

# Verificación de prácticas de Virtual Design and Construction aplicables a la gerencia de proyectos del sector de la construcción

*Diego Beltrán Barragán*

Ingeniero Civil, Magíster en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos  
Profesional de Proyectos, Fondo de Financiamiento de Infraestructura Educativa FFIE  
diego.beltran@mail.escuelaing.edu.co

*Julián Andrés Lagos Leal*

Ingeniero Civil, Magíster en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos  
Monitor Graduado, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito  
Julian.lagos@mail.escuelaing.edu.co

*Edwin Sebastián García García*

Ingeniero de Sistemas, Magíster en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos  
DevOps Engineer, EPAM Systems  
Edwin.garcia-g@mail.escuelaing.edu.co

Revista **IDGIP**

ISSN 2619-1830 (en línea)

Volumen 5, N.º 1

Enero-diciembre de 2022,  
pp. 143-152

Recibido: 14/06/2022

Aceptado: 27/09/2022

Disponible en <http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/idgip>

**Resumen:** El presente artículo se desarrolla dentro del marco de la gerencia de proyectos a través de un perfil de investigación de Virtual Design and Construction (VDC), que consiste en el uso de modelos de desempeño multidisciplinarios integrados por proyectos de diseño y construcción que respaldan los objetivos de negocio de una organización. La creación de contenido que posibilite la integración o alineación de prácticas VDC con marcos de gerencia de proyectos permite aportar espacios de eficiencia y desarrollo, potenciando así a las organizaciones del sector de la construcción. Por medio de una revisión sistemática de bibliografía, estudio y análisis detallado de información, y el uso de herramientas de validación de contenido, se presenta un listado de prácticas VDC alineadas a la gerencia de proyectos, que se traducen como buenas prácticas en el contexto de la digitalización al ser aplicadas al desarrollo de proyectos de la industria de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC).

**Palabras claves:** Virtual Design and Construction; Gerencia de Proyectos; Sector construcción; Coeficiente de validez de contenido; Industria EAC; Building Information Modeling; Organización.

---

## Validation of Virtual Design and Construction Practices aligned to construction industry project management

**Abstract:** The present article is developed inside the project management framework using a Virtual Design and Construction (VDC) investigation profile. VDC is the use of multidisciplinary integrated performance models of design projects and construction that complements the organization business objectives. The creation of content that allows the integration of VDC practices with project management Frameworks, help in the generation of efficient and development spaces empowering in this way the construction organizations. Through a systematic review of the literature, study and detailed analysis of information, and the use of content validation tools, a list of VDC practices are showed aligned with the project management, those translated as good practices in the context of digitization when applied to the development of projects in the AEC industry (architecture, engineering and construction).

**Keywords:** Virtual Design and Construction; Project Management; Construction sector; Content validity coefficient, Industry EAC; Building Information Modeling; Organization.

## 1. INTRODUCCIÓN

El inicio del siglo XXI trajo consigo avances para la industria de la construcción en cuanto a los procesos desarrollados para la ejecución de proyectos que integran arquitectura e ingeniería (Paul, 2004). Hoy se reconoce que los procesos de planeación en la construcción han cambiado durante los últimos treinta años (Clayton, Kunz, & Fischer, 2019). Como ejemplo de ello, la mayoría de los trabajos que se desarrollaban con esfuerzo a través de documentos y planos físicos han sido cambiados por máquinas, equipos y *software* especializados. Esto ha contribuido a mejorar las condiciones productivas de las organizaciones del sector (Kam, Senaratna, McKinney, Xiao, & Song, 2016).

El auge de la tecnología VDC se atribuye a la gran aceptación de BIM alrededor del mundo. Quienes son parte de CIFE, centro de investigación que promueve la VDC, tienen claro que BIM se usa como una parte esencial de la nueva gestión de proyectos en el sector de la construcción (Khazode, Fischer, Reed, & Ballard, 2006). La tecnología VDC se introdujo en el 2001 través de la CIFE (Kunz J. , 2005). Envuelve de manera general no sólo la gestión del producto, es decir el proyecto, el resultado, el fin, sino el involucramiento e integración de los procesos y la organización (Kunz & Fischer, 2009). Se entiende como gestión de la tecnología para mejorar los resultados del proyecto y cumplir con los objetivos del negocio.

Según Fischer, director de la CIFE, la tecnología Virtual Design and Construction (VDC) consiste en el uso de modelos de desempeño multidisciplinarios integrados de proyectos de diseño y construcción para respaldar los objetivos de negocio de una organización. Estos modelos se describen como virtuales, ya que muestran las descripciones de los proyectos desarrollados por computadora (Kunz & Fischer, 2009).

Por lo anterior, se pretende realizar una revisión sistemática de bibliografía de las prácticas ofrecidas por VDC en proyectos relacionados con el sector de la construcción y, así mismo, llevar a cabo su respectiva validación con el fin de obtener un insumo para estudios que se propongan utilizar estas prácticas en proyectos orientados al sector de la construcción e igualmente validar su aplicabilidad en la industria.

## 2. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA BIBLIOGRAFÍA SOBRE VDC

La identificación de las prácticas de VDC se realiza a través de la revisión de bibliografía que tiene como objeto identificar, seleccionar y sintetizar la información recolectada. Dado que el VDC está diseñado estrictamente para la industria EAC, su aplicabilidad se da en el sector de la construcción. Para estructurar información de prácticas de VDC se indaga en artículos de instituciones pioneras e impulsoras de esta metodología.

La principal institución es la Universidad de Stanford, a través del CIFE; la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, primera en ofrecer cátedras de VDC a través de convenios directos con la Universidad de Stanford (Cabrera, 2016), y otras instituciones enmarcadas por la metodología Lean como el Group for Lean Construction (IGLC) y el Project Production Institute. El objeto de los once artículos seleccionados que se presentan en la tabla 1 obedece a guías, formas de implementación, ejemplos prácticos y de aplicabilidad de VDC.

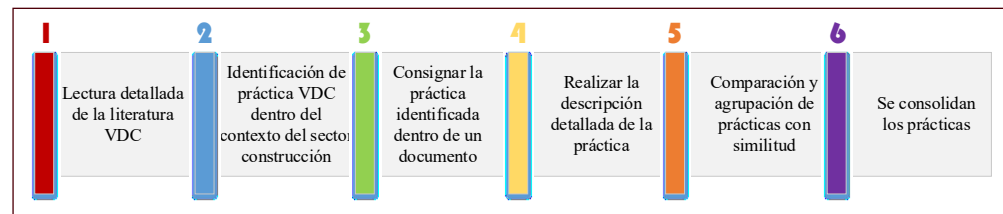
**Tabla 1**  
Revisión sistemática de bibliografía para identificar prácticas VDC

ID	Nombre	Autor	Año	Base conceptual	N.º Prácticas
1	Virtual Desing and Construction: themes, case studies and implementation suggestions	(Kunz & Fischer, 2012)	2012	Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) - Universidad de Stanford	64
2	Prospective validation of Virtual Design and Construction methods: framework, application, and implementation guidelines	(Ho, Fischer, & Kam, 2009)	2009	Center for Integrated Facility Engineering CIFE) - Universidad de Stanford	2
3	A guide to applying the principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the lean project delivery process	(Khanzode, Fischer, Reed, & Ballad, 2006)	2006	Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) - Universidad de Stanford	15
4	An integrated, Virtual Design and Construction and Lean (IVL) Method for Coordination of MEP	(Khanzode, 2010)	2010	Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) - Universidad de Stanford	14
5	The VDC scorecard: formulation and validation	(Kam, Senaratna, McKinney, Xiao, & Song, 2016)	2016	Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) - Universidad de Stanford	5
6	Propuesta de un método de integración basado en las herramientas de Integrated Project Delivery y Virtual Design and Construction para reducir el impacto de las incompatibilidades en la etapa de diseño de edificios residenciales de alto desempeño en Lima Metropolitana	(Bravo & Mendoza, 2019)	2019	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	5
7	Implementación del Virtual Design and Construction (VDC) en la etapa de planeamiento del proyecto Aloft para minimizar la cantidad de solicitudes de información (SI) y no conformidades (NC), en la etapa de ejecución	(Padilla & Quispe, 2017)	2017	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	6
8	Management and leadership education for civil engineers: teaching Virtual Design and Construction for Sustainability	(Kunz, Levitt, & Fisher, 2003)	2009	Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) - Universidad de Stanford	3
9	Application of integrated project delivery and Virtual Design and Construction to reduce the impact of incompatibilities in the design stage in residential buildings	(Bravo, Mendoza, & Ramirez, 2019)	2019	Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) - Universidad de Stanford Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	6
10	A comparison of Lean Construction with Project Production Manager	(Shenoy, 2017)	2017	Project Production Institute	2
11	Integration enabled by virtual design and construction as a tight deployment strategy	(Rischmoller, Reed, Khanzode, & Fischer, 2018)	2018	Group for Lean Construction (IGLC)	1
	Total de prácticas identificadas				123

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Identificación y selección de prácticas de VDC

Para la selección de las prácticas de VDC se lleva a cabo un análisis cualitativo de la información, partiendo de la identificación de prácticas expuestas dentro de la bibliografía. El proceso para definir dichas prácticas implica realizar una lectura detallada, consignar la práctica, establecer su definición, hacer una comparación con las prácticas ya identificadas para evitar que la información se repita y, finalmente, consolidar los datos obtenidos en una matriz (figura 1).

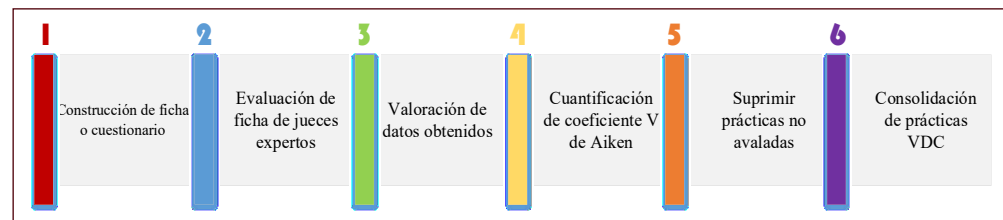


**Figura 1.** Proceso para el tratamiento, selección, y compilación de procesos identificados en bibliografía de prácticas VDC.

Para consolidar los datos de la investigación se extrae la siguiente información: práctica, nombre del artículo, autor, año, base conceptual y definición. De esta manera, se obtiene un universo de 123 prácticas.

#### 3.2 Verificación de prácticas de VDC

Una vez identificadas las 123 prácticas a través de la bibliografía, es necesario validar la información consolidada, lo cual se realiza a través del proceso mostrado en la figura 2.



**Figura 2.** Proceso para verificación de prácticas VDC.

Para la verificación de contenido se usa el coeficiente V de Aiken, que corresponde a un estudio de tipo descriptivo en el cual se cuantifica la validez. Los datos obtenidos provienen de la construcción de una ficha o cuestionario llamado “Cuestionario conocimiento de prácticas, procesos y conceptos del marco de trabajo Virtual Design and Construction”, que está compuesto por un total de 123 prácticas.

Para evaluar el contenido de este cuestionario se utiliza el procedimiento de juicio de expertos, en el que se selecciona un grupo de siete (7) jueces expertos en el tema, de acuerdo con el siguiente perfil: profesional en el área de la industria EAC,

con conocimiento y experiencia mínima de tres años dentro del marco de trabajo VDC o alguno de sus modelos afines, tales como BIM, PPM o ICE. A cada uno de ellos se les envía la ficha de validación de contenido y se les solicita una revisión de cada ítem teniendo en cuenta su definición, concepto, atributos o criterios que garanticen la pertinencia de cada práctica dentro de la gerencia de proyectos en el sector de la construcción. Cada uno de los jueces valora el ítem en términos de aprobación (sí) o rechazo (no).

Luego del análisis de los expertos, los datos obtenidos se valoran dentro de un documento de Excel. En este punto se utiliza el coeficiente V de Aiken. Éste se aplica como un método lógico de validez cuando se tiene opinión de expertos sobre la validez de un material evaluativo (Aiken, 1980); constituye, además, una técnica para cuantificar la validez de contenido o relevancia de un ítem respecto de un contenido evaluando N jueces (Chacón, Pérez-Gil, Holgado, & Lara, 2001). El coeficiente V de Aiken se asume para valoración dicotómica, es decir, valores de 0 o 1, donde 1 indica un perfecto acuerdo entre los expertos. La ecuación utilizada para el cálculo del coeficiente es:

$$V = \frac{S}{[n(c-1)]} \quad (1)$$

Donde:

S = la suma de sí. sí: valor asignado por el juez *i*.

n = número de jueces

c = número de valores de la escala de valoración (dos, 0 o 1).

Es necesario para el ítem en cuestión que el coeficiente de V de Aiken sea igual o mayor que 0,80; de esta manera se considera que la ficha evidencia validez de contenido respondiendo a un nivel de significancia  $p < 0,05$  (Robles, 2018). En otras palabras, para que el ítem sea aprobado se necesita que, de los siete jueces, seis o más estén de acuerdo en aprobarlo. En la tabla 2 se presenta el resumen del juez/experto/evaluador.

**Tabla 2**  
Resumen de información del juez/experto/evaluador

Resumen del juez/experto/evaluador			
N.º Juez	Nombre	Profesión	País
Juez 1	Estefanía Hernández Gutiérrez	Arquitecto	Colombia
Juez 2	Daniel Steven Diosdado Agudelo	Arquitecto	Colombia
Juez 3	Andrea Elizabeth Braúl Moreno	Ingeniero civil	Perú
Juez 4	Jason Araya Monge	Arquitecto	Costa Rica
Juez 5	Santiago Valdez Stuard	Ingeniero civil	Perú
Juez 6	Randy Ugarte Palma	Ingeniero civil	Costa Rica
Juez 7	Alejandro Palpan Flores	Ingeniero civil	Perú

Los datos personales de los expertos, así como las encuestas entregadas, se podrán consultar a través de una solicitud formal a los autores.

En el anexo 1, “Resultados de la cuantificación de validez de contenido, coeficiente V de Aiken para prácticas VDC”, se pueden observar los resultados de la cuantificación del coeficiente V de Aiken. Toda práctica con un valor inferior a 0,80 se elimina y no se tiene en cuenta.

Al considerar la anterior valoración del coeficiente V de Aiken, se descartan diez de las 123 prácticas de VDC, por lo cual se obtienen ciento trece 113 prácticas validadas y aprobadas por expertos.

#### 4. RESULTADOS

Una vez validadas y aprobadas las prácticas, se asigna una nueva nomenclatura y se presenta el listado que se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3**  
Matriz de prácticas validadas y aprobadas VDC

Resumen de prácticas validadas y aprobadas		
Orden	ID	Práctica
1	VDC-A1	Realizar reunión del inicio del proyecto
2	VDC-A2	Definir el vocabulario POP del proyecto
3	VDC-A3	Realizar reuniones de seguimiento-automatización
4	VDC-A4	Definir el cronograma o programa de actividades del proyecto
5	VDC-A5	Integrar disciplinas y especialidades en la etapa de diseño
6	VDC-A6	Desarrollar e interpretación de diseños virtuales (diseño asistido por computador, CAD)
7	VDC-A7	Recolectar información o solicitarla
8	VDC-A8	Definir el modelo del producto a través del diseño de elementos del proyecto de construcción
9	VDC-A9	Establecer el modelo de organización, entendido como los grupos organizativos o de la organización
10	VDC-A10	Determinar el modelo del proceso como actividades e hitos del proyecto
11	VDC-A11	Diseñar del modelo de construcción a través de Building Information Modeling (BIM)
12	VDC-A12	Revisar, validar y aprobar diseños
13	VDC-A13	Definir la función del proyecto, entendida como las especificaciones solicitadas por el cliente o los <i>stakeholders</i>
14	VDC-A14	Evaluar el comportamiento del proyecto
15	VDC-A15	Aplicar constructibilidad
16	VDC-A16	Utilizar de animaciones 4D
17	VDC-A17	Definir el nivel de diseño del modelo
18	VDC-A18	Construir un modelo POP
19	VDC-A19	Identificar los límites de cada comportamiento del proyecto
20	VDC-A20	Detallar y caracterizar el modelo POP
21	VDC-A21	Definir la WBS del proyecto
22	VDC-A22	Definir la PBS del proyecto
23	VDC-A23	Definir la OBS del proyecto
24	VDC-A24	Realizar y publicar informes de compromisos semanales
25	VDC-A25	Visualizar el diseño del producto, organización y proceso - <i>Visualization</i>
26	VDC-A26	Integrar el producto, la organización y los modelos de proceso - <i>Integration</i>
27	VDC-A27	Automatizar diseños de rutina y prefabricados - <i>Automation</i>

Resumen de prácticas validadas y aprobadas		
Orden	ID	Práctica
28	VDC-A28	Planificar sesiones ICE
29	VDC-A29	Estimar los costos del proyecto
30	VDC-A30	Diseñar, construir y operar instalaciones
31	VDC-A31	Elaborar diseño-construcción de AEC
32	VDC-A32	Planificar construcción
33	VDC-A33	Analizar diseños
34	VDC-A34	Vincular diseños
35	VDC-A35	Desarrollar la competencia para interpretar los modelos visuales
36	VDC-A36	Modelar y visualizar de manera rutinaria los elementos más costosos del producto, la organización y el proceso (POP)
37	VDC-A37	Justificar la inversión en herramientas, métodos y recursos humanos de VDC
38	VDC-A38	Aclarar los objetivos, valores, responsabilidades, diseños y expectativas del proyecto
39	VDC-A39	Desarrollar métodos automatizados en computadora para la gestión contractual
40	VDC-A40	Acordar los estándares de intercambio
41	VDC-A41	Compartir datos
42	VDC-A42	Automatizar diseño
43	VDC-A43	Definir atributos asociados como las responsabilidades del equipo de trabajo
44	VDC-A44	Definir los grupos que diseñan y construyen cada elemento físico definido
45	VDC-A45	Diseñar y construir los sistemas y componentes
46	VDC-A46	Evaluar el equipo de diseño
47	VDC-A47	Identificar los requisitos principales
48	VDC-A48	Crear funciones individuales (intención de diseño), forma/alcance (opciones de diseño) y comportamientos (parámetros)
49	VDC-A49	Analizar sistemas estructurales o sistemas mecánicos de diseño
50	VDC-A50	Optimizar cronograma
51	VDC-A51	Optimizar impactos del cronograma en las partes interesadas
52	VDC-A52	Modelar los componentes físicos del producto, los actores organizacionales y las actividades
53	VDC-A53	Establecer los requisitos funcionales
54	VDC-A54	Optimizar el plan o cronograma de construcción
55	VDC-A55	Crear un modelo computacional de la organización de un proyecto
56	VDC-A56	Documentar la organización
57	VDC-A57	Mitigar riesgos
58	VDC-A58	Analizar el impacto económico
59	VDC-A59	Identificar y gestionar los comportamientos financieros del proyecto
60	VDC-A60	Usar recursos de visualización de productos
61	VDC-A61	Utilizar recursos de visualización y modelado de productos y procesos
62	VDC-A62	Usar recursos de modelado organizativo y de procesos
63	VDC-A63	Usar recursos de colaboración <i>online</i>
64	VDC-A64	Usar técnicas para analizar la efectividad de las reuniones multiactor
65	VDC-A65	Implementar Iroom para el desarrollo del proyecto
66	VDC-A66	Usar e implementar marco Deepand
67	VDC-A67	Usar el enfoque de perspectiva
68	VDC-A68	Implementar el enfoque LPDS
69	VDC-A69	Analizar la secuencia de actividades laborales
70	VDC-A70	Utilizar modelos 3D <i>as-built</i> para administrar la instalación

Resumen de prácticas validadas y aprobadas		
Orden	ID	Práctica
71	VDC-A71	Ver y planificar la logística en 4D
72	VDC-A72	Preparar el trabajo coordinando diseños 3D
73	VDC-A73	Realizar trabajo de estructuración en 4D
74	VDC-A74	Usar el enfoque narrativo en el proyecto
75	VDC-A75	Establecer métricas para medición de eficiencia del desarrollo del proyecto
76	VDC-A76	Formar equipos de trabajo multidisciplinarios
77	VDC-A77	Formalizar la contratación del contratista general del proyecto
78	VDC-A78	Monitorear y controlar las métricas de rendimiento establecidas para el proyecto
79	VDC-A79	Desarrollar la logística técnica para coordinar las especialidades de construcción
80	VDC-A80	Definir modelo arquitectónico
81	VDC-A81	Definir modelo estructural
82	VDC-A82	Definir modelo mecánico
83	VDC-A83	Definir modelo eléctrico
84	VDC-A84	Definir modelo hidrosanitario
85	VDC-A85	Definir modelo de red contra incendios
86	VDC-A86	Operar y gestionar la coordinación de las especialidades en construcción
87	VDC-A87	Usar herramientas de detección de conflictos
88	VDC-A88	Usar sistemas de planificación y control de los proyectos
89	VDC-A89	Realizar tratamiento de la incertidumbre de los proyectos
90	VDC-A90	Validar la calidad
91	VDC-A91	Efectuar evaluación holística de cada fase del proyecto
92	VDC-A92	Llevar a cabo evaluación y cuantificación de información del proyecto
93	VDC-A93	Realizar estudio de factibilidad
94	VDC-A94	Definir el propósito
95	VDC-A95	Incluir <i>stakeholders</i>
96	VDC-A96	Utilizar práctica <i>set-based design</i>
97	VDC-A97	Realizar la gestión de riesgos analizada al inicio del proyecto
98	VDC-A98	Presentar reportes mensuales con el estado del proyecto al cliente o a la gerencia
99	VDC-A99	Realizar trabajo colaborativo
100	VDC-A100	Presentar simulaciones
101	VDC-A101	Realizar sesiones ICE
102	VDC-A102	Estimar costos del proyecto
103	VDC-A103	Usar herramientas integradas de análisis y diseño informático
104	VDC-A104	Realizar encuestas y recopilación de datos del proyecto
105	VDC-A105	Abordar las incompatibilidades en el diseño del producto
106	VDC-A106	Simular la complejidad de la implementación de los proyectos
107	VDC-A107	Realizar plan de comunicaciones
108	VDC-A108	Documentar lecciones aprendidas
109	VDC-A109	Anticipar necesidades
110	VDC-A110	Definir el alcance
111	VDC-A111	Utilizar los principios de Project Production Management (PPM)
112	VDC-A112	Usar métodos y gestión de ejecución de proyectos ajustados con sistema Last Planner
113	VDC-A113	Usar enfoque Project Production Management (PPM)



Se realiza la matriz de compilación de información y se presenta en el anexo 2: “Matriz de análisis de información validada y aprobada de la revisión sistemática de bibliografía orientada a buenas prácticas de Virtual Design and Construction”, la cual contiene las definiciones adoptadas de las fuentes estudiadas.

## 5. CONCLUSIONES

- En los once artículos seleccionados que obedecen a la aplicabilidad de VDC se logra identificar 123 prácticas y, a partir del coeficiente de validez de contenido V de Aiken, que recurre a la técnica de juicio de expertos, se logran suprimir diez de ellos y se obtiene un universo aprobado de 113 prácticas asociadas a la gestión de proyectos del sector de la construcción.
- La transformación de la información producida por la digitalización del mundo actual requiere que sectores de la industria, como la de la construcción, adopten nuevas metodologías y marcos de trabajo como VDC, que en una óptima asociación con la gerencia de proyectos contribuya con el desarrollo productivo de las organizaciones.
- Por lo anterior, se considera que este artículo y los resultados obtenidos constituyen un insumo primordial para la posible asociación de las prácticas que ofrece VDC en el sector de la construcción, junto con lo establecido por diversos estándares internacionales de la gerencia de proyectos en la industria de la construcción.
- El coeficiente V de Aiken es útil para analizar y evaluar la validez de contenido. Su método lógico de validez, cimentado en la técnica de opinión o juicio de expertos, permite garantizar resultados certeros. Con éstos y las lecciones aprendidas, se considera recomendar el coeficiente de V de Aiken para estudios que pretendan validar y usar información cualitativa.

## Recomendaciones

Para trabajos futuros, se recomienda que la bibliografía para identificar prácticas VDC sea mayor, y que ésta se enfoque en Project Production Management (PPM), uno de los pilares principales de VDC, pues permite controlar el sistema de producción al diseñar un producto o proceso, medir la capacidad del inventario o tener un control de la variabilidad de los proyectos, midiendo y controlando la efectividad de su implementación. Por esto resulta oportuno en la línea de conocimiento de la gerencia de proyectos.

## REFERENCIAS

- Aiken, L. (1980). *Content Validity and reliability of single items or questionnaire*. ResearchGate. Educational and Psychological.
- Bravo, A. J., & Mendoza, J. C. (2019). *Propuesta de un método de integración basado en las herramientas de Integrated Project Delivery y Virtual Design and Construction para reducir el impacto de las incompatibilidades en la etapa de diseño de edificios residenciales de alto desempeño en Lima*.
- Bravo, A., Mendoza, J., & Ramírez, H. (2019). *Application of integrated project delivery and virtual design and construction to reduce the impact of incompatibilities in the design stage in residential buildings*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- Cabrera, J. (2016, 14 de octubre). *Universidad ESAN*. <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2016/10/14/virtual-design-construction-vdc-nueva-era-construccion/>
- Chacón, S., Pérez-Gil, J., Holgado, F., & Lara, A. (2001, 4 de octubre). Evaluación de la calidad universitaria: validez de contenido. Universidad de Sevilla: <http://www.psicothema.com/pdf/451.pdf>.
- Clayton, M., Kunz, J., & Fischer, M. (2019). *Evaluación rápida del diseño conceptual mediante un modelo de producto virtual. Aplicaciones de ingeniería de la inteligencia artificial*. Elsevier Science Ltd.
- Ho, P., Fischer, M., & Kam, C. (2009, diciembre). *Prospective validation of virtual design and construction methods: framework, application, and implementation guidelines*. Center for Integrated Facility Engineering. <https://stacks.stanford.edu/file/druid:st246sw5809/WP123.pdf>
- Kam, C., Senaratna, D., McKinney, B., Xiao, Y., & Song, M. (2016, julio). *The VDC scordcard: formulation and validation*. Obtenido de Center for Integrated Facility Engineering: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:st-437wr3978/WP136.pdf>
- Khanzode. (2010). An Integrated, Virtual Design and Construction and Lean (IVL) Method for coordination of MEP. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE). Universidad de Stanford.
- Khanzode, A., Fischer, M., Reed, D., & Ballard, G. (2006, diciembre). *A guide to applying the principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process*. Center for Integrated Facility Engineering Stanford University. <https://stacks.stanford.edu/file/druid:bc980bz5582/WP093.pdf>
- Kunz, J. (2005). *Stanford Civil and Environmental Engineering*. Virtual Design and Construction Class CEE243: <https://web.stanford.edu/class/cee243/>
- Kunz, J., & Fischer, M. (2009). Diseño y construcción virtual: temas, casos de estudio y sugerencias de implementación. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Stanford.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2012). Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions, 1-2. Center for Integrated Facility Engineering (Cifem), Stanford University.
- Kunz, Levitt, & Fisher. (2003). Management and leadership education for civil engineers: teaching virtual design and construction for sustainability. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Universidad de Stanford.
- Padilla, N. E., & Quispe, K. (2017). *Implementación del Virtual Design and Construction (VDC) en la etapa de planeamiento del proyecto Aloft*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Paul, T. (2004). Disminución de la productividad laboral en la industria de la construcción: causas y remedios. *AEC Bytes*.
- Rischmoller, L., Reed, D., Khanzode, A., & Fischer, M. (2018). Integration enabled by virtual design and construction as a tight deployment strategy. Group for Lean Construction IGLC.
- Robles, B. (2018). Índice de validez de contenido: Coeficiente V de Aiken, 195-196. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Shenoy, R. (2017). *A comparison of lean construction with* . Project Production Institute.