

Application of Integrated Project Delivery and Virtual Design and Construction to reduce the impact of incompatibilities in the design stage in residential buildings

Andrea Bravo¹, Julio Mendoza¹ y Humberto Ramirez¹

¹Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u201619613@upc.edu.pe, u201410424@upc.edu.pe, pccihram@upc.pe

Abstract– Currently the construction sector is being characterized by originating high additional budgets, due to the content of activities that do not add value during the construction procedures. With the premise that everything is cheaper on paper, this research proposes to foresee and avoid those possible incompatibilities during the design stage through the implementation of an integration method that promotes and facilitates communication among all interested parties.

The objective of this research is to design and implement an integration method that reduces the causes of losses in the design of the product and the process of the project in the design stage. For which it is based on the tools of Integrated Project Delivery (IPD) and Virtual Design and Construction (VDC) that have as characteristic in the work of new technologies aligned with the philosophy of Lean Construction. Both techniques have in common three pillars which are: BIM, System of last planning and meetings of Concurrent Engineering.

The design of an integration method was carried out with the help of Choosing by Advantages to identify the specific tools that eliminate or reduce the losses found. When the proposal was applied, savings were obtained from 27.6% to 37.4% in the additional budgets, which is based on the reduction of RFI, OC and the response time of both.

Keywords— Integrated Project Delivery, Virtual Design and Construction, BIM, Last Planner System, Engineering Concurrent.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.40>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Aplicación de Integrated Project Delivery y Virtual Design and Construction para reducir el impacto de las incompatibilidades en la etapa de diseño en edificios residenciales

Andrea Bravo¹, Julio Mendoza¹ y Humberto Ramirez¹

¹Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u201619613@upc.edu.pe, u201410424@upc.edu.pe, pccihram@upc.pe

Resumen– Actualmente el sector de la construcción está siendo caracterizado por originar altos presupuestos adicionales, debido al contenido de actividades que no agregan valor durante los procedimientos constructivos. Con la premisa de que todo es más barato en el papel, esta investigación propone prever y evitar esas posibles incompatibilidades durante la etapa de diseño mediante la implementación de un método de integración que promueva y facilite la comunicación entre todas las partes interesadas.

El objetivo de esta investigación es diseñar e implementar un método de integración que reduzca los causales de pérdidas en el diseño del producto y del proceso del proyecto en la etapa de diseño. Para lo cual se apoya en las herramientas de Integrated Project Delivery (IPD) y Virtual Design and Construction (VDC) que tienen como característica integrar al equipo de trabajo a las nuevas tecnologías presentes alineados a la filosofía de Lean Construction. Ambas técnicas tienen en común tres pilares los cuales son: BIM, Last Planner System y reuniones de Ingeniería Concurrente.

Se realizó el diseño de un método de integración con ayuda del Choosing by Advantages para identificar las herramientas específicas que eliminen o disminuyan las pérdidas encontradas. Al aplicar la propuesta se obtuvo un ahorro de 27.6% a 37.4% en los presupuestos adicionales el cual se basa en la disminución de RFI, OC y el tiempo de respuestas de ambas.

Palabras claves: Integrated Project Delivery, Virtual Design and Construction, BIM, Last Planner System, Engineering Concurrent

Abstract– Currently the construction sector is being characterized by originating high additional budgets, due to the content of activities that do not add value during the construction procedures. With the premise that everything is cheaper on paper, this research proposes to foresee and avoid those possible incompatibilities during the design stage through the implementation of an integration method that promotes and facilitates communication among all interested parties.

The objective of this research is to design and implement an integration method that reduces the causes of losses in the design of the product and the process of the project in the design stage. For which it is based on the tools of Integrated Project Delivery (IPD) and Virtual Design and Construction (VDC) that have as characteristic in the work of new technologies aligned with the philosophy of Lean Construction. Both techniques have in

common three pillars which are: BIM, System of last planning and meetings of Concurrent Engineering.

The design of an integration method was carried out with the help of Choosing by Advantages to identify the specific tools that eliminate or reduce the losses found. When the proposal was applied, savings were obtained from 27.6% to 37.4% in the additional budgets, which is based on the reduction of RFI, OC and the response time of both.

Keywords-- Integrated Project Delivery, Virtual Design and Construction, BIM, Last Planner System, Engineering Concurrent.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) el sector de la construcción representa el 5% del PBI en el Perú (2016). El volumen de producción ha crecido de 7.4 billones de dólares en 2010 a 8.5 billones en 2015 y con el crecimiento esperado de la población, se pronostica que el volumen de producción de la construcción crecerá en un 85% (Federación Interamericana de la Industria de la Construcción, 2015). A pesar de su gran envergadura, la construcción aún es caracterizada por un alto contenido de actividades que no agregan valor en sus procesos, lo cual lleva a una baja productividad y a una disminución considerable del margen de ganancia esperado por el cliente e insatisfacción con el resultado.

Según estudios realizados por el Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica de Chile, se estima que sólo el 3%-20% de los pasos ejecutados agregan valor al proyecto, las actividades que no agregan valor tienen una mayor participación en los procesos, entre las más incidentes en la etapa de diseño son: las inspecciones, transporte, esperas e información defectuosa. (Alarcón, 2001). Existe una dificultad latente al promover el dialogo entre las partes involucradas del proyecto, lo que trae como consecuencia que la mayoría de participantes se enfoquen en objetivos diferentes y, por intentar alcanzarlos independientemente impiden que se maximice el valor del proyecto en su totalidad (Ma & Zhang, 2018).

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.40>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Dado que el éxito del proyecto depende del valor del producto que se le entregue al cliente, es pertinente descubrir la percepción de valor que tiene el cliente en conjunto de las demás partes interesadas, para así aterrizar el proyecto en un concepto funcional y óptimo (Kpamma, Adinyira, Ayarkwa, & Adjei-Kumi, 2015). Dentro de los estudios consultados para iniciar con la presente investigación, resaltaron las ventajas del modelado en 4D, es decir, cuando integramos el LPS a nuestro modelo BIM. Se identificó una reducción considerable en la variabilidad del proyecto dado que las interferencias fueron halladas en un tiempo previo.

Los clientes exigen que las empresas cuenten con técnicas innovadoras que garanticen la ejecución de proyectos eficientes, por lo que esta gran cantidad de pérdidas en el producto y en el proceso, obstaculiza este objetivo y es causante de excesivos porcentajes adicionales al presupuesto. Debido a que el costo que implican los cambios es mayor en etapas avanzadas de una obra, la siguiente investigación plantea la aplicación de un método de integración basado en las herramientas de Integrated Project Delivery (IPD) y Virtual Design and Construction (VDC).

La idea de implementar ambas técnicas se basa en que cada una está enfocada en reducir un determinado tipo de pérdida. Por un lado, las herramientas de IPD permitirán abordar las incompatibilidades en el diseño del producto, principalmente en integrar y alinear el objetivo global del proyecto (Azhar, Youngcheol Kang, & and Irtishad Ahmad, 2015, pág. 3). Por otro lado, las herramientas de VDC pueden simular la complejidad de la implementación de los proyectos, y así identificar las discrepancias entre los diseños y reducir las posibles pérdidas en el diseño del proceso (Khanzode, Fischer, & Reed, 2005).

II. DISEÑO DEL MÉTODO DE INTEGRACIÓN

Se recolectó información de empresas inmobiliarias y constructoras pertenecientes al Capítulo peruano de Lean Construction Institute, para un análisis causa raíz de las principales pérdidas en el diseño del producto y del proceso. Con esta información se identificó las herramientas a utilizar para poder realizar el diseño del método de integración.

A. Principales Pérdidas en el diseño del producto

- La insatisfacción de la calidad, desde el punto de vista del cliente, cuya causa raíz nace del poco entendimiento de la idea inicial, que además causa como consecuencia la inconsistencia de objetivos, los individuales por los grupales.
- El prologando tiempo de respuesta de órdenes de cambio, se debe a que existe una alta demanda de solicitudes, las cuales no están al 100% organizadas, por lo cual causa incongruencia entre las distintas especialidades.
- La baja percepción de la idea inicial, la cual se debe a que no existen reuniones previas entre todos los participantes

del proyecto, incluyendo al cliente en todas las sesiones. Por esta razón, la percepción de la idea del cliente es distinta entre los stakeholders.

B. Principales Pérdidas en el diseño del proceso

- La insatisfacción en el tiempo, desde el punto de vista del cliente, cuya causa raíz nace del uso de herramientas tradicionales, el cual además genera desconfianza en el sistema ya que se producen vacíos en el procedimiento.
- El prologando tiempo de respuesta de RFIs, se debe a que existe una alta demanda de incompatibilidades, y no se puede resolver todas en el tiempo más óptimo, por lo cual se mantendrán las incongruencias entre las distintas especialidades por más tiempo.
- El poco nivel de participación, lo cual se debe a la modalidad de contratación, el cual no compromete a los stakeholders con el proyecto, la mayoría de participante cree que tiene poca incidencia en colaborar con la mejora del diseño del proyecto, se limitan a entregar lo que se les solicita.

C. Selección de herramientas IPD Y VDC

En base a la información obtenida en campo se procedió a una reunión con el cliente, proyectistas (estructura, arquitectura y demás especialidades) junto con algunos representantes del constructor en donde se realizó el CBA. El uso de esta herramienta nos permite escoger la mejor alternativa a través de un análisis multicriterio (Kpamma, Adinyira, Ayarkwa, & Adjei-Kumi, 2015). Se busca que los mismos involucrados elijan las herramientas que consideran óptimas para resolver los problemas identificados del cual se obtuvo el siguiente resultado:

TABLE I
SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS A PARTIR DE LA PROBLEMÁTICA EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO

DISEÑO DEL PRODUCTO			
Problema	Principio	Característica	Herramienta
Poco entendimiento de la idea inicial	ICE	Beneficio mutuo y recompensa compartida	Protocolo de reuniones
		Comunicación abierta	Plan de comunicaciones
			Big Room
Alto número de incompatibilidades	BIM	Tecnología	Gestión visual
		Documentos óptimos	Set by design
		Visualización	Modelos compartidos
		Verificación del diseño	Biblioteca BIM
No existen	ICE	Comunicación	5S
			Gestión visual

reuniones previas		abierta	Toma de decisiones en conjunto
		Mutuo respeto y compromiso	
		Beneficio y recompensa compartida	Protocolo de reuniones
			Lecciones aprendidas

TABLE II

SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS A PARTIR DE LA PROBLEMÁTICA EN EL DISEÑO DEL PROCESO

DISEÑO DEL PROCESO			
Problema	Principio	Característica	Herramientas
Uso de herramientas tradicionales	LPS	Definición temprana de objetivo	Target value design Value stream map
		Análisis de rendimiento	A3
		Gestión de cadena suministro	Pull planning Anticipar necesidades
Alto número de incompatibilidades	BIM	Análisis de opciones	Set by design
		Tecnología apropiada	Modelos compartidos
		Visualización	Biblioteca BIM
		Planificación adecuada	5S
Modalidad de contratación	LPS	Involucramiento temprano de personas claves	Definición del alcance Toma de decisiones en conjunto
		Modelado organizacional	Pull planning Target value design

Estas dos metodologías se basan en tres pilares: LPS, BIM, e ICE, los cuales estudiaremos a detalle para diseñar el método a utilizar:

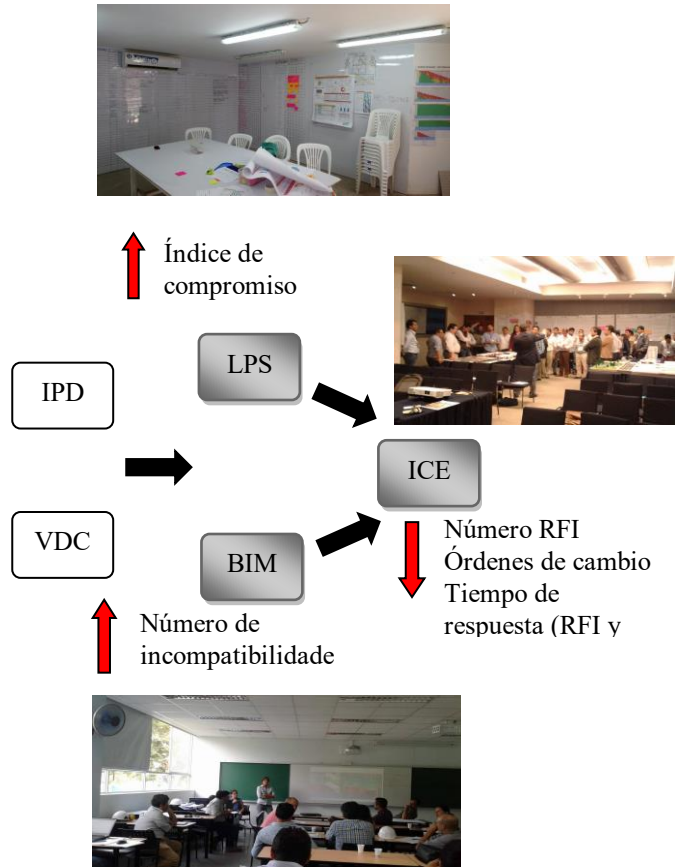


Fig. 1 Esquema del método de integración propuesto con sus respectivos indicadores

D. Método de integración

La metodología propuesta incluye pautas claras de implementación de la aplicación de los 3 pilares, de los cuales se definieron los indicadores mostrados en la Figura 1, además del esquema de la dinámica de trabajo con respecto a la recolección de estos indicadores.

La propuesta inicia con la exploración a dos metodologías de trabajo IPD y VDC, la primera que utiliza los conceptos de integración para reunir al equipo desde etapas tempranas del proyecto, y la segunda conocida por su utilidad en la gestión visual del producto de entrega.

Last Planner System

Consistió en la realización de un plan de fases con una planificación flexible, la cual se expuso de manera gráfica para mantener una gestión visual óptima. Se hizo uso de la Big Room para las reuniones semanales donde se puso en práctica la herramienta de Value Stream Map para identificar las restricciones, las cuales se clasificaron en 8 tipos: información, Materiales, Equipos, Recursos Humanos, actividades predecesoras, requisitos de seguridad, condiciones externas, permisos y licencias. De tal forma que se pueda identificar claramente al responsable de levantar la restricción y realizar el seguimiento adecuado hasta su correcto

cumplimiento. Con esta información se pudo obtener el índice de confiabilidad de compromiso por cada semana y para cada miembro del equipo.

Además, se determinó el porcentaje de plan cumplido semanal el cual se determina dividiendo las actividades realizadas entre las actividades programadas para cada semana. De esta manera se realizaba un seguimiento a la confiabilidad de lo proyectado.

Ambos resultados fueron llevados a las sesiones de ingeniería concurrente y se colocaron a la vista de todos los participantes.

BIM

La implementación del BIM se basó en seis criterios mínimos por aplicar, considerando la posibilidad de añadir alguna adicional según la realidad del proyecto, los cuales fueron los siguientes:

- Definir la visión general y objetivos, se considerarán todas las opciones de diseño a partir del Set-based design.
- Asignar responsabilidades y entregables, se enfocó en la gestión de datos.
- Mantener un entorno de datos y establecer protocolos de gestión. Se utilizó modelos compartidos
- Utilizar Bibliotecas de datos común, de modo que se organizó óptimamente los activos de la organización.
- Seguimiento activo de interferencias, se realizaron recorridos virtuales para cada ambiente.
- Finalmente contabilizar la cantidad de planos levantado a partir de los criterios anteriores.

A partir de estos seis criterios se obtuvo el número de incompatibilidades detectadas y el número de planos levantados los cuales tienen el papel de input en las sesiones de ingeniería concurrente.

ICE

Se realizó en grandes salas donde se reunió a todo el equipo de trabajo. En esta reunión se recolectó toda la información del proyecto, resultado de las herramientas previamente mencionadas. De manera gráfica se expusieron los indicadores y puntuaciones obtenidas. Dentro de LPS, los indicadores principales fueron el IC (Índice de confiabilidad) y el PPC (Porcentaje de plan cumplido) y dentro de BIM, el número de incompatibilidades encontradas las cuales fueron los RFI (Request for information) y OC (Órdenes de cambio).

A partir de ello se realizó un análisis para identificar el número de RFI y órdenes de cambio detectadas, las cuales fueron registradas durante la utilización de ambas metodologías. Además se contabilizó el tiempo de respuesta, y se identificó cuáles sobrepasaban el tiempo proyectado de

solución. Durante la reunión se analizaron las razones de existencia y su levantamiento tardó de ser el caso para poder retroalimentar el sistema.

III. RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO

Se implementó la propuesta en tres proyectos que se encontraban en la etapa de diseño y se midió los resultados durante tres semanas. Los tres proyectos pertenecían a una de las empresas a la cuales se realizó el análisis causa raíz que nos sirvió para identificar las pérdidas más incidentes en el diseño del proceso y del producto.

Previo a la implementación se tuvo que elaborar un manual que define la secuencia que se debe seguir para la implementación y se realizó una capacitación para integrar al equipo a la nueva metodología de trabajo. La capacitación se realizó en dos partes, primero una para todos los integrantes del staff de los tres proyectos para que la absolución de dudas se pueda dar de manera integral, y otra en una siguiente fecha para cada equipo, de manera que se pueda aterrizar la propuesta a las condiciones de cada proyecto.

TABLE III
RESUMEN DE PROYECTOS

	PROYECTO 1	PROYECTO 2	PROYECTO 3
SÓTANOS	5	3	2
PISOS	20	15	12
ÁREA TOTAL (M ²)	1086.6	7074.6	656.67
PLAZO CONTRACTUAL (MES)	20.5	30.5	18.5
PLAZO META (MES)	20.2	30.3	18.1
MONTO (\$)	S/30,697,350	S/48,604,360	S/14,686,300

A. Proyecto 1

Los resultados mostrados en la Tabla IV, en relación con el proyecto 1, con respecto al PPC aumentó de 23% al 78%, esto se debe a que se afianzó el compromiso de cumplimiento por parte del equipo. Esto se refleja en el resultado obtenido para el IC, el cual tuvo un crecimiento del 37% al 79%. Se observó que los participantes están participando de manera activa en la metodología presentada, además un claro interés por obtener un mejor resultado, considerando que los resultados de la primera semana fueron bastante menores a lo esperado.

TABLE IV
RESULTADO PPC E IC PARA CADA SEMANA DEL PROYECTO 1

	Semana 1	Semana 2	Semana 3
PPC	23 %	56 %	78 %
IC	37 %	59 %	79 %

Por su parte, en relación a BIM, en el proyecto 1 se utilizó Revit y Navisworks, del cual se pudo reducir hasta en un 30% las OC y en un 10% los RFI. Esto nos muestra que mediante el uso de esta tecnología se hace el proceso de diseño más visual y permite que más personas puedan visualizar la idea inicial del cliente. A su vez, una reducción en el número de RFI y OC se puede traducir a existe un mejor claridad en la información brindada por parte de los miembros del proyecto, ya sean por parte del diseño o la construcción.

TABLE V
RESULTADO DE RFI Y OC PARA EL PROYECTO 1

	Inicio	Fin	
RFI	22	20	10 %
OC	13	9	30 %

En el caso de las sesiones ICE, se pudo detectar que la impuntualidad y la poca costumbre en el uso de herramientas BIM, genera retrasos en la dinámica de la reunión. En relación al tiempo de respuesta, se pudo reducir satisfactoriamente este tiempo y también se redujeron los picos que eran mayor a 15 días de respuesta hacia un día y medio en caso de las Ordenes de cambio.

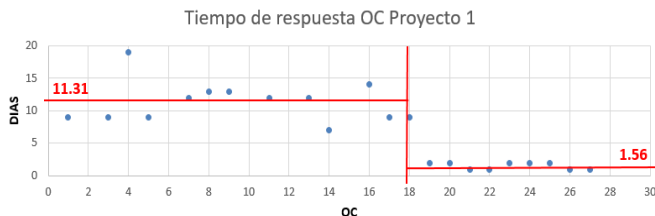


Fig. 2 Reducción del Tiempo respuesta de OC en el proyecto 1

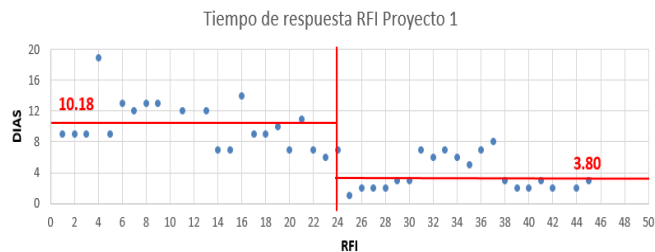


Fig. 3 Reducción del Tiempo respuesta de RFI en el proyecto 1

En términos de ahorro, se consultó el valor monetario de cada RFI y OC a la empresa constructora. En base a esta respuesta, se pudo determinar que el ahorro de la implementación de esta propuesta es de un 35.8% que corresponde al número de incompatibilidades detectadas y al tiempo de respuesta de la misma. Este porcentaje ya tiene en cuenta el costo de la implementación.

B. Proyecto 2

En el proyecto 2, se obtuvo para el PPC en la primera un 25%, lo cual fue bastante alarmante considerando la cantidad de personas involucradas en el proyecto, dentro de las próximas semanas se observó un cambio bastante considerable, el aumento llegó hasta 61%. Con respecto al resultado obtenido en la primera semana en IC se obtuvo un promedio de 50% el cual aumentó a 86%. Se nota además que el equipo tenía bastante disposición de colaborar con los demás involucrados. Debido a que el proyecto era el que mayor número de personas involucraba, se atinó a realizar ajuste de responsabilidades dentro de la segunda y próximas semanas de aplicación.

TABLE VI
RESULTADO DE PPC E IC PARA CADA SEMANA DEL PROYECTO 2

	Semana 1	Semana 2	Semana 3
PPC	25 %	48 %	61 %
IC	50 %	78 %	86 %

En lo relacionado con el BIM, la reducción en RFI fue de 11.1% y en las OC de 15.4%. Si bien, en porcentaje no es significativa la reducción, al momento de asignarle el valor monetario, se ahorró mucho debido a que esas consultas estaban relacionadas a partidas críticas del proyecto.

TABLE VII
RESULTADO DE RFI Y OC PARA EL PROYECTO 2

	Inicio	Fin	
RFI	27	24	11 %
OC	13	11	15 %

En el caso de las sesiones ICE, al tener un mayor número de involucrados existe una mayor probabilidad que lleguen tarde a la reunión. A su vez, este tiempo no se recupera lo que se traduce en que se lleva una mayor cantidad de planos a la reunión pero no todos se pueden revisar y genera una sobreproducción.

El tiempo de respuesta se redujo considerablemente en este proyecto. Sobre todo, se valora que se redujeron los picos que eran de hasta 15 días en la resolución de consultas de

RFIs para llegar a una respuesta de 4.75 días en promedio. Para el caso de ordenes de cambio se redujo de un 9.09 en promedio a un 2.45 días.

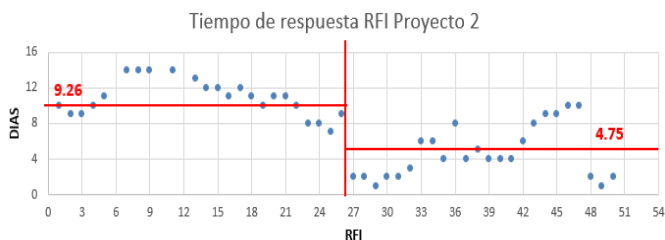


Fig. 4 Reducción del Tiempo respuesta de OC en el proyecto 2

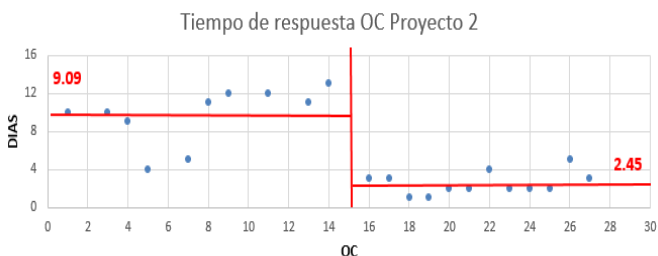


Fig. 5 Reducción del Tiempo respuesta de RFI en el proyecto 2

C. Proyecto 3.

En el tercer proyecto, se tiene un escenario inicial más favorable debido a que ya se venían trabajando con este tipo de herramientas. En ese caso, se pudo alcanzar un compromiso total por parte de los involucrados y un aumento casi total del PPC.

TABLE VIII
RESULTADO DE PPC E IC PARA EL PROYECTO 3

	Semana 1	Semana 2	Semana 3
PPC	73 %	84 %	96 %
IC	100 %	97 %	100 %

Lo que tiene relación con el BIM, se redujo en un 17% las OC y los RFI. A su vez, una reducción en el número de RFI y OC, lo que se puede traducir en que existe un menor número de dudas entre los encargados del diseño y construcción.

TABLE IX
RESULTADO DE RFI Y OC DEL PROYECTO 3

	Inicio	Fin	
RFI	35	29	17 %
OC	17	14	17 %

En el caso de las sesiones ICE, se detectó que una biblioteca Revit permite que la dinámica de la reunión se más ágil y se pueda analizar un mayor número de incompatibilidades. En relación al tiempo de respuesta, se pudo reducir satisfactoriamente este tiempo y también se redujeron los picos que eran mayor a 17 días de respuesta a un promedio de 2 días y medio en RFIs y a 2 días para las OC.

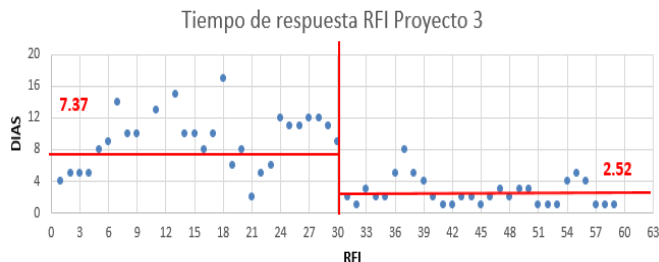


Fig. 6 Reducción del Tiempo respuesta de OC en el proyecto 3

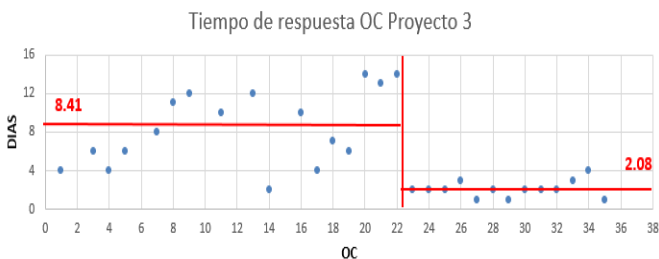


Fig. 7 Reducción del Tiempo respuesta de RFI en el proyecto 3

En términos de ahorro, se consultó el valor monetario de cada RFI y OC a la empresa constructora. En base a esta respuesta, se pudo determinar que el ahorro de la implementación de esta propuesta es de un 27.6% que corresponde al número de incompatibilidades detectadas y al tiempo de respuesta de la misma. Este porcentaje ya tiene en cuenta el costo de la implementación.

IV. CONCLUSIONES

En base a estudios realizados por el CPLCI en el 2008 y encuestas a seis empresas del sector construcción que fomentan el uso de herramientas de Lean Construction, se determinó que las principales causas de pérdidas en el diseño del productos en los edificios residenciales en Lima Metropolitana son la insatisfacción de la calidad (37.8%), prolongado tiempo de respuesta de las OC (35.6%) y la baja percepción de la idea inicial por parte del cliente(26.6%).

Según la encuesta realizada en esta investigación se puede concluir que las causas de pérdida en el diseño del proceso presentes en edificios residenciales en Lima son la

insatisfacción en el tiempo de entrega (42.5%), prolongado tiempo de respuesta de RFI (36.9%) y el poco nivel de participación de los involucrados (20.6%).

En el diseño del método de trabajo se tuvo en cuenta el escenario inicial bajo el cual se lleva a cabo el proceso de diseño de los proyectos en las seis empresas encuestadas. Se establecieron que las entradas para el método de trabajo sean las pérdidas en el diseño del producto, diseño del proceso y cómo se llevan a cabo las reuniones en la actualidad. Las salidas iban a ser una reducción en el número de RFI, Órdenes de cambio, y reducción en el tiempo de latencia.

Con fundamento en las herramientas del IPD y VDC se determinaron tres pilares como lo son el LPS, ICE y BIM. Se establecieron métricas en cada pilar que mostraban el nivel de compromiso de los involucrados. Con la aplicación de este método de integración se pudieron reducir los RFI y OC en número y tiempo de respuesta.

Al momento de dar un valor monetario a las incompatibilidades detectadas, se puede encontrar que existe un ahorro que va desde 27.6%-37.4%. Este valor es resultado de cuantificar la cantidad de RFI y OC que se lograron identificar a tiempo.

REFERENCIAS

- [1] Alarcón, L. (2001). *Identificación y Reducción de pérdidas en la construcción*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- [2] Azhar, N., Youngcheol Kang, M., & and Irtishad Ahmad, F. (2015). Critical Look into the Relationship between Information and Communication Technology and Integrated Project Delivery in Public Sector Construction. *Journal of Management in Engineering*, Vol. 31, 04014091-1 - 04014091-12.
- [3] CAPECO. (28 de Marzo de 2016). Capeco: Lima necesita más de 450 mil viviendas hasta el 2018. *Comercio*.
- [4] Federación Interamericana de la Industria de la Construcción. (2015). *El sector construcción en los Servicios al Exportador*. Obtenido de Servicios al Exportador: <http://www.siiicex.gob.pe/siiicex/resources/sectoresproductivos/El%20sector%20construccion%20en%20los%20pa%C3%ADses%20de%20Latinoamerica%202015.pdf>
- [5] Khanzode, A., Fischer, M., & Reed, D. (2005). Case study of the implementation of the Lean Project Delivery System (LPDS) using Virtual Building technologies on a large healthcare project. *Proceedings of the 13th annual conference of the International Group of Lean Construction*.
- [6] Kpamma, Z., Adinyira, E., Ayarkwa, J., & Adjei-Kumi, T. (2015). Application of the CBA Decision System to manage user preferences in the Design Process. *J. Manage. Eng.*, Vol. 31 , 04014091 1-5.
- [7] Lean Construction Institute. (2017). VDC for Lean Project Delivery. *Lean Design Forum*.
- [8] Ma, Z., & Zhang, D. y. (2018). A dedicated collaboration platform for Integrated Project Delivery. *Automation in Construction*, Vol 86, p. 199-209.