

IMPLEMENTACIÓN DEL VDC COMO METODOLOGÍA DE GESTIÓN, EN LA ETAPA DE DISEÑO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN BOLIVIA.

M. Sc. Arq. Nelson Achá Gonzales

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Correspondencia: nel.neoacha@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-0798-0746>

RESUMEN

Palabras clave: VDC,
Sesiones ICE, Lean
Bolivia.

La presente investigación aborda el desafío estructural de la industria de la construcción en Bolivia, marcada por la persistencia de metodologías tradicionales que limitan la eficiencia en la etapa de diseño técnico. A través del estudio de caso de un proyecto residencial, se propone la implementación de la metodología VDC (Virtual Design and Construction), apoyada en tecnologías como BIM (Building Information Modeling), sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering) y gestión Lean. El objetivo es acortar la brecha digital en los procesos de gestión, estableciendo una base metodológica y técnica que permita optimizar costos, tiempo y calidad en la construcción. La metodología de investigación empleada es de carácter cualitativo con enfoque exploratorio-descriptivo, complementada por análisis documental y propuesta proyectual. Se presentan métricas de desempeño como herramientas clave para la toma de decisiones y la evaluación de compatibilidades entre disciplinas. Los hallazgos sugieren que la aplicación del VDC en la etapa de diseño genera mejoras sustanciales en la coordinación, reduce los reprocesos y fortalece el trabajo colaborativo. Este estudio propone, además, la necesidad de una política pública que institucionalice el uso de tecnologías digitales en el diseño arquitectónico, levando al país con estándares internacionales de productividad y sostenibilidad.

Implementation of VDC as a Management Methodology in the Design Stage: In the Construction Industry in Bolivia

ABSTRACT

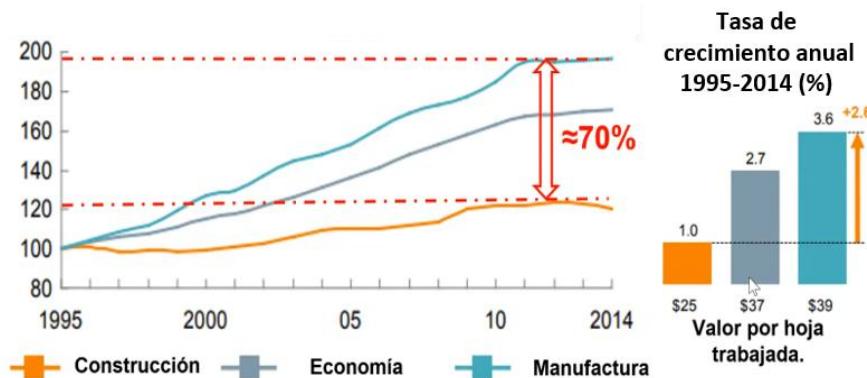
Keywords: VDC, ICE Sessions, Lean Bolivia.

This research addresses the structural challenge of the construction industry in Bolivia, characterized by the persistence of traditional methodologies that limit efficiency during the technical design stage. Through a case study of a residential project, it proposes the implementation of the VDC (Virtual Design and Construction) methodology, supported by technologies such as BIM (Building Information Modeling), ICE sessions, and Lean management. The objective is to bridge the digital gap in management processes by establishing a methodological and technical foundation that optimizes cost, time, and quality in construction. The research methodology is qualitative with an exploratory-descriptive approach, complemented by documentary analysis and project-based proposals. Performance metrics are presented as key tools for decision-making and evaluating compatibility across disciplines. The findings suggest that applying VDC during the design stage significantly improves coordination, reduces rework, and strengthens collaborative workflows. Furthermore, the study highlights the need for public policy to institutionalize the use of digital technologies in architectural design, aligning the country with international standards of productivity and sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en Bolivia ha mantenido un modelo de gestión tradicional que contrasta con los avances digitales en otros sectores. A pesar del crecimiento del sector entre 2000 y 2020 (Ver Figura 1), el rendimiento continúa rezagado en términos de productividad, eficiencia y planificación. En países desarrollados, metodologías como el VDC han transformado radicalmente el ciclo de vida del proyecto, integrando diseño, construcción y operación mediante entornos colaborativos y tecnologías como BIM y Lean. En Bolivia, estas metodologías aún no se han institucionalizado ni estandarizado, lo cual representa una barrera estructural y técnica para la modernización del sector.

Figura 1:
Crecimiento de la Productividad % por Años.



NOTA. "REINVENTING CONSTRUCTION: A ROUTER TO HIGHER PRODUCTIVITY", MCKINSEY & COMPANY REPORT FEBRUARY 2017.

Para poder reducir los problemas en la construcción se necesita de un soporte de diseño y construcción virtual (VDC) basado en un modelo de información de construcción (BIM) para satisfacer los objetivos del proyecto y aumentar la productividad de manera efectiva en las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento. La metodología VDC con el uso de herramientas tecnológicas como el BIM hacen posible que la información sea la más detallada en la fase de diseño. El método VDC enfatiza fuertemente el uso de los modelos que pueden ser descritos y evaluados por múltiples partes interesadas. Solo los modelos visuales tienen el poder de respaldar la descripción y la evaluación de una amplia clase de partes interesadas, es decir, uso de organigramas visuales; el uso de diagramas de red de actividades visuales y gráficos de barras de programación, que tienen significado para los profesionales, y animaciones de programación 4D que la mayoría de las partes interesadas pueden entender (Kunz & Fischer, Diseño y Construcción Virtual, 2022).

La implementación del diseño virtual y la construcción (VDC) sigue siendo un desafío ya que las empresas no comprenden las estrategias de su implementación y su relación con otros esfuerzos de mejora importantes, como la gestión eficiente¹⁵ que es un sistema de entrega de proyectos basado en la gestión de producción que enfatiza la entrega confiable y rápida de valor. El objetivo es construir un proyecto mientras se maximiza el valor, se minimiza el desperdicio y se busca la perfección para el beneficio de todos los interesados en el proyecto (Womack y Jones, 2010).

Por otra parte, la etapa de diseño es fundamental debido a que de esta depende el resultado del costo y tiempo estimado para la construcción, es un proceso que es elaborado por profesionales de diferentes especialidades de manera separada por lo que usualmente muestran discrepancia entre ellos. En la planificación realizada durante el diseño para iniciar la ejecución de una obra, todos estos inconvenientes que no fueron tomados en cuenta, generan un retraso en el tiempo de ejecución de obra y también una serie de replanteos que terminan incluso modificando el diseño y los planos de obra.

Los países que operan el soporte con el uso de la metodología VDC basado en la tecnología BIM de manera más sistemática son el Reino Unido y los Estados Unidos. El Reino Unido ha desarrollado una legislación para el soporte del sistema VDC y BIM mediante el comité de la institución de Estándares Británicos (BSI), y ha implementado una estrategia de hoja de ruta BIM. La Administración de Servicios Generales de Estados Unidos (GSA) ha desarrollado las directrices para el BIM, mientras que el sector privado ha establecido tecnologías relacionadas para aplicar el BIM. Para aumentar la productividad de la industria de la construcción con el sistema VDC, es necesario mejorar estos métodos y el entorno para el desempeño del trabajo. Para lograr este objetivo, se requiere el desarrollo y la aplicación de tecnología, así como el apoyo público y los desarrollos en sistemas y entornos (Kang, T.2015).

Mientras que el futuro de la construcción ya está presente en muchos de los países del mundo, en Bolivia recién empieza a hacer eco el concepto de VDC (Virtual Design & Construction), una metodología que permite modelar y construir edificios cada vez más inteligentes y más adaptados al entorno, además de posibilitar que en un solo modelo trabajen todos los profesionales que participan en el ciclo de vida del proceso constructivo. En este punto se debe recalcar la importancia de la obligatoriedad de incorporar estos estándares a toda obra pública y privada del Estado. Su

¹⁵ Se usa el término gestión eficiente en lugar de construcción eficiente para mantener una visión más amplia.

implementación no supone un costo adicional para nadie, ni para el Estado ni para el Contratista, todo lo contrario, ambos salen favorecidos.

La serie EN ISO 19650 es un conjunto de normas internacionales que definen el marco, los principios, y los requisitos, para la adquisición, uso y gestión de la información en proyectos y activos, tanto de edificación como de ingeniería civil, a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. La publicación de ISO 19650 crea una oportunidad para que los organismos internacionales puedan colaborar en proyectos para minimizar las actividades ineficientes y aumentar la previsibilidad del coste y la duración, a través de un enfoque común para la gestión de la información. Para aquellos que trabajan localmente, supone una oportunidad de demostrar alineación con las mejores prácticas reconocidas de la industria a la vez que se construye resiliencia y diferenciación. (IBNORCA, 2021).

Cabe señalar que Bolivia está en camino de iniciar la estandarización de la metodología BIM con el pronunciamiento de entidades como el Instituto de Normalización y Calidad (IBNORCA), presentando en 30 de agosto del 2021 el anteproyecto de Norma Boliviana APNB ISO19650-1. Que somete a consulta pública los siguientes Anteproyectos de Norma Boliviana:

- ANTEPROYECTO DE NORMA BOLIVIANA APNB ISO 19650-1- Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling)- Parte 1: Conceptos y principios.
- ANTEPROYECTO DE NORMA BOLIVIANA APNB ISO 19650-2- Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling)- Parte 2: Fase de desarrollo de activos.

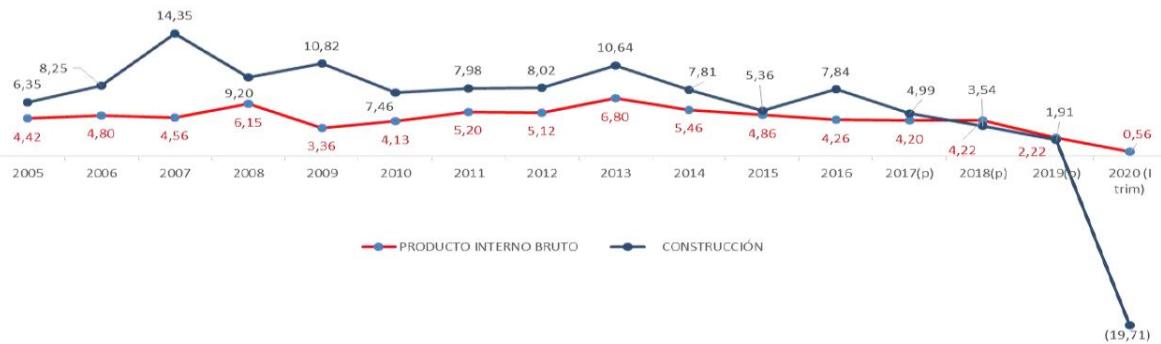
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Los datos mostrados en las estadísticas basadas en la industria de la construcción y su problemática en Bolivia, muestran coincidencias que son reveladores donde la construcción todavía no ha abrazado con fuerza el cambio hacia el nuevo sistema de Gestión y Planificación de obras.

En la Figura 2 podemos observar la variación del Producto Interno Bruto (PIB) del sector de la construcción desde el año 2005 al 2020, donde en los últimos años presenta un descenso importante en el PIB.

Figura 2:

Bolivia: Variación del Producto Interno Bruto a Precios Constantes, 2005-2020 (I trimestre), (En porcentaje).



NOTA. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, ELABORACIÓN: CABOCO, 2020.

El crecimiento en la industria de la construcción, presenta un grave problema en el desarrollo normal de sus actividades, siempre ha desempeñado un rol importante en el avance del país. Sin embargo, a comparación de otras industrias, está algo atrasada en el campo de la “*Tecnologías de construcción y Digitalización*”. En la Tabla 1 podemos observar los problemas típicos del modelo tradicional de la gestión integral de proyectos en Bolivia.

Tabla 1:

Modelo Tradicional de la Industria de la construcción.

N.º	MODELO TRADICIONAL
1	Industria Fragmentada, priman las necesidades individuales y presenta dificultades en el trabajo colaborativo
2	Procesos ineficientes entre los diferentes involucrados
3	Procesos de construcción artesanales y arcaicos en la industria
4	Diferencias entre las experiencias de los profesionales, métodos de trabajo y sistemas de información.

NOTA. ELABORACIÓN PROPIA (2025)

Ante esta situación se plantea el siguiente problema: ¿Cómo implementar de manera efectiva la metodología VDC en la etapa de diseño de la industria de la construcción boliviana, con el fin de superar las limitaciones del enfoque tradicional?

Justificación:

La industria de la construcción boliviana enfrenta desafíos estructurales y operativos en el proceso de diseño, caracterizados por la fragmentación, la escasa colaboración interdisciplinaria, y una limitada digitalización. Estos factores han contribuido a ineficiencias como retrabajos, falta de

coordinación, sobrecostos y cronogramas poco realistas que causan diferentes problemas durante el diseño y ejecución de los proyectos.

Frente a este escenario la implementación del VDC busca reducir los retrabajos, aumentar la productividad y mejorar la toma de decisiones en las fases tempranas del proyecto. Se plantea como una alternativa viable para transformar estructuralmente el proceso de diseño, fortaleciendo la colaboración interdisciplinaria y elevando la calidad de las obras construidas.

El uso del BIM como soporte tecnológico del VDC y la aplicación de los principios Lean, orientados a la eficiencia y la eliminación de desperdicios, permiten transformar el diseño en un proceso más predecible y transparente. Sin embargo, la adopción de VDC en Bolivia aún es inicial, debido a factores como la resistencia al cambio, la falta de conocimiento técnico y la carencia de modelos adaptados al contexto local.

En este sentido, es crucial investigar y proponer un camino de implementación viable que permita mejorar el enfoque tradicional hacia uno más integrado, eficiente y sostenible, alineado con estándares internacionales y las necesidades del contexto boliviano.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Diseñar una estrategia integral para la implementación efectiva de la metodología VDC (Virtual Design and Construction) en la etapa de diseño de proyectos de construcción en Bolivia, con el fin de superar las limitaciones del enfoque tradicional mediante la integración de modelos BIM, procesos colaborativos y principios Lean que mejoren la coordinación, eficiencia y toma de decisiones en el sector.

3.2. Objetivos específicos

Se plantea los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar las principales limitaciones del enfoque tradicional en la etapa de diseño dentro de la industria de la construcción boliviana.
- Analizar el nivel de madurez digital y las capacidades actuales de las empresas bolivianas en relación con BIM, Lean y tecnologías VDC.

- Definir los componentes clave de la metodología VDC (incluyendo BIM, ICE y PPM) que sean aplicables y adaptables para el contexto boliviano.
- Evaluar el potencial de la implementación de VDC en términos de productividad, coordinación interdisciplinaria y reducción de procesos en la etapa de diseño.

4. MARCO TEÓRICO

Se adoptó el término Virtual Design and Construction el año 2001 como parte de la misión y los métodos del Centro de Ingeniería de Instalaciones Integradas (CIFE – Center for Integrated Facility Engineering) en la Universidad de Standford. El VDC no hubiera sido posible sin el trabajo realizado por Levitt equipo de diseño virtual (VDT) que es un modelo informático genérico de equipos de diseño. El Integrated Concurrent Engineering (ICE) es el proceso en el que los representantes de los equipos multidisciplinarios de diseño/construcción/operación trabajan en colaboración a lo largo de un tiempo para especificar, crear, verificar y aplicar los modelos y ajustarlos gradualmente durante la vida útil del proyecto basado en lo que desea el cliente y utilizando las métricas de rendimiento del proyecto. (Kunz & Fischer, Diseño y Construcción Virtual, 2022).

La industria en la construcción en cualquier tipo de proyectos sufre un aumento en los costos por las ordenes de cambio y la reelaboración del expediente técnico en un 15 % al 20 % al iniciar la etapa de la construcción debido a errores humanos, la falta de detalles constructivos para los contratistas que terminan en RFI (solicitudes de información), incompatibilidades entre los diferentes componentes de diseño. Para reducir estos problemas se realiza un proceso simplificado donde el diseño y la colaboración se llevan en el escritorio: el proyecto se construye digitalmente para identificar errores, conflictos y una vez rectificados en el modelo en 3D se puede usar para la construcción, planificando y secuenciando la calidad de materiales y los procesos constructivos, reduciendo así el tiempo y costos (Bennett T., 2010).

Si bien la adopción de BIM en el ámbito de proyectos de infraestructuras verticales ha sido bastante rápida, la adopción de infraestructura para proyectos horizontales ha sido más lenta por las siguientes razones: uso de acrónimo BIM, falta de requisitos del propietario, proveedores de software que se centran en el mercado de la construcción vertical, métodos contractuales que no conducen al modelado y la colaboración, poca comprensión de como la tecnología influencia en la productividad en el campo (Russell, D 2014).

Para poder reducir los problemas en la construcción se necesita de un soporte de diseño y construcción virtual (VDC) basado en un modelo de información de construcción (BIM) para satisfacer los objetivos del proyecto y aumentar la productividad de manera efectiva en las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento. La metodología VDC con el uso de herramientas tecnológicas BIM hacen posible que la información sea la más detallada posible en la fase de diseño.

El método VDC enfatiza fuertemente el uso de modelos que pueden ser descritos y evaluados por múltiples partes interesadas. En nuestra experiencia, solo los modelos visuales tienen el poder de respaldar la descripción y la evaluación de una amplia clase de partes interesadas, es decir, uso de organigramas visuales; y el uso de diagramas de red de actividades visuales y gráficos de barras de programación, que tienen algún significado para los profesionales, y animaciones de programación 4D que la mayoría de las partes interesadas pueden entender. (Kunz & Fischer, Diseño y Construcción Virtual, 2022).

La implementación del diseño virtual y la construcción (VDC) sigue siendo un desafío ya que las empresas no comprenden las estrategias de implementación y su relación con otros esfuerzos de mejora importantes, como la gestión eficiente (usamos el término gestión eficiente en lugar de construcción eficiente para mantener una visión más amplia) es un sistema de entrega de proyectos basado en la gestión de producción que enfatiza la entrega confiable y rápida de valor. El objetivo es construir un proyecto mientras se maximiza el valor, se minimiza el desperdicio y se busca la perfección para el beneficio de todos los interesados en el proyecto (Womack y Jones, 2010).

La etapa de diseño es fundamental debido a que de esta depende el resultado de costo y tiempo estimado para la construcción, es un proceso que es elaborado por profesionales de diferentes especialidades de manera separada, comenzando a evidenciar problemas desde la etapa de diseño y evidenciados en los planos los cuales usualmente muestran discrepancia entre ellos. En la planificación realizada durante el diseño para iniciar la ejecución de una obra, todos estos inconvenientes que no fueron tomados en cuenta, generan un retraso en el tiempo de ejecución de obra y también una serie de replanteos que terminan incluso modificando el diseño y los planos de obra.

Los países que operan el soporte con el uso de la metodología VDC basado en la tecnología BIM de manera más sistemática son el Reino Unido y los Estados Unidos. El Reino Unido ha desarrollado una legislación para el soporte del sistema VDC y BIM, que es el comité de la institución de Estándares Británicos (BSI), y ha implementado una estrategia de hoja de ruta BIM. Estados Unidos ha desarrollado

la directriz de la Administración de Servicios Generales (GSA), mientras que el sector privado ha establecido tecnologías relacionadas para aplicar BIM. Para aumentar la productividad de la industria de la construcción con el sistema VDC, es necesario mejorar estos métodos y el entorno para el desempeño del trabajo. Para lograr este objetivo, se requiere el desarrollo y la aplicación de tecnología, así como el apoyo público y los desarrollos en sistemas y entornos (Kang, T.2015).

Mientras que el futuro de la construcción ya está presente en muchos de los países del mundo, en Bolivia recién empieza a hacer eco el concepto de VDC (Virtual Design & Construction), una metodología que permite modelar y construir edificios cada vez más inteligentes y más adaptados al entorno, además de posibilitar que en un solo modelo trabajen todos los profesionales que participan en el ciclo de vida del proceso constructivo.

Es en este último punto donde se debe recalcar la importancia de la obligatoriedad de incorporar estos estándares a toda obra del Estado. No es ningún costo adicional para nadie, ni para el Estado ni para el Contratista, todo lo contrario, ambos salen favorecidos.

Por otro lado, la serie EN ISO 19650 es un conjunto de normas internacionales que definen el marco, los principios, y los requisitos, para la adquisición, uso y gestión de la información en proyectos y activos, tanto de edificación como de ingeniería civil, a lo largo de todo el ciclo de vida del Proyecto. La publicación de ISO 19650 crea una oportunidad para organismos internacionales que colaboran en proyectos para minimizar las actividades inefficientes y aumentar la previsibilidad del coste y la duración, a través de un enfoque común para la gestión de la información. Para aquellos que trabajan localmente, supone una oportunidad de demostrar alineación con las mejores prácticas reconocidas de la industria a la vez que se construye resiliencia y diferenciación. (IBNORCA, 2021).

Bolivia está en camino de iniciar la estandarización de la metodología BIM con el pronunciamiento de entidades como el Instituto de Normalización y Calidad (IBNORCA), presentando en 30 de agosto del 2021 el anteproyecto de Norma Boliviana APNB ISO19650-1. Que somete a consulta pública los siguientes Anteproyectos de Norma Boliviana:

- ANTEPROYECTO DE NORMA BOLIVIANA APNB ISO 19650-1- Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling)- Parte 1: Conceptos y principios.
- ANTEPROYECTO DE NORMA BOLIVIANA APNB ISO 19650-2- Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling)- Parte 2: Fase de desarrollo de activos.

5. MARCO CONCEPTUAL

VDC: Metodología que integra diseño, construcción y operación a través de herramientas digitales colaborativas. Según CIFE, los pilares fundamentales del VDC son:

Modelos de Producto (Product Models): Modelos digitales (normalmente en BIM) que representan los aspectos físicos, funcionales y espaciales del proyecto.

Modelos de Organización (Organization Models): Representación de las responsabilidades, roles, flujos de trabajo y relaciones entre los actores del proyecto.

Modelos de Procesos (Process Models): Secuencia de actividades necesarias para lograr los objetivos del proyecto, incluyendo métodos de planificación colaborativa como el Last Planner System.

KPIs (Key Performance Indicators): Medición del desempeño en costo, tiempo, calidad y cumplimiento de objetivos. La metodología VDC también promueve el uso de sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering), que buscan la toma de decisiones rápida y colaborativa entre equipos multidisciplinarios en tiempo real, optimizando la coordinación entre los diferentes especialistas.

BIM: Modelado de información para gestionar digitalmente el ciclo de vida del proyecto. Según la ISO 19650, BIM permite mejorar la comunicación entre partes interesadas y facilita una toma de decisiones informada durante todo el ciclo de vida del proyecto (diseño, construcción y operación).

Lean Construction: Filosofía que busca eliminar desperdicios y aumentar el valor a través de una gestión eficiente. Herramientas como el **Last Planner System (LPS)**, ampliamente utilizado dentro del marco VDC, buscan mejorar la planificación mediante compromisos realistas y medibles a corto plazo, y fomentar la responsabilidad colectiva del equipo de diseño.

Sesiones ICE: Reuniones de trabajo colaborativo e interdisciplinario que permiten toma de decisiones en tiempo real.

Tabla 2:

Características de las diferentes metodologías

BIM	Lean Construction	VDC y LPS
Identificar interferencias (clash detection) entre disciplinas.	Eliminar desperdicios (tiempo, materiales, mano de obra).	Diseño colaborativo (set-based design).
Reducir errores y retrabajos.	Maximizar el valor para el cliente.	Integración temprana de los stakeholders.
Coordinar y visualizar soluciones constructivas antes de ejecutarlas físicamente.	Mejorar la confiabilidad de la planificación.	Decisiones basadas en valor y no solo en costo.
Centralizar la información del proyecto en un entorno común de datos (CDE).	Fomentar la mejora continua.	

FUENTE: *ELABORACIÓN PROPIA (2025)*

En la Figura 3 podemos la estructura del VDC propuesto por el Professor Martin Fischer.

Figura 3:
Estructura Virtual Design Construction (VDC).



FUENTE: FROM PROFESSOR MARTIN FISCHER PHD - CIFE STANFORD 2019.

- Interrelación entre VDC, BIM y Lean

El VDC no es una tecnología, sino una metodología de integración. Su efectividad radica en la sinergia entre: a) BIM: Tecnología que permite visualizar y coordinar, b) Lean: Filosofía que guía cómo diseñar con eficiencia, c) VDC: Marco que organiza personas, procesos y tecnología para maximizar el valor del proyecto. Esta tríada propone un cambio de paradigma desde una gestión fragmentada y secuencial hacia una gestión integrada y colaborativa, fundamental en proyectos complejos como los de construcción. Autores como Kunz & Fischer (Stanford) fundamentan el uso de VDC desde principios del siglo XXI.

6. METODOLOGÍA

El tipo de la investigación es exploratorio, porque se examina un tema poco estudiado del cual se tienen muchas dudas, a su vez que existe escasa bibliografía sobre el tema. La orientación de la investigación es aplicada, ya que se realizó en gabinete la mejora del expediente técnico debido a que se explora un nuevo conocimiento que es el marco de trabajo de VDC, para ser operado en la mejora de la gestión de proyectos en la etapa de diseño en la Industria de la Construcción.

El enfoque de la investigación es cualitativo, porque es un estudio que se concentra más en la comprensión y la profundidad, es decir, entender cómo funciona o cómo se comporta el marco de trabajo de VDC en la mejora de la gestión de proyectos de edificaciones. Asimismo, involucra la recolección de información, utilizando técnicas que no pretenden hacer medición numérica, sino el uso de recopilación y revisión de documentos y datos donde la fidelidad de la información es un aspecto importante. La metodología utilizada fue el método cuantitativo ya que se realizó un análisis comparativo entre el presupuesto realizado con metodología VDC y la metodología tradicional, así también comparando el tiempo de ejecución de obra con la metodología VDC. Esta comparación de metodologías se realiza en la fase de diseño proyectual de un proyecto piloto de vivienda residencial. Finalmente, se desarrollan de métricas de gestión y desempeño del modelo propuesto.

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El uso del VDC en la etapa de diseño permitió detectar incompatibilidades tempranas, mejorar la visualización del proyecto y establecer procesos colaborativos efectivos. Las sesiones ICE lograron reducir los tiempos de coordinación y toma de decisiones.

Tabla 3:

Modelo propuesto de mejora del proceso para la implementación progresiva del VDC.

Objetivos de la Aplicación VDC		
Desarrollar la aplicación teórica de la metodología VDC de gestión colaborativa VDC en el proyecto.		
Objetivos del Cliente	Objetivos del Proyecto	Modelado de Información de Construcción (BIM)
<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de anteproyecto y Diseño de interiores y exterior. - Cumplir plazo proyectado de la etapa de anteproyecto para su futura ejecución del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar tecnologías VDC en la etapa de Diseño. - Reducir en 5% el tiempo de construcción. En la fase de anteproyecto. 	CO
Ingeniería Concurrente Integrada (ICE)	Gestión de Producción del Proyecto (PPM)	ICE
<ul style="list-style-type: none"> - Modelar de Disciplinas que integran el Proyecto con herramientas BIM. - Modelado de Diseño de Interior y exterior. - Modelo BIM, Simulación y Análisis de Sostenibilidad. - Innovación herramientas tecnológicas BIM. <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicación, de la Realidad Virtual, Realidad Aumentada. 2. Aplicación, de Dron levantamiento del Terreno y Entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar sesiones ICE con el objetivo de acelerar el diseño mediante el involucramiento de los diversos actores. - Resolver más del 90% de observaciones en el modelo BIM y confirmar la constructibilidad del proyecto de las especialidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación Last Planner System. - Integración de modelos BIM en la fase de Planificación. - Simulación Modelo 4D.
Métricas de Producción / Factores Controlables / Metas		

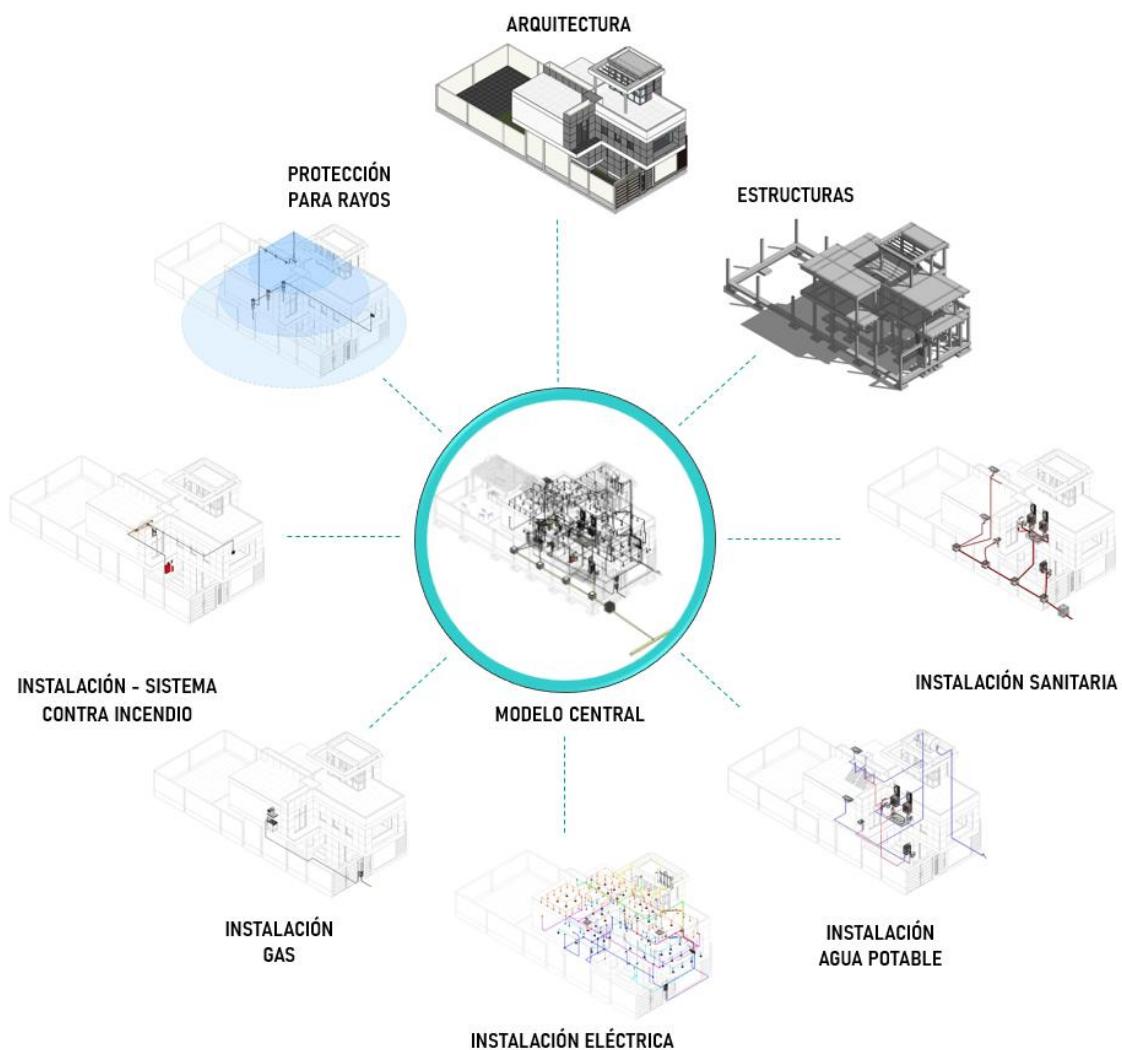
NOTA. *ELABORACIÓN PROPIA 2022.*

- **Integración de modelos BIM:**

Con la integración entre las tecnologías, es posible mejorar los datos de información como elemento central de todo el proceso, la gran cantidad de información contenida en un modelo BIM con el uso de herramientas será posible generar un Modelo central o federado, como la unión de diferentes modelos digitales especializados del proyecto (modelo estructural de la obra, instalaciones, arquitectura, mobiliario, etc.) y tienen la finalidad de proporcionar el completo modelo del proyecto para facilitar el intercambio de información, la coordinación entre las disciplinas involucradas.

Figura 4:

Muestra del Modelo Central y sus diferentes especialidades.

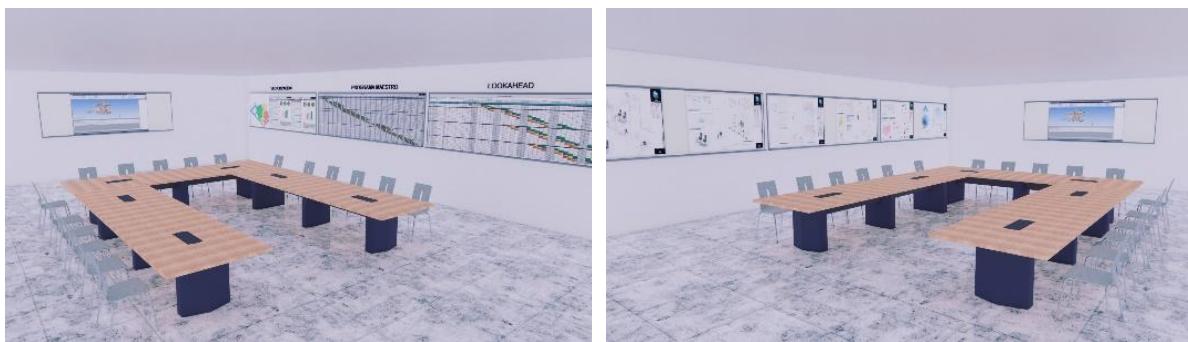


- **Sesiones ICE o Coordinación:**

Se propone la implementación de las sesiones ICE (Integrated Construction Engineering), la Ingeniería integrada concurrente, que consiste en la reunión de todos los involucrados en el proyecto, juntándolos ya establecida una agenda y con objetivos claros, estos, expondrán sus ideas, dudas, y se resolverán problemas e interferencias entre las especialidades, con esto se aumentará la productividad del proyecto durante el proceso de diseño y construcción, asimismo se mejora los flujos de comunicación, teniendo a todos los especialistas trabajando por un mismo objetivo, optimizando tiempo y recursos.

Figura 5:

Muestra de una posible configuración de la Sala Big Room para las sesiones ICE.



NOTA. *ELABORACIÓN PROPIA 2022.*

El Coordinador BIM, o también llamado BIM Manager, es el responsable de agendar las sesiones de trabajo ICE, y de convocar a los participantes, de realizar el seguimiento de lo pactado a través de actas, de contactar a los participantes, de generar las estadísticas de los resultados obtenidos y de gestionar el control de avance de la gestión.

Se debe contar con un espacio de trabajo para las reuniones ICE, este espacio debe contar con al área suficiente, y mobiliario adecuado para el desenvolvimiento correcto de la reunión, tendrá el equipamiento tecnológico necesario para visualizar y analizar el modelo en 3D, e interoperar con todas las especialidades al mismo tiempo.

- **Last Planner System:**

Cumple un papel importante debido a que permite tener un mejor control del proceso productivo de la obra del personal. Por ello, es importante planificar la sectorización bajo nuevos procesos de planificación.

Para lograr este objetivo, se debe incluir modelos 3D para la simulación 4D del modelo al momento de realizar la sectorización brinda un soporte visual y permite la detección de posibles incoherencias en los procesos constructivos.

Figura 6:

Implementación Lean Construction.



NOTA. *ELABORACIÓN PROPIA 2022.*

- Comparación con Estudios Previos:

En Estados Unidos y Reino Unido, el uso obligatorio de BIM y VDC ha generado impactos positivos en productividad. Bolivia aún se encuentra en fase inicial, aunque con avances lentos como la propuesta normativa APNB ISO 19650.

8. CONCLUSIONES

Los resultados confirman que el enfoque tradicional es ineficiente frente a metodologías integradas como VDC. La implementación de BIM y Lean genera mejoras cuantificables en costos, tiempo y calidad. Sin embargo, su aplicación requiere cambios organizacionales y normativo. A continuación, mencionas las conclusiones más importantes de este estudio:

- El uso de modelos BIM integrados permitió anticipar problemas de diseño y mejorar la coordinación entre especialidades, generando un flujo de información más transparente y trazable. Además, las sesiones ICE facilitaron la toma de decisiones colaborativas, reduciendo tiempos de revisión y validación, y generando mayor compromiso dentro el equipo de diseño.
- La implementación del Last Planner System en etapa de diseño fue clave para mejorar la planificación a corto plazo, logrando altos niveles de cumplimiento del plan (PPC) y una reducción efectiva del tiempo del anteproyecto, siendo el VDC una metodología viable y efectiva para la gestión del diseño en proyectos de construcción. Su implementación mejora la colaboración, reduce retrabajos y permite anticiparse a problemas futuros.
- Las métricas de gestión y desempeño aplicadas permitieron validar cuantitativamente los beneficios del modelo VDC propuesto, confirmando su potencial para ser replicado en otros proyectos similares del sector de la construcción.
- El modelo propuesto sienta las bases para una estrategia de implementación progresiva del VDC, orientada a la mejora continua, la integración tecnológica y la transformación de la cultura organizacional en la industria de la construcción boliviana ya que propone herramientas de gestión aplicables a proyectos públicos y privados, sentando las bases para una futura política pública en Bolivia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. (01 de Agosto de 2022). *Google*. Obtenido de
https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/7923/Almeida_cuarta_revolucion_industrial_industria_construccion.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Blasco Mira, J. E., & Pérez Turpín , J. A. (2007). *METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN EN LAS CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE: AMPLIANDO HORIZONTES209*. ESPAÑA.
- CABOCO. (2020). *DATOS ESTADISTICOS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION*.
- CABOCO. (2020). *Datos Estadísticos del Sector de la Construcción*. Obtenido de
<http://www.caboco.org/normativa/datos-estadisticos-del-sector-de-la-construccion>
- IBNORCA. (2021). *Norma Boliviana*.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2022). Diseño y Construcción Virtual. *Construction Management and, Construction Management and Economics*, 1–9.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2022). Diseño y Construcción Virtual. *Construction Management and, case Studies and Implementation Suggestions*, 14 (1), 1-53.
- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Fundación Laboral de la Construcción.
Obtenido de <http://www.juanfelipepons.com>
- Koskela, L, (1992). Application of the new production philosophy to construction, Technical Rep. No. 72, Center for Integrated Facilities Engineering, Stanford Univ., Stanford, California.
- Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM
- Pons Achell, J. F., & Rubio Pérez, I. (2014). *Lean Construcción y La Planificación Colaborativa Metodología del Last Planner System*. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
Obtenido de <http://www.juanfelipepons.com>
- Luis Morales 2020, LinkedIn, Founder, https://www.linkedin.com/posts/miquel-%C3%A1ngel-vichi-monterrosas_bim-activity-6942251512429469696-5JqE/?trk=public_profile_share_view&originalSubdomain=mx
- Rischmoller, L. (2014). Ingeniería y Gestión de la Construcción a través de Virtual Design and Construction.III Seminario Internacional Ingeniería Civil - UPC. Lima, Perú.
- Taboada, J., Alcántara, V., Lovera, D., Santos, R., & Diego, J. (2011). Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM.
- UC, B. a. (13 de Octubre de 2022). *Investigación Aplicada*. Obtenido de Bibliotecas Duoc UC:
<https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada#>