse a la producción, la planificación, la calidad y la seguridad.

De lo específico a lo general, el enfoque de investigación científica utilizado corresponde al método inductivo. Desde el enfoque del Last Planner System (LPS) se aplicó a los elementos estructurales, arquitectónicos y de arquitectura, y posteriormente al proyecto completo, se ha pasado de lo específico a lo general. Desde el enfoque Building Information Modeling (BIM) nos permite tener un mayor contenido de información a detalle acerca de los planos, detalles técnicos, metrados, lo que agilizará los procesos, implementación de estrategias, etc.

## **2. Metodología**

Esta investigación se desarrollará utilizando un esquema metodológico enmarcado dentro de la modalidad de investigación aplicada, según su tipo. De igual manera, es necesario conocer los antecedentes para poder producir nuevos criterios a través de una investigación en la que se profile la forma precisa del estudio y los hallazgos a los que se llegue estén basados en hechos. El presente estudio es de diseño: no experimental, tipo: explicativo y enfoque: cuantitativo por que la variable independiente no se manipula, ya sea porque es una variable que ya se ha producido o porque es una variable en la que no se puede influir activamente por su propia naturaleza o por motivos éticos, Los sujetos no se asignan a las condiciones de tratamiento de forma aleatoria. Como las agrupaciones no se crean al azar, su igualdad inicial no está garantizada y como no hay una acción directa sobre el fenómeno, los datos simplemente se recogen y luego se analizan. Los fenómenos se observan en su entorno natural.

### **2.1. Participantes**

Los datos recolectados para la presente investigación son tomados en un tiempo 6 meses del proyecto: Construcción de la residencial perlas del altiplano – ampliación, que constituye la construcción de 1021 unidades inmobiliarias, habilitación urbana y áreas comunes. Está ubicado en el departamento de Puno, provincia de San Román y distrito de Juliaca a una altitud promedio de 3824 MSNM.

La muestra es extraída de la especialidad de estructuras y arquitectura de la construcción de las unidades inmobiliarias, las cuales son divididas en 3 tipos: Tipo I de 41.93m<sup>2</sup>, Tipo II de 56.98m<sup>2</sup> y Tipo III de 56.92m<sup>2</sup> de área construida; de los cuales se tomó como referente en base a la demanda y la cantidad de viviendas construidas el tipo II ya que constituye el 44% del total de viviendas en la residencial.

## **2.2. Medidas e instrumentos de evaluación**

La recolección de datos fue mediante procedimientos de observación directa, no participante, organizada de campo e individual.

Los instrumentos utilizados fueron: Expedientes técnicos, Guía de entrevistas, Software: Ms Project, Autodesk Revit, Synchro y Autodesk.

## **2.3. Descripción de la Intervención**

La investigación fue en paralelo a construcción de carácter no participante porque la información se recoge desde el exterior, sin interferir en el proyecto, staff, contratistas y otros.

## **2.4. Análisis de datos**

Los datos se analizaron mediante estadísticas descriptivas como las medidas de tendencia central y los gráficos de barras y de tarta; y estadísticas de inferencia basadas en el modelo tradicional.

# **3. Resultados**

## **3.1. Datos del proyecto**

El proyecto perlas del altiplano ampliación tiene un enfoque tradicional del proceso de construcción que se basa solo en la transformación (conversión) de inputs (materiales, mano de obra, información) en outputs (productos terminados).

En el enfoque tradicional no se puede distinguir entre conversión de actividades que agregan valor y flujo de actividades que no agregan valor. También, el modelo considera solo el costo del proceso, como suma de todos los subprocesos, obviando los costos de la interdependencia de los procesos; así mismo, la estimación del tiempo que se toma en realizar este trabajo, ya que los flujos consumen tiempo y otros recursos. Y no considera la variabilidad y trabajos mal realizados, se asume que el trabajo es de forma lineal. Y no considera la variabilidad y trabajos mal realizados, se asume que el trabajo es de forma lineal.

**Tabla 1**

*Datos del proyecto "Residencial perlas del altiplano - ampliación"*

Descripción	Cantidad	Unidad
- Contratistas	12	Empresas
- Unidades Inmobiliarias	1021	Unid. Inmobiliarias.
- Manzanas	46	Mz.
- Tiempo de Ejecución	90	Días hábiles
- Tiempo de contrato por 6 viviendas	140	Días hábiles

El estudio se realizó en la construcción de 6 viviendas unifamiliares ubicado en la manzana P de la etapa II del proyecto. Extrayendo como muestra las viviendas P1, P2, P3, P18, P19 y P20 como muestra el siguiente plano.

**Figura 1**

*Plano de distribución de subsectores ubicado en la manzana P*



### 3.2. Aplicación Last Planner System (LPS)

Con la metodología LPS, se determinó un tiempo de 65 días hábiles de ejecución por vivienda tipo II de 56.92m<sup>2</sup> de área construida, estimando una reducción de 25 días

hábil del plazo convencional de la empresa, asimismo, para las 6 viviendas se estimó un total de 90 días hábiles estimando una reducción de 50 días hábiles.

Se elaboró un plan maestro en función a los días totales programados de cada fase del proyecto.

**Figura 2**

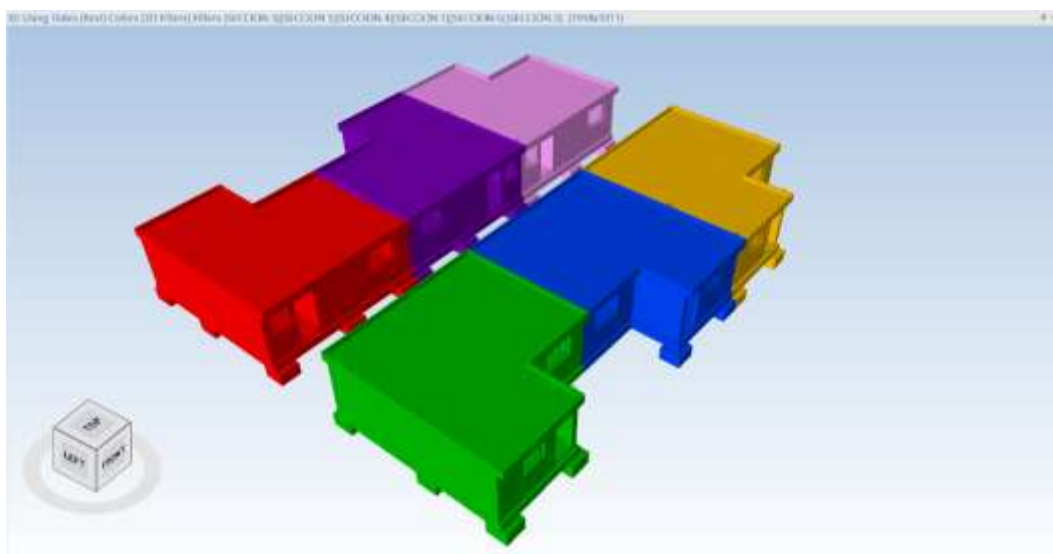
*Plan maestro para la ejecución de 6 viviendas.*

FASES	Duracion	Comienzo	Fin	Meses																			
				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
<b>PROYECTO PERLAS DEL ALTIPLANO - AMPLIACION</b>	<b>4,5 meses</b>	<b>04/04/2022</b>	<b>05/08/2022</b>																				
Movimiento de tierras	0,5 mes	04/04/2022	12/04/2022	04/04																			
Cimentaciones	1 mes	07/04/2022	28/04/2022																				
Casco Estructural	1,5 mes	15/04/2022	03/06/2022																				
Acabados Humedos	3 meses	02/05/2022	22/07/2022																				
Acabados Secos	1 mes	20/06/2022	29/07/2022																				
Instalaciones Sanitarias	1 mes	27/06/2022	05/08/2022																				
Instalaciones Electricas	1 mes	27/06/2022	05/08/2022																				

Seguidamente se realizó la sectorización del proyecto, considerando como un sector a cada una de las viviendas unifamiliares para una mejor programación. Cada sector cuenta con los mismos metrados de cada proceso por ser módulos típicos.

**Figura 3**

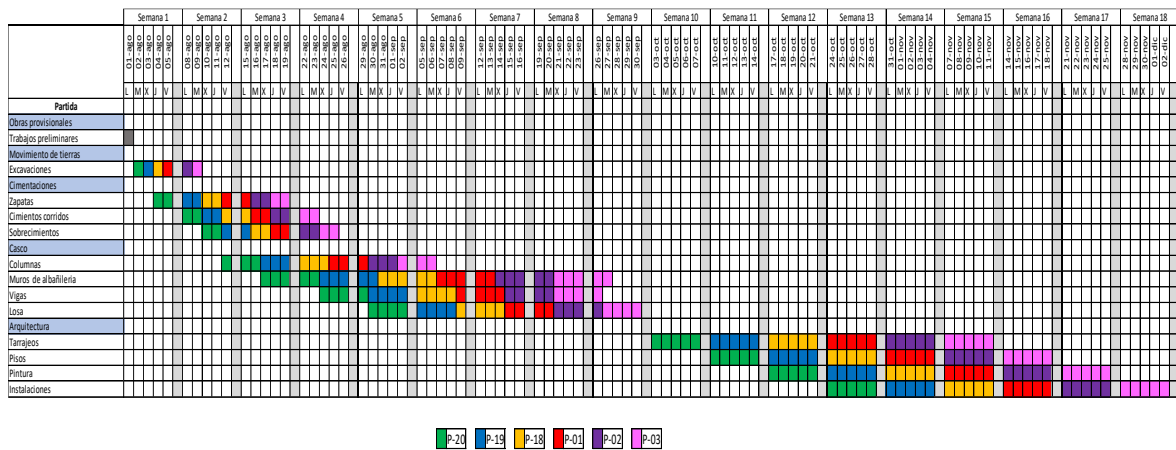
*Sectorización del proyecto.*



Teniendo nuestros sectores definidos y nuestro plan maestro de fases, comenzamos a realizar los trenes de actividades, cada color representa una vivienda, se ve en el cronograma de tren de actividades, la secuencia de cada partida en paralelo y serie, tomando como cronograma maestro lo mostrado y determinando la construcción de 6 viviendas en 18 semanas, trabajando de lunes a viernes, sin contar feriados y con jornadas de 8 horas/día.

**Figura 4**

*Trenes de trabajo de las 6 viviendas.*



Para el control de actividades a mediano plazo se usó el LookAhead de 5 semanas (five week), y el control fue semanal para la obtención de los porcentajes de plan cumplido PPC y causas de no cumplimiento CNC.

Se realizó el análisis de restricciones para identificar los posibles factores que generen los cuellos de botella de todos nuestros procesos constructivos, las restricciones incidentes halladas en el proyecto fueron:

**Tabla 2**

*Cuadro de restricciones*

Nº	Actividad	Fecha progr.	Descripción de la restricción	Fecha Requer.	Respons.	Status
1	Zapatas viviendas P20, P19 y P18.	04/04	Falta acero de 1/2" para la parrilla de zapatas y habilitación de columnas.	01/04	JLOG	no levantada



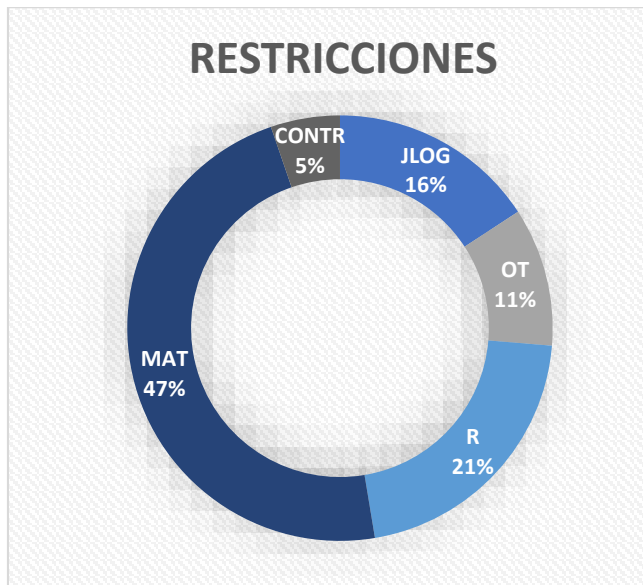
2	Cimientos corridos vivienda P-20,19 y 18.	08/04	Nivel de terreno natural por debajo del proyectado, contratista solicita adicional por encofrado de cimientos corridos.	08/04	OT	no levantada
3	Sobrecimientos viviendas P20,19 y 18.	10/04	El contratista pide trasladar el relleno para los pisos y los agregados para su vaciado	09/04	JLOG	levantada
4	Columnas vivienda P19.	17/04	El contratista espera la liberación de izado de columnas para encofrado y posterior vaciado	16/04	OT	no levantada
5	Muros P20, P19 y P18.	17/04	El contratista solicita la movilidad de la empresa para el traslado de ladrillos a su punto de trabajo	16/04	JLOG	no levantada
6	Encofrado de vigas y losas P20.	22/05	Liberación de partidas para iniciar los encofrados de vigas y losas	23/05	RES	levantada
7	Losa de la vivienda P-19.	02/05	Falta acero de 1/2" para el armado de la losa.	04/05	MAT	no levantada
8	Vigas de la vivienda P-18.	03/05	Falta acero de 1/2" para el armado de las vigas.	04/05	MAT	no levantada
9	Vaciado de losa de las viviendas P-19 y 20.	08/05	El contratista pide aplazar su vaciado de losa para el 19/09 por falta de materiales	09/05	RES	no levantada
10	Muros de viviendas P-01 y 02.	03/05	Falta ladrillo KK para las iniciar con el asentado de muro perimetral	05/05	MAT	no levantada
11	Ladrillos de techo para viviendas P-19 y 20.	06/05	Falta ladrillos de techo para la vivienda P-19	07/05	MAT	no levantada

12	Vaciado de columnas vivienda P-01 y 02.	24/04	Cemento para vaciado de 2 viviendas en la fecha programada	25/04	RES	levantada
13	Cimiento corrido P03.	16/04	Falta piedra zanja para el cimiento corrido de la vivienda	17/04	MAT	no levantada
14	Sobrecimiento P03.	22/04	Falta piedra cajón para el cimiento corrido de la vivienda	23/04	MAT	no levantada
15	Losa de la vivienda P-01 y 02	08/05	Acero de 1/2" y 5/8"	13/05	MAT	no levantada
16	Vaciado de columnas vivienda P-03.	29/04	Concreto premesclado fc 210	02/05	RES	no levantada
17	Losa de la vivienda P-03.	19/05	Falta acero de 1/2" para el armado de la losa.	23/05	MAT	no levantada
18	Desencofrado de losa P-20,19 y 18.	28/06	El contratista tiene que desencontrar a esa fecha	30/06	CONTR	levantada
19	Cemento para tarrajeos.	17/06	El contratista está listo para los trabajos de tarrajeos	20/06	MAT	no levantada

En el siguiente cuadro se aprecia las restricciones por actividad con sus respectivas fechas y responsables de levantar cada restricción, al hacer un análisis podemos apreciar algunos indicadores de restricciones levantadas y no levantadas, asimismo, cantidades de restricciones según cada responsable como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 5**

*Data porcentual del análisis de restricciones del proyecto.*



Abrev.	Cargo
R	Residente
OT	Jefe Oficina Técnica
JPR	Jefe Producción
JCAL	Jefe Calidad
JSEG	Jefe Seguridad
MAT/ALM	Almacén
JLOG	Jefe de Logística

Podemos observar en el siguiente grafico que el área con mayor incidencia de restricciones es del área de abastecimiento de materiales (MAT/ALM), teniendo un 47% del total de restricciones y como indicador mínimo de restricción está el contratista (CONTR) 5%.

**Figura 6**

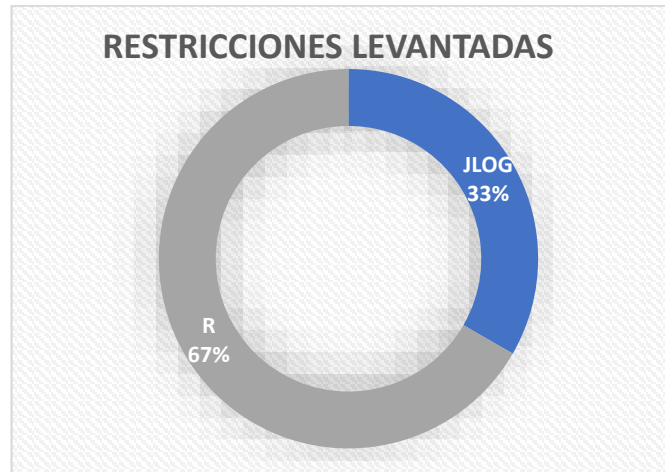
*Porcentajes de restricciones no levantadas del proyecto.*



Del cuadro anterior se deduce del análisis que el área con más restricciones no levantadas es la de materiales (MAT/ALM), teniendo una relación directa con el análisis de restricciones.

**Figura 7**

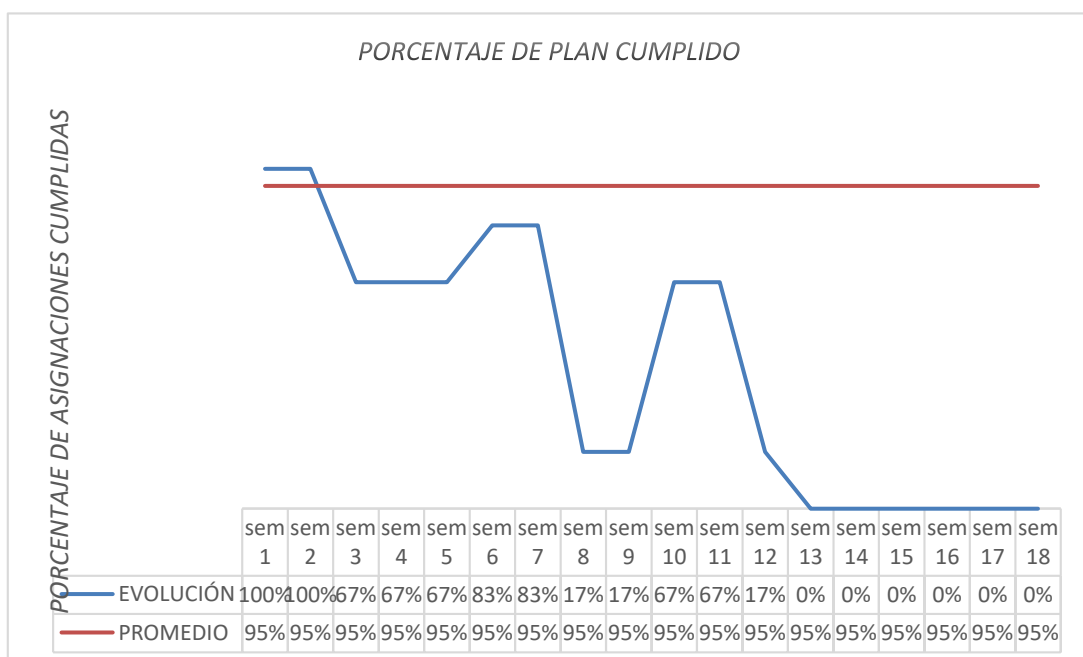
*Porcentajes de restricciones levantadas del proyecto.*



Esto se refleja en los porcentajes de plan cumplido PPC y causas de no cumplimiento CNC semanales; teniendo como promedio para este caso un cumplimiento de 95%, habiendo alcanzado la ratio asignada en las 2 primeras semanas.

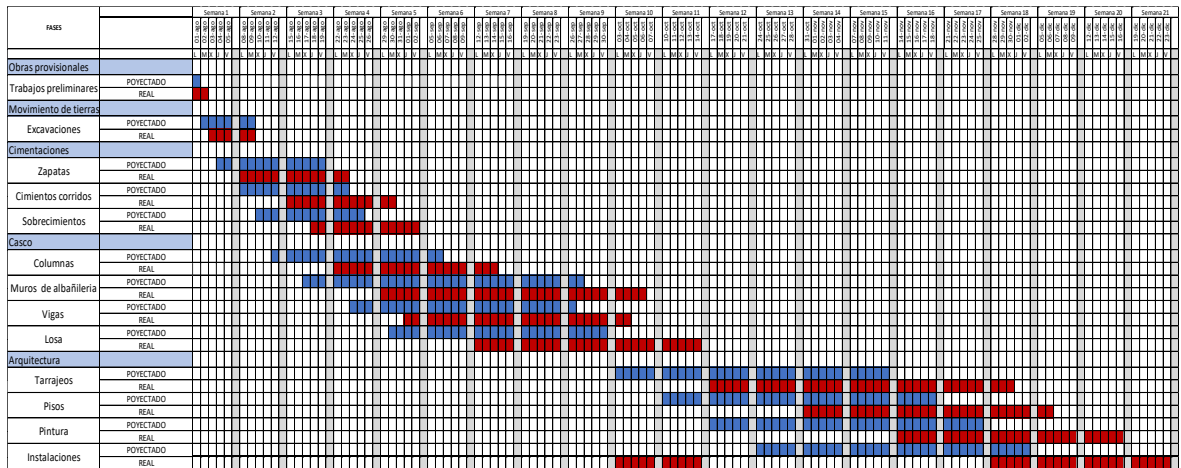
**Figura 8**

*Porcentaje de plan cumplido en función a las asignaciones semanales programadas.*



Teniendo un porcentaje promedio de cumplimiento en 42% para este caso siendo un indicador bajo para obras de este tipo, por consiguiente, el resultado se ve reflejado en el cronograma real ejecutado teniendo como retraso 3 semanas de lo planificado como se muestra en los controles de hitos.

**Figura 9**  
Control de hitos programados y reales de 6 viviendas



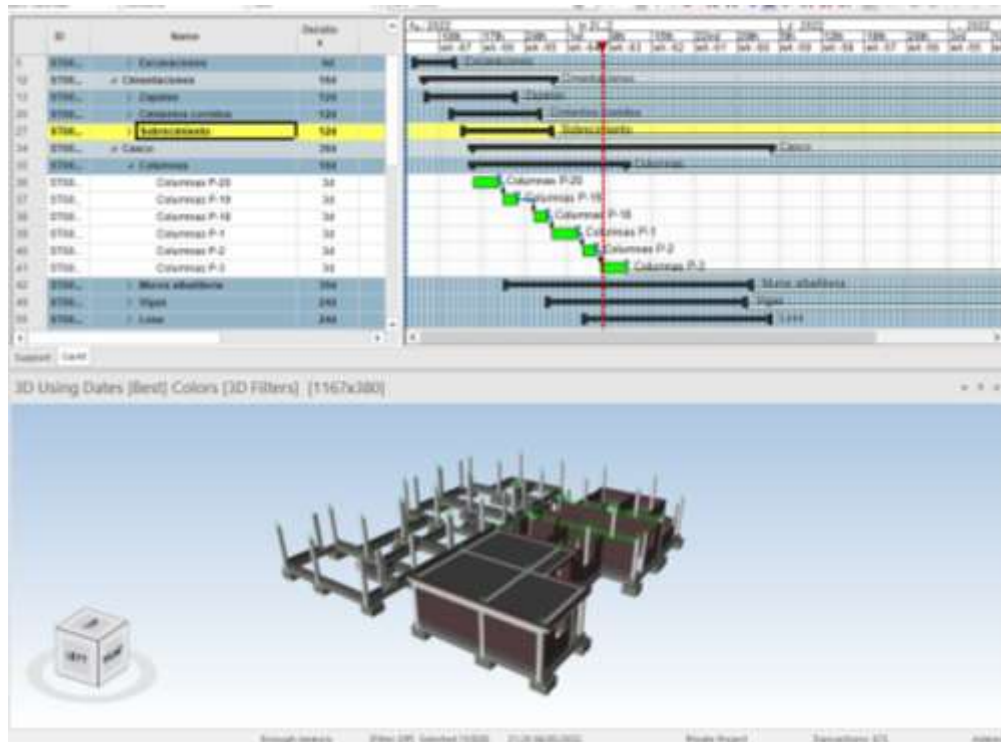
### 3.3. Aplicación de la tecnología BIM.

Esta tecnología se utilizó para la etapa de programación, seguimiento y liquidación de la obra realizando un modelado 3D y 4D de las especialidades de arquitectura y estructuras en función a los materiales y mano de obra.

Mediante la integración LPS y BIM se pudo realizar la programación de obra, asimismo, se pudo dar una mejora con el LPS en tiempos de entrega del proyecto, por consiguiente, se realizó los controles en la etapa de ejecución, identificando oportunamente las restricciones, pero no pudiendo levantarlas muchas a tiempo, trayendo consigo 15 días de retraso, a causa de falta de coordinación Empresa - Contratista, lo que nos lleva a reafirmar sobre la gran importancia del trabajo colaborativo que necesita un proyecto, ya que en estas colaboraciones, los trabajadores y equipo profesional aportan soluciones técnicas y de mejor constructibilidad para mejor desarrollo y toma de decisiones, cosa que no se dio en el proyecto con la debida frecuencia. El programa que se utilizó el Synchro Pro 4D, un programa versátil con muchas herramientas para la gestión de tiempos en la construcción.

**Figura 10**

*Seguimiento del avance del proyecto con Synchro Pro 4D.*



En el análisis de cantidades que se extrajo del modelo, se identificó las variaciones entre cantidades obtenidas de una forma convencional y la extraída del modelo BIM, comprobando que esta metodología es aplicable, funcional y da mayor confiabilidad siempre en cuando se tenga un modelo limpio y ordenado. Cabe mencionar que la extracción BIM de cantidades se realizó solo en algunas partidas incluidas en estructura y arquitectura, por motivos de nivel de desarrollo del modelo (LOD), estos niveles de desarrollo dependerán de que usos BIM se le dará al modelo.

En el siguiente cuadro se muestra la diferencia de presupuesto de los materiales del modelo de vivienda tipo II. La cual fue ejecutada.

**Figura 11**

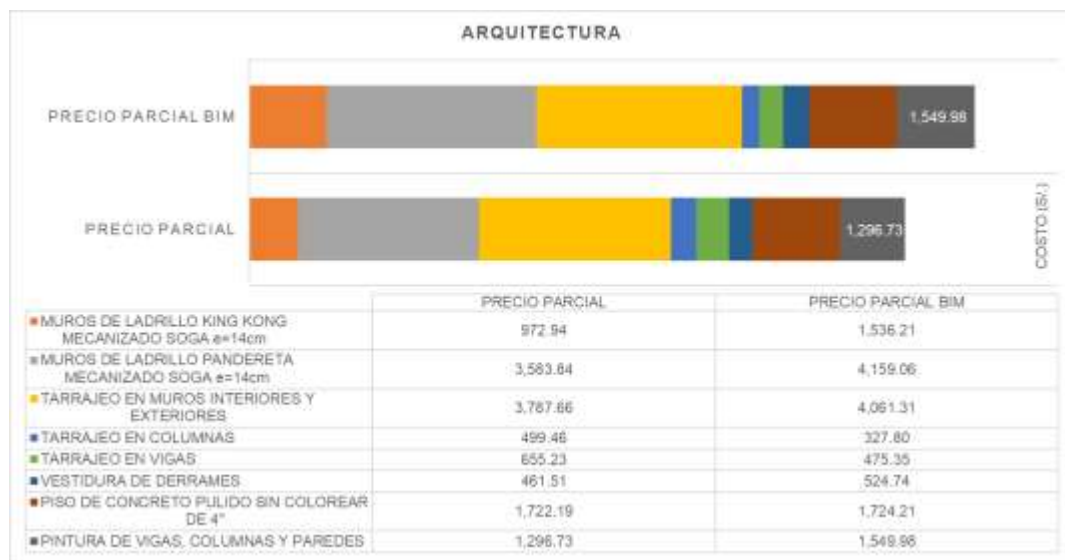
Variación de presupuesto de materiales de la especialidad estructural entre el enfoque tradicional y la tecnología BIM en la vivienda tipo II.



variación presupuestal de materiales en estructuras	5.4%
---	------

**Figura 12**

Variación de presupuesto de materiales de la especialidad arquitectura entre el enfoque tradicional y la tecnología BIM en la vivienda tipo II.

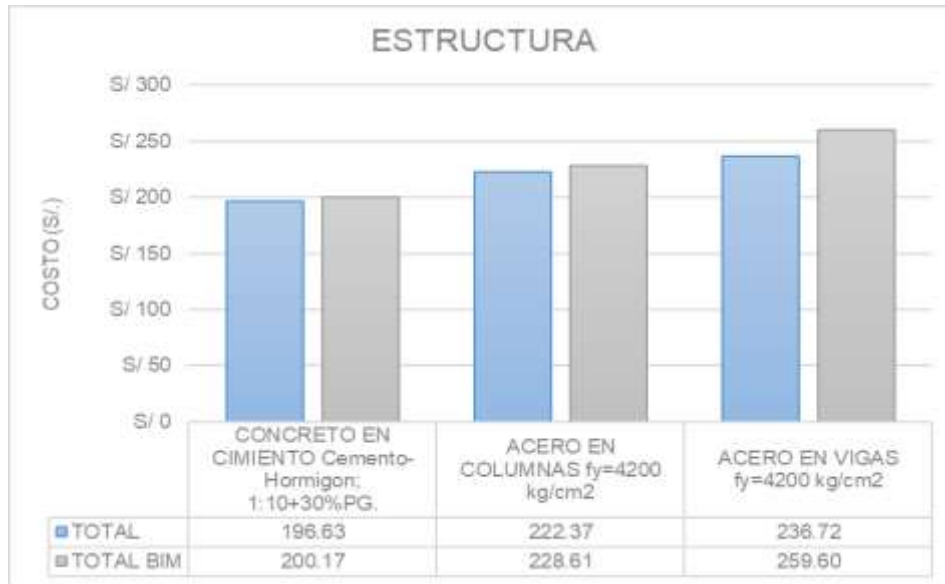


variación presupuestal de materiales en arquitectura	16.3%
--	-------

De la misma forma se presenta el cuadro de comparación de presupuesto de la vivienda tipo II en función a su mano de obra.

**Figura 13**

*Variación del presupuesto de mano de obra de la especialidad estructuras entre el enfoque tradicional y la tecnología BIM en la vivienda tipo II.*



variación presupuestal de MO en estructura	4.3%
--	------

**Figura 14**

*Variación del presupuesto de mano de obra de la especialidad arquitectónica entre el enfoque tradicional y la tecnología BIM en la vivienda tipo II.*



variación presupuestal de MO en arquitectura	10.4%
--	-------



En este caso la metodología BIM se limitaba el uso para los planos AS BUILT de las viviendas ejecutas con el fin de comparar con una mayor precisión de los costos del proyecto.

En el siguiente capítulo se detallar los resultados de la investigación.

#### **4. Discusiones.**

Para el entendimiento de la presente investigación se desarrolla la discusión del sistema Last Planner System, la tecnología BIM y la interacción entre ellos:

El sistema Last planner (LPS) fue utilizado como metodología a la aplicación de construcción de viviendas sociales. Teniendo como base sectorizaciones, el sistema de trenes de trabajo, análisis de restricciones y PAC (porcentaje de asignaciones cumplidas). Para la primera etapa de construcción el sistema Last planner System (LPS) fue percibido en la programación de obra de acuerdo a la experiencia y en concordancia con la teoría. La programación se realizó en serie y en paralelo, asimilando a un tren de trabajos. Considerando holguras y/o retrasos mínimos en los tiempos estimados por partidas, aun así, con tiempos optimistas no se cumplieron con las metas trazadas de 90 días hábiles programadas, teniendo un retraso de 15 días calendarios equivalentes al 16.66% de retraso a nivel general de obra solo en avance físico. Y un desbalance presupuestal de mano de obra en -9.75% al momento de la liquidación.

Cabe mencionar que el tiempo que manejaba la empresa para la entrega de 6 viviendas es de 140 días hábiles, pudiendo dar una mejora en plazos de entrega de 35 días hábiles. Del análisis de restricciones de las 19 detectadas en el transcurso de la construcción de las viviendas solo 3 fueron levantadas en el tiempo previsto, 5 en proceso final, 8 en proceso inicial y 2 no fueron cumplidas. En ese sentido el 11.1% del total de restricciones no se cumplieron en ningún momento, y el 44.4% entre se cumplió y se quedó en proceso final para el día solicitado. Esto tiene coincidencia con los porcentajes de planes cumplidos (PPC) y las causas de no cumplimiento (CNC), gracias a ello se pudo identificar deficiencias en la gestión de recursos de la empresa.

En relación a los PPC y las CNC se obtuvo un 42% del total del plan de asignaciones cumplidas PAC, en el transcurso de la obra. Esto teniendo relevancia y relación directamente proporcional al análisis de restricciones y a los retrasos suscitados.

Si hablamos del 42% del cumplimiento de las asignaciones cumplidas totales, se deduce que, aunque se haga la implementación del sistema Last planner System (LPS) el nivel de madurez y adaptación de la gestión de la obra, es deficiente. Y se realizó primeramente la concientización del sistema a utilizar para todos los involucrados (contratistas y personal de casa) y segundo se recomendó el abastecimiento en proyección de todos los materiales a utilizar en función al número de contratistas y el método constructivo. Ya que a causa de esas carencias es que se obtuvo esos resultados.

### **Figura 15**

*Reuniones para la toma de decisiones, alineados al enfoque LPS*



En cuanto a la tecnología BIM, el modelo realizado utilizando esta metodología hace posible una visualización 3D y 4D ordenada y coordinada del proyecto, asimismo, esta tiene parámetros que nos pueden servir para extraer cantidades de obra y simulación de cronogramas de proyectos muy necesarios para una mejor gestión en tiempo real del proyecto.

En el análisis de cantidades que se extrajo del modelo, se identificó las variaciones entre cantidades obtenidas de una forma convencional y la extraída del modelo BIM, de la siguiente manera en materiales de las partidas de arquitectura y estructura existe un

desface de 11.8% de presupuesto en función al metrado obtenido con la metodología BIM y en comparación al expediente, de la misma forma en el presupuesto de mano de obra con desface de 10.8%, y de forma general del Proyecto se da un alcance aproximado de S/. 975.23 soles por UI y teniendo en cuenta que el Proyecto cuenta con 1021 UI se tiene un desface de presupuesto del 1.24%, comprobando que esta metodología es aplicable, funcional y da mayor confiabilidad siempre en cuando se tenga un modelo limpio y ordenado. Cabe mencionar que la extracción BIM de cantidades se realizó solo en algunas partidas incluidas en estructura y arquitectura, por motivos de nivel de desarrollo del modelo (LOD), estos niveles de desarrollo dependerán de que usos BIM se le dará al modelo.

## **5. Conclusiones**

La aplicación de Last Planner System es una herramienta Lean que mejora la planificación y control de la programación de proyectos de construcción.

Se utilizó la tecnología BIM para la extracción de cantidades en las partidas de estructura y arquitectura. En función al nivel de desarrollo del modelo (LOD).

Tanto el Last Planner System (LPS) como el Building Information Modeling (BIM), funcionaron como herramientas para la identificación de restricciones, porcentajes de cumplimientos, tiempos, cuantificaciones y presupuesto; sin embargo, esta investigación demandó indirectamente un uso poco frecuente como es el de auditoría y supervisión de proyectos. Y queda como brecha para una futura investigación.

Si bien la tecnología BIM es una herramienta, en tendencia y resultados positivos, en el caso de inmobiliarias se recomienda no usar modelos con alto nivel de desarrollo (LOD – 400, 500), mas sin embargo se puede optar por otros usos BIM según la ISO 19650 y la Guía Nacional.

Es importante que todos los equipos de trabajo tengan conocimientos claros de una planificación adecuada, asimismo, tener claro el uso de las herramientas LPS y BIM, caso contrario se hará muy difícil lograr los objetivos trazados.

Por último, la interacción del flujo de trabajo de adaptabilidad BIM y la implementación de LPS no resultó lo esperado a causa del nivel de adaptación del personal clave y la falta de procura para la envergadura de la obra.

## **6. Recomendaciones**

Es importante que todos los equipos de trabajo tengan conocimientos claros de una planificación adecuada, asimismo, tener claro el uso de las herramientas LPS y BIM, caso contrario se hará muy difícil lograr los objetivos trazados, cabe mencionar que, si una empresa no cuenta con conocimiento intermedio en el uso de LAST PLANNER SYSTEM, el uso del BIM para la planificación será casi obsoleto.

Si bien es cierto se tubo retrasos en la ejecución del proyecto, según las recomendaciones de la herramienta LPS, se dio a causa de diferentes errores en el transcurso del proyecto tanto de la empresa como la del contratista, también se debió a que la Empresa-Contratistas no cuentan con un nivel conocimiento, experiencia y aplicación de estas herramientas, por lo tanto, se toma esta información para generar una mejora continua con los nuevos insight adquiridos.

## Referencias Bibliográficas

- Almeida, A. (2018). Beneficios del BIM en ingeniería. Universidad de Lima.
- Asto, J. (2021). Aplicación de la metodología last planner en la construcción. Revisión sistemática.
- Arrunategui, M., & Miranda, G. (2022). Análisis comparativo del modelo tradicional y del modelo BIM en la construcción de losa deportiva, Talara, Piura.
- Ballard, Herman Glenn. (2020). Last Planner System para el Control de Producción. Tesis de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Birmingham para el grado de DOCTOR. Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Birmingham.
- El Hawary, A., & Nassar, A. (2016). The effect of building information modeling (BIM) on construction claims. *Int. J. Sci. Technol. Res.*, 5(12), 25-33.
- Eastman, C. M. (2018). *Building product models: computer environments, supporting design and construction*. CRC press.
- Eastman, C., Lee, J.-m., Jeong, Y.-s., y Lee, J.-k. (2019). "Comprobación automática basada en reglas de diseño de edificios." *Automation in Construction*, 18(8), 1011-1033.
- Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. (2018). *Manual BIM: una guía para la construcción, Modelado de información para propietarios, administradores, arquitectos, ingenieros, contratistas y Fabricantes*, John Wiley and Sons, Hoboken, NJ. building designs." *Automation in Construction*, 18(8), 1011-1033.
- Florez, D. (2020). Interacción entre BIM y Lean Construction analizadas en proyectos de edificación. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gleen Ballard, H. (2020). The Last Planner System Control de Producción. Birmingham-Estados Unidos. Hoyos, M. and Botero, L. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. *Scielo*, 36(1).
- Greenwald, N. W. (2013). A creative proposal for dispute systems design for construction projects employing BIM. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 5(1), 2-5.
- Gurevich, U., Sacks, R., & Shrestha, P. (2017). BIM adoption by public facility agencies: impacts on occupant value. *Building Research & Information*, 45(6), 610-630.
- Lee, G., & Won, J. (2014, August). Goal-driven method for sustainable evaluation of BIM project success level. In *Proc., 10th European Conf. on Product and Process Modeling (ECPPM)* (pp. 33-38).
- Medina Paz, C. A., & Monzón Reyes, J. C. (2023). Aplicación de la metodología BIM 5D, en la construcción del local escolar Santa Juana de Lestonnac, en el distrito de Chepén, departamento de La Libertad.
- Noklebye, A., Svalestuen, F., Fosse, R., & Lædre, O. (2018, July). Enabling lean design with management of model maturity. In *Proc., IGLC 2018-Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean*

Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers (pp. 79-89).

Osorio-Gomez, C. C., Moreno-Falla, M. J., Ospina-Alvarado, A., & Ponz-Tienda, J. L. (2020, March). Lean construction and BIM in the value chain of a construction company: a case study. In Construction Research Congress 2020 (pp. 368-378). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.

ROJAS, Raúl (2002). Estudio e implementación de una nueva filosofía de Planificación de Proyectos "Lean Construction". Santiago de Chile: Universidad Andrés Bello.

Tolman, FP (2019). "Estándares de modelado de productos para la industria de la edificación y la construcción: pasado, presente y futuro." *Automatización en la Construcción*, 8, 227-235.

Vela. (2019). "Tekla y Vela Systems crean la primera combinación de software de campo y BIM para la construcción"  
[http://www.reuters.com/article/pressRelease/idUS149185+01Apr2008+PRN20080401,](http://www.reuters.com/article/pressRelease/idUS149185+01Apr2008+PRN20080401)

Yana, A. (2022). Evaluación del flujo de trabajo en la industria de la AEC, en la fase de diseño a través del uso de la metodología BIM-VDC aplicado en una edificación multifamiliar. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/5250>

## ANEXOS

### Anexo 01

Evidencia de sumisión de artículo a revista

ID	MM-DD SUBMIT	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
1046	11-29		PARILLO ESCARSENA	PROPOSAL TO IMPROVE THE WORKFLOW UNDER THE LAST PLANNER..	Awaiting assignment



## Anexo 02

### Resoluciones



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

RESOLUCIÓN N° 0376-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña, 11 de julio de 2023

#### VISTO:

El expediente de Caled Josue Ramos Turpo, identificado(a) con Código Universitario N° 201612311 y Elvis Johel Huanca Coacalla, identificado(a) con Código Universitario N° 201612336, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

#### CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la designación o nombramiento del asesor del proyecto de tesis;

Que Caled Josue Ramos Turpo y Elvis Johel Huanca Coacalla, han solicitado el cambio de Asesor para la orientación y asesoramiento en el proceso de ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Que la asignación del nuevo asesor no significa dejar sin efecto o desestimar la asesoría realizada y la coautoría del mismo.

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 11 de julio de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad.

#### SE RESUELVE:

Designar al Mg. Edwin Parillo Escarsena como nuevo ASESOR en lugar del Ing. Juana Beatriz Aquise Pari para que oriente y asesore el proceso de ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo presentado por Caled Josue Ramos Turpo y Elvis Johel Huanca Coacalla, otorgándoles un plazo máximo de seis (06) meses para el proceso de asesoría en la elaboración del proyecto.

Regístrese, comuníquese y archívese.



  
Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
DECANA



  
Mg. Ketty Magaly Arellano Lino  
SECRETARIA ACADÉMICA

Cc: Interesado  
Asesor  
Archivo  
DGI  
CIEP





“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

RESOLUCIÓN N° 0525-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 12 de setiembre de 2023

**VISTO:**

El expediente de Caled Josue Ramos Turpo, identificado(a) con código universitario N° 201612311 y Elvis Johel Huanca Coacalla, identificado(a) con código universitario N° 201612336, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

**CONSIDERANDO:**

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la designación del Comité Dictaminador del proyecto de tesis;

Que Caled Josue Ramos Turpo y Elvis Johel Huanca Coacalla, han concluido el desarrollo de la tesis en formato artículo y con la opinión favorable de su asesor, solicitan la designación del Comité Dictaminador respectivo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 12 de setiembre de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

**SE RESUELVE:**

Designar el Comité Dictaminador encargado de administrar el proceso de dictamen correspondiente a la tesis en formato artículo, titulada “Mejoramiento del flujo de trabajo bajo el enfoque Last Planner System (LPS) y Building Information Modeling (BIM), Juliaca - 2022”, presentado por Caled Josue Ramos Turpo y Elvis Johel Huanca Coacalla, otorgándoles un plazo máximo de diez (10) hábiles, posterior a la fecha de recepción de la presente resolución, para emitir el dictamen respectivo a través de la plataforma oficial.

Dictaminador 1: Mg. Arnaldo Cahui Galarza

Dictaminador 2: Mg. Lily Zea Gonzales

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
DECANA



Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga  
SECRETARIA ACADÉMICA (e)

cc:  
-Interesado  
-Jurado (02)  
-Archivo



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

RESOLUCIÓN N° 0941-2023/UPeU-FIA-CF

Lima, Ñaña, 12 de diciembre de 2023

**VISTO:**

El expediente de los (las) bachilleres **Caled Josue Ramos Turpo** identificado(a) con código universitario N° 201612311 y **Elvis Johel Huanca Coacalla** identificado(a) con código universitario N° 201612336, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

**CONSIDERANDO:**

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado "Propuesta de mejora del flujo de trabajo bajo el enfoque de modelado Last Planner y Building Information Modeling en un proyecto residencial – 2022", presentado por los(las) bachilleres **Caled Josue Ramos Turpo** y **Elvis Johel Huanca Coacalla**, reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 12 de diciembre de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

**SE RESUELVE:**

1. Declarar expedito a los (las) bachilleres **Caled Josue Ramos Turpo** y **Elvis Johel Huanca Coacalla**, para que sustenten la tesis en formato artículo titulada "Propuesta de mejora del flujo de trabajo bajo el enfoque de modelado Last Planner y Building Information Modeling en un proyecto residencial – 2022", conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, el 27 de diciembre de 2023, a las 08:00 horas, en el Auditorio Wellesley Muir.
2. Designar el Jurado de Sustentación, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:

Presidente: Ing. Herson Duberty Pari Cusi  
Secretario: Mg. Arnaldo Calmi Galarza  
Asesor: Mg. Edwin Parillo Escarsena  
Vocal: Mg. Lily Zea Gonzales

Regístrese, comuníquese y archívese.



  
Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
DECANA



  
Mg. Ketty Magaly Arellano Lino  
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:  
-Interesado  
-Jurado (04)  
-Secretaría General  
-Archivo