



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN.**

**“IDENTIFICAR LOS IMPACTOS EN LOS INDICADORES CLAVE  
DE DESEMPEÑO (KPI) DENTRO DE LA INDUSTRIA AEC POR LA  
APLICACIÓN DE VDC”.**

**AUTOR.**

**MAYRA JACQUELINE PAILIACHO JÁCOME**

**DIRECTOR.**

**ING. ÓSCAR PAREDES**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Óscar Paredes, en mi calidad de Tutor de la Tesis, cuyo tema es: **“IDENTIFICAR LOS IMPACTOS EN LOS INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI) DENTRO DE LA INDUSTRIA AEC POR LA APLICACIÓN DE VDC”**: que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a la Srta. Mayra Jacqueline Pailiacho Jácome, para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su tesis.

Atentamente:



---

**Ing. Óscar Paredes.**  
**TUTOR DE TESIS**

## CALIFICACIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: IDENTIFICAR LOS IMPACTOS EN LOS INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI) DENTRO DE LA INDUSTRIA AEC POR LA APLICACIÓN DE VDC presentado por: MAYRA JACQUELINE PAILIACHO JÁCOME y dirigida por: ING. ÓSCAR PAREDES.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Ángel Paredes.

**Presidente del Tribunal**



Ing. Óscar Paredes.

**Miembro del Tribunal**



Ing. Marcelo Pumagualli.

**Miembro del Tribunal**



## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: MAYRA JACQUELINE PAILIACHO JÁCOME y al Director del Proyecto ING ÓSCAR PAREDES; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

---

**Mayra Pailiacho Jácome**



---

**Firma**

---

**Ing. Óscar Paredes**



---

**Firma**

## AGRADECIMIENTO

*Mis sinceros agradecimientos primero a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado. A mis padres y hermana por su apoyo incondicional, porque en gran parte gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta.*

*A la Universidad Nacional de Chimborazo y a los Docentes de la Facultad de Ingeniería por su esfuerzo y dedicación, porque con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación han logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. A la Pontificia Universidad Católica de Chile por la acogida y la ayuda brindada para el desarrollo de la investigación. Al Ing. Tito Castillo por abrir las puertas de un nuevo “mundo”, por las experiencias ganadas, recordadas y que jamás serán olvidadas.*

*Y por último me encantaría agradecerles a todas las personas que han formado parte de mi vida estudiantil que son muchas, por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en cada momento de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.*

**Mayrita**

## **DEDICATORIA**

*Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños mis PADRES, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.*

*A mi hermana JESSY, por ser tan especial y estar conmigo siempre, eres de las personas más importantes para mí. Te quiero!*

*¡ESTE LOGRO NO ES TAN SOLO MÍO,  
SINO DE CADA UNO DE USTÉDES!*

**Mayrita**

## ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	vi
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	x

## CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 GENERALIDADES .....	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.1. Objetivo General .....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
1.5 JUSTIFICATIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.6 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
<b>CAPÍTULO II</b> .....	7
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
2.1. FILOSOFÍA LEAN.....	7
2.1.1.Productividad.....	7
2.1.2.Producción Lean.....	8
2.1.3.Lean Construction .....	8
2.1.4.Aplicación de técnicas Lean en actividades de Construcción. ....	10
2.2.INDUSTRIA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN (AEC).....	15
2.2.1. Diagnóstico de la Situación Actual en la Industria AEC.....	15
2.2.2. Métodos de Entrega de los Proyectos .....	17
2.2.3. Procesos y Flujos de Información Actuales. ....	21
2.2.4. Flujos de Información en el Ciclo de Vida del Proyecto.....	22
2.2.5. Flujos de Información entre Actores del Proyecto .....	24
2.3 TECNOLOGÍA VIRTUAL VDC-BIM.....	26

2.3.1. Tecnologías de la Información.....	26
2.3.2. Oportunidades de las TI (Tecnologías de la Información) para mejorar los problemas de la industria.....	27
2.3.3. Evolución de la Tecnología: De Vectores a Objetos a Modelación Paramétrica... 30	
2.3.4. Concepto VDC-BIM .....	33
2.3.5. Metodología para modelaje BIM.....	34
2.3.6. Otros Conceptos de BIM .....	42
2.3.7. BIM como herramienta TI para la construcción.....	43
2.3.8. La sinergia LEAN – BIM. ....	44
2.4.KEY PERFORMANCE INDICADOR (KPI) .....	45
2.4.1. Definición y Características .....	45
2.4.2. Otro tipo de indicadores y la diferencia de los KPI .....	46
2.4.3. Cantidad de indicadores necesarios para el éxito. ....	47
2.4.4. Riesgos y desventajas.....	47
2.4.5. Guía para indicadores de Desempeño .....	47
2.4.6. Indicadores de Desempeño en la Industria de la Construcción.....	49
2.4.7. Indicadores Clave de Desempeño (KPI) afectados por el VDC-BIM.....	55
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>57</b>
3.1 METODOLOGÍA .....	57
3.2 TIPO DE ESTUDIO.....	57
3.3 POBLACIÓN MUESTRA.....	58
3.3.1. Población .....	58
3.3.2. Muestra.....	59
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. ....	60
3.4.1. Variable Independiente: .....	60
3.4.2. Variable Dependiente .....	61
3.5 PROCEDIMIENTOS .....	61
3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS .....	63
3.6.1 Antecedentes Generales de la Empresas .....	64
3.6.2 Análisis de Datos .....	66
3.6.2.1 Tecnología .....	67
3.6.2.2 Plazo-Costo .....	73

3.6.2.3	Calidad.....	79
3.6.2.4	Alcance del Proyecto.....	82
3.6.2.5	Salud y Seguridad .....	90
3.6.2.6	Indicadores de Negocios.....	92
3.6.3	Análisis de un proyecto .....	95
3.6.4	Otros proyectos con beneficios BIM.....	104
	<b>CAPÍTULO IV</b> .....	107
4.1.	RESULTADOS.....	107
	<b>CAPÍTULO V</b> .....	113
5.1	DISCUSIÓN .....	113
5.2	VALIDEZ EXTERNA.....	114
	<b>CAPÍTULO VI</b> .....	115
6.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	115
6.1.1.	Conclusiones.....	115
6.1.2.	Recomendaciones.....	116
	<b>CAPÍTULO VII</b> .....	119
7.1	PROPUESTA.....	119
7.1.1.	Título de la propuesta .....	119
7.1.2.	Introducción.....	119
7.1.3.	Objetivos .....	120
5.1.3.1.	Objetivo general .....	120
5.1.3.2.	Objetivos Específicos.....	120
5.1.4.	Fundamentación Científico –Técnica .....	121
5.1.4.1.	Construcción Sin Pérdidas (Lean Construction) .....	121
5.1.4.2.	Definición De TI .....	122
5.1.4.3.	VDC-BIM.....	123
5.1.4.4.	Indicadores Clave De Desempeño KPI.....	126
5.1.5.	Descripción de la Propuesta .....	127
5.1.6.	Consideraciones Económicas .....	132
5.1.7.	Organigrama General.....	133
5.1.8.	Monitoreo y Evaluación de la Propuesta .....	134
	<b>CAPÍTULO VIII</b> .....	135
8.1	BIBLIOGRAFÍA .....	135

8.2 PÁGINAS WEB .....	136
<b>CAPÍTULO IX</b> .....	137
9.1 APÉNDICES Y ANEXOS.....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1 Oportunidades de mejora con Tecnologías de la Información .....	28
TABLA 2. 2 Desafíos de implementación.....	30
TABLA 2. 3 Herramientas TI más influyentes en la construcción.....	44
TABLA 2. 4 Grupos e Indicadores Británicos Asociados. ....	50
TABLA 2. 5 Indicadores de eficiencia considerados por el CDT .....	51
TABLA 2. 6 Indicadores de eficiencia considerados por el Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Universidad Católica .....	53
TABLA 2. 7 Indicadores de eficiencia considerados por Grillo (1997) .....	54
TABLA 2. 8 Indicadores clave de desempeño afectados por VDC-BIM.....	56
TABLA 3.1 Empresas casos de estudio.....	59
TABLA 3.2 Operacionalización de la Variable Independiente .....	60
TABLA 3.3 Operacionalización de la Variable Dependiente.....	61
TABLA 3.4 Personal Calificado manejo VDC-BIM.....	67
TABLA 3.5 Experiencia en el uso del Sistema.....	68
TABLA 3.6 Detección de Posibles Interferencias.....	69
TABLA 3.7 Coordinación eficiente Diseñador-Constructor-Mandante.....	70
TABLA 3.8 Uso por especialistas de VDC-BIM. ....	71
TABLA 3.9 Problemas por compatibilidad de Hardware.....	72
TABLA 3.10 Control de Costos. ....	73
TABLA 3.11 Sistemas de Control de Costos. ....	74
TABLA 3.12 Costos con VDC-BIM menores a presupuestados.....	75
TABLA 3.13 Costos de implementación como obstáculo.....	76
TABLA 3.14 Plazos menores con VDC-BIM. ....	77
TABLA 3.15 Disminución en tiempos de Diseño y Construcción.....	78

TABLA 3.16 Disminución de NO conformidades. ....	79
TABLA 3.17 Costo de los reclamos afectado por VDC-BIM. ....	80
TABLA 3.18 Calidad de los Proyectos.....	81
TABLA 3.19 Mecanismos de modificación. ....	82
TABLA 3.20 Pronta respuesta en Cambios de Diseño. ....	83
TABLA 3.21 Tasa de Cambios en los Diseños.....	84
TABLA 3.22 Relación Cooperativa con los Diseñadores. ....	85
TABLA 3.23 Integración entre Diseño y Construcción.....	86
TABLA 3.24 Los cambios de diseño implican descenso en la productividad.....	87
TABLA 3.25 Uso de VDC-BIM permite soluciones oportunas. ....	88
TABLA 3.26 La implementación de VDC-BIM modifica el monto del proyecto. ....	89
TABLA 3.27 Prevención de Accidentes.....	90
TABLA 3.28 Reducción de tiempo perdido por accidentes. ....	91
TABLA 3.29 Efecto sobre el rendimiento. ....	92
TABLA 3.30 Resumen de Encuestas Formuladas.....	93
TABLA 3.31 Costos de Implementación VDC-BIM. ....	100
TABLA 3.32 Cantidad del tipo de Obra Extraordinaria. ....	100
TABLA 3.33 N° Extraordinarios previsible o con costo evitable .....	102
TABLA 3.34 Ahorro de costos con coordinación digital de especialidades .....	103
TABLA 3.35 Beneficios en etapa de Diseño de otros proyectos.....	106

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 2. 1 Problemas en General.....	17
ILUSTRACIÓN 2. 2 Decisiones clave para establecer una estrategia contractual .....	18
ILUSTRACIÓN 2. 3 Flujos de Información en el ciclo de vida de un proyecto.....	23
ILUSTRACIÓN 2. 4 Flujos de Información entre Actores .....	25
ILUSTRACIÓN 2. 5 Flujo de Información .....	29
ILUSTRACIÓN 2. 6 Componentes de la TI.....	29
ILUSTRACIÓN 2. 7 Evolución de la Tecnología.....	32
ILUSTRACIÓN 2. 8 El esquema BIM, representa la interacción y los sectores involucrados en la edificación. ....	34
ILUSTRACIÓN 2. 9 Ejemplo de diseño conceptual.....	35
ILUSTRACIÓN 2. 10 Arquitectura, predimensionamiento e instalaciones.....	36
ILUSTRACIÓN 2. 11 Análisis y diseño estructural.....	37
ILUSTRACIÓN 2. 12 Documentación.....	37
ILUSTRACIÓN 2. 13 Prefabricado.....	38
ILUSTRACIÓN 2. 14 Construcción 4D.....	39
ILUSTRACIÓN 2. 15 Ubicación de elementos.....	40
ILUSTRACIÓN 2. 16 Operación y mantenimiento. ....	41
ILUSTRACIÓN 2. 17 Ampliación.....	41
ILUSTRACIÓN 3.1 Personal Calificado manejo VDC-BIM.....	67
ILUSTRACIÓN 3.2 Experiencia en el uso del Sistema. ....	68
ILUSTRACIÓN 3.3 Detección de Posibles Interferencias.....	69
ILUSTRACIÓN 3.4 Coordinación eficiente Diseñador-Constructor-Mandante.....	70
ILUSTRACIÓN 3.5 Uso por especialistas de VDC-BIM. ....	71
ILUSTRACIÓN 3.6 Problemas por compatibilidad de Hardware. ....	72
ILUSTRACIÓN 3.7 Control de Costos. ....	73

ILUSTRACIÓN 3.8 Sistemas de Control de Costos. ....	74
ILUSTRACIÓN 3.9 Costos con VDC-BIM menores a presupuestados. ....	75
ILUSTRACIÓN 3.10 Costos de implementación como obstáculo. ....	76
ILUSTRACIÓN 3.11 Plazos menores con VDC-BIM.....	77
ILUSTRACIÓN 3.12 Disminución en tiempos de Diseño y Construcción.....	78
ILUSTRACIÓN 3.13 Disminución de NO conformidades. ....	79
ILUSTRACIÓN 3.14 Costo de los reclamos afectado por VDC-BIM.....	80
ILUSTRACIÓN 3.15 Calidad de los Proyectos. ....	81
ILUSTRACIÓN 3.16 Mecanismos de modificación.....	82
ILUSTRACIÓN 3.17 Pronta respuesta en Cambios de Diseño.....	83
ILUSTRACIÓN 3.18 Tasa de Cambios en los Diseños. ....	84
ILUSTRACIÓN 3.19 Relación Cooperativa con los Diseñadores. ....	85
ILUSTRACIÓN 3.20 Integración entre Diseño y Construcción. ....	86
ILUSTRACIÓN 3.21 Los cambios de diseño implican descenso en la productividad. ...	87
ILUSTRACIÓN 3.22 Uso de VDC-BIM permite soluciones oportunas.....	88
ILUSTRACIÓN 3.23 La implementación de VDC-BIM modifica el monto del proyecto. .....	89
ILUSTRACIÓN 3.24 Prevención de Accidentes.....	90
ILUSTRACIÓN 3.25 Reducción de tiempo perdido por accidentes.....	91
ILUSTRACIÓN 3.26 Efecto sobre el rendimiento.....	92
ILUSTRACIÓN 3.27 Distribución del tipo de Obra Extraordinaria en Proyecto. ....	101
ILUSTRACIÓN 3.28 N° de Extraordinarios que se podrían evitar con BIM.....	103

## RESUMEN

En la actualidad, el uso de Tecnologías de Información, principalmente de modelos digitales VDC-BIM, está ganando participación a nivel mundial, y el país no ha sido ajeno a estos avances, estos cambios nos dan la oportunidad de migrar de prácticas centradas en trabajo manual a prácticas automatizadas más potentes y modernas. Sin embargo no se ha podido cuantificar el valor de la aplicación de VDC-BIM en todo el ciclo de vida de un proyecto. Esta investigación se centró en la identificación de los impactos en los indicadores clave de desempeño KPI, y la frecuencia percibida en los diferentes usos de VDC-BIM, los mismos que se adoptaron después de una revisión bibliográfica y discusión con expertos en el tema a través de una encuesta aplicada a distintas empresas constructoras que utilizan tecnología virtual. Los resultados de la encuesta indican que los impactos son percibidos como beneficiosos, los mismos que fueron corroborados con un estudio de caso, aunque en la actualidad las tecnologías se estén utilizando en cierta medida en los proyectos, y aún no se puede dar un seguimiento más profundo debido a la complejidad en la separación de muchos otros factores que influyen en el éxito del mismo. Esta investigación nos permite ver la importancia de la implementación de tecnologías virtuales VDC-BIM en la industria AEC, y que en la provincia de Chimborazo no han sido aplicadas, es por eso que este estudio sugiere la introducción y desarrollo de la tecnología VDC-BIM en la provincia con la capacitación a los futuros profesionales en la construcción de la UNACH, sobre estos avances tecnológicos y para que sean parte de la nueva filosofía LEAN.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CENTRO DE IDIOMAS**



**Lic. Geovanny Armas**

**24 de marzo de 2014**

**SUMMARY**

At present, the use of information technologies, mainly VDC-BIM digital models, are gaining global participation, and Ecuador has not been out of these breakthroughs, these changes give us the opportunity to migrate from manual work centered practices to more powerful and modern automated practices. However it has not been possible to quantify the value of implementing the VDC-BIM application throughout the lifecycle of a project. This research was focused on identifying the impacts on KPI key performance indicators, and the frequency perceived in the different uses of VDC-BIM, which were adopted after a bibliographic review and discussions with experts in the area through a survey applied to many construction companies using virtual technology. The results of the survey indicate that the impacts are perceived as beneficial, they were supported with a case study, although at present, technologies are being used to some extent in projects, and still it is not possible to provide a deeper follow-up because of complexity in the separation of many other factors influencing its success. This research allows us to see the importance of the implementation of VDC-BIM virtual technologies in the AEC industry, which have not been applied in the province of Chimborazo, for this reason this study suggests the introduction and development of the VDC-BIM technology in this province with the training to future professionals in building from UNACH about these technological advances, so that they become a part of the LEAN new philosophy.



## **CAPÍTULO I**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La forma en que se desarrolla un proyecto de construcción durante sus distintas etapas ha ido sufriendo cambios a lo largo de los años, y dado el aumento tanto de la magnitud como de la complejidad de estos, ha sido necesario mejorar la gestión, intercomunicación entre especialistas, y sobre todo una buena planificación y control entre todas las áreas involucradas de este proceso, para contrarrestar un problema muy común y arraigado en la práctica de construcción, como son las incompatibilidades, interferencias y la falta de constructabilidad en los documentos de diseño e ingeniería (llámese así al conjunto de planos contractuales y sus respectivas especificaciones) y que por medio de entrevistas con ingenieros dedicados a la construcción con amplia trayectoria, se llegó a la conclusión que el problema siempre ha existido y que prácticamente lo hemos adoptado como parte de la actividad de construir en nuestro país.

Sin embargo, indagando la literatura se encontró que estos mismos problemas se habían presentado en países como Chile (Alarcón y Mardones, 1998), Australia (Tilley, 1997), Arabia Saudita (Mostafa, 2007), inclusive en Japón (Andi y Minato, 2002) a pesar de su notable avance tecnológico, pero que a diferencia del Ecuador esos países ya contaban con investigaciones al respecto y propuestas de solución adaptadas a su cultura y formas de gestionar los proyectos de construcción.

En ese sentido, se decidió percibir el problema directamente para ello fue necesario el involucramiento con empresas constructoras, allí se pudo investigar acerca de las causas que originan los problemas y corroborar que la planificación convencional no es suficiente para obtener mejores resultados, por lo que es necesaria la utilización de nuevas tecnologías y herramientas que ayuden en este aspecto.

El VDC (Virtual Design and Construction) – BIM (Building Information Modeling), es una de las herramientas de la Tecnología de la Información más influyentes, que permiten mejorar los tradicionales procesos de construcción. Para ello la literatura encontrada proporciono información importante, pero por lo general fue muy conceptual, fuera de contexto y de nuestra realidad. Por ello se decidió experimentar directamente con el uso de estas tecnologías, lo cual permitió estudiar sus aplicaciones, su verdadero impacto en los indicadores clave de desempeño (KPI's), utilizados para supervisar y controlar el rendimiento de las industrias de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC), los cuales nos ayudan alcanzar los objetivos fijados.

Para finalmente evaluar su aplicabilidad y buscar la manera en que estas herramientas puedan ser implementadas en la provincia de Chimborazo mediante una correcta metodología para lograr cambios beneficiosos.

## **1.2 GENERALIDADES**

VDC-BIM es una tecnología innovadora que facilita la comunicación entre los actores del proceso constructivo (arquitectos, ingenieros, constructores y usuarios), permitiendo crear y utilizar información coordinada y coherente sobre un proyecto, información con la que se pueden visualizar los diseños en su contexto, analizar el comportamiento estructural en situaciones reales y tomar decisiones sobre el diseño en fases más tempranas del proceso.

Si se promueve la práctica generalizada del uso del BIM mediante el enfoque de la Construcción sin Pérdidas (Lean Construction), los alcances futuros pueden facilitar aún más la industrialización de los procesos de construcción, ya que es una nueva filosofía, que introducen varios principios que buscan agregar el máximo valor al producto final, mediante la eliminación de pérdidas (actividades que no agregan valor) y el mejoramiento continuo a lo largo de todo el proyecto.

Una pérdida se refiere a cualquier actividad humana que absorbe recursos, pero que no crea valor.

Por ejemplo: retrasos por secuencias incorrectas, trabajo rehecho o redundante, número de errores u omisiones de diseño, cantidad de órdenes de cambio, exceso de materiales, etc. En resumen, la Construcción sin Pérdidas se centra en:

- *Reducción o eliminación de pérdidas:* actividades que no agregan valor (esperas, controles, movimientos, etc.)
- *Optimización de procesos principales:* actividades que agregan valor (hormigonado, albañilería, estructura, etc.).
- *Logística:* tanto de recursos (Proveedores – cliente externo) como de terreno (Cuadrillas – cliente interno).

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

“El explosivo avance tecnológico que ha presenciado el mundo en los últimos años ha empezado a impactar, de forma dramática, la ejecución de proyectos en la industria de la construcción.”(L. F. Alarcón 2012)

El Modelado de Información para la Edificación/Construcción o BIM por su sigla en inglés (BuildingInformationModeling) es la mayor implementación y cambio que se ha hecho, como un importante ejemplo de lo antes mencionado tenemos el VDC (Virtual Design and Construction) “que se trata del uso de un entorno virtual que permite una interacción de múltiples actores en tiempo real para compartir información y tomar mejores decisiones durante sus distintas etapas de desarrollo.”(L. F. Alarcón, Planificar Bien Ahorra Costos 2010).

Es un proceso en que se genera y principalmente administra una base de datos centralizada, una modelación de la obra con información que facilita y optimiza la manera de crear el proyecto.

En nuestro país este tipo de forma de trabajo está dando sus primeros pasos ya que está en estudio, en algunos casos se ha tomado la determinación de cambiarla

hacia una metodología con VDC-BIM generalmente cuando se han ido desarrollando proyectos de complejidad cada vez mayor, sin embargo se va encontrando con nuevos desafíos para una efectiva implementación.

La razón principal es que se desconoce los resultados, no se sabe si hacerlo es una decisión estratégica con el afán de mejorar el desempeño de la empresa en base a una mejora de planificación no tienen costos elevados en varios aspectos, motivo por el cual se produce un freno en la inclusión de estas opciones en las empresas de ingeniería.

Por este motivo, es que se plantea investigar con detenimiento la manera cómo impacta el implementar VDC-BIM mediante los indicadores clave de desempeño (KPI's), utilizados para supervisar y controlar el rendimiento de las industrias de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC), los cuales nos ayudan alcanzar los objetivos fijados tanto cualitativos como cuantitativos, el conocer los resultados nos permitirá establecer una correcta metodología para lograr cambios beneficiosos en nuestro entorno implementando VDC-BIM, entendiendo que no solo es el uso de un software sino un cambio cultural.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo General**

Identificar los impactos obtenidos por el uso de los modelos VDC-BIM en los indicadores clave de desempeño (KPI) dentro de la industria AEC.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Recopilar y analizar la información existente sobre el VDC-BIM y su implementación, así como también de los KPI'S utilizados en la AEC.
- Identificar los KPI'S más representativos para la investigación.
- Diseñar una entrevista para realizar la obtención de datos de campo en empresas y observar los métodos de planificación.

- Levantar la información de campo en las empresas asignadas.
- Analizar y sintetizar los resultados obtenidos tanto en el campo como de la información de documentos.
- Elaborar el informe final de identificación de los impactos en los KPI'S al implementar el VDC-BIM pudiendo sugerir estrategias y recomendaciones para su introducción en la provincia de Chimborazo.

## **1.5 JUSTIFICATIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

- Deficiente interacción entre las etapas diseño-construcción al aplicar el modelo tradicional de desarrollo de entrega de proyectos Diseño/Licitación/Construcción.
- Deficiente proceso de colaboración, comunicación e integración entre los especialistas encargados del diseño e ingeniería en la elaboración de los documentos para la construcción (planos y especificaciones técnicas) durante la etapa de diseño.
- Presencia de incompatibilidades e interferencias en los documentos contractuales de diseño entre las distintas disciplinas o especialidades del proyecto, las cuales se detectan y corrigen en plena construcción de la obra, en la etapa menos indicada donde todo cambio, debido a estos problemas, tiene un mayor impacto en el costo y plazo de entrega.
- El contratista está condicionado a asumir el liderazgo para revisar y rectificar las deficiencias en los documentos contractuales de diseño en plena construcción, sacrificando tiempo-esfuerzo que le podría dedicar a la realización de actividades exclusivamente de producción, planificación, calidad y seguridad.
- Ausencia de una metodología estructurada y planificada que permita mantener un control para compatibilizar e integrar los documentos contractuales de diseño antes de llegar a la etapa de construcción.
- Proyectos de construcción cada vez más complejos que requieren un enfoque distinto de gestión de la información usando tecnologías y herramientas más eficaces.

- Debido a que en Ecuador apenas está en estudio la implementación de estas nuevas tecnologías VDC-BIM, la investigación se llevó a cabo en Santiago de Chile donde desde el año 2000 GEPUC (Centro de Excelencia en la Gestión de la Producción) empezó a involucrarse con su utilización, lo que nos permitirá aportar con información de valor para futuros estudios.

## **1.6 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se limitará al estudio de los impactos que produce el implementar tecnología virtual VDC-BIM en los distintos KPI'S (Tecnología, Plazo, Costos, Calidad, Alcance del Proyecto, Salud y Seguridad, Indicadores de Negocios) de la industria AEC.

Se cuenta con bibliografía para el presente trabajo al igual que con la colaboración de las empresas asignadas para el estudio.

Con los datos recopilados en esta investigación podremos determinar si es o no beneficioso el utilizar tecnologías virtuales, y si lo es plantear una metodología como alternativa para implementar y desarrollar VDC-BIM en la provincia de Chimborazo.

## **CAPÍTULO II**

### **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1. FILOSOFÍA LEAN**

##### **2.1.1. Productividad**

La productividad es una relación entre la cantidad producida y los recursos empleados.

Sin embargo, “La productividad no se puede concebir sin que exista un alto estándar de calidad, es decir la productividad involucra eficiencia y efectividad”. (Serpell, 2002).

En la construcción existen diferentes clases de productividad de acuerdo con el tipo de recurso utilizado, así:

- Productividad de los materiales.
- Productividad de la mano de obra.
- Productividad de la maquinaria y/o equipos.

Los cuales al interactuar representan la productividad de la construcción.

En la construcción se han detectado diferentes factores que afectan la productividad, los cuales generalmente recaen sobre la falta de información o incomprensión de lo que el cliente realmente está esperando, la coordinación entre

los diseñadores, contratistas y contratante, la planeación y el control de la planeación.

La productividad tiende a aumentar cuando los procesos son repetitivos y el tiempo empleado para la realización de los mismos disminuye, lo anterior se debe al fenómeno del aprendizaje y generación de conocimiento.

### **2.1.2. Producción Lean**

El sistema de producción Lean fue desarrollado en Toyota por el ingeniero Ohno después de la Segunda Guerra Mundial, con el propósito de eliminar los desperdicios.

El sistema de producción de Toyota se enfocó en producir los automóviles de acuerdo con los requerimientos de los clientes, entregarlos en el tiempo justo y sin mantener inventarios para la producción. La idea básica del sistema de producción de Toyota es la eliminación de los inventarios y cualquier otro desperdicio, a través de un lote pequeño de producción, tiempos reducidos de alistamiento, máquinas de producción semiautónomas y alianzas estratégicas con los proveedores.

Desperdicio fue definido como, la falla en cumplir con los requerimientos del cliente, no entregar el producto a tiempo o tener un inventario improductivo, es decir un inventario que no esté en proceso.

Por lo tanto, en la producción Lean es fundamental la coordinación entre la línea de producción y las cadenas de suministro (proveedores) para entregar el producto en el momento justo, cumpliendo los requerimientos del cliente y sin inventario.

### **2.1.3. Lean Construction**

Lean Construction tiene como raíces al Lean Production y la primera persona en introducir estos conocimientos en el ámbito de la construcción fue Koskela en su

tesis de doctorado “Application of the New Production Philosophy to Construction” en 1992.

Koskela demostró que al igual que en la industria manufacturera el proceso de conversión es la base del funcionamiento de la construcción. El control en la construcción apunta a contrastar cada actividad individualmente contra un presupuesto, y en caso se encuentren deficiencias en costo o tiempo de las actividades se busca mejorarlas individualmente creyendo que así mejorará el proyecto en conjunto; sin embargo se ignora que dichas actividades se interrelacionan por flujos de materiales, mano de obra e información y que éstos esconden desperdicios que afectarán el desempeño del proyecto. Asimismo, cuando se diseña un proyecto no se hace considerando el proceso constructivo, es decir no se toma en cuenta las restricciones que puedan existir en las fases posteriores del proyecto lo que trae como consecuencia retrabajo y cambios de órdenes.

El punto de partida para mejorar la construcción es cambiar la manera de pensar. Koskela sugiere que la información y los flujos de materiales así como el flujo de trabajo tanto en el diseño como en la construcción deben ser medidos en función de sus desperdicios y del valor que agregan. Asimismo, señala que a pesar de las peculiaridades de la construcción, los principios y técnicas de esta nueva filosofía, pueden ser aplicados en mejorar los flujos en la construcción.

En 1997 Glen Ballard y Greg Howell fundaron el Lean Construction Institute (LCI) o Instituto de Construcción Lean cuyo propósito es reformar la gerencia de producción en el diseño, ingeniería y construcción de proyectos.

Lean Construction desarrolló, en el año 2000, a partir de investigaciones el Lean Project Delivery System (LPDS) o Sistema de Entrega de Proyectos Lean.

#### **2.1.4. Aplicación de técnicas Lean en actividades de Construcción.**

“Lean Construction” sugiere la práctica de algunos principios que pretenden mejorar la productividad durante las diferentes actividades constructivas ejecutadas a lo largo de la obra. Estas prácticas se pueden aplicar tanto a las actividades en estudio como a aquellas que representan cierta importancia y variabilidad durante la ejecución de un proyecto que por sus condiciones particulares ameriten un control específico.

Es importante tener en cuenta algunos de los principios básicos de “Lean Construction” como una herramienta para mejorar los procesos, estos principios son:

- Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor.
- Incremento del valor del producto.
- Reducción de la variabilidad.
- Reducción del tiempo de ciclo.
- Simplificación de procesos.
- Incremento de la flexibilidad de la producción.
- Transparencia del proceso.
- Enfoque del control al proceso completo.
- Mejoramiento continuo del proceso.
- Balance del mejoramiento del flujo con mejoramiento de conversión.
- Referenciación (Benchmarking).

#### **Reducción de las actividades que no generan valor agregado (perdidas).**

Esta práctica se puede realizar mediante la elaboración de diagramas de flujo de las actividades constructivas claves o más representativas que se ejecutaran durante la ejecución de la obra, analizarlas y posteriormente evaluarla. Una vez identificadas las diferentes falencias se debe hacer el reentrenamiento del personal vinculado a la actividad con el fin de implementar las mejoras propuestas y continuar con este ejercicio en busca de la optimización de los procesos.

### **Incremento del valor del producto.**

Se entiende que a lo largo de la línea de producción o construcción en este caso, existen dos tipos de clientes, el cliente inmediato y el cliente final, los cuales deben ser definidos para cada actividad constructiva.

No solamente basta con la identificación del cliente inmediato en cada proceso sino que se hace necesario identificar cuáles son los requerimientos de este para recibir su producto e iniciar su labor.

Entonces, se quiere decir que los actores en los diferentes procesos deben conocer tanto las especificaciones de las actividades constructivas que van a desarrollar como aquellas requeridas para la ejecución del proceso siguiente.

En la medida que se tenga implementada esta práctica, es factible que durante las planificaciones intermedias o periódicas se identifiquen las necesidades para la ejecución de cada actividad, lo cual nos permite su desarrollo considerando los aspectos críticos que posteriormente puedan ocasionar pérdidas de tiempo o recursos.

### **Reducción de la variabilidad.**

La variabilidad es el fenómeno causado por las modificaciones dadas a la planificación inicial establecida para la ejecución de la obra, entonces, si se elimina la variabilidad se deduce que el sistema de planificación es confiable.

Generalmente, la variabilidad puede estar asociada a factores como modificaciones del producto entregado al cliente, el tiempo necesario para la ejecución de una actividad, entre otras; es decir, por ejemplo, se espera recibir un producto con determinadas especificaciones y recibe uno con alguna modificación o en un tiempo diferente al esperado.

### **Reducción del tiempo de ciclo.**

Además de la calidad y el valor, el tiempo de ciclo es una de las maneras más utilizadas para medir la duración de ejecución de una actividad, ya que se

determina el tiempo necesario para realizar determinadas actividades en un escenario estimativo.

Dentro de la filosofía Lean Construction se pretende comprimir los tiempos de ciclo estimados para la ejecución de las diferentes actividades, así como reducir el tiempo estimado para inspecciones, movimientos o transporte, esperas y otros, produciendo ventajas como verificación de actividades que pueden pasar de ejecución secuencial a ejecución paralelo, lo cual nos permite perfeccionar nuestro sistema de planificación, cumplir con los tiempos acordados, mejoras de la logística interna, etc.

Para el caso de la reducción del tiempo de ciclo en la actividad de inspección en campo, en el mercado existen dispositivos electrónicos con programas informáticos aptos para la toma de información y registro inmediato de los diferentes aspectos a verificar o controlar, por ejemplo avance de obra, inventario, control de personal, etc.

### **Simplificación de procesos.**

Dentro de la actividad de la construcción, la simplificación de los procesos se puede entender como la eliminación de prácticas que no generen valor agregado al producto, para lo cual se deben considerar aspectos como la reducción del número de procesos dentro del flujo de materiales o información, estandarización de actividades, materiales y herramientas, utilización de productos de fácil accesibilidad y transporte, etc.

### **Incremento de la flexibilidad de la producción.**

Corresponde a la identificación de posibles sucesos dentro de las actividades constructivas, con el fin de establecer planes de contingencia que nos permitan realizar otras actividades mientras se supera alguna eventualidad que se presente, con el fin de evitar que el ritmo de avance del proyecto disminuya o en el peor de los casos se detenga.

### **Transparencia del proceso.**

Consiste en la implementación de estrategias de divulgación de cronogramas de obra, ciertos planos y especificaciones, capítulos principales de actividades, participantes del proyecto, etc., al personal de la obra, con el fin de disminuir la propensión al error por deficiencia de información o direccionamiento, incrementar la motivación a proponer mejoras y aumentar la visibilidad de errores. Así mismo, permite incorporar mecanismos para que las personas reconozcan a través de un lenguaje visual las normas aplicables al proyecto, facilitando la comprensión de las mismas, y en algunos casos ofrecerle al personal criterios para establecer rangos de aceptación de los productos y procesos. A través de esta herramienta, se facilita el control y el mejoramiento continuo de la obra.

Esta técnica es extensible a la socialización que se debe hacer con la comunidad con el fin de generar un ambiente de acercamiento y receptividad entre la obra y los habitantes vecinos.

### **Enfoque del control al proceso completo.**

En el proyecto debe establecerse una unidad jerárquica a través de la cual se canalicen todos los requerimientos del cliente de los diferentes frentes de trabajo con el fin de unificarlas, organizarlas y analizarlas para crear los controles a tener en cuenta durante su ejecución. Es decir, crear un mecanismo de visualización y control global de la obra sin perder de vista a su vez la visualización y el control en cada una de las actividades constructivas que la conforman.

### **Mejoramiento continuo del proceso.**

Consiste en la identificación y la comprensión de los procesos inherentes a determinado proyecto con el fin de establecer y aplicar mecanismos de medición de la productividad que sea posible realizar un análisis del comportamiento de la misma para retroalimentar cada uno de los procesos y generar mejoras. Ese ejercicio debe constituirse en una práctica permanente dentro de las

organizaciones con el fin de optimizar las actividades constructivas que tienen lugar en la obra y favorecer el crecimiento de la organización.

### **Balance del mejoramiento del flujo con mejoramiento de conversión.**

En construcción de obras el flujo es considerado como el tiempo de espera y transporte de materiales que se presenten dentro de la misma, mientras que las conversiones corresponden a las transformaciones de los materiales para generar un producto a lo largo de la cadena de producción o ejecución de la obra.

Entonces, mediante la implementación de esta técnica se propone realizar un mejoramiento continuo, con el fin de optimizar los procesos de la obra mediante la eliminación de flujos innecesarios y armonizarlos con la conversión del producto para que funcionen como un todo.

### **Referenciación (Benchmarking).**

La técnica del benchmarking (Boxwell, 1996) propone el estudio y conocimiento de los procesos y subprocesos internos de la organización, con el fin de identificar sus fortalezas y debilidades y compararlas con los competidores líderes del sector. Una vez realizado el análisis comparativo se procede a copiar, modificar o incorporar en los procesos internos las mejores prácticas de los competidores, todo esto enmarcado dentro de una competencia sana que propenda al mejoramiento continuo de las empresas del sector.

### **Último Planificador “LastPlanner”.**

Bajo el contexto de Lean Construction han emergido herramientas de planificación que contribuyen a la reducción de las pérdidas a lo largo de la ejecución de las diferentes actividades constructivas. Tal vez el sistema más reconocido y utilizado fue creado por Ballard y Howell, el cual fue denominado el último planificador “LastPlannerSystem”.

En este sistema se definen las unidades de producción y el control de las actividades mediante la asignación de labores. Adicionalmente, a través del sistema se pueden determinar los problemas desde su origen, permitiéndonos

tomar los correctivos necesarios a tiempo, traduciéndose en incremento de la productividad.

Dentro de los principios de “Lean Construction” se hace referencia a la implementación de una figura denominada Último Planificador – LastPlanner la cual tiene como finalidad el incremento de la confiabilidad mediante la reducción o eliminación de la incertidumbre generada por el proyecto a causa de las posibles situaciones que se pueden presentar debido a la particularidad de la obra.

Con el fin de lograr lo anterior, cada organización debe estructurar un plan de acción general que sirva como directriz para la ejecución de la obra, pero adicionalmente es conveniente realizar planificaciones intermedias o periódicas que permitan identificar las restricciones que se puedan presentar y tomar las acciones necesarias de manera proactiva, lo cual finalmente permite la ejecución de las labores programadas sin contratiempo, incrementando la productividad.

Sumado a lo anterior, los participantes en las reuniones de planificación periódica se fijan las metas a cumplir durante el periodo siguiente, las cuales se controlan mediante el Porcentaje de Asignaciones Completadas “PAC” que es la cantidad de acciones realizadas dividido en la cantidad de acciones programadas, por lo tanto, le permite al sistema LastPlanner comparar lo programado con lo verdaderamente ejecutado, convirtiéndose en un sistema confiable con información actualizada.

## **2.2. INDUSTRIA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN (AEC)**

### **2.2.1. Diagnóstico de la Situación Actual en la Industria AEC**

Dado que los proyectos de construcción son a menudo grandes y complejos, el planificar, diseñar, construir y operarlos requiere de muchas personas especializadas. La necesidad de eficiencia y productividad por parte de

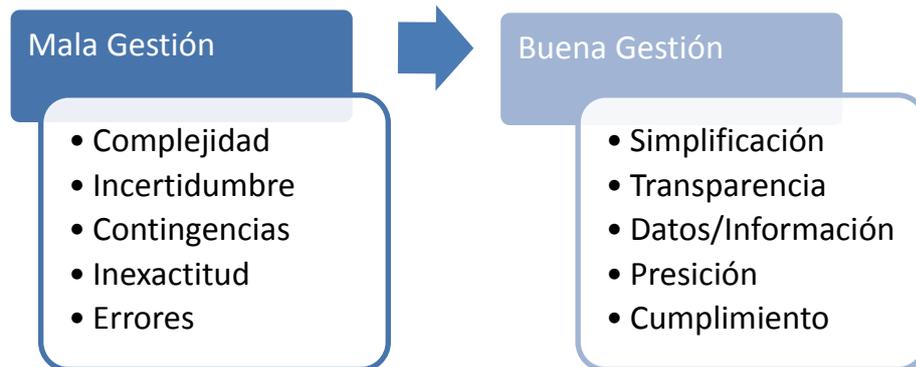
mandantes, diseñadores y contratistas es vital para obtener mejoras económicas en sus respectivos campos, eficiencia y productividad que cada vez están siendo más amenazadas a medida que las edificaciones y procesos de negocios se vuelven más complejos.

En general, la gran mayoría de las industrias se caracteriza por producir a una alta calidad, costos de servicio razonables y entregas en forma oportuna, mientras que la industria de la construcción se caracteriza por todo lo contrario. Lo anterior se debe principalmente a tres factores:

1. *La naturaleza de los proyectos:* Involucran muchos participantes, de distintas capacidades e intereses y muchas veces en conflicto. Están afectos a riesgos e incertidumbre. Muchas decisiones se basan solo en la experiencia.
2. *Las características de la industria:* Sumamente fragmentada con muchas especialidades participando, poca inversión en Investigación y Desarrollo Tecnológico, lenta para adoptar nuevas tecnologías.
3. *Los retos que afronta:* Normas cada vez más restrictivas (principalmente ambientales y en seguridad). Presencia constante de nuevos materiales, nuevas técnicas de trabajo y nuevas tecnologías. Presupuestos cada vez más limitados, tiempos más restringidos y con demandas de calidad mayores. Falta de recursos capacitados.

Con estos factores, en general, los problemas que enfrenta la industria son los siguientes: complejidad, incertidumbre, información poco confiable para la toma de decisiones, imprevistos difíciles de controlar, contingencias difíciles de predecir y poca precisión de la información emanada. Problemas que llevan a errores y pérdidas, generando un aumento de costos, de plazos y una disminución de la calidad del producto entregado. Por ejemplo, en EEUU pérdidas por ineficiencias, errores y atrasos representan alrededor de U\$200 mil millones de los U\$650 millones gastados en construcción cada año (Technology s.f.).

La idea de una buena gestión es simplificar los proyectos, aumentar los esfuerzos para darle mayor transparencia a los procesos, apoyarse en herramientas computacionales para almacenar información confiable, precisa y oportuna de tal forma de dar cumplimiento a los requerimientos del cliente.

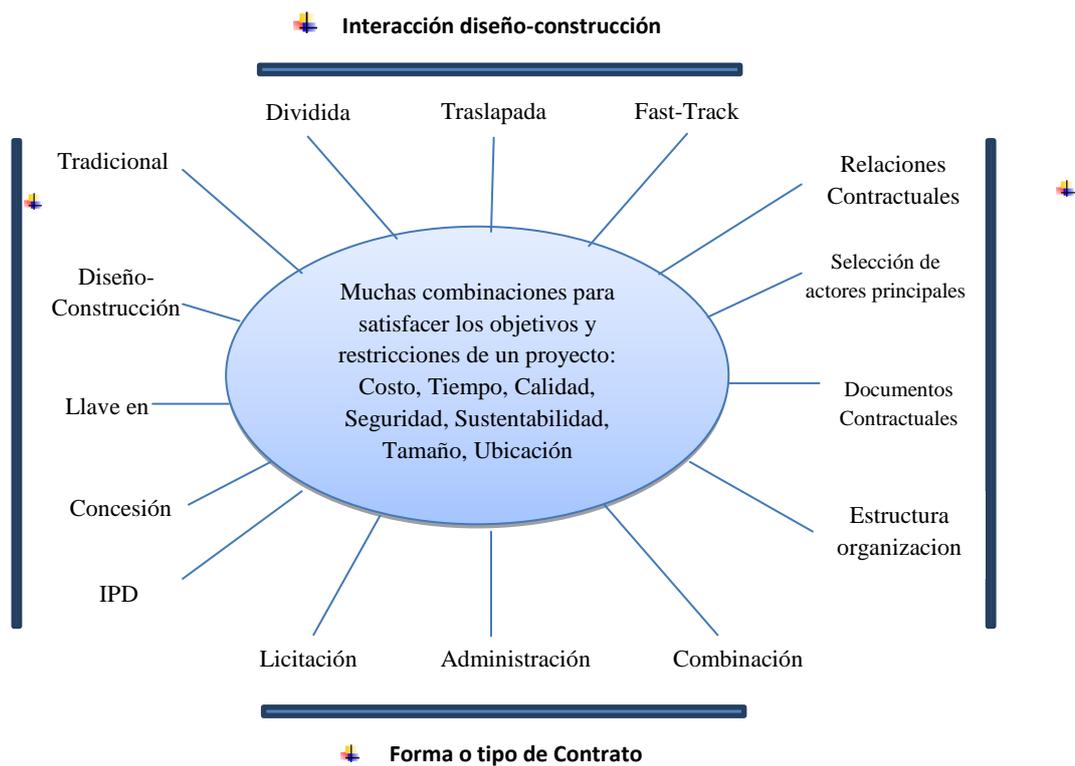


**ILUSTRACIÓN 2. 1 Problemas en General**

**Fuente: Corporación de Desarrollo Tecnológico de Chile**

### **2.2.2. Métodos de Entrega de los Proyectos**

Durante la etapa inicial de un proyecto, un asunto vital que enfrenta el dueño del mismo es decidir la estrategia contractual que mejor se adecua a los objetivos del proyecto. El desarrollo de la estrategia contractual implica una evaluación completa de opciones disponibles para la administración del diseño y de la construcción del proyecto, para maximizar la probabilidad de lograr los objetivos definidos.



**ILUSTRACIÓN 2. 2Decisiones clave para establecer una estrategia contractual**

**Fuente: Corporación de Desarrollo Tecnológico de Chile**

El Método de Entrega (“**DeliveryMethod**”) se refiere a la forma en que los distintos actores interactúan y se relacionan en cada una de las fases del proyecto. En general, hay cinco tipos, aunque existen variaciones de estos, dependiendo del contexto del proyecto (tipo, envergadura, riesgo, etc.) y de la cultura de trabajo donde se esté ejecutando este. Los principales métodos de entrega son Diseño-Licitación-Construcción, Diseño-Construcción, Llave en mano, Concesiones y Entrega Integrada del Proyecto.

**a. Diseño - Licitación - Construcción (Tradicional)**

En general, el cliente (mandante) contrata a un arquitecto, quien desarrolla una serie de requerimientos y establece los objetivos del diseño del proyecto a través

de una serie de fases: diseño esquemático, desarrollo del diseño y documentos contractuales.

Los documentos finales deben completar las especificaciones y satisfacer las normas gubernamentales. El arquitecto luego contrata a consultoras para apoyar el diseño estructural, mecánico, sanitario y de todas las especialidades necesarias. Estos diseños son plasmados en dibujos (plantas, elevaciones, visualizaciones 3D), los cuales deben ser **coordinados** para reflejar todos los cambios a medida que sean identificados. La serie final de dibujos/planos y especificaciones (técnicas, administrativas, etc.) debe contener suficiente detalle para realizar la licitación de la construcción.

El siguiente paso es el de obtener propuestas de contratistas generales (empresa encargada de gestionar la construcción). A cada contratista se le debe enviar la serie de planos y especificaciones que luego son utilizados para estimar las cantidades, definir las partidas y realizar la serie de precios unitarios que determinarán el monto del contrato. El contratista “vencedor” es usualmente aquel que cumpla los requerimientos técnicos y ofrezca el menor precio (en general es así, pero pueden haber otros criterios que escoja el mandante). Antes de que el trabajo pueda comenzar, es necesario redibujar algunos planos para reflejar de mejor forma el proceso de construcción y las fases de trabajo. En proyectos industriales principalmente, los subcontratistas y fabricantes pueden producir sus propios dibujos para reflejar los detalles exactos de ciertos ítems (ej. unidades de hormigón prefabricado, conexiones de acero, trazado de tuberías, etc.).

Usualmente, durante la fase de construcción, numerosos cambios son hechos al diseño como resultado de errores y omisiones no conocidas, condiciones de terreno no anticipadas, cambios en la disponibilidad de materiales, preguntas respecto al diseño (RDI), nuevos requerimientos del cliente y nuevas tecnologías. Esta necesidad debe ser resuelta por el equipo del proyecto.

Para cada cambio, un procedimiento es requerido para determinar la causa, asignar responsabilidades, evaluar el tiempo y la implicancia en los costos, y determinar cómo el problema será resuelto. Este procedimiento involucra generalmente un requerimiento de información (RDI), que debe ser respondido por el arquitecto u otra especialidad. Luego, una orden de cambio es establecida y todos los participantes que son impactados por el cambio son notificados acerca del cambio realizado, el cual es comunicado junto con lo que es necesario modificar en los planos involucrados. Estos cambios y resoluciones frecuentemente conllevan a disputas legales, añaden costos y retrasos.

La fase final es poner en servicio la edificación, que toma lugar después de que la construcción es terminada. Esto involucra probar los sistemas (calefacción, aire acondicionado, electricidad, detectores de fuego, etc.) para asegurarse de que estos trabajen apropiadamente. Los planos que reflejen los cambios hechos y que representan en la realidad lo que se construyó (planos as-built) son entregados al mandante junto con todos los manuales del equipamiento instalado.

Dado que toda la información suministrada al mandante es transmitida en 2D (en papel), este debe poner un esfuerzo considerable para entregar toda la información necesaria al equipo que operará la infraestructura. El proceso toma bastante tiempo, es costoso, propenso a errores y se mantiene como una significativa barrera de operación.

Como resultado de estos problemas, el enfoque tradicional no es la forma más expedita y eficiente para diseñar y construir un proyecto.

## **b. Diseño – Construcción**

Este método de entrega fue desarrollado para consolidar la responsabilidad del diseño y la construcción en una entidad contractual singular y para simplificar las tareas administrativas del mandante. En este modelo, el mandante contrata directamente al equipo de diseño-construcción (DB en sus siglas al inglés) para

desarrollar el diseño esquemático y un programa de construcción bien definido. El contratista “DB” luego estima el costo total y el tiempo necesario para construir la edificación. Después de que todas las modificaciones requeridas por el mandante son implementadas, el plan es aprobado y la estimación final del costo del proyecto es establecido. Este método permite hacer las modificaciones de diseño en etapas tempranas, lo que es importante destacar dado que los recursos y el tiempo necesario para gestionar cambios de diseño en etapas posteriores es reducido considerablemente.

El contratista DB establece relaciones contractuales con diseñadores especialistas y subcontratistas como este estime necesario. Luego de este punto, la construcción comienza y cualquier cambio en el diseño (bajo ciertos límites predefinidos) es responsabilidad del contratista DB. Lo mismo para el caso de errores y omisiones. No es necesario que los planos detallados de construcción estén completados para todas las partes del edificio antes del comienzo de la construcción (en general hay un traslape entre la etapa de diseño y construcción).

Como resultado de estas simplificaciones, la edificación es típicamente terminada en forma más rápida, con menos complicaciones legales y a un reducido costo total. Por otro lado, existe una menor flexibilidad para el mandante en hacer cambios luego de que el diseño inicial es aprobado y el monto del contrato es establecido.

### **2.2.3. Procesos y Flujos de Información Actuales.**

En un escenario cada vez más complejo, dinámico e interactivo, como viene siendo el de los proyectos de construcción, los administradores de obra y gerentes de proyecto están siendo obligados constantemente a acelerar la toma de decisiones. Por lo tanto, “La información se observa como uno de los recursos más importantes para contribuir en la toma de decisiones administrativas y para mejorar la ventaja competitiva de las organizaciones que llevan a cabo proyectos de este tipo” (Carrilo P.,2004).

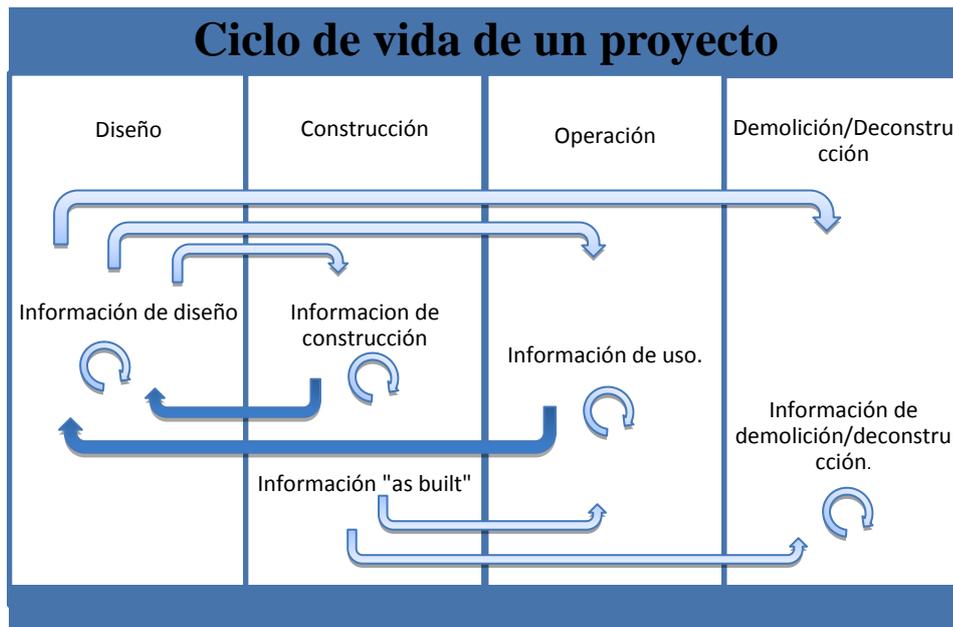
La industria de la construcción es un lugar de trabajo que está dominado por la heurística. “Empresas de construcción y su personal llevan a cabo sus tareas de gestión basados en experiencias pasadas, en lugar de establecer enfoques analíticos” (Maqsood T., Finegan A., Walker D., 2006). No hay una estrategia única para manejar los problemas de gestión planteados. Una de las más eficaces y potentes herramientas para fortalecer la competitividad industrial es a través de la identificación sistemática de las mejores prácticas de utilización y distribución de la información.

La información es un recurso que normalmente está fluyendo de una etapa a otra y entre disciplinas. Una buena gestión de la información significa optimizar los tiempos en los procesos que ocurren entre los participantes del proyecto y entre las etapas de este.

Normalmente los profesionales de la construcción dedican buena parte de su tiempo en la búsqueda de información, restando tiempo efectivo a labores dedicadas al trabajo productivo (“más del 50% del tiempo de los ingenieros es gastado buscando documentos” - Rischmoller, L.). Una buena gestión de la información ayuda a reducir este porcentaje de tiempo haciendo más productivo el trabajo de los profesionales.

#### **2.2.4. Flujos de Información en el Ciclo de Vida del Proyecto.**

En cada etapa del proyecto se produce y utiliza información, que a la vez se remite o trasmite a las otras etapas. Existen distintas formas en que la información es transferida, dependiendo del tipo, complejidad y envergadura del proyecto, del contexto en que esté (según riesgos y objetivos se definirá el tipo de entrega y de contrato), entre otras.



**ILUSTRACIÓN 2. 3Flujos de Información en el ciclo de vida de un proyecto**

**Fuente: Claudio Mourgues, 2009.**

Por ejemplo para un proyecto de construcción de una Edificación en Altura, la información que generalmente se transmite/remite durante el ciclo de vida del proyecto es la siguiente:

- En la etapa de diseño el ingeniero de procesos u otro especialista capacitado interpreta las necesidades y objetivos del cliente, plasmándolas en adecuados espacios y formas, definiendo los elementos que se utilizarán junto con la posición y forma de estos.

Luego, las distintas especialidades se involucran para determinar el tipo de material estructural a utilizar, perfil de las vigas metálicas, el sistema de tuberías y ductos a utilizar, etc. (Información de Diseño) datos que se plasman en planos y especificaciones que luego se transmiten a la etapa de construcción, a la de operación (en el caso que se quiera hacer el mantenimiento de algún ducto por ejemplo) o a la de demolición.

- En la etapa de construcción al cliente le interesa información de la duración y del costo real de la obra, de la calidad de la infraestructura, de las especificaciones de los equipos instalados, etc. (Información de Construcción).

Por otro lado, los planos “as-built” es información que se transmite a las etapas de operación y de demolición, los requerimientos o solicitudes de aclaración (RDI) es información que se trasmite a diseñadores, etc.

- En la etapa de operación se necesita información de, por ejemplo: modificaciones de diseño que se hayan hecho a la estructura en etapa de construcción, instrumentación de la edificación definida en la etapa de diseño (muy importante por ejemplo en “edificios inteligentes”), etc. y se genera información de la operación y el mantenimiento de la instalación (Información de Uso).
- En la etapa de demolición/deconstrucción (es un concepto relativamente nuevo que tiene que ver con la reutilización de los materiales de la obra construida, en vez de demoler) se necesita información de los cambios hechos, si se construyó con material prefabricado (para una posible reutilización), de las cantidades de obra (para evaluar el costo en el transporte de los desechos), calidad del material utilizado y el diseño estructural de la infraestructura (para evaluar la necesidad de utilizar explosivos y de qué tipo), etc.

### **2.2.5. Flujos de Información entre Actores del Proyecto**

Las relaciones y vínculos entre los distintos actores, y por ende los procesos y flujos de información entre estos, también dependerán del tipo de proyecto y de la estrategia contractual definida por el mandante. Los participantes (directos e indirectos) en un proyecto de construcción son el cliente, diseñadores: arquitecto, calculista y especialidades de eléctrica, mecánica, agua, alcantarillado,

climatización, gas, físico de la construcción y otras, fabricantes, proveedores, constructores (contratista general y subcontratistas), inspección, usuarios y entidades externas (instituciones financieras, reguladoras y normativas), y la comunidad en general.



**ILUSTRACIÓN 2. 4**Flujos de Información entre Actores

**Fuente:** Claudio Mourgues, 2009.

El mandante crea y desarrolla un proyecto en función de las necesidades de los usuarios (información del mercado). Luego, le comunica estos requerimientos a los diseñadores (arquitectos, ingenieros) quienes elaboran planos y especificaciones que son transferidos al contratista general quien construye el proyecto en base a estas especificaciones, y el cual interactúa además con proveedores, fabricantes y subcontratistas.

Por otro lado, el mandante contrata a un Fiscalizador o ITO (Inspección Técnica de Obra) quien controla y supervisa la construcción de tal forma que cumplan los requerimientos de calidad establecidos por el mandante (apoyado por diseñadores).

El gobierno (o una agencia privada) define normativas (o estándares) que deben cumplir los distintos participantes. Por ejemplo para un Proyecto Habitacional:

- Mandante: altura y superficie máxima a construir, permisos municipales para el inicio de los trabajos, etc.
- Diseñadores: normas sísmicas, de aislación térmica, acústica, etc.
- Constructores: emisión de partículas y ruido generado (más del mínimo permitido implica multas), horarios de trabajo (trabajos nocturnos requiere de permisos), etc.

Por último, la comunidad puede establecer ciertas restricciones al mandante en un proyecto, en particular en aquellos de gran impacto ambiental y social

## **2.3 TECNOLOGÍA VIRTUAL VDC-BIM**

### **2.3.1. Tecnologías de la Información**

A las Tecnologías de la Información (TI) se les identifica como el conjunto de conocimientos referidos a la producción, distribución, almacenamiento, recuperación y utilización de la información. En general, las TI son asociadas al uso de computadores (Hardware) y de programas computacionales (Software) que vendrían a ser sólo parte de las herramientas que componen a las TI.

Existen tres elementos importantes de las TI: Personas, Procesos y Herramientas. Al implementar una TI en una organización, el problema no radica en estos elementos, sino que en las relaciones, vínculos e interacciones existentes entre estos. Por ejemplo: ¿Existe aceptación por parte de las personas de las herramientas disponibles de esta tecnología?, ¿Se tiene el conocimiento de estas herramientas?, ¿Hubo un rediseño de los procesos?, ¿Se tiene el conocimiento de estos nuevos procesos de trabajo?, ¿Se adecuaron los aspectos organizacionales para tratar la inherente resistencia al cambio de las personas?, etc. El principal objetivo corporativo que buscan las TI es mantener una posición competitiva de

bajos costos y en el caso particular de la industria de la construcción, es acercar a cada uno de los actores que participan en el proyecto, integrando sus procesos y compartiendo información que mejorará las retroalimentaciones desarrolladas.

### **2.3.2. Oportunidades de las TI (Tecnologías de la Información) para mejorar los problemas de la industria**

Las oportunidades para elevar los niveles de productividad en la industria AEC, aún no han sido aprovechadas. El diagnóstico elaborado muestra los grandes problemas que padecen los proyectos de construcción. En ese sentido, la explosión de las TI se presenta como una poderosa herramienta, que puede contribuir de manera decisiva al despegue de la industria. Sin embargo, este aprovechamiento tiene que ir acompañado de una estrategia de implementación que permita aprovechar al máximo su verdadero potencial.

Actividades clave como el diseño y la planificación, que tienen una incidencia directa y decisiva sobre la construcción, pueden ser ampliamente mejoradas con la incorporación de nuevas herramientas de TI como los modelos BIM.

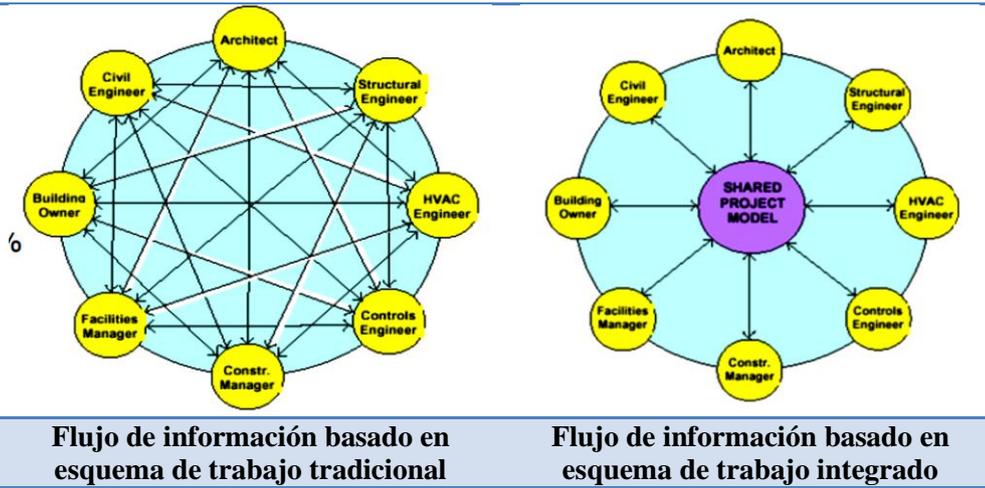
La aplicación de TI se muestra como el paso natural a seguir en las industrias y sectores que desean obtener competitividades de clase mundial. Las oportunidades de mejorar los procesos en la industria de la construcción mediante la implementación de TI se resumen en la siguiente tabla:

**TABLA 2. 1 Oportunidades de mejora con Tecnologías de la Información**

Dimensión	Valor		
	Eficiencia	Efectividad	Estratégico
<b>Tiempo</b>	Acelera tareas del usuario	Elimina flotamiento de información	Establece servicio al cliente en forma oportuna
<b>Distancia</b>	Mejora escala para mirar con Perspectiva.	Presenta puerta única de acceso	Alcanza presencia global
<b>Relaciones</b>	Altera rol de intermediarios	Permite hacer micro marketing para mirar detalles	Crea dependencia de los Usuarios
<b>Interacción</b>	Hace uso de retroalimentación del usuario	El usuario controla el nivel de detalle.	Comunidad en línea
<b>Producto</b>	Automatiza tareas usando agentes de software	Proporciona herramientas de apoyo a decisiones en línea	Combina información, productos y servicios
<b>Información</b>	Almacenamiento y manejo de grandes volúmenes	Identificaciones de patrones "ocultos"	Prever situaciones y necesidades

**Fuente: Leonardo Rischmoller, 2002.**

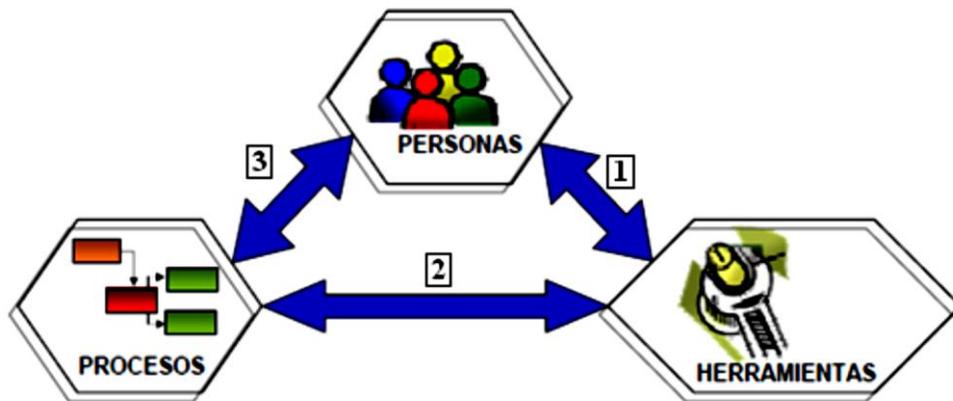
El objetivo principal de la mayoría de las aplicaciones de TI es acercar a cada uno de los integrantes de las diversas etapas del proyecto, colaborando y compartiendo información. “Un modelo central de información puede reducir considerablemente los flujos de información entre actores del proyecto. En la figura 2.5 la misma información es ingresada en promedio 7 veces en diferentes sistemas.” (Rischmoller, L.).



**ILUSTRACIÓN 2. 5**Flujo de Información

Fuente: Leonardo Rischmoller, 2002.

Las TI no han sido adoptadas masivamente por la industria de la construcción y el problema no radica en los componentes (personas, procesos y herramientas) si no que en los vínculos, relación, interacción e integración de estos.



**ILUSTRACIÓN 2. 6**Componentes de la TI

Fuente: Leonardo Rischmoller, 2002.

¿Cuáles son estos problemas?

1. **Herramientas – Personas:** Conocimiento, Capacitación, Disponibilidad de la Información, Aceptación de las personas, Evaluación e incorporación de costos.
2. **Herramientas – Procesos:** Rediseño de Procesos ¿Se tiene el conocimiento?, Integración de ingeniería de computación y construcción, Manejo de la información (flujos, documentos).
3. **Procesos – Personas:** Integración, Diseño colaborativo, Gestión, Estructura organizacional, Resistencia al cambio.

La idea es identificar estos desafíos y gestionarlos de tal forma de implementar correctamente la tecnología en la Empresa.

**TABLA 2. 2Desafíos de implementación**

Desafíos de Implementación	Elementos de una buena implementación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de procesos de trabajo.</li> <li>• Cambio cultural y regulatorio.</li> <li>• Falta de mano de obra capacitada.</li> <li>• Interoperabilidad.</li> <li>• Rigidez de los sistemas.</li> <li>• Beneficios poco claros, costos.</li> <li>• Poca disposición a compartir información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo de la administración superior.</li> <li>• Objetivos claros.</li> <li>• Plan del proceso de implementación incorporando los 3 elementos de las TI.</li> <li>• Identificación y organización de la información.</li> <li>• Indicadores clave de desempeño.</li> <li>• Clara identificación y manejo de roles: costos, beneficios, riesgos, derechos y responsabilidades</li> </ul>

Fuente: Leonardo Rischmoller, 2002.

### **2.3.3. Evolución de la Tecnología: De Vectores a Objetos a Modelación Paramétrica.**

En su momento, la inclusión de las tecnologías CAD fue un avance sustancial y positivo para la industria. Pasar de dibujar planos “a mano” a generarlos con herramientas computacionales tenían variadas ventajas: permitir dibujar y actualizar planos en forma digital y más rápida, programar y hacer rutinas de

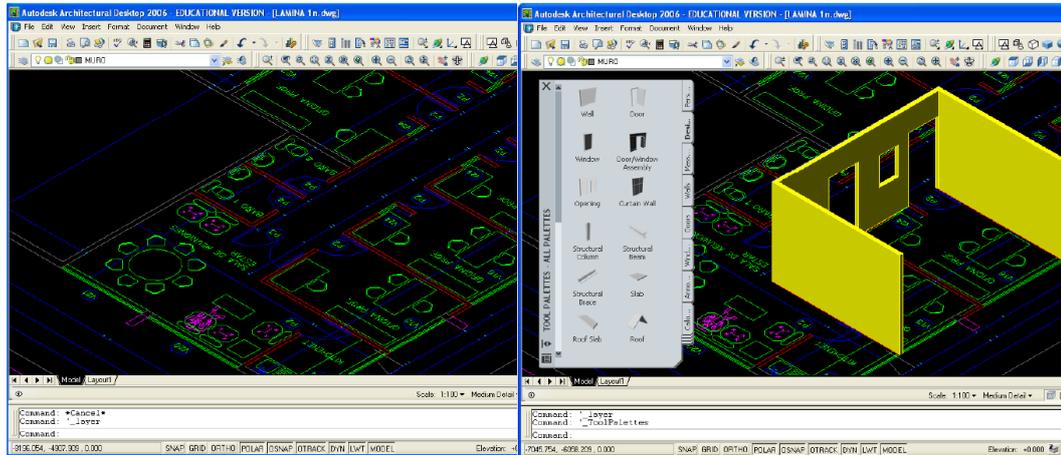
automatización para acelerar los procesos, entre otras. Sin embargo, estas herramientas no están a la altura de los proyectos de hoy en día, de mayor complejidad y envergadura.

Las herramientas originales CAD utilizaban una geometría basada en coordenadas explícitas para crear entidades gráficas (líneas, círculos, etc.). Aunque editar estos gráficos era una actividad no muy difícil de manejar, requería de mucho tiempo y estaba muy propensa a cometer errores. A medida que estas herramientas gráficas maduraron, las entidades se combinaron para representar un elemento de diseño u objeto (un muro, una puerta, etc.).

Dependiendo del software utilizado, los modelos se convirtieron más “inteligentes” y fueron más fáciles de editar. Modeladores de superficies y de sólidos añadieron más inteligencia a los elementos y permitieron la creación de formas más complejas. Pero el resultado aún era un modelo geométrico basado en coordenadas, difícil de editar, actualizar y de extraer dibujos/vistas desde el mismo.

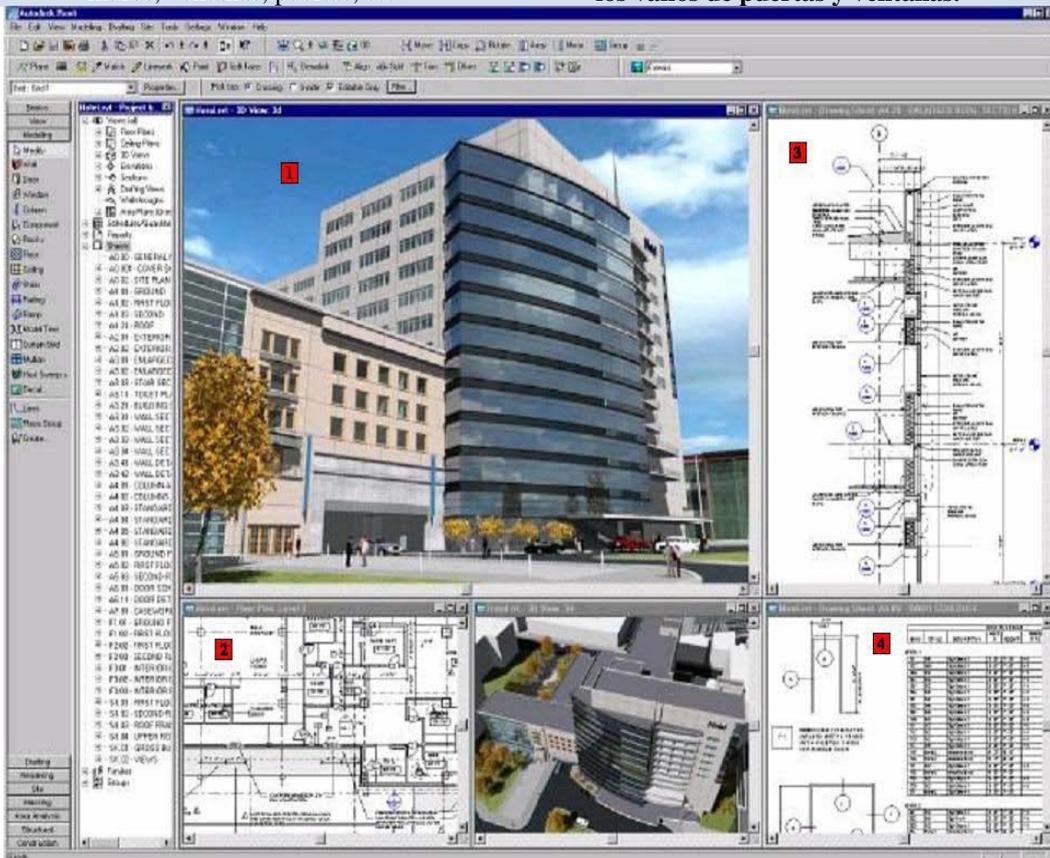
Luego vinieron las herramientas paramétricas de modelación que utilizan, valga la redundancia, parámetros (números, características o vínculos) para determinar el comportamiento de una entidad gráfica y definir relaciones entre elementos del modelo. Por ejemplo “El diámetro de este mesón es de 1 metro” o “la puerta estará en el punto medio con respecto a los bordes del muro”. Eso significó que los criterios de diseño podrían ser incorporados durante el proceso de modelamiento y editar el modelo se convirtió en un proceso más rápido y fácil de realizar.

En las figuras 2.7.1, 2.7.2 y 2.7.3 se puede apreciar visualmente la evolución de esta tecnología y sus diferencias. En la figura 2.7.3: 1. Vista en 3D del edificio; 2. Vista en planta de algún piso del edificio; 3. Detalle de un elemento para su construcción; 4. Tabla de ubicaciones del elemento; 5. Browser para acceder a la base de datos del proyecto.



**ILUSTRACIÓN 2. 7.1** Plano en 2D, donde vectores (layers) representan en planta muros, ventanas, puertas, etc.

**ILUSTRACIÓN 2. 7.2** Elemento 3D que representa los muros de una habitación con los vanos de puertas y ventanas.



**ILUSTRACIÓN 2. 7.3** Modelo en 3D integrado + información del proyecto

## ILUSTRACIÓN 2. 7 Evolución de la Tecnología

Fuente: Autodesk.

#### **2.3.4. Concepto VDC-BIM**

Esta generación de modelo es nombrada así por su acrónimo en inglés "BuildingInformationModel", que en español es conocida como "Modelado de Información para la Edificación".

Esta metodología de modelaje está conformada por herramientas, procesos y tecnologías, para llevar a cabo un proyecto integral de edificación, desde su concepción hasta el final de su vida útil, coordinando el ambiente multidisciplinario, donde participan inversionistas, propietarios, arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros de instalaciones, ingenieros de obra, fabricantes, gestores y en general, todos aquellos involucrados que tienen que ver con el diseño, construcción y operación del proyecto. Esta coordinación se logra mediante una plataforma tecnológica que integra varios programas de software especializados, trabajando en conjunto sobre una única base de información, lo cual permite tener un intercambio de datos en tiempo real de manera coherente, precisa y completa, mejorando así aspectos como son la eficiencia y efectividad.

BIM va más allá de solo un modelo geométrico en 3D, es una representación digital de las características físicas y funcionales del proyecto, e integra el tiempo como una cuarta dimensión y el costo como una quinta.

El esquema BIM, genéricamente, se muestra en la ilustración 2.6 y se describe brevemente a continuación.



**ILUSTRACIÓN 2.8** El esquema BIM, representa la interacción y los sectores involucrados en la edificación.

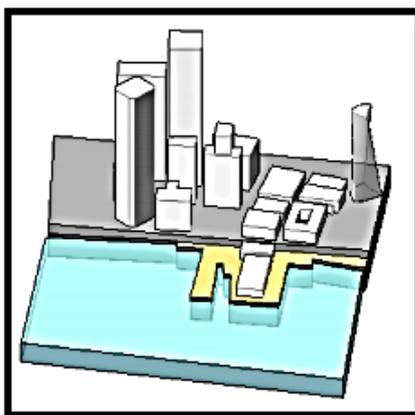
Fuente: Murcio, 2013.

### 2.3.5. Metodología para modelaje BIM

La metodología del modelaje BIM, contempla los pasos siguientes:

#### **Diseño Conceptual.**

El proceso BIM se inicia en la fase conceptual, donde se modelan las propuestas sobre la concepción que se tiene sobre la infraestructura futura, generalmente se concibe junto con los propietarios o directivos para desarrollar la idea del proyecto en base a sus necesidades y estudios, se observan espacios, áreas, formas y entorno. Este tipo de modelos ayudan en la toma de decisiones ya que es una gran herramienta visual, al mismo momento que la idea del proyecto comienza a tener una base, puesto que este modelo 3D, se convierte en información sobre la cual se trabajará en fases posteriores.



**ILUSTRACIÓN 2. 9Ejemplo de diseño conceptual.**

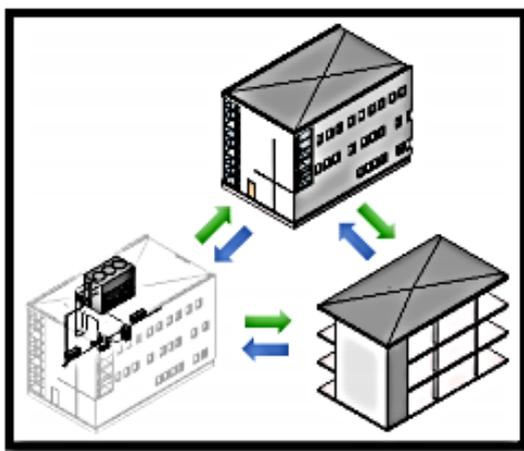
**Fuente: Murcio, 2013.**

### **Diseño Detallado (Estructuración).**

Teniendo como base el bosquejo del modelo 3D, en esta etapa, se definen de forma más precisa las dimensiones de la edificación, se especifican materiales, en sí, se define la arquitectura del proyecto conforme a las normas establecidas, se da el predimensionamiento estructural y se definen las instalaciones electromecánicas.

El modelo tridimensional ya no es solo información geométrica, puesto que el modelo, no está compuesto solo por líneas como usualmente es en los sistemas tradicionales, en este caso son elementos estructurales como losas, columnas, vigas, muros, paneles, cimentaciones, etc. El modelo ahora contiene también información sobre los materiales, el tipo de función, propiedades, dimensiones, clasificación, con estas características a este nivel, se pueden realizar estimados superficiales sobre volúmenes, costos, tiempos de ejecución.

De este modelo puede obtenerse una visualización más detallada de la edificación, tener una idea más clara de los espacios, en sí, una visión real de lo será el proyecto, y en caso necesario realizar las modificaciones pertinentes.



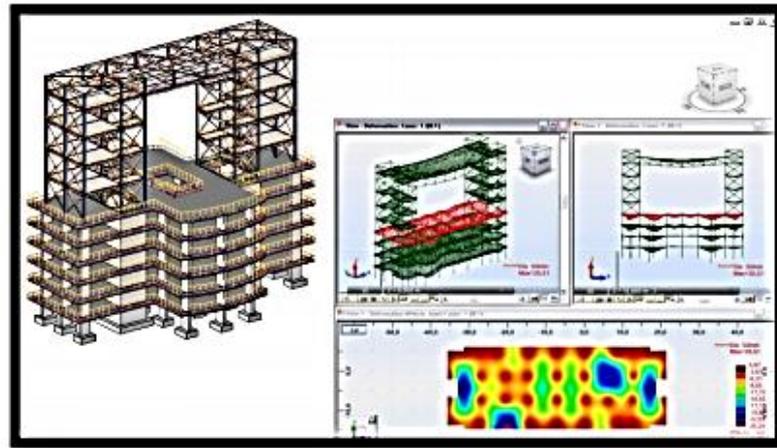
**ILUSTRACIÓN 2. 10Arquitectura, predimensionamiento e instalaciones.**

**Fuente: Murcio, 2013.**

### **Análisis y Diseño Estructural.**

En esta parte del proceso, se parte de la información recabada en el modelo de diseño detallado(predimensionado), para que a partir de esto se incorporen los aspectos relacionados con la idealización del comportamiento estructural de la edificación, se consideran las acciones y sus combinaciones a las que se someterá la estructura en base a su probabilidad de ocurrencia, tomando en cuenta también el tipo de análisis aplicable a cada caso particular, para con ello determinar elementos mecánicos, esfuerzos y deformaciones que son la base para el diseño estructural, realizando en su caso las modificaciones necesarias al modelo, para obtener una estructura óptima, que cumpla con los parámetros de funcionalidad, seguridad y economía requeridos, teniendo en cuenta siempre, la reglamentación de acuerdo al lugar y a las especificaciones del proyecto. En esta parte del proceso BIM, se realimenta el modelo general para efectuar en él sus modificaciones pertinentes, resultado del análisis y diseño estructural, que finalmente redundará en la definición de secciones transversales definitivas de elementos de concreto, sus armados de refuerzo, perfiles estructurales metálicos, etc. Posteriormente, en esta misma etapa, se incorporan los sistemas mecánicos, eléctricos y de saneamiento, agregando también los detalles arquitectónicos y de acabados, para

tener por último la revisión de posibles obstrucciones en intersecciones de la estructura con las instalaciones y completar el modelo.

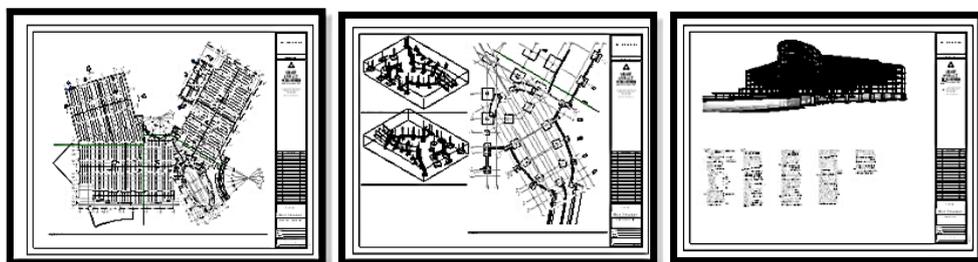


**ILUSTRACIÓN 2. 11Análisis y diseño estructural.**

**Fuente: Murcio, 2013.**

### **Documentación.**

En el proceso BIM se contempla la generación de la información de salida que se obtiene del modelo de información para la edificación, la cual se obtiene de manera instantánea y coordinada, puesto que toda la información viene de una sola fuente, siendo su manipulación muy sencilla, pudiendo de ella obtener planos, especificaciones para fabricantes, cuantificación de obra, programa de obra, plan de secuencia de montaje, paseos virtuales realistas, diseño de maquetas e informes sobre los cálculos realizados y en sí, todo lo necesario para la correcta ejecución coordinada del proyecto.



**ILUSTRACIÓN 2. 12Documentación.**

**Fuente: Murcio, 2013.**

## Fabricación.

En el proceso BIM, la documentación generada permite la prefabricación de muchas piezas de la edificación. Esto es posible al tener en cuenta que con esta plataforma se pueden evitar conflictos en la construcción, ya que el modelo maneja un carácter de contemplación real, corrigiendo a tiempo posibles interferencias, ya sea físicas, como temporales, con lo cual se puede crear un plan de pedidos de fabricación, minimizando desperdicios y posibles atrasos en entregas.

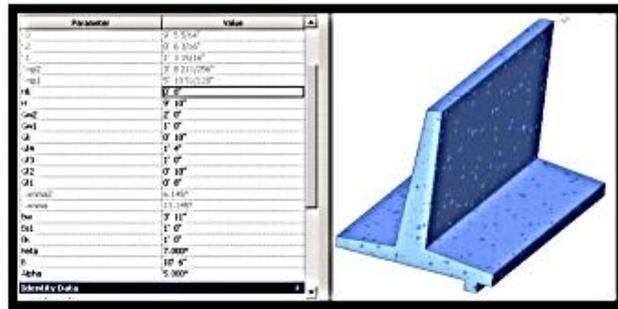
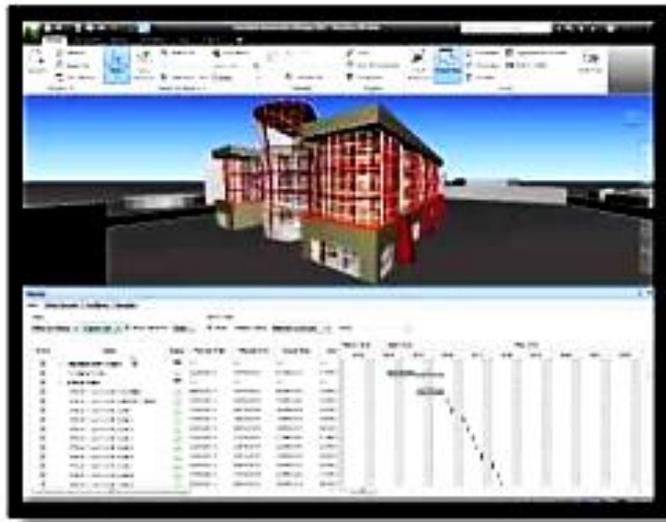


ILUSTRACIÓN 2. 13 Prefabricado.

Fuente: Murcio, 2013.

## Construcción 4D/5D.

El concepto 4D y 5D se refieren a la introducción de los factores tiempo y costo, que al tener toda la información disponible, permite crear una simulación de construcción conforme a una ruta crítica, visualizando el proceso de construcción y con ello también ir conociendo cual es la cantidad de insumos o recursos necesarios a aplicar en cada momento, con lo cual se puede establecer un plan de financiamiento adecuado con el tiempo y avance de la construcción, con el fin de evitar contratiempos, costos extras, o falta de capital.



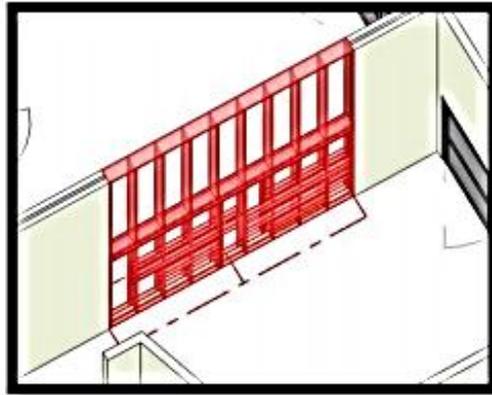
**ILUSTRACIÓN 2. 14 Construcción 4D.**

**Fuente: Murcio, 2013.**

### **Logística de Construcción.**

Utilizando también la metodología BIM, es posible llevar un control de la planeación y seguimiento de la construcción, para que la obra se mantenga dentro de los tiempos requeridos, los montos presupuestados y con la calidad necesaria, así como el control de entrega de insumos, la disposición adecuada de los frentes de trabajo, para que con todo ello se pueda obtener un flujo constante y ordenado de trabajo.

Al disponerse de esta información en el modelo, se puede conocer en todo momento cual es el estado de la obra, su avance, la ubicación de la maquinaria y equipos especiales, cuales son los estados de los pedidos y en sí, llevar el control de la obra en tiempo y costo, conociendo todos los factores que inciden en ella, con el fin de evitar conflictos o sorpresas.

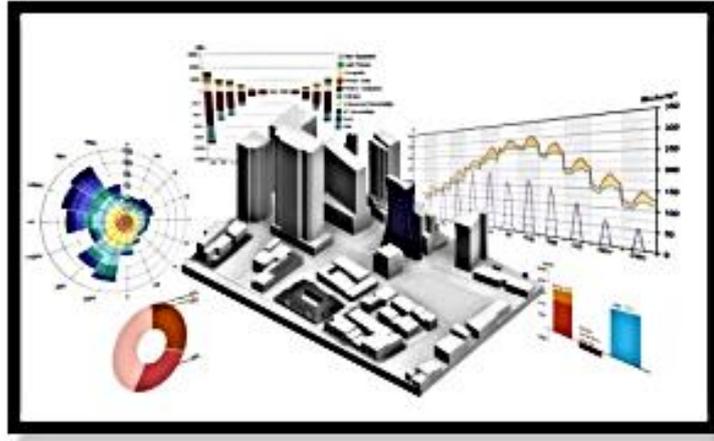


**ILUSTRACIÓN 2. 15Ubicación de elementos.**

**Fuente: Murcio, 2013.**

### **Operación y Mantenimiento.**

De acuerdo con el uso o servicio para el cual fue diseñada la edificación, a partir de la información disponible en el modelo BIM, se puede supervisar su correcto funcionamiento y mantener en óptimas condiciones los edificios, las estructuras, las obras de ingeniería civil, los equipos y la maquinaria de plantas industriales. Lo anterior proporcionando el mantenimiento apropiado, para asegurar una disponibilidad total de las instalaciones, reducir los costos por averías, disminuir el gasto por nuevos equipos, así como maximizar su vida. Al contener esta información en el modelo, se podrá tener un programa detallado de operación y mantenimiento, que nos permita llevar a cabo esta función de la mejor manera, así como tener identificados y monitoreados, los puntos delicados para operación, en donde se tendría que poner especial atención.



**ILUSTRACIÓN 2. 16**Operación y mantenimiento.

**Fuente:** Murcio, 2013.

### **Renovación.**

Al pasar del tiempo, algunas necesidades de la edificación pueden cambiar, sin haber agotado aun su vida útil, debido tal vez a una ampliación, a un cambio de maquinaria, aplicación de nuevas tecnologías, etc. Con la aplicación del modelo BIM, el estado de la infraestructura se conoce en todo momento, dado que toda esta información se tiene en el modelo de información, lo cual permite proyectar cualquier modificación de una manera expedita, integrando un nuevo proyecto en un modelo donde se retomarán las fases de diseño, construcción y operación.



**ILUSTRACIÓN 2. 17**Ampliación

**Fuente:** Murcio, 2013.

Estas fases de modelaje BIM deben tener una secuencia lógica, pero no necesariamente introducidas al modelo en una forma rígida, dado que la metodología BIM al tener un modelo central, puede adquirir o aportar información en cualquier momento a lo largo de la vida del proyecto, con lo cual ofrece gran flexibilidad y dinamismo para modificaciones al proyecto.

### **2.3.6. Otros Conceptos de BIM**

La exposición al público, el entendimiento y la adopción de tecnologías BIM está evolucionando y expandiéndose. En este proceso, la industria y organizaciones académicas están usando diferentes definiciones para el concepto BIM.

La **NIBS** (National Institute of Building Standards) define: *“BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Sirve como fuente de conocimiento para compartir información acerca de una instalación formando una base confiable para tomar decisiones durante su ciclo de vida, desde el inicio hacia adelante”*.

La **AGC** (Associated General Contractors of America) ve a BIM con una tecnología que *“permite la construcción virtual de estructuras a través del desarrollo y uso de software computacionales inteligentes que ayudan a simular la construcción”*.

La **GSA** (U.S. General Service Administration) separa a BIM entre el proceso de modelamiento (Building Information Modeling) y el modelo (Building Information Model) y los define como sigue: *“Modelamiento de Información de la Edificación es el uso de software multifacéticos para no solo documentar y desarrollar el diseño de una edificación, sino que simular la construcción y la operación de esta. El resultante Modelo de Información es una representación digital, basada en objetos, paramétrica y rica en datos de la edificación, desde donde vistas apropiadas para varios usuarios pueden ser extraídas del modelo y analizadas para generar retroalimentaciones y un mejoramiento del diseño de la obra que se quiere ejecutar”*.

El **SCRI** (Salford Centre for Research and Innovation, de la Universidad de Salford, Inglaterra), define a la Modelación Multidimensional como *“la representación digital y visual, utilizando software comercialmente disponibles o una herramienta computacional única, de las dimensiones de un proyecto; cuyo objetivo es mejorar la planificación, coordinación y control de los proyectos de construcción”*.

El **CIFE** (Center for Integrated Facility Engineering de la Universidad de Stanford) ha desarrollado el concepto de VDC (Virtual Design and Construction) y lo define como *“el uso de modelos virtuales, multidisciplinarios de proyectos de diseño y construcción, incluyendo modelos de productos, procesos y organizaciones, para apoyar objetivos de negocios explícitos y públicos”*.

Es importante destacar que el concepto BIM está aún en discusión, los distintos estudios desarrollados por variados grupos de interés han fomentado distintos nombres, que en teoría pueden tener enfoques distintos, pero que en la práctica apuntan a lo mismo: mejorar la gestión de los proyectos de construcción utilizando modelos virtuales inteligentes.

### **2.3.7. BIM como herramienta TI para la construcción**

Hace muchos años se viene experimentando en el mundo una revolución tecnológica con el desarrollo de herramientas que permiten integrar, a los procesos tradicionales de construcción tecnología que permita hacer más eficiente el manejo de los proyectos.

Colwell (2008) elaboró un estudio, basado en opiniones de expertos y en su propia experiencia, logrando identificar las siete herramientas TI más influyentes para la industria de la construcción, los cuales son mostrados en la Tabla 2.3.

**TABLA 2. 3Herramientas TI más influyentes en la construcción**

<b>N°</b>	<b>Herramienta TIC</b>	<b>Peso</b>
1	Software de Gestión de Proyectos	85%
2	Modelado 3D y 4D	77%
3	Computación móvil	73%
4	Software para planeamiento y programación de obras	71%
5	Sistemas ERP	66%
6	Hojas de asistencia web	38%
7	RFID y código de barras	32%

**Fuente: Colwell, 2008**

En este estudio, Colwell identificó al modelado 3D y 4D como una de las herramientas TI que pueden ser aplicadas a la construcción dando beneficios y mejoras en la administración de: la programación, planeamiento del trabajo, calidad, seguridad y comunicación. Colocándose en el segundo componente TI más influyente para la industria de la construcción con respecto a su aporte como herramienta de productividad.

### **2.3.8. La sinergia LEAN – BIM.**

LEAN y BIM son diferentes iniciativas que tienen un profundo impacto en la industria de la construcción, ya que desarrollan entre ambas una sinergia que puede ser explotada al integrar sus principios para mejorar los procesos de construcción.

Los miembros del Lean Construction Institute (LCI) publicaron en la revista “*The interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction*” una matriz que interrelaciona las funcionalidades del BIM con los principios del Lean en la construcción, identificando 56 interacciones, de las cuales establecieron que

el BIM y el Lean están muy estrechamente ligados principalmente en cinco de ellas.

1. Reduce los re-procesos.
2. Diseña el sistema de producción para un flujo y valor.
3. Genera automáticamente dibujos y documentos.
4. Rápida generación y evaluación de los planes alternativos de construcción.
5. Permite la comunicación online/electrónica basada en objetos.

## **2.4. KEY PERFORMANCE INDICADOR (KPI)**

### **2.4.1. Definición y Características**

Los Indicadores Clave de Desempeño (Key Performance Indicators), son métricas que miden el desempeño de un proceso de manera tal que sirvan como guía para alcanzar un objetivo fijado por la organización, en otras palabras, un KPI es un indicador que está vinculado a un objetivo.

Los KPI's reflejan y mide las guías estratégicas de la empresa, estas representan las actividades que garantizan el éxito futuro. Estos indicadores de valor mueven la organización en la dirección correcta, para alcanzar sus metas financieras y organizacionales previamente establecidas. Un KPI refleja que tan bien está la organización en las áreas que más impactan a la empresa.

Los KPI's tienen que tener las siguientes cualidades, que pueden ser denominadas (SMART) por sus siglas en Inglés.

- Específicos (*Specific*)
- Medibles (*Measurable*)
- Alcanzables (*Achievable*)

- Realistas (*Realistic*)
- A Tiempo (*Timely*)

Sin embargo los puntos anteriores no hacen un KPI efectivo, para esto según diversos autores (Eckerson 2006), los KPI necesitan las siguientes características.

1. Un KPI Refleja Guías Estratégicas (Parmenter 2008).
2. Los KPI's están Basados en Estándares Corporativos y datos Válidos.
3. Un KPI Debe ser Fácil de Comprender.
4. Los KPI son Siempre Relevantes.
5. Un KPI debe Otorgar Poder a los Usuarios

#### **2.4.2. Otro tipo de indicadores y la diferencia de los KPI**

Según David Parmer existen cuatro tipos de indicadores que tienen que ver con la administración estos son los siguientes:

- **IRC:** Reflejan los resultados históricos críticos, son ideales para comunicar los resultados alcanzados.
- **IP:** Indicadores de performance, indican al personal qué hacer.
- **IR:** Indicadores de resultados, indican al personal qué se ha hecho.
- **KPI:** Indican al personal y directivos qué debe hacer para aumentar la desempeño drásticamente.

Para llegar a obtener los KPI se tienen que encontrar los otros indicadores.

### **2.4.3. Cantidad de indicadores necesarios para el éxito.**

Contrario a lo que cualquiera pudiera pensar, tener poca cantidad de indicadores da mejor resultado que una gran cantidad de datos obsoletos, a los que poco se le presta atención. Kaplan y Norton recomiendan no más de 20 KPI, y Jeremy Hope no más de 10. Para ayudar a todos los involucrados en la definición de la cantidad de KPI crearon la regla 10/80/10. Esto implica que una empresa debe trabajar con alrededor de 10 ICR, con 80 indicadores IP e IR y con no más de 10 KPI. Pocas veces se necesitan más métricas que éstas, en incluso menos en muchas ocasiones.

La diferencia es que un KPI refleja siempre guías estratégicas de valor, mientras que otro indicador puede representar la medida de cualquier actividad económica, es decir, los KPI generalmente se recogen en el plan estratégico de la organización.

### **2.4.4. Riesgos y desventajas**

- La supervisión y la integración de datos son críticas para un programa de KPI.
- El uso de métricas incorrectas le puede proporcionar una evaluación instantánea de la empresa incompleta o irrelevante.
- Hay un énfasis en la medición. Esto puede dar lugar rápidamente a olvidarse de los elementos “suaves” importantes, que son más difíciles de medir.
- La técnica necesita un número de ciclos.
- Los datos tienen que estar disponibles a tiempo.

### **2.4.5. Guía para indicadores de Desempeño**

Es importante considerar algunos de los indicadores utilizados en la evaluación de proyectos para cualquier tipo de organización e industria.

Algunas organizaciones pueden definir una gran variedad de categorías de medición, sin embargo, existen bases comunes o frecuentes que se pueden fácilmente identificar, tales como:

- Mediciones de tiempo.
- Dimensiones de calidad, como error o tasa de defectos.
- Tiempos de ciclos de procesos.

En la literatura se pueden encontrar *categorías de desempeño*, las cuales buscan orientar y facilitar la toma, recolección e interpretación de datos en una empresa. Así, por ejemplo (Bogan & English, 1994) presentan una BenchmarkArchitecture, cuya finalidad es aconsejar y definir diez categorías, a partir de las cuales se debe orientar los indicadores de eficiencia.

- Desempeño de servicio al cliente.
- Desempeño de Productos/Servicios.
- Desempeño de los procesos propios del negocio.
- Desempeño de los procesos y servicios de apoyo.
- Desempeño de los empleados.
- Desempeño de los proveedores.
- Desempeño tecnológico.
- Desempeño del desarrollo de nuevos productos/servicios.
- Desempeño de costos.
- Desempeño financiero.

Las organizaciones pueden definir otras categorías de desempeño, sin embargo, estas diez categorías básicas pueden servir como guía para la búsqueda y confección de los indicadores más representativos.

#### **2.4.6. Indicadores de Desempeño en la Industria de la Construcción**

Existen varios Indicadores de Eficiencia disponibles para la industria de la construcción, por tal motivo se hará una recopilación de los Indicadores utilizados en distintos países para al final hacer una selección de los que podrán ser caso de estudio al verse impactados por la implementación de Tecnología Virtual.

Se comenzará definiendo los Indicadores utilizados en el Reino Unido, luego los considerados por la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción (CDT), los del Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Universidad Católica de Chile, y por último los de una Tesis (Mag. En Cs. De la Ingeniería Pontificia Universidad Católica de Chile), llamada *Una metodología para la medición, evaluación y análisis de indicadores de desempeño de proyectos de construcción/* Alejandro Grillo Urcullú

##### **1. KPI considerados en el Reino Unido.**

En una primera instancia, se darán a conocer los KPI considerados en la industria de la construcción Británica. Específicamente, estos indicadores fueron extraídos del *KPI Report for The Minister for Construction*, by The KPI Working Group (Department of the Environment, Transport and the Regions and the Movement for Innovation Hill, through the Construction Best Practice Programme, London. Enero 2000. <http://www.detr.gov.uk>).

Los indicadores de eficiencia son presentados en siete grupos relevantes:

- Tiempo.
- Costo.
- Calidad.
- Satisfacción del cliente.
- Cambios de Órdenes.
- Indicadores de Negocios.

- Salud y Seguridad.

Los grupos de KPI y sus indicadores asociados se muestran en la siguiente tabla.

**TABLA 2. 4Grupos e Indicadores Británicos Asociados.**

<b>Grupo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Nivel</b>
<b>Tiempo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tiempo para Construcción</li> <li>2. Tiempo Predecible de Diseño.</li> <li>3. Tiempo Predecible de Construcción.</li> <li>4. Tiempo Predecible de Diseño y Construcción.</li> <li>5. Tiempo Predecible de Construcción (cambio de las órdenes de los clientes.)</li> <li>6. Tiempo en Rectificar Defectos.</li> </ol>	Titular. Titular. Titular. Operacional. Diagnóstico. Operacional.
<b>Costo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Costo de Construcción.</li> <li>2. Costo Predecible de Diseño.</li> <li>3. Costo Predecible de Construcción.</li> <li>4. Costo Predecible de Diseño y Construcción.</li> <li>5. Costo Predecible de Construcción (cambio de las órdenes de los clientes.)</li> <li>6. Costo Predecible de Construcción (cambio de las órdenes del director del proyecto.)</li> <li>7. Costo en Rectificar Defectos.</li> <li>8. Costo en Uso.</li> </ol>	Titular. Titular. Titular. Operacional. Diagnóstico. Diagnóstico. Operacional. Operacional.
<b>Calidad</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Defectos</li> <li>2. Asuntos de Calidad en Etapa Disponible Para ser Usado.</li> <li>3. Asuntos de Calidad en Etapa Término del Periodo de Defectos.</li> </ol>	Titular. Operacional. Operacional.
<b>Satisfacción del Cliente</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Satisfacción en el Producto.</li> <li>2. Satisfacción en el Servicio.</li> <li>3. Satisfacción en el Cliente.</li> </ol>	Titular. Titular. Operacional.
<b>Cambios de Órdenes</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambio de Órdenes del Cliente.</li> <li>2. Cambio de Órdenes del Director.</li> </ol>	Diagnóstico. Diagnóstico.
<b>Indicadores de Negocios</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rentabilidad (compañía).</li> <li>2. Productividad (compañía).</li> <li>3. Retorno del Capital Empleado (compañía).</li> <li>4. Retorno del Valor Agregado (compañía).</li> <li>5. Cobertura del Interés (compañía).</li> <li>6. Retorno de la Inversión (cliente).</li> <li>7. Renta Predecible (proyecto).</li> <li>8. Radio del Valor Agregado (compañía).</li> <li>9. Repetir Negocio (compañía).</li> <li>10. Dinero Pendiente (proyecto).</li> <li>11. Tiempo Tomado en Alcanzar las Cuentas Finales (proyecto).</li> </ol>	Titular. Titular. Operacional. Operacional. Operacional. Operacional. Operacional. Diagnóstico. Diagnóstico. Diagnóstico. Diagnóstico.
<b>Salud y Seguridad.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Accidentes Reportados (incluidas fatalidades).</li> <li>2. Accidentes Reportados (no fatales).</li> <li>3. Tiempo Perdido por Accidentes.</li> <li>4. Mortalidades.</li> </ol>	Titular. Operacional. Operacional. Operacional.

**Fuente: KPI Report for The Minister for Construction**

Los indicadores de este reporte, han sido diseñados para ser aplicados no sólo a proyectos, sino que también a los distintos niveles de una compañía, dependiendo del indicador en cuestión. No obstante, también se consideraron extensiones de los KPI a las diferentes partes de la cadena de suministro. Esto permite generar una red entre proveedores y clientes.

**2. KPI considerados por el CDT.**

Como un segundo acercamiento, se darán a conocer los indicadores que la *Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción (CDT)*, consideró para Abril del 2001.

**TABLA 2. 5Indicadores de eficiencia considerados por el CDT**

**Indicadores de Resultados.**

<b>RESULTADO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDADES</b>
Costo	Desviación de Costo por Proyecto.	(Costo Real – Costo Presupuestado) / Costo Presupuestado
Plazo	Desviación de Plazo de Construcción.	(Plazo Real – Plazo Presupuestado Inicial) / Plazo Presupuestado Inicial.
Calidad	Costo Reclamos del Cliente.	Costo Reclamos del Cliente / Costo Total del Proyecto.
		Nº Reclamos del Cliente.
Alcance del Proyecto	Cambio en Monto Contratado.	Venta Contrato Final / Venta Contrato Inicial.
Seguridad	Índice de Accidentabilidad.	(Nº Accidentes)*100/ Nº Total de Trabajadores.
	Tasa de Riesgo	(Nº Días Perdidos)*100/ Promedio Anual de Trabajadores.
Mano de Obra	Eficiencia de M.O. Directa	HH Directas Presupuestada / HH Directas Reales.
		Costo Presupuestado HH Directas / Costo Real HH Directas.

### **Indicadores de Procesos**

<b>PROCESO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDADES</b>
Construcción	Productividad – Rendimientos	Venta Contrato Final / HH Directas Reales de Mano de Obra-
		Venta Contrato Final / Unidades Relevantes Ejecutadas
Abastecimiento	Pedidos Urgentes	Nº Pedidos Urgentes / Nº Total de Pedidos
Planificación	Efectividad de Planificación	% Actividades Completadas (PAC) = Nº Actividades Completadas / Nº Actividades Programadas.
Gestión de Empresa	Productividad de la Administración	Gastos de Adm. General (Oficina Central) / Ventas Anuales.

### **Indicadores de Variables**

<b>VARIABLE</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDADES</b>
Fuerza de Trabajo	Entrenamiento / Capacitación	HH Capacitación / HH Totales
Subcontrato	Razón de Subcontrato	Monto Subcontratado / Venta Contrato Final.

**Fuente: Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción (CDT)**

### **3. KPI considerados por el Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Universidad Católica.**

En un esfuerzo destinado a remover la situación actual (carente de mediciones), la *Corporación de Investigación de la Construcción* y la *Corporación de Capacitación de la Construcción* solicitaron en 1995 al *Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Universidad Católica* un estudio destinado a proponer indicadores de desempeño para este sector, tanto a nivel de empresa como a nivel de proyectos. Este estudio contempló una revisión de indicadores a nivel

nacional e internacional y conto con la colaboración de siete empresas nacionales que compartieron su experiencia práctica y la de sus profesionales. A partir de estos antecedentes se propusieron una serie de indicadores de desempeño.

**TABLA 2.6 Indicadores de eficiencia considerados por el Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Universidad Católica.**

ÁREA	PARÁMETROS	DEFINICIÓN
<b>RESULTADOS</b>		
Costo	Desviación del Costo	Costo Real / Costo Presupuestado
Plazo	Desviación del Plazo	Plazo Real / Plazo Presupuestado
Calidad	Nº de No conformidades	% de Rechazos por no cumplir especificaciones (nidos, plomos, etc.)
Alcance	Cambios en el Alcance	Costo Cambios / Costo Presupuestado
<b>PROCESOS</b>		
Abastecimiento	Tiempo Medio de Atraso	Tiempo medio de atraso de los pedidos.
	Errores en el Pedido	Nº de errores / Nº Total de pedidos
Construcción	Desviación de la mano de obra	M.O real / M.O presupuestada
	Rendimiento de la mano de obra	Unidades ejecutadas / HH Gastadas
	Trabajo Rehecho	HH de trabajo rehecho / HH Totales
	Actividades en Ritmo	% de actividades cuya velocidad de avance va al ritmo presupuestado
	Desperdicios de Materiales	% de desperdicios respecto del total colocado al finalizar la obra.
Diseño	Nº de cambios en Planos	Nº cambios en planos / Total de Planos.
	Nº de errores	Nº de errores en planos / Total de Planos.
	% Inicial de Diseño	% Inicial de Diseño Completo al inicio del Proyecto.
Planificación y Control	Efectividad de Planificación	Porcentaje de Asignaciones Completadas en un período (PAC)
<b>VARIABLES</b>		
Seguridad	Índice de Accidentabilidad	% de accidentes respecto al número total de trabajadores.
	Capacitación en Seguridad	Horas en Capacitación respecto a millones de HH.
	Tasa de Riesgo	% de días perdidos respecto al promedio anual de trabajadores.
Subcontratos	Razón de Subcontratos	% de monto del Proyecto Subcontratado.
Remuneración	Tipo de Remuneración	% al día, % al trato, % bono de

		producción
--	--	------------

Fuente: Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Universidad Católica.

#### 4. KPI considerados por Grillo 1997.

Lista completa de indicadores de desempeño para proyectos

**TABLA 2. 7 Indicadores de eficiencia.**

<b>RESULTADOS</b>	
Costo	Costo Real / Costo Presupuestado de días entre presentación del estado de pago y la facturación. Pérdidas por reclamos / Beneficio neto Beneficio / Costo Total Obra.
Plazo	Plazo Real / Plazo Presupuestado % del proyecto retrasado.
Calidad	% de Rechazos por no cumplir especificaciones Costo Calidad / Costo Real Proyecto de días desde el reclamo hasta la corrección de reclamos por proyecto. Puntaje encuesta de Evaluación Puntaje encuesta de Evaluación
Alcance	De órdenes de cambio por proyecto Costo Cambios / Costo Presupuestado
<b>PROCESOS</b>	
Abastecimiento	Tiempo entre PM y recepción de Obra De Errores / N° Total de Pedidos Días de atraso promedio en un cierto periodo De Pedidos Atrasado / N° Total de Pedidos en un periodo. Tiempo perdido en esperas de suministros Costo excedentes / Costo Total Suministros De Pedidos no cumplidos por falta de materiales
Construcción	M.O real / M.O Presupuestada % de Horas en uso respecto al total de Horas % de Horas Productivas respecto al total de Horas % de Horas en reparación respecto al total de HM Unidades Reales Consumidas / Unidades Programadas % de desperdicios respecto del total al finalizar a obra Unidades Ejecutadas / HH Gastadas Tiempo de Esperas Trabajo: Contributorio. No contributorio y Productivo HH de trabajo Rehecho / HH totales
Control	N° de profesionales / Total de Trabajadores N° de capataces / Total de Trabajadores
Diseño	HH de Rediseño / Total de Trabajadores % de Planos recibidos a tiempo % de Diseño al inicio del proyecto N° de planos con cambios / Total de Planos N° de errores en planos / Total de Planos

	HH / Planos
Planificación y Control	De actividades Programadas Ejecutadas / N° Total de actividades Programadas en un Período. % de hitos programados terminados a tiempo
<b>VARIABLES</b>	
Seguridad	% de accidentes respecto al número total de trabajadores HH en Seguridad / HH totales de la Obra Puntaje encuesta de Evaluación % de días perdidos respecto al promedio anual de trabajadores
Subcontratos	% del monto del Proyecto Subcontratado % HM Subcontratadas respecto del total del proyecto % HH Subcontratadas respecto del total del proyecto Puntaje encuesta de Evaluación Medición de: Plazo, Costo, Calidad, Seguridad.
Tipos de Contrato	Porcentajes del monto de la obra por cada tipo de contrato aplicado.

**Fuente: Una metodología para la medición, evaluación y análisis de indicadores de desempeño de proyectos de construcción, Alejandro Grillo (1997)**

#### **2.4.7. Indicadores Clave de Desempeño (KPI) afectados por el VDC-BIM**

Después de hacer un estudio de los Indicadores utilizados en la construcción y al hacer un respectivo análisis de los que se verán mayormente impactados por el VDC-BIM se tiene la siguiente tabla.

**TABLA 2. 8 Indicadores clave de desempeño (KPI) afectados por VDC-BIM**

ÁREA	PARÁMETROS	DATOS
<b>RESULTADOS</b>		
Costo	Desviación del Costo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costo Real</li> <li>✓ Costo Presupuestado</li> </ul>
Plazo	Desviación del Plazo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Plazo Real</li> <li>✓ Plazo Presupuestado Inicial</li> </ul>
Calidad	Costo Reclamos del Cliente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costo de Reclamos</li> <li>✓ Costo Total del Proyecto</li> </ul>
	Nº de No conformidades.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ % de Rechazos por no cumplir especificaciones (nidos, plomos, etc.)</li> </ul>
Alcance del Proyecto	Cambio en Monto Contratado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Venta Contrato Final</li> <li>✓ Venta Contrato Inicial</li> </ul>
	Cambio de órdenes del cliente.	Número individual de cambios de órdenes aprobadas por el cliente y generadas desde el representante del cliente. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Revisar Historial (Realizar histograma de frecuencias)</li> </ul>
	Cambio de órdenes del director o gestor del proyecto.	Número individual de cambio de órdenes aprobadas por el cliente y generadas por el director dl proyecto. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Revisar Historial (Realizar histograma de frecuencias)</li> </ul>
Salud y Seguridad	Accidentes reportados (incluidas las mortalidades) (Índice de Accidentabilidad)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nº accidentes</li> <li>✓ Nº Total de Trabajadores</li> </ul>
	Tiempo perdido por accidentes. (Tasa de Riesgo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nº de días perdidos</li> <li>✓ Promedio Anual de Trabajadores</li> </ul>
Indicadores de Negocios	Rendimiento Global	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Venta Contrato Final</li> <li>✓ HH Directas Reales de Mano de Obra</li> </ul>
	Rendimiento Relevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Venta Contrato Final</li> <li>✓ Unidades Relevantes Ejecutadas</li> </ul>

**Elaborado por: Mayra Pailiacho J.**

## **CAPÍTULO III**

### **3.1 METODOLOGÍA**

Este capítulo describirá la serie de actividades que se realizaron para el desarrollo de la presente investigación y que permitieron en primera instancia generar una fuerte base teórica relacionada con el tema, para posteriormente desarrollar y aplicar la metodología de investigación. A partir de esta se pudieron obtener los resultados que se presentan en el presente estudio.

### **3.2 TIPO DE ESTUDIO**

La presente investigación tiene la finalidad de Identificar los Impactos en los Indicadores Clave de Desempeño (KPI) dentro de la Industria AEC por la aplicación de VDC-BIM, para lo cual se enfoca directamente al método de investigación particular ya que tiene como finalidad encontrar respuestas o soluciones al problema planteado mediante estudios de caso.

Se diseñó un proyecto con las siguientes características:

#### **Por el propósito o las finalidades perseguidas:**

La investigación es **APLICADA** dado que se tiene que llevar a cabo rigiéndonos a procedimientos previamente establecidos

**Por la clase de medios utilizados para obtener los datos es:**

Es una investigación **DE CAMPO**, ya que se centra en hacer el estudio donde el fenómeno se da de manera natural, de este modo se busca conseguir la situación lo más real posible.

**Por el nivel de conocimientos que se adquieren:**

Es una investigación **DESCRIPTIVA** por cuanto consiste en la observación actual de hechos, fenómenos y casos de la realidad, que serán descritos en todos los detalles posibles.

Se sitúan en el presente, pero no se limita a la simple recolección y tabulación de datos, sino que se hace la interpretación y el análisis imparcial de los mismos con una finalidad preestablecida, para finalmente establecer conclusiones y recomendaciones.

**Por el método utilizado, es:**

**Inductivo-Deductivo** ya que partiremos de la hipótesis planteada que será comprobada durante el desarrollo del proyecto.

**Por el número de investigadores que la realizan:**

Es una investigación personal.

### **3.3 POBLACIÓN MUESTRA**

#### **3.3.1. Población**

La población o universo constituye el conjunto total de las unidades de observación que brindaron información como fuentes primarias; se tomó como población las empresas de la Cámara de Construcción Chilena con las cuales se va a trabajar a través de GEPUC, adicionalmente una empresa en Ecuador.

**Nota:** Las empresas participantes de la investigación tienen estrictos controles con su información por lo que se ha firmado un acuerdo de confidencialidad.

### 3.3.2. Muestra

La muestra va a estar enfocada a proyectos de empresas inmobiliarias o de infraestructura que manejen tecnologías virtuales.

Se detallan a continuación los proyectos tomados como estudios de caso.

**TABLA 3.1 Empresas casos de estudio**

<b>Empresa</b>	<b>Tipo de Proyecto</b>	<b>Nombre de la Obra</b>	<b>Contacto</b>
Constructora Ignacio Hurtado Ltda.	Edificación en Altura	Torre YOEMAR	Mario Espinoza Cerda
Rene Lagos Engineers	Edificación en Altura	Costanera Center	Ricardo Rojas
Constructora Millenium S.A.	Edificación en Altura	Conjunto Parque Titanium	Lorena Alfaro
Consorcio Cerro Provincia S.A.	Hospitalario	Clínica Universidad de los Andes	Alejandro Escandar
RIPCONCIV	Edificación en Altura	Bosques de la Costa	Mario Fiallo

**Elaborado por: Mayra Pailiacho J.**

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

#### 3.4.1. Variable Independiente:

TABLA 3.2 Operacionalización de la Variable Independiente

Variable.	Definición Conceptual.	Definición Operacional.	Indicadores.
Virtual Design and Construction – BIM	El VDC-BIM consiste en el uso de modelos de productos organización, proceso de diseño y construcción para satisfacer objetivos explícitos de distintos actores del proyecto (mandantes, arquitectos, proyectistas y constructores, etc.).	Las aplicaciones de <b>VDC-BIM</b> abarcan todo el ciclo de vida de los proyectos, desde etapas muy tempranas de estudios de factibilidad y diseño conceptual, pasando por diseño detallado, construcción y, finalmente, operación de la infraestructura.	Comunicación Coordinación Planificación Implementación Administración/ Operación

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

### 3.4.2. Variable Dependiente

**TABLA 3.3**Operacionalización de la Variable Dependiente

Variable.	Definición conceptual.	Definición Operacional.	Indicadores.
KPI'S	Los Indicadores Clave de Desempeño (Key Performance Indicators), son métricas que miden el desempeño de un proceso de manera tal que sirvan como guía para alcanzar un objetivo fijado por la organización, en otras palabras, un KPI es un indicador que está vinculado a un objetivo.	Desviación de Costo Desviación de Plazo Cambio en Monto Contratado Costo Reclamos del Cliente. Pedidos Urgentes. Efectividad de Planificación	Tecnología Costo Plazo Calidad Alcance del Proyecto Salud y Seguridad Indicadores de Negocios

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

### 3.5 PROCEDIMIENTOS

El procedimiento utilizado para la recolección de datos es mediante una encuesta, que se llenara mediante la percepción de los encuestados conocedores sobre Tecnología Virtual en la Construcción.

Para esto cumpliremos las siguientes actividades:

- **Realizar una revisión de literatura:** Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica y de sitios en Internet relacionados con el tema, con el fin de lograr una fuerte base teórica que guiara correctamente la investigación, además de establecer la situación de iniciativas desarrolladas en otros países, para esto se requiere:
  - Computador.
  - Libros.
  
- **Elaboración de un formulario:** Se generó una encuesta a partir de la revisión bibliográfica y reuniones donde se establecieron las dimensiones de gestión a medir, con el objetivo de abarcar los temas y aspectos presentes de la investigación, adicionalmente se solicitara información general (costo, plazo, interferencias, etc.) sobre un proyecto en el que se haya aplicado tecnología, para esto se requiere:
  - Computador.
  
- **Validación de la encuesta:** Es necesario tener clara la idea de los resultados que esperamos obtener en la encuesta para que su contenido nos lleve al cumplimiento de los objetivos.
  - Computador.
  - Hojas de papel bond.
  
- **Aplicación de las entrevistas en las empresas:** Es aquí en donde se realiza la recopilación de datos e información, se aplicó la encuesta a las empresas participantes con la supervisión directa del investigador para evitar problemas de interpretación y como un mecanismo de asegurar la correcta aplicación de ésta. Las encuestas se aplicaron a personas específicas dentro de la empresa,

para esto se requiere las encuestas formuladas, y los requerimientos necesarios.

- Hojas de papel bond.
- Esferos.

- **Análisis de resultados:** Aquí se da paso a la interpretación de los resultados obtenidos, una vez aplicada la encuesta se procedió a la confección de una base de datos para su posterior análisis. El análisis realizado consistió en la verificación de tendencias existentes para los indicadores de desempeño propuestos; Adicionalmente se realizara un resumen con la información de cada proyecto en el que se ha utilizado tecnología virtual.

- Computador.

- **Elaborar el informe final** para demostrar los impactos de VDC-BIM en la industria AEC.

- Computador.
- Hojas de papel bond.

### **3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

El análisis de los contenidos es una técnica para estudiar y analizar los resultados (procesamiento) de manera objetiva, sistemática. Este análisis de datos se lo realiza en íntima relación con los conceptos y categorías desarrolladas en el Marco Teórico. Esto permitió encontrar una respuesta al problema de la investigación, de hecho se debe tener presente por ejemplo: cuál es el contexto en que se deberá presentar los resultados; quienes son los usuarios y cuáles son las características de los mismos.

Este proceso se llevó a cabo mediante la utilización de procedimientos estadísticos, los mismos que suministran medios valiosos para la apreciación de los resultados de las encuestas realizadas y un análisis de los datos de los proyectos que utilizaron tecnología VDC-BIM, para conocer los impactos en los indicadores clave de desempeño al implementar tecnología virtual.

Es necesario la aplicación de una entrevista que constara de dos partes; una encuesta que nos permitirá una percepción cualitativa y la recopilación de datos de un proyecto que serán la parte cuantitativa.

Se realizó estudios de caso a 5 empresas.

### 3.6.1 Antecedentes Generales de la Empresas

#### CONSTRUCTORA IGNACIO HURTADO Ltda.

<b>Contacto:</b>	Mario Espinoza Cerda
<b>Cargo que ocupa:</b>	Administrador de Obra
<b>Tiempo de servicio:</b>	3 años

#### Características del Proyecto

<b>Nombre de la obra:</b>	Torre YOEMAR
<b>Tipo de Proyecto:</b>	Edificación en Altura
<b>Monto del Contrato:</b>	> 10 millones USD
<b>Área:</b>	30000 m <sup>2</sup>
<b>Tipo de Estructura:</b>	Hormigón Armado

#### RENE LAGOS ENGINEERS

<b>Contacto:</b>	Ricardo Rojas
<b>Cargo que ocupa:</b>	Director de Innovación y Nuevos Negocios
<b>Tiempo de servicio:</b>	7 años

### Características del Proyecto

<b>Nombre de la obra:</b>	Costanera Center
<b>Tipo de Proyecto:</b>	Edificación en Altura
<b>Monto del Contrato:</b>	> 10 millones USD
<b>Área:</b>	700000 m <sup>2</sup>
<b>Tipo de Estructura:</b>	Mixta

### CONSTRUCTORA MILLENIUM S.A.

<b>Contacto:</b>	Lorena Alfaro
<b>Cargo que ocupa:</b>	Directora de Instalaciones
<b>Tiempo de servicio:</b>	5 años

### Características del Proyecto

<b>Nombre de la obra:</b>	Conjunto Parque Titanium
<b>Tipo de Proyecto:</b>	Edificación en Altura
<b>Monto del Contrato:</b>	> 10 millones USD
<b>Área:</b>	120000 m <sup>2</sup>
<b>Tipo de Estructura:</b>	Hormigón Armado

### CONSORCIO CERRO PROVINCIA S.A.

<b>Contacto:</b>	Alejandro Escandar
<b>Cargo que ocupa:</b>	Jefe de Coordinación de Especialidades
<b>Tiempo de servicio:</b>	9 años

### Características del Proyecto

<b>Nombre de la obra:</b>	Clínica Universidad de los Andes
<b>Tipo de Proyecto:</b>	Hospitalario
<b>Monto del Contrato:</b>	> 10 millones USD
<b>Área:</b>	67000 m <sup>2</sup>
<b>Tipo de Estructura:</b>	Hormigón Armado

## RIPCONCIV

<b>Contacto:</b>	Mario Fiallo
<b>Cargo que ocupa:</b>	Coordinador de Innovación y Desarrollo
<b>Tiempo de servicio:</b>	2 años

### Características del Proyecto

<b>Nombre de la obra:</b>	Bosques de la Costa
<b>Tipo de Proyecto:</b>	Edificación en Altura
<b>Monto del Contrato:</b>	> 5 millones USD
<b>Área:</b>	8000 m <sup>2</sup>
<b>Tipo de Estructura:</b>	Hormigón Armado

### 3.6.2 Análisis de Datos

Se realiza un análisis estadístico de las encuestas formuladas a las empresas en estudio, se evaluará una por una las respuestas en cada uno de los tipos de indicadores en estudio.

### 3.6.2.1 Tecnología

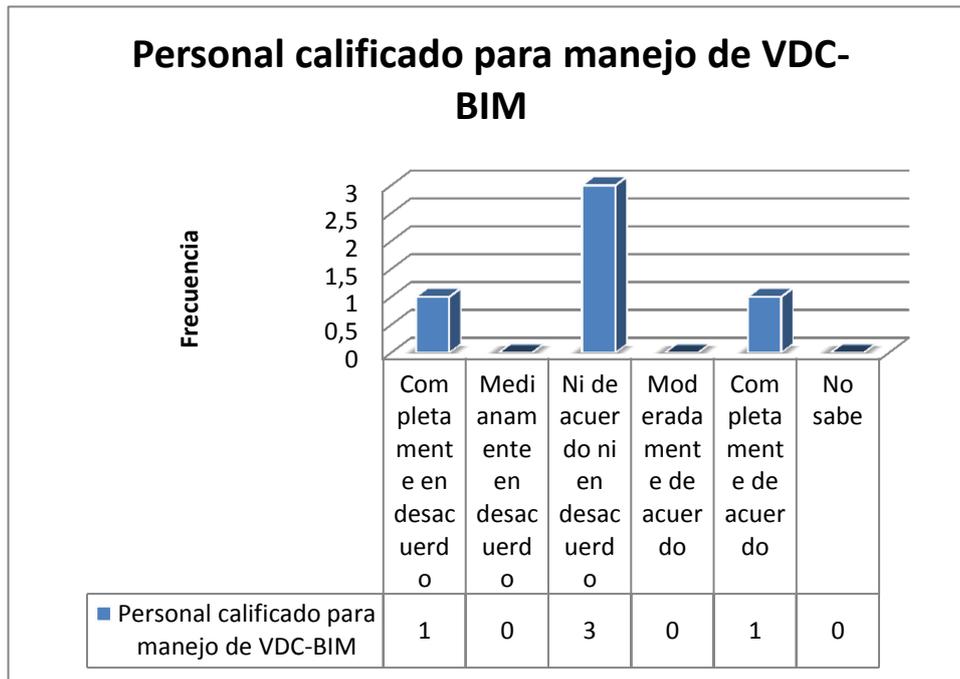
#### 1.- Existe en su empresa personal calificado para manejar (VDC – BIM).

TABLA 3.4 Personal Calificado manejo VDC-BIM.

Personal calificado para manejo de VDC-BIM	Frecuencia
Completamente en desacuerdo	1
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
Moderadamente de acuerdo	0
Completamente de acuerdo	1
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

ILUSTRACIÓN 3.1 Personal Calificado manejo VDC-BIM.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados no están ni de acuerdo ni en desacuerdo que existe personal calificado para el manejo de VDC-BIM en sus lugares de trabajo, mientras que uno dice que si lo posee a diferencia de uno sobrante que no posee personal calificado.

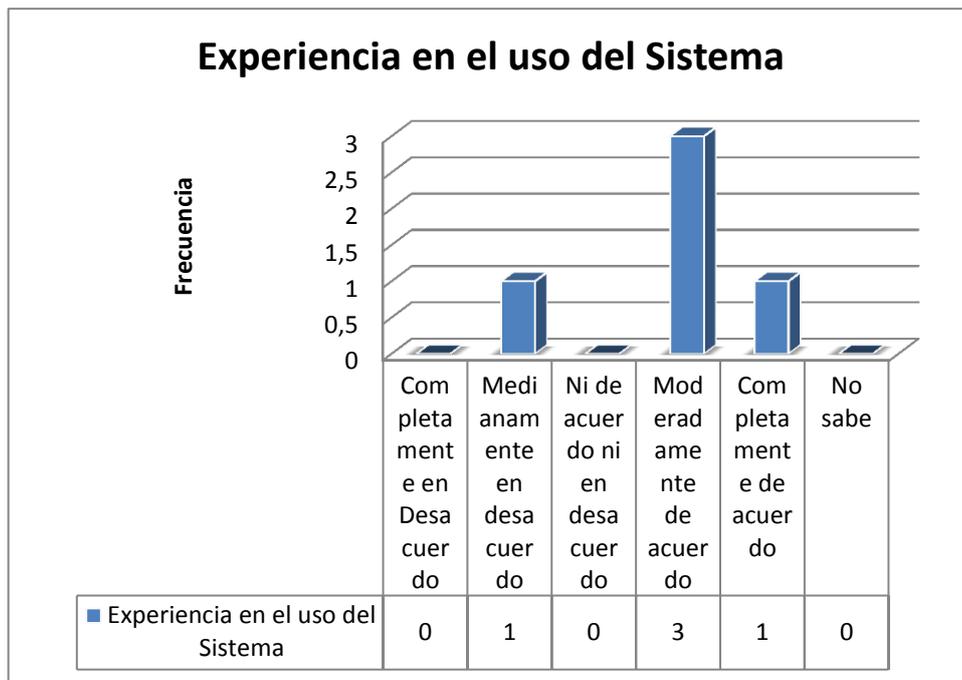
**2.- Las personas encargadas de manejar el sistema tienen experiencia.**

**TABLA 3.5 Experiencia en el uso del Sistema.**

<b>Experiencia en el uso del Sistema</b>	<b>Frecuencia</b>
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	1
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	3
Completamente de acuerdo	1
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

**Elaborado por: Mayra Pailiacho J.**

**ILUSTRACIÓN 3.2 Experiencia en el uso del Sistema.**



**Elaborado por: Mayra Pailiacho J.**

Un encuestado está completamente de acuerdo en que las personas encargadas del sistema tienen experiencia mientras que tres están moderadamente de acuerdo y un último está medianamente en desacuerdo.

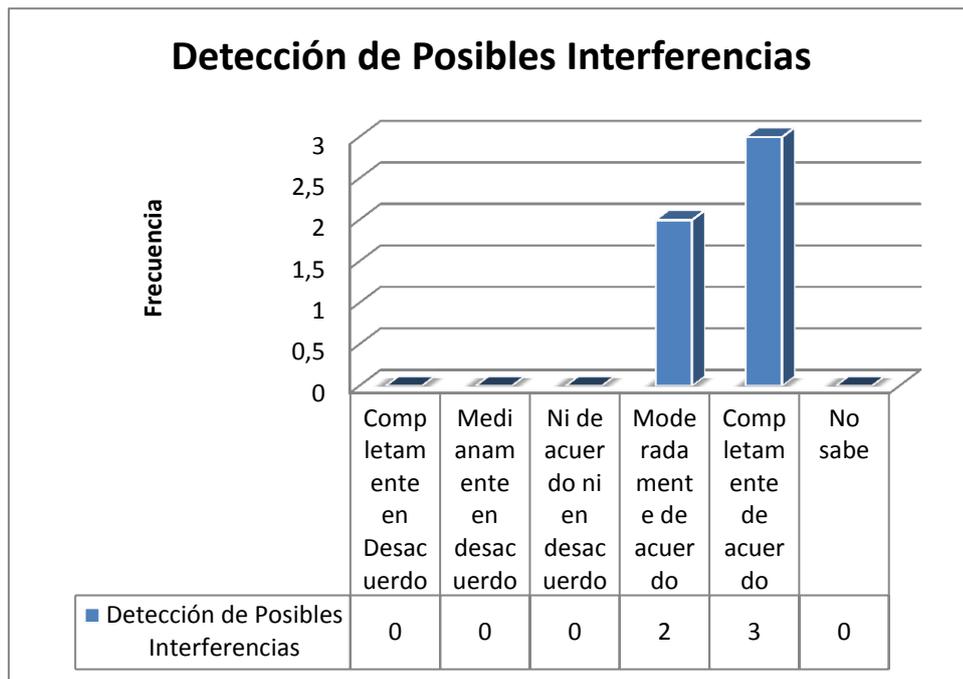
**3.- El uso de estos modelos (VDC –BIM) ha permitido detectar con anterioridad posibles interferencias durante la ejecución del trabajo.**

**TABLA 3.6 Detección de Posibles Interferencias.**

<b>Detección de Posibles Interferencias</b>	<b>Frecuencia</b>
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	2
Completamente de acuerdo	3
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

**Elaborado por: Mayra Pailiacho J.**

**ILUSTRACIÓN 3.3 Detección de Posibles Interferencias.**



**Elaborado por: Mayra Pailiacho J.**

Tres encuestados están completamente de acuerdo en que el uso de los modelos VDC-BIM ha permitido detectar con anterioridad posibles interferencias durante la ejecución del trabajo, más dos de ellos esta moderadamente de acuerdo.

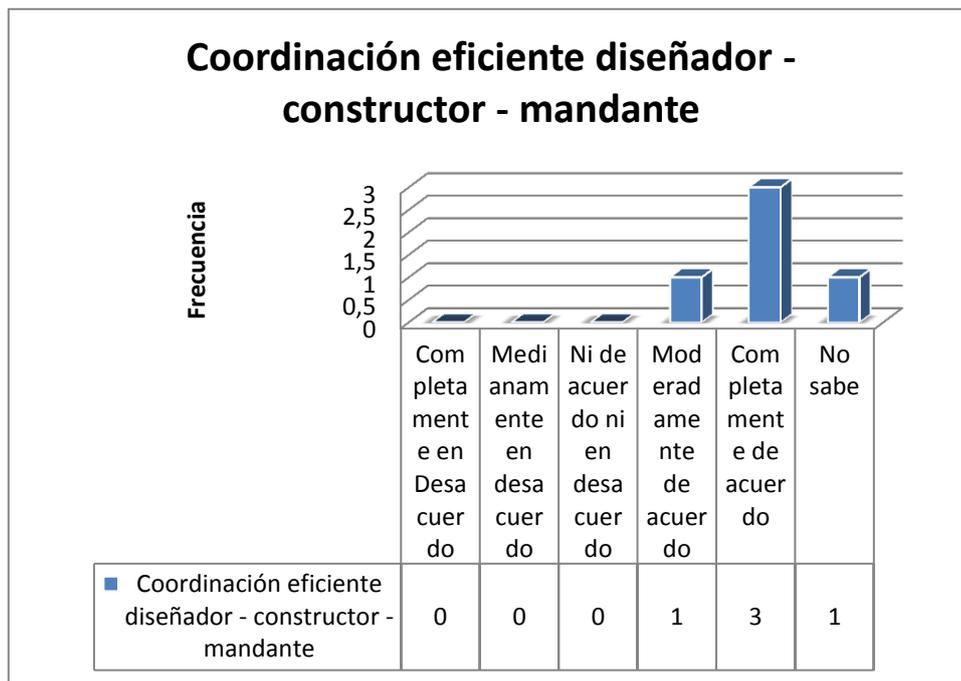
**4.- Permite (VDC – BIM) una coordinación más eficiente entre el diseñador - constructor - mandante.**

**TABLA 3.7 Coordinación eficiente Diseñador-Constructor-Mandante.**

<b>Coordinación eficiente diseñador - constructor - mandante</b>	<b>Frecuencia</b>
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	1
Completamente de acuerdo	3
No sabe	1
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

**Elaborado por: Mayra Pailiacho J.**

**ILUSTRACIÓN 3.4 Coordinación eficiente Diseñador-Constructor-Mandante.**



**Elaborado por: Mayra Pailiacho J.**

Tres encuestados están completamente de acuerdo en que el VDC-BIM permite una coordinación más eficiente entre el diseñador-constructor-mandante, uno está moderadamente de acuerdo y un restante no sabe del tema.

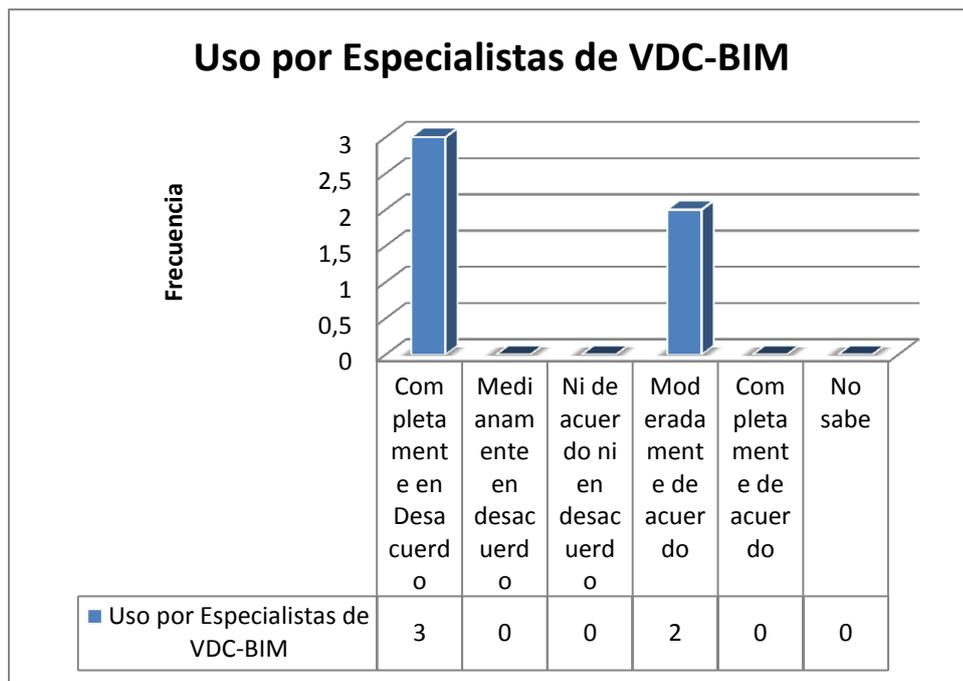
**5.- Utilizan todos los especialistas (VDC – BIM) al momento de llevar a cabo su trabajo.**

**TABLA 3.8** Uso por especialistas de VDC-BIM.

<b>Uso por Especialistas de VDC-BIM</b>	<b>Frecuencia</b>
Completamente en Desacuerdo	3
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	2
Completamente de acuerdo	0
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.5** Uso por especialistas de VDC-BIM.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados creen que al momento de llevar a cabo su trabajo no utilizan el VDC-BIM todos los especialistas, dos están moderadamente de acuerdo.

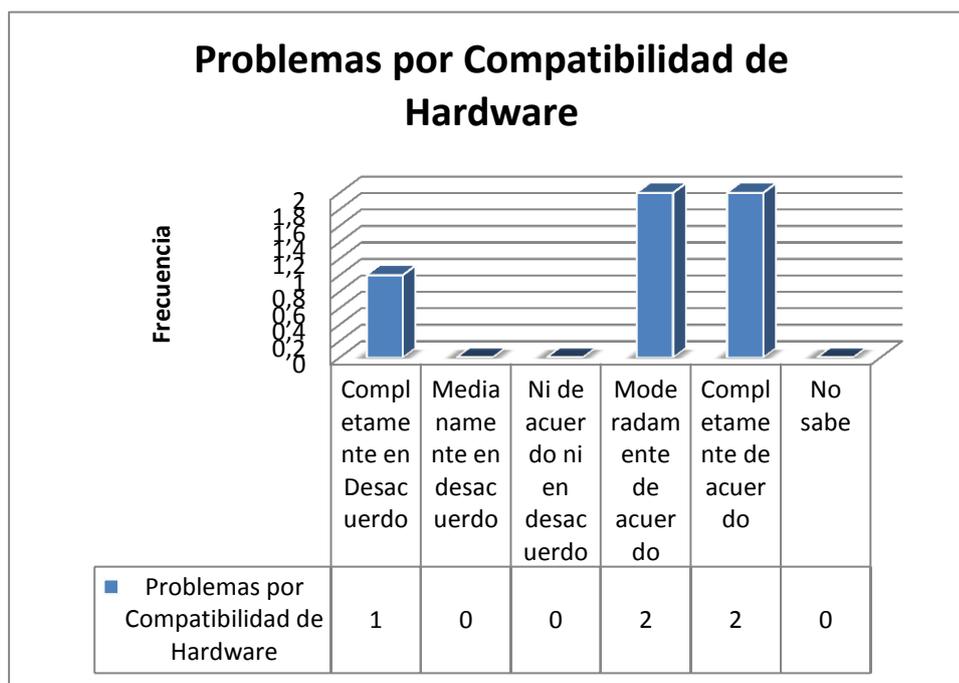
**6.- No ha habido problemas con hardware no compatible.**

**TABLA 3.9 Problemas por compatibilidad de Hardware.**

<b>Problemas por Compatibilidad de Hardware</b>	<b>Frecuencia</b>
Completamente en Desacuerdo	1
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	2
Completamente de acuerdo	2
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.6 Problemas por compatibilidad de Hardware.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Dos encuestados están completamente de acuerdo en que existen problemas con hardware no compatible, dos más se encuentra moderadamente de acuerdo y uno solo está completamente en desacuerdo.

### 3.6.2.2 Plazo-Costo

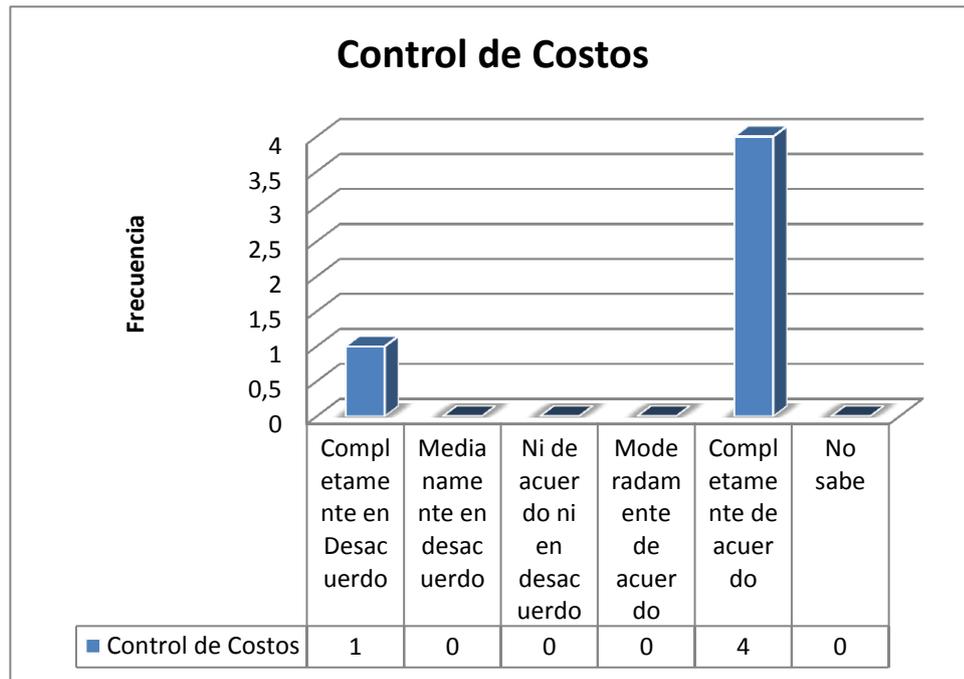
#### 1.- Existe un control de costos de las obras en oficina central.

**TABLA 3.10 Control de Costos.**

Control de Costos	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	1
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	0
Completamente de acuerdo	4
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.7 Control de Costos.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Cuatro encuestados poseen un control de costos de obra en oficina central mientras que tan solo uno no lo posee.

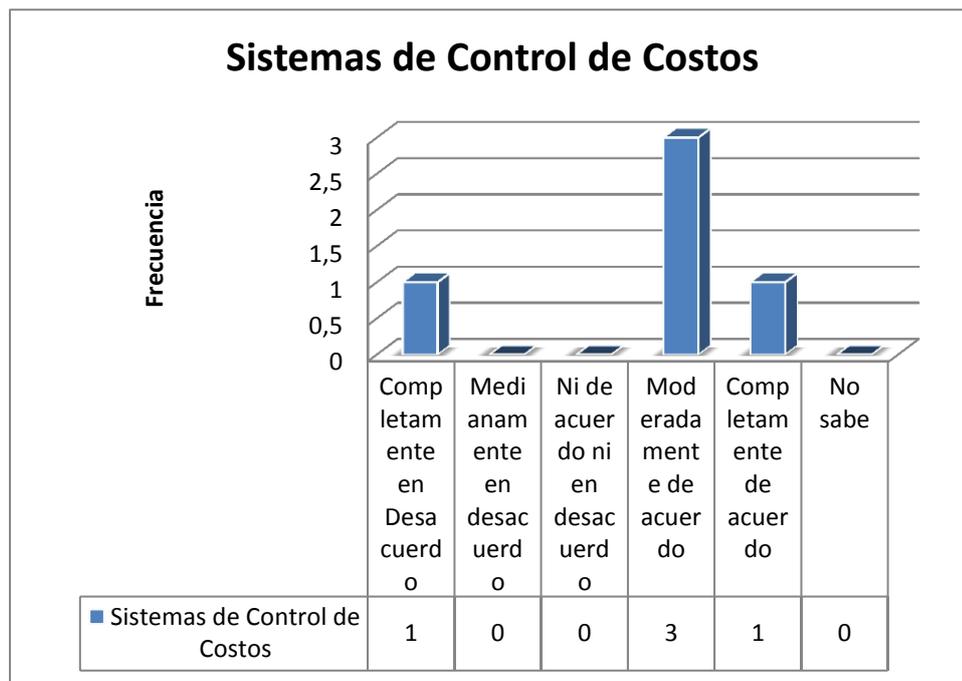
2.- Existen sistemas de control de costos que detectan la desviación de este en forma oportuna.

TABLA 3.11 Sistemas de Control de Costos.

Sistemas de Control de Costos	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	1
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	3
Completamente de acuerdo	1
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

ILUSTRACIÓN 3.8 Sistemas de Control de Costos.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Un encuestado dice que si existen sistemas de control de costos que detectan la desviación de este en forma oportuna, mientras tres están moderadamente de acuerdo y uno no la posee.

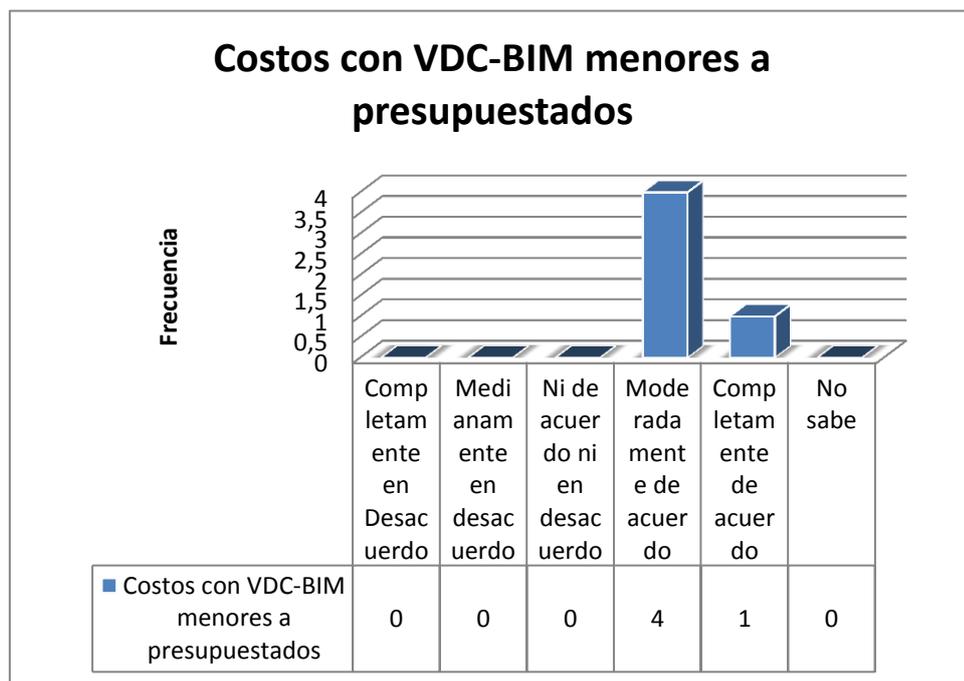
**3.- Cree que los costos obtenidos al implementar VDC-BIM son menores a los costos presupuestados.**

**TABLA 3.12 Costos con VDC-BIM menores a presupuestados.**

<b>Costos con VDC-BIM menores a presupuestados</b>	<b>Frecuencia</b>
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	4
Completamente de acuerdo	1
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.9 Costos con VDC-BIM menores a presupuestados.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Un encuestado cree absolutamente que los costos obtenidos al implementar VDC-BIM son menores a los costos presupuestados y moderadamente lo mismo los cuatro restantes.

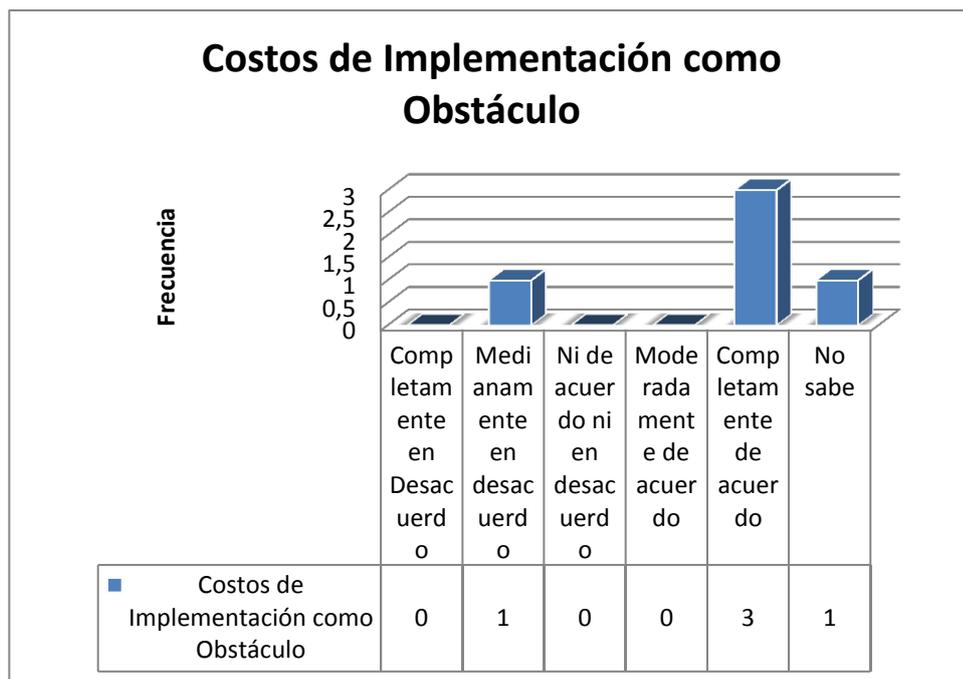
**4.- Los costos de implementación son un obstáculo para el uso de VDC – BIM.**

**TABLA 3.13 Costos de implementación como obstáculo.**

<b>Costos de Implementación como Obstáculo</b>	<b>Frecuencia</b>
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	1
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	0
Completamente de acuerdo	3
No sabe	1
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.10 Costos de implementación como obstáculo.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados están completamente de acuerdo con que los costos de implementación son un obstáculo para el uso de VDC-BIM, uno está medianamente en desacuerdo y uno restante no lo sabe.

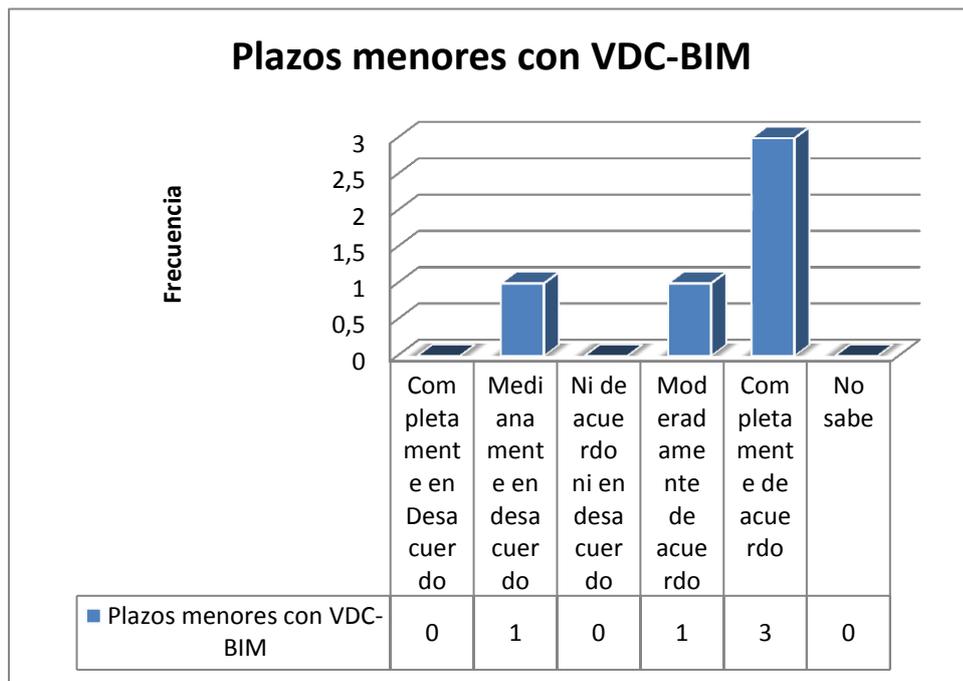
5.- Cree que los plazos logrados al implementar VDC-BIM son menores a los plazos establecidos.

TABLA 3.14 Plazos menores con VDC-BIM.

Plazos menores con VDC-BIM	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	1
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	1
Completamente de acuerdo	3
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

ILUSTRACIÓN 3.11 Plazos menores con VDC-BIM



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados están completamente de acuerdo con que los plazos son menores al implementar VDC-BIM, uno esta moderadamente de acuerdo y uno más esta medianamente en desacuerdo.

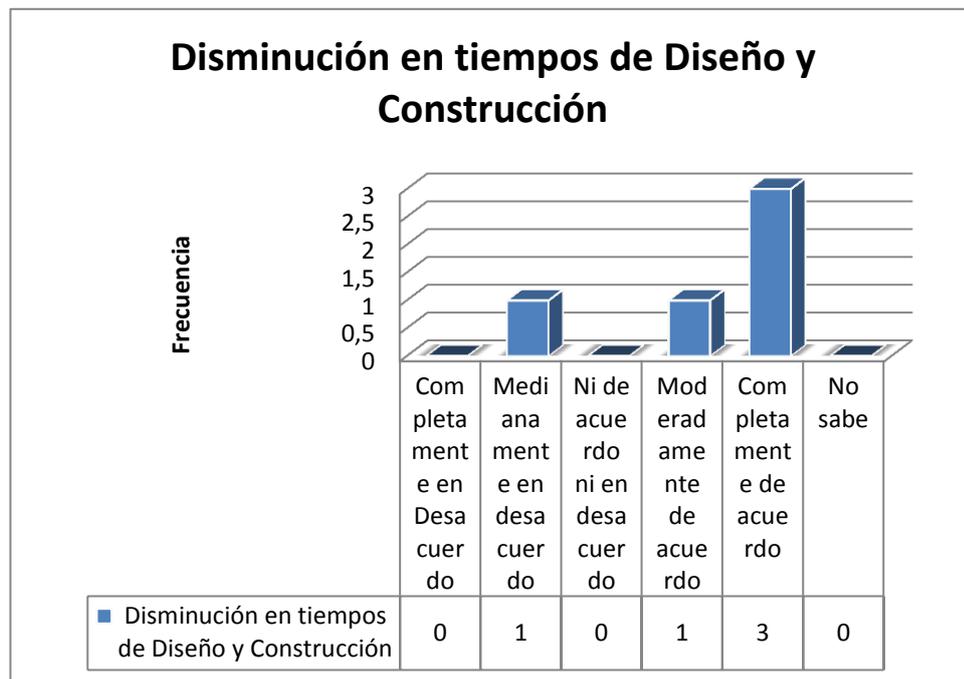
6.- Se ha logrado disminución de tiempos de diseño y construcción al implementar (VDC – BIM).

**TABLA 3.15 Disminución en tiempos de Diseño y Construcción.**

Disminución en tiempos de Diseño y Construcción	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	1
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	1
Completamente de acuerdo	3
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.12 Disminución en tiempos de Diseño y Construcción.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados están completamente de acuerdo con que se ha logrado disminución en los tiempos de Diseño y Construcción al implementar VDC-BIM, uno esta moderadamente de acuerdo y uno más esta medianamente en desacuerdo.

### 3.6.2.3 Calidad

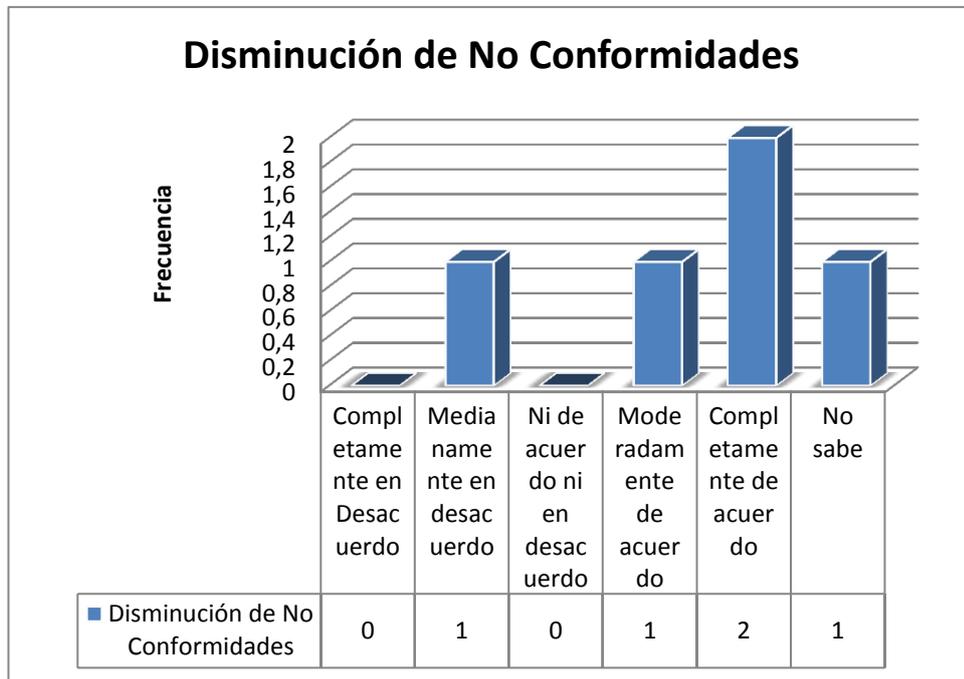
1.- Al implementar VDC-BIM se ha disminuido las no conformidades del cliente.

TABLA 3.16 Disminución de NO conformidades.

Disminución de No Conformidades	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	1
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	1
Completamente de acuerdo	2
No sabe	1
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

ILUSTRACIÓN 3.13 Disminución de NO conformidades.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Dos encuestados están completamente de acuerdo con que al implementar VDC-BIM se ha disminuido las no conformidades del cliente, uno está moderadamente de acuerdo, también existe uno que esta medianamente en desacuerdo y por último uno que no sabe.

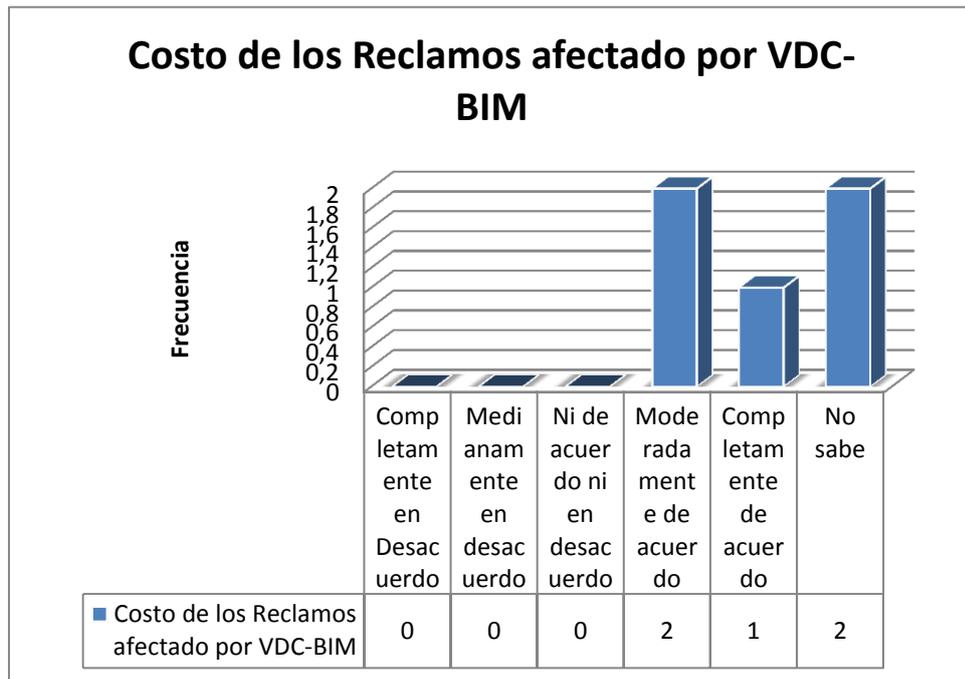
2.- Cree que el costo de reclamos ha sido afectado positivamente con la utilización de VDC-BIM.

TABLA 3.17 Costo de los reclamos afectado por VDC-BIM.

Costo de los Reclamos afectado por VDC-BIM	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	2
Completamente de acuerdo	1
No sabe	2
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

ILUSTRACIÓN 3.14 Costo de los reclamos afectado por VDC-BIM.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Un encuestado está completamente de acuerdo con que es afectado positivamente el costo de reclamos al implementar VDC-BIM, dos lo está moderadamente y los dos restantes no lo saben.

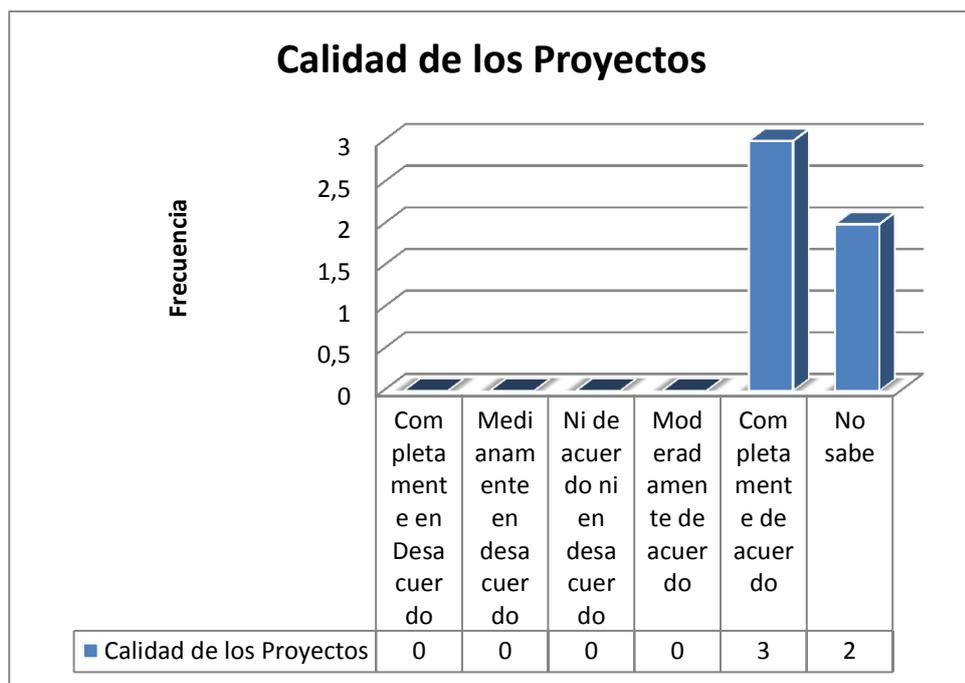
**3.- La calidad de los proyectos ha mejorado con la utilización de la tecnología BIM.**

**TABLA 3.18 Calidad de los Proyectos.**

Calidad de los Proyectos	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	0
Completamente de acuerdo	3
No sabe	2
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.15 Calidad de los Proyectos.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados están completamente de acuerdo con que la calidad de los proyectos ha mejorado con la utilización de la tecnología VDC-BIM, y dos de ellos no lo saben.

### 3.6.2.4 Alcance del Proyecto

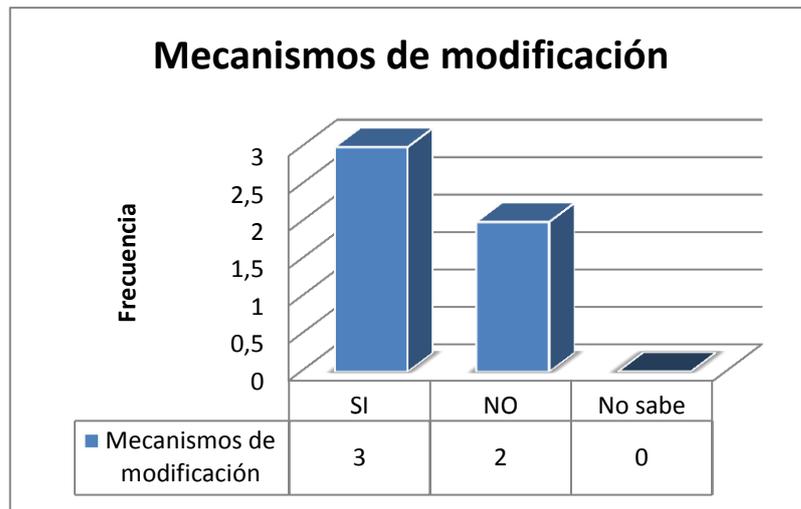
1.- Existe mecanismos para modificar el plazo en el contrato cuando existen cambios de diseño?

TABLA 3.19 Mecanismos de modificación.

Mecanismos de modificación	Frecuencia
SI	3
NO	2
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

ILUSTRACIÓN 3.16 Mecanismos de modificación.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados dicen que si existe mecanismos para modificar el plazo en el contrato cuando existen cambios de diseño y dos de ellos que no lo tienen.

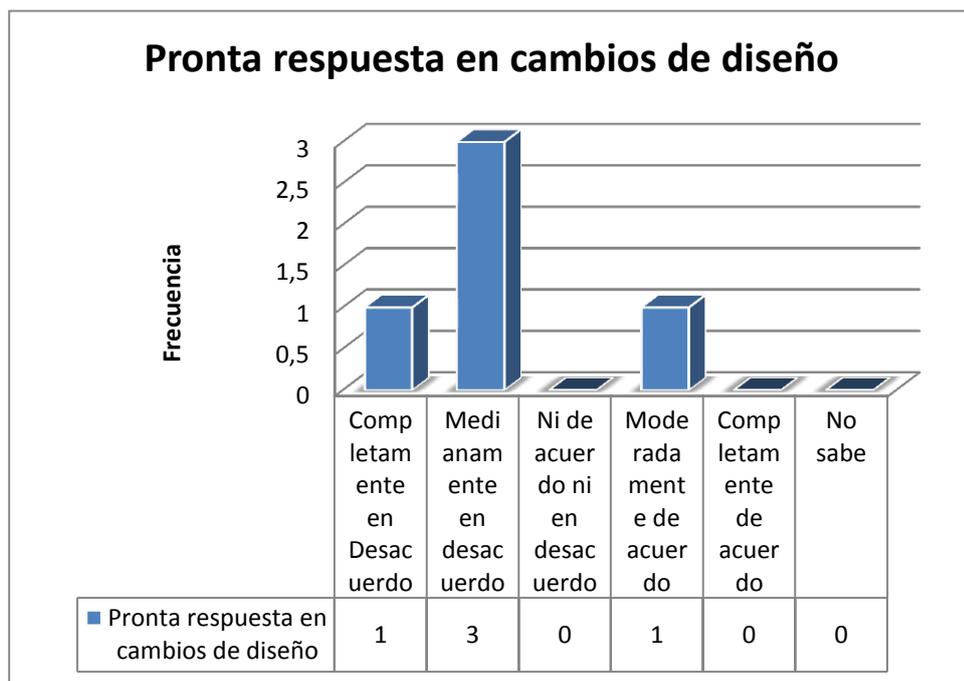
**2.- Los diseñadores responden prontamente a las solicitudes de cambio del proyecto.**

**TABLA 3.20** Pronta respuesta en Cambios de Diseño.

<b>Pronta respuesta en cambios de diseño</b>	<b>Frecuencia</b>
Completamente en Desacuerdo	1
Medianamente en desacuerdo	3
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	1
Completamente de acuerdo	0
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.17** Pronta respuesta en Cambios de Diseño.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Un encuestado esta moderadamente de acuerdo en que existe una pronta respuesta en cambios de diseño, mientras que tres de ellos están medianamente en desacuerdo y uno dice que no hay una pronta respuesta por parte de los diseñadores.

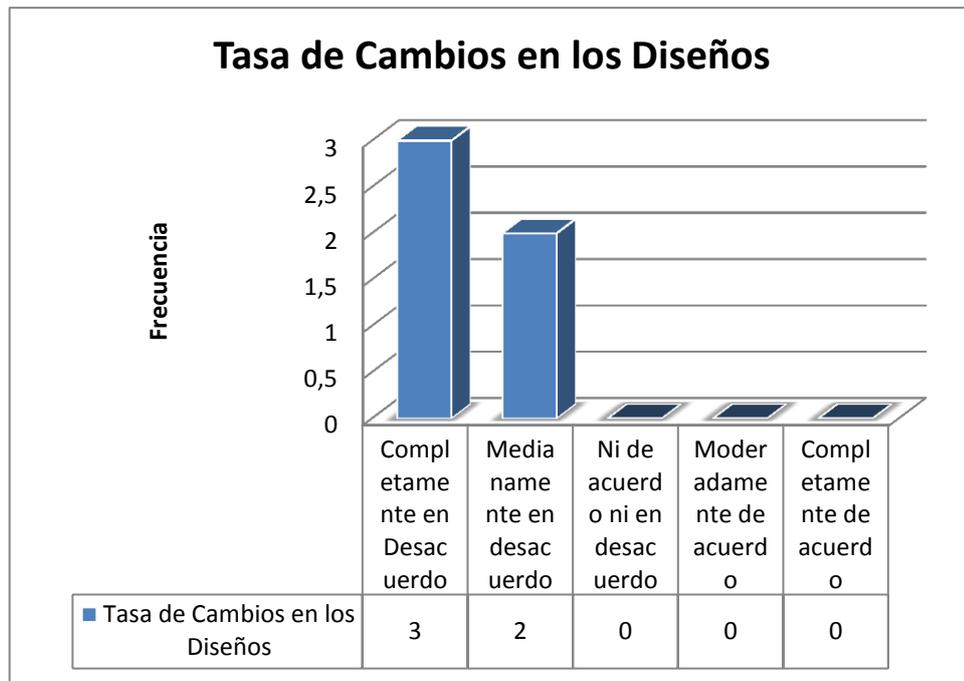
**3.- En este proyecto es muy baja la tasa de cambios de diseño.**

**TABLA 3.21 Tasa de Cambios en los Diseños.**

Tasa de Cambios en los Diseños	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	3
Medianamente en desacuerdo	2
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	0
Completamente de acuerdo	0
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.18 Tasa de Cambios en los Diseños.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

La tasa de cambios en los proyectos estudiados es alta por lo que tres encuestados están completamente en desacuerdo con la pregunta y los dos restantes medianamente en desacuerdo.

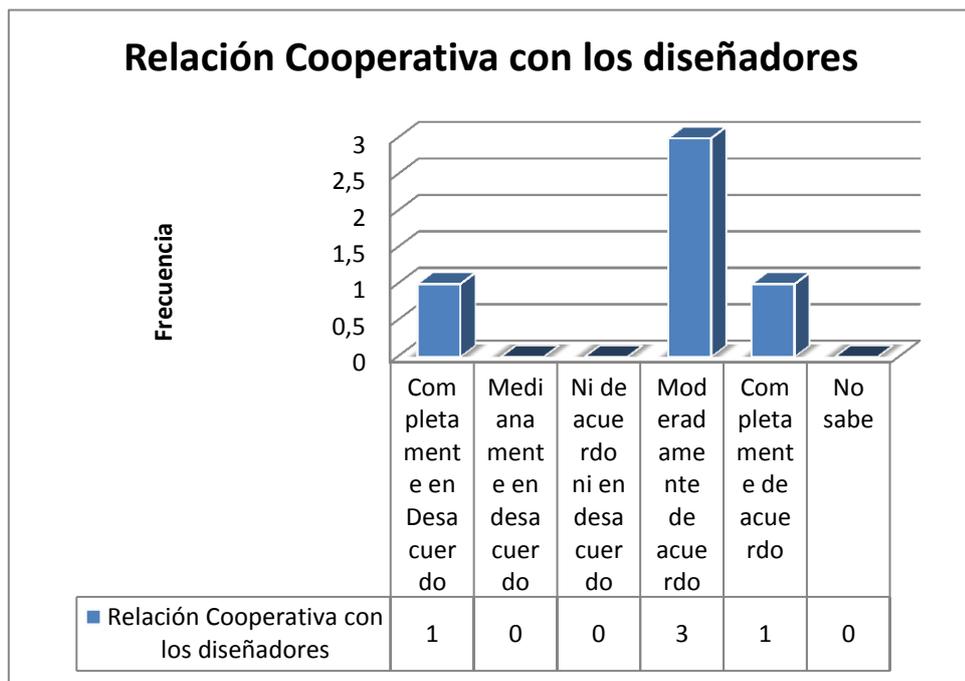
**4.- Existe una relación cooperativa con los diseñadores.**

**TABLA 3.22 Relación Cooperativa con los Diseñadores.**

Relación Cooperativa con los diseñadores	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	1
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	3
Completamente de acuerdo	1
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.19 Relación Cooperativa con los Diseñadores.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Un encuestado está completamente de acuerdo en que existe una relación cooperativa con los diseñadores, tres están moderadamente de acuerdo y uno completamente en desacuerdo.

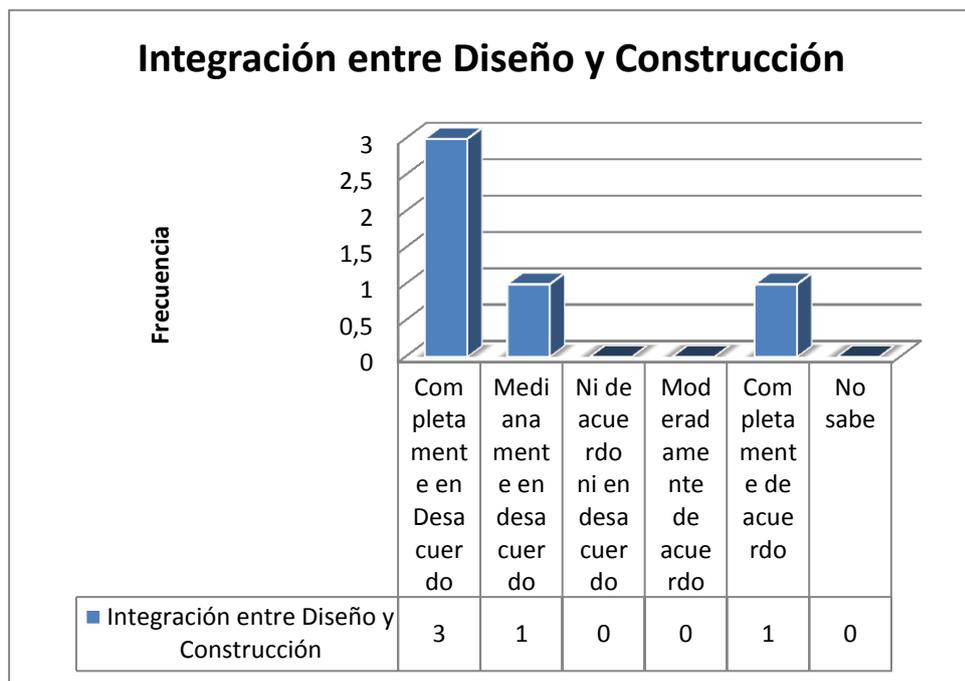
5.- En este proyecto existe una gran integración entre diseño y construcción.

**TABLA 3.23 Integración entre Diseño y Construcción.**

<b>Integración entre Diseño y Construcción</b>	<b>Frecuencia</b>
Completamente en Desacuerdo	3
Medianamente en desacuerdo	1
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	0
Completamente de acuerdo	1
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.20 Integración entre Diseño y Construcción.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados están completamente en desacuerdo, seguido de uno que dice que no existe una integración mayor entre diseño y construcción, tan solo uno la tiene.

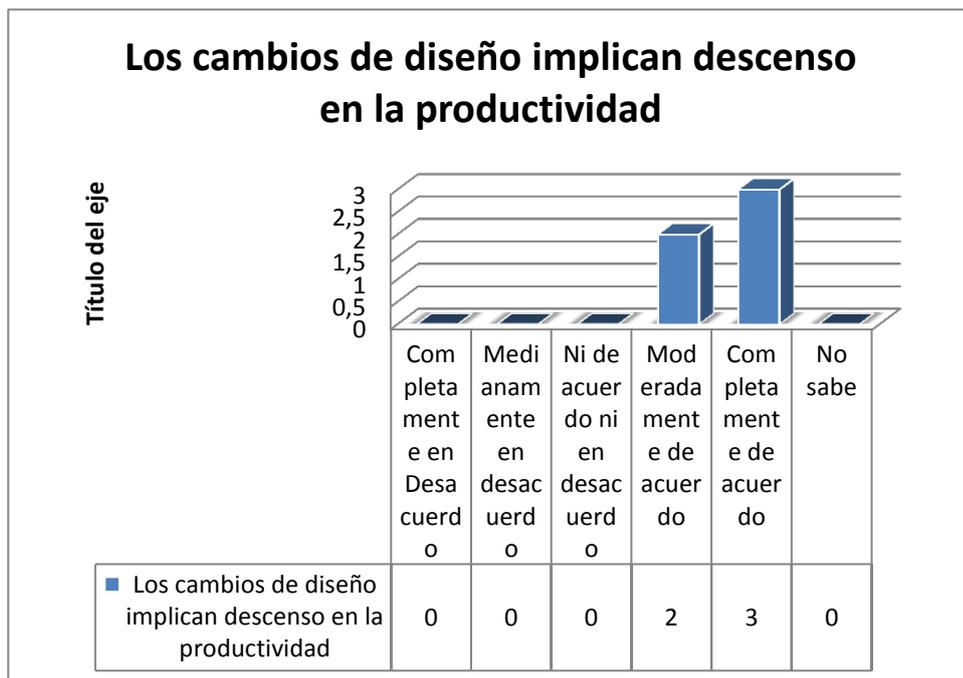
**6.- Los cambios de diseño siempre han implicado un descenso en la productividad del personal en obra.**

**TABLA 3.24 Los cambios de diseño implican descenso en la productividad.**

<b>Los cambios de diseño implican descenso en la productividad</b>	<b>Frecuencia</b>
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	2
Completamente de acuerdo	3
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.21 Los cambios de diseño implican descenso en la productividad.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados están completamente de acuerdo, dos están moderadamente de acuerdo también en que los cambios de diseño siempre han implicado un descenso en la productividad del personal de la obra.

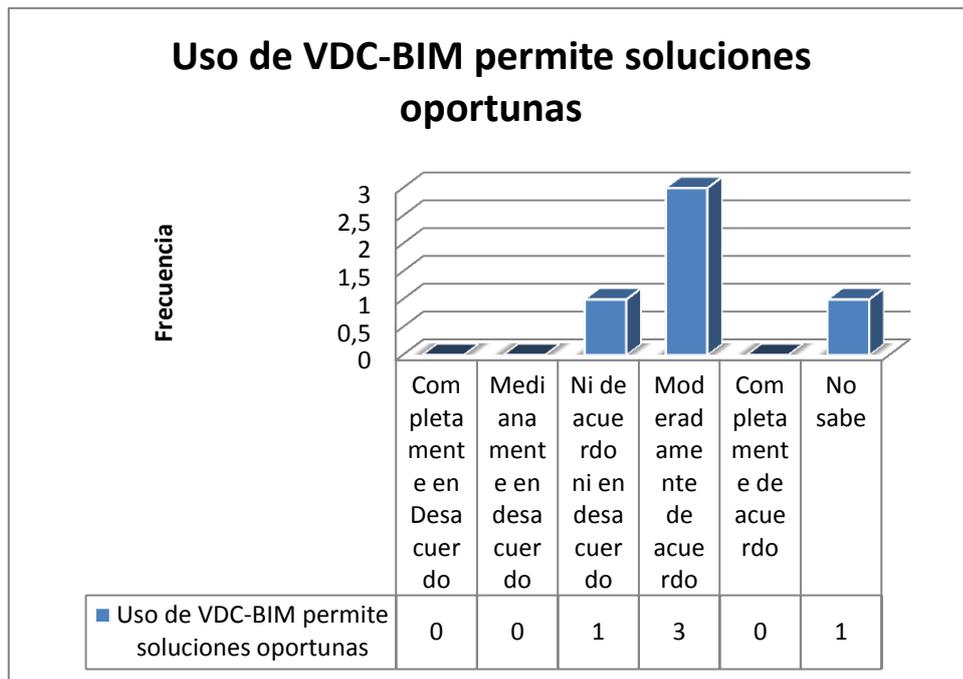
**7.- El utilizar VDC-BIM permite que los cambios de órdenes aprobadas por el cliente sean solucionadas de una manera oportuna.**

**TABLA 3.25** Uso de VDC-BIM permite soluciones oportunas.

Uso de VDC-BIM permite soluciones oportunas	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1
Moderadamente de acuerdo	3
Completamente de acuerdo	0
No sabe	1
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.22** Uso de VDC-BIM permite soluciones oportunas.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados están moderadamente de acuerdo en que el uso del VDC-BIM permite soluciones oportunas, uno no está ni de acuerdo ni en desacuerdo y uno restante no lo sabe.

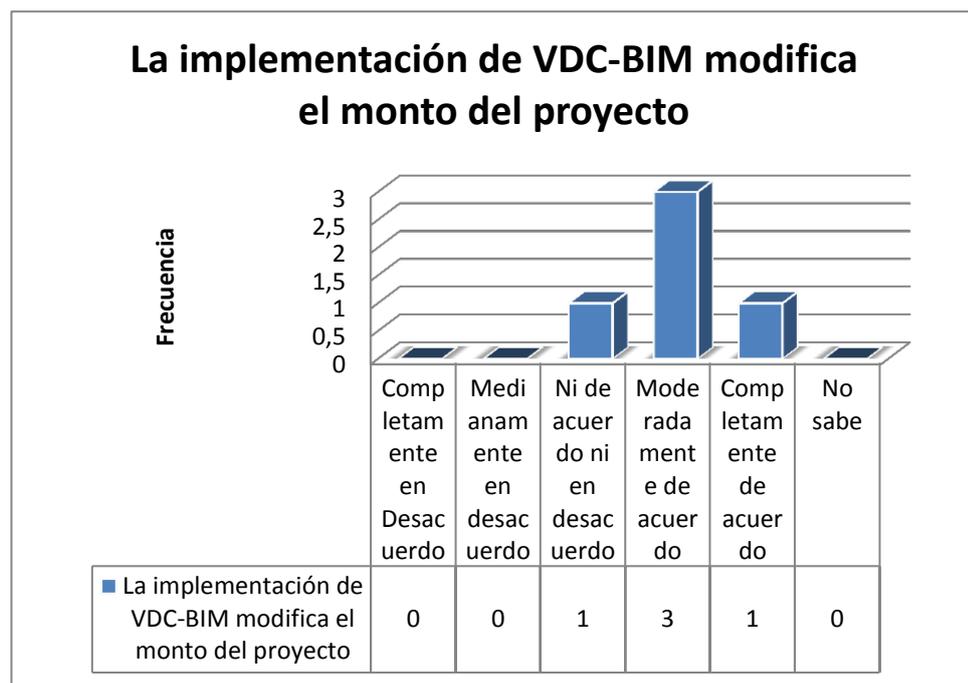
## 8.- Existen cambios en el monto del proyecto al implementar VDC-BIM.

**TABLA 3.26** La implementación de VDC-BIM modifica el monto del proyecto.

La implementación de VDC-BIM modifica el monto del proyecto	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1
Moderadamente de acuerdo	3
Completamente de acuerdo	1
No sabe	0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.23** La implementación de VDC-BIM modifica el monto del proyecto.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Un encuestado está completamente de acuerdo en que la implementación de VDC-BIM modifica el monto del proyecto, tres están moderadamente de acuerdo y uno ni de acuerdo ni en desacuerdo.

### 3.6.2.5 Salud y Seguridad

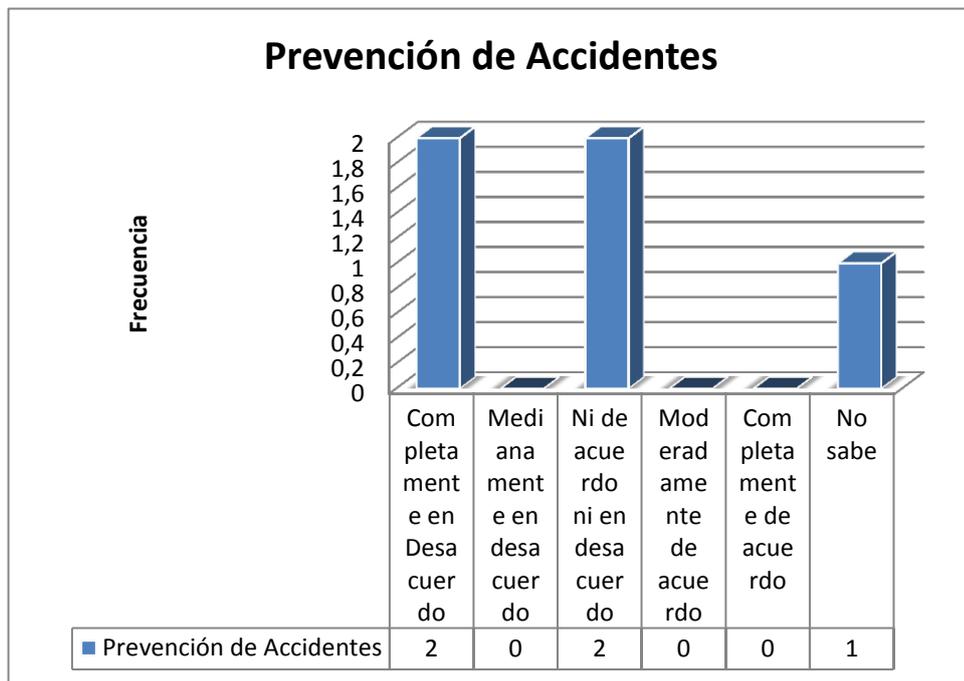
#### 1.- El implementar VDC-BIM ha ayudado a prevenir accidentes.

TABLA 3.27 Prevención de Accidentes.

Prevención de Accidentes	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	2
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2
Moderadamente de acuerdo	0
Completamente de acuerdo	0
No sabe	1
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

ILUSTRACIÓN 3.24 Prevención de Accidentes.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Dos encuestados están completamente en desacuerdo con que el implementar VDC-BIM ha ayudado a prevenir accidentes, los dos siguientes tiene una posición media y el restante no lo sabe.

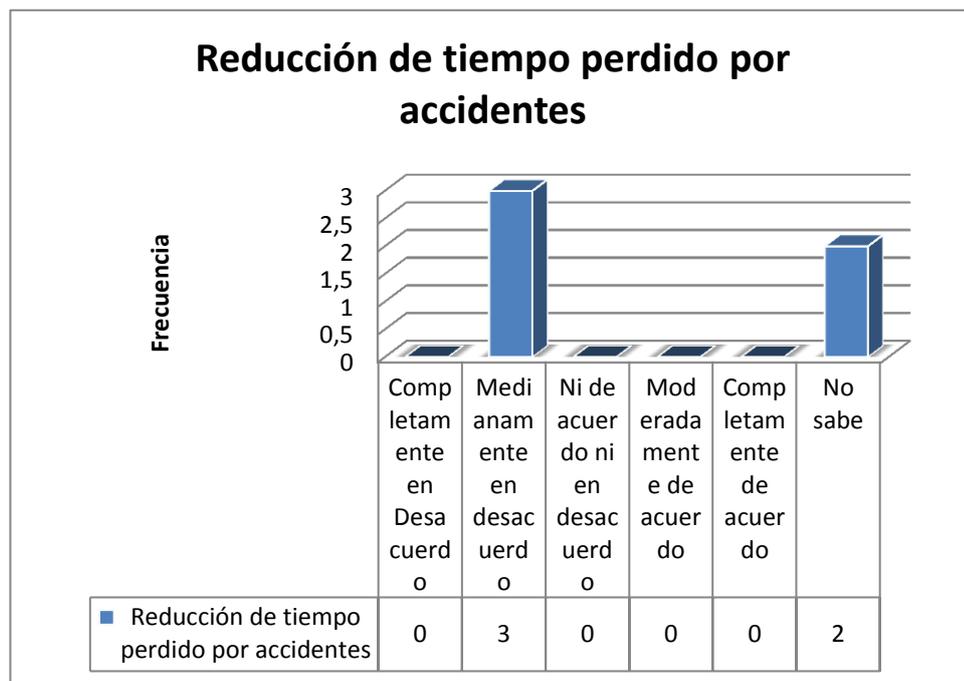
**2.- Cree que es menos el tiempo perdido por accidentes con el uso de VDC-BIM**

**TABLA 3.28 Reducción de tiempo perdido por accidentes.**

Reducción de tiempo perdido por accidentes	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	3
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0
Moderadamente de acuerdo	0
Completamente de acuerdo	0
No sabe	2
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.25 Reducción de tiempo perdido por accidentes.**



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Tres encuestados se encuentran medianamente en desacuerdo con que ha existido una reducción de tiempo perdido por accidentes, y dos más desconocen del tema.

### 3.6.2.6 Indicadores de Negocios

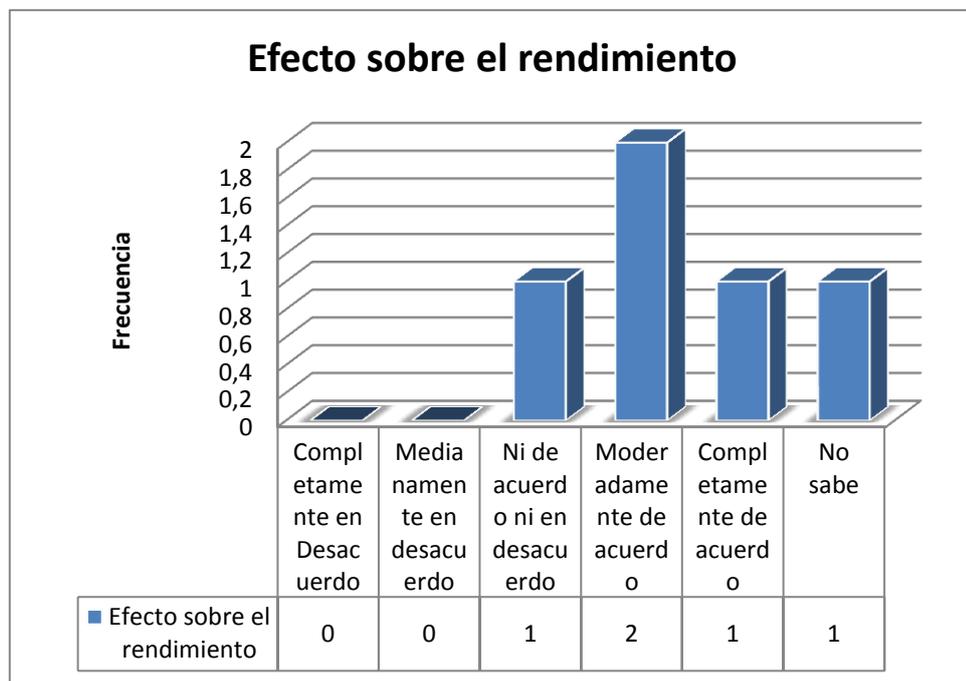
1.- Implementar VDC-BIM ha influido en el rendimiento global de la empresa.

TABLA 3.29 Efecto sobre el rendimiento.

Efecto sobre el rendimiento	Frecuencia
Completamente en Desacuerdo	0
Medianamente en desacuerdo	0
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1
Moderadamente de acuerdo	2
Completamente de acuerdo	1
No sabe	1
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

ILUSTRACIÓN 3.26 Efecto sobre el rendimiento.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Según un encuestado el implementar VDC-BIM ha influido en el rendimiento global de la empresa, dos lo creen moderadamente, uno está ni de acuerdo ni en desacuerdo y un último no lo sabe.

Después de analizar cada pregunta de las encuestas formuladas se presenta la siguiente tabla de resumen para poder apreciar de manera conjunta los resultados.

**TABLA 3.30 Resumen de Encuestas Formuladas.**

<b>Tecnología</b>					
<b>Nº</b>	<b>Pregunta</b>	<b>De acuerdo</b>	<b>En desacuerdo</b>	<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	<b>NO sabe</b>
1	Existe en su empresa personal calificado para manejar (VDC – BIM).	1	1	3	
2	Las personas encargadas de manejar el sistema tienen experiencia.	4	1		
3	El uso de estos modelos (VDC –BIM) ha permitido detectar con anterioridad posibles interferencias durante la ejecución del trabajo.	5			
4	Permite (VDC – BIM) una coordinación más eficiente entre el diseñador - constructor - mandante.	4			1
5	Utilizan todos los especialistas (VDC – BIM) al momento de llevar a cabo su trabajo.	2	3		
6	No ha habido problemas con hardware no compatible.	4	1		

<b>Plazo-Costo</b>					
<b>Nº</b>	<b>Pregunta</b>	<b>De acuerdo</b>	<b>En desacuerdo</b>	<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	<b>NO sabe</b>
1	Existe un control de costos de las obras en oficina central.	4	1		
2	Existen sistemas de control de costos que detectan la desviación de este en forma oportuna.	4	1		
3	Cree que los costos obtenidos al implementar VDC-BIM son menores a los costos presupuestados.	5			
4	Los costos de implementación son un obstáculo para el uso de VDC – BIM.	3	1		1
5	Cree que los plazos logrados al implementar VDC-BIM son menores a los plazos establecidos.	4	1		

6	Se ha logrado disminución de tiempos de diseño y construcción al implementar (VDC – BIM).	4	1		
---	---	---	---	--	--

Calidad					
Nº	Pregunta	De acuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	NO sabe
1	Al implementar VDC-BIM se ha disminuido las no conformidades del cliente.	3	1		1
2	Cree que el costo de reclamos ha sido afectado positivamente con la utilización de VDC-BIM.	3			2
3	La calidad de los proyectos ha mejorado con la utilización de la tecnología BIM.	3			2

Alcance del Proyecto					
Nº	Pregunta	De acuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	NO sabe
1	Existe mecanismos para modificar el plazo en el contrato cuando existen cambios de diseño?	3	2		
2	Los diseñadores responden prontamente a las solicitudes de cambio del proyecto.	1	4		
3	En este proyecto es muy baja la tasa de cambios de diseño.		5		
4	Existe una relación cooperativa con los diseñadores.	4	1		
5	En este proyecto existe una gran integración entre diseño y construcción.	1	4		
6	Los cambios de diseño siempre han implicado un descenso en la productividad del personal en obra.	5			
7	El utilizar VDC-BIM permite que los cambios de órdenes aprobadas por el cliente sean solucionados de una manera oportuna.	3		1	1
8	Existen cambios en el monto del proyecto al implementar VDC-BIM.	4		1	

Salud y Seguridad					
Nº	Pregunta	De acuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	NO sabe
1	El implementar VDC-BIM ha ayudado a prevenir accidentes.		2	2	1
2	Cree que es menos el tiempo perdido por accidentes con el uso de VDC-BIM.		3		2

Indicadores de Negocios					
Nº	Pregunta	De acuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	NO sabe
1	Implementar VDC-BIM ha influido en el rendimiento global de la empresa.	3		1	1

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

### 3.6.3 Análisis de un proyecto

A continuación se presenta el análisis de un proyecto donde se estima los beneficios de utilizar BIM

### DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA ANÁLISIS DE BENEFICIOS

- **Para Obras Extraordinarias (OOEE)**

Las modificaciones de obra, acordadas entre el Mandante y la Constructora, seclasificarán por **Obras Previsibles** (Que efectivamente se tienen que realizar, independiente del momento en que se den cuenta), **Obras con Costo**

**Evitable** (que podrían haberse evitado con BIM, por ej. demoliciones, reparaciones, incremento de hierro, etc.) y **Obras Imprevistas**.

**Ejemplo:** Un extraordinario generado por una modificación en la construcción de una columna.

- Si el cambio de la columna fue por un error en el plano de construcción entregado (es decir, error en el diseño) y además se dieron cuenta antes de construir significa que este extraordinario es clasificado como “Obra Previsible”.
- Si se dieron cuenta de este error una vez hecha la columna entonces hubo que demoler y asignar recursos que se consideran como pérdidas y por lo tanto esta modificación de obra es clasificada como “Obra con Costo Evitable”.
- Ahora, si esta modificación fue producto del terreno, no es previsible ni evitable.

**a. Obra previsible:** Serán catalogadas como:

**Si:** Las que son previsibles y no caen en las discutibles.

**Discutible:** Obras que debieron haber estado definidas desde un principio(modificación de departamentos, paredes en ciertos sectores, vigas estructurales, etc.),pero como no se tiene información respecto a la razón por la cual se hizo estamodificación, se colocaran en las discutibles.

**Ejemplo:**

- Si la modificación de la superficie de áreas verdes fue porque el mandante no visualizó bien el proyecto con los planos y posiblemente con un modelo

en 3D se podría haber evitado. Sin embargo, esto es muy relativo, por lo que cae dentro de las “Discutibles”. Si no se sabe la razón de la modificación, se colocará como NO (para estar en el lado seguro).

- Suministro e Instalación de topes para puertas closets, el Modelo BIM puede o no llegar a ese nivel de detalle por lo que esta OE se clasifica como discutible.

**b. Obras con costo evitable:**

Por ejemplo si hubo un extraordinario del tipo “Aumento de hierro en las vigas, en el que la actividad significó demoler”. Estas serán catalogadas como:

**Si:** En caso de que fue producto de un error en los planos (mostraban menos hierro de lo necesario).

**Discutible:** En caso de que no se tenga información muy precisa.

**c. Obras Imprevistas (NO):**

Finalmente, las Obras Extraordinarias que se efectúan independientemente de la utilización de BIM se clasificarán como Obras Imprevistas (en las tablas como “NO”)

- **Para Requerimientos de Información (RDI)**

Los RDI son las fichas en las que se presentan las modificaciones que existieron en el proyecto y las mismas que son documentadas, se clasificarán de la siguiente manera:

1. Incongruencias en planos, entre planos de la misma especialidad o de diferentes especialidades y entre planos con especificaciones.

**Ejemplo:** El corte 2 del plano 1A no concuerda con sección de plano 2. Favor aclarar cual detalle es el que manda.

2. Falta y Falla de Detalle / Especificación / Definición.

**Ejemplo:** Para corte 2 del plano 3A no se indica el detalle de hierros en viga. Favor indicar armado de hierros.

3. Falta de Documentación / Falta de Actualización.

**Ejemplo:** Plano N° 60, no se ha entregado aún a la fecha, en este plano se detallan los cortes del edificio de Administración.

4. Propositiones (de Cambio).

**Ejemplo:** En los planos de seguridad se solicitan para los sensores de humo y temperaturas cajas de 100 x 100 mm. Dado que se autorizó colocar las canalizaciones en las losas de hormigón se consulta si es factible reemplazar las cajas señaladas por unas de 106 x 71 x 52 mm.

5. Otro (todo tipo de RDI que no se puedan clasificar como las anteriores).

**Ejemplo:** Se solicita cambio de ubicación de un elemento para evitar interferencias.

## **CONSIDERACIONES DEL ANÁLISIS**

El escenario definido es el siguiente: “En el proyectos analizar se utilizó latecnología BIM para coordinar digitalmente las especialidades de tal forma de detectarinterferencias y otros problemas”. Al definir el nivel de implementación BIM de esteescenario se obtienen los costos y beneficios en los cuales se concentrará este estudio.

## **IMPLEMENTACIÓN VDC-BIM EN PROYECTO HOSPITALARIO**

**Descripción:**

Construcción en tres grandes áreas: un edificio de Administración y Consultas; uno de Diagnóstico y Tratamiento y otro de Especialización, todos de 8 pisos, 500 estacionamientos subterráneos y 500 estacionamientos de superficie.

**Alcance:**

Monto total de 4 826.000 UF; 67.000 m<sup>2</sup> de construcción

Nuestro análisis se centrara en una parte del proyecto a la cual se pudo dar seguimiento en la implementación de BIM, y cuyo monto es de 650 400.37 USD.

**Duración del Proyecto:**

32 meses (24 meses era el plazo planificado, pero se alargó por distintas dificultades).

- Los Valores de referencia: UF = \$21.000 equivalente a 38 USD.
- Los valores de capacitación, licencias, sueldos y hardware fueron consultados a especialista en el tema (GEPUC).

**Alcance del modelo:**

Modelamiento, arquitectura, estructura, electricidad, climatización, sanitario (agua potable, aguas lluvias y alcantarillado).

- N° Dibujantes: 4
- N° de Computadores con Licencia: 4
- Duración Construcción del Modelo: 3 meses.
- Asesoría: 3 horas a la semana

**TABLA 3.31 Costos de Implementación VDC-BIM.**

Profesionales	Escenario con BIM			Costo (\$) CLP	Costo (\$)USD
	Nº Especialistas	Sueldo(\$) CLP	Meses		
<b>Coordinador BIM</b>	1	2.500.000	3	7.500.000	13.413,56
<b>Dibujantes</b>	4	500.000	3	6.000.000	10.730,85
Capacitación (Para especialistas)	Nº	Costo (\$) CLP	Meses	Costo (\$) CLP	Costo (\$)USD
	2	220.000	4	1.760.000	3.147,72
Asesora (Experta BIM)	Nº	UF/Hora	Hrs/Semana	Costo (\$) CLP	Costo (\$)USD
	1	3	3	1.890.000	3.380,22
<b>SUBTOTAL</b>				17.150.000	30.672,34

Software			
	Nº	Costo (\$) CLP	Costo (\$)USD
<b>Licencia</b>	4	12.500.000	22.355,93

Hardware			
	Nº	Costo (\$) CLP	Costo (\$)USD
<b>Estación de Trabajo</b>	4	2.640.000	4.721,57

TOTAL	(\$ CLP)	(\$USD)
	32.290.000	57 838.54

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

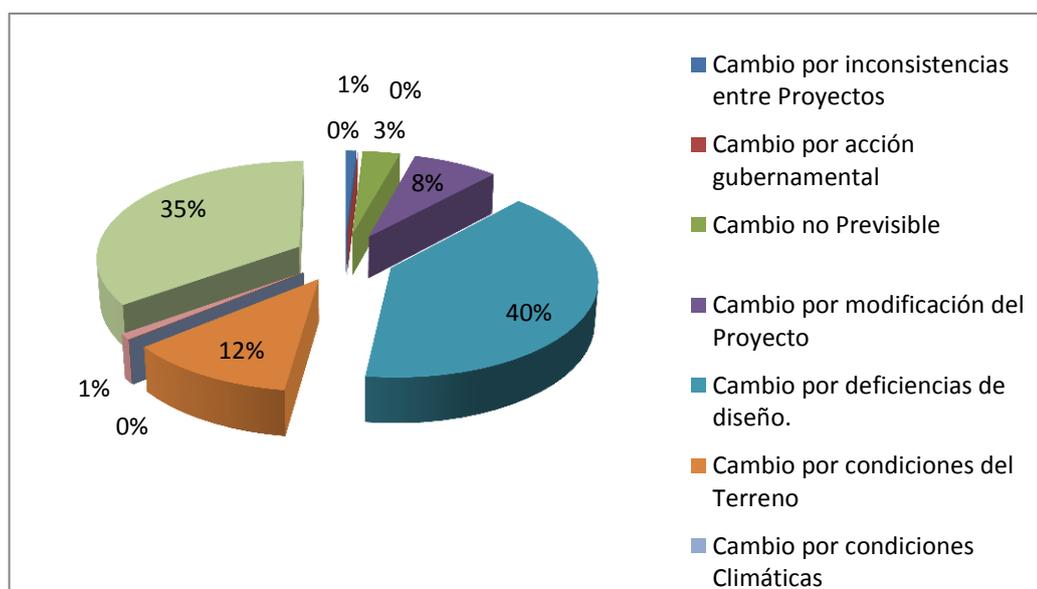
**a. Razón del cambio de Obras Extraordinarias.**

**TABLA 3.32 Cantidad del tipo de Obra Extraordinaria.**

Identificación	Razón	Cantidad	(%)
1	Cambio por incompatibilidad del Proyecto	1	0,48
2	Cambio por inconsistencias entre Proyectos	2	0,95
3	Cambio por acción gubernamental	0	0,0
4	Cambio no Previsible	7	3,33
5	Cambio por modificación del Proyecto	16	7,62
6	Cambio por deficiencias de diseño.	84	40
7	Cambio por condiciones del Terreno	25	11,90
8	Cambio por condiciones Climáticas	0	0,0
9	Cambio en el alcance del Contrato	2	0,95
10	Otro	73	34,76
<b>Total Obras Extraordinarias</b>		210	100

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

**ILUSTRACIÓN 3.27**Distribución del tipo de Obra Extraordinaria en Proyecto.



Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Normalmente las obras extraordinarias se generan particularmente por tres razones principales: Condiciones imprevistas en terreno (tercer porcentaje mayor para este proyecto), Modificaciones (por el mandante o por especialistas que no tenían completado su proyecto) y Errores/Deficiencias en el diseño (incongruencias, faltas de detalle, etc. en planos y/o especificaciones). En general, las condiciones imprevistas en terreno no se podrían evitar con BIM, mientras que los errores en el diseño sí.

Las modificaciones de obra (“aumentos de...” o “disminuciones de...”) se podrían eventualmente evitar con un modelo BIM, en particular las modificaciones hechas por parte del mandante (con un modelo 3D se visualiza mejor el diseño, particularmente para actores no técnicos). Las hechas por las especialidades no necesariamente podrían evitarse construyendo el modelo, pero sí con un cambio en el esquema de trabajo.

#### **b. Obras Extraordinarias Evitadas.**

De un total de **210** Obras Extraordinarias aprobadas, se tiene que con una coordinación digital de especialidades se podrían haber evitado las mostradas en la tabla 3.32.

Recordar que las obras previsibles son aquellas que se detectaron en forma oportuna y por lo tanto no hubo costos por demolición, reparaciones, trabajo rehecho, etc.

**TABLA 3.33 N° Extraordinarios previsibles o con costo evitable**

Costo Evitable			Obra Previsible	
Si	No	Discutible	Si	Discutible
41	98	4	35	32
19,52%	46,67%	1,91%	16,67%	15,24%

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

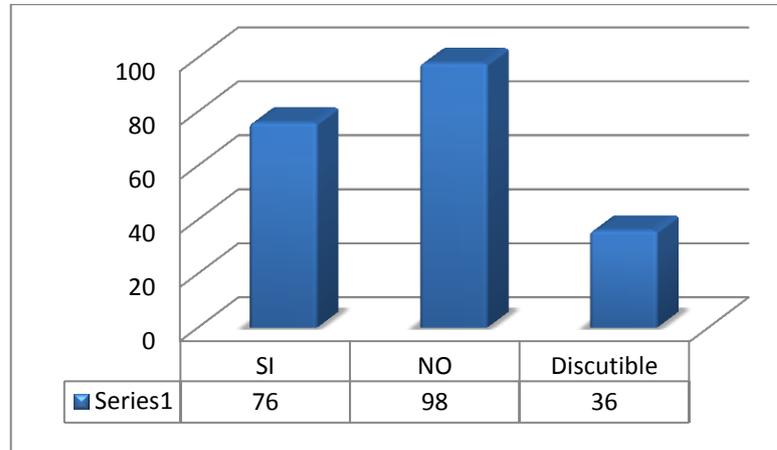


ILUSTRACIÓN 3.28N° de Extraordinarios que se podrían evitar con BIM

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

Como se observa en el gráfico anterior, el total de Obras Extraordinarias que se podrían evitar con BIM es de **76**, que corresponden a un **36,2%** del total de extraordinarios efectuados en el proyecto. En un escenario favorable (contando las discutibles) esta suma podría llegar a **112(53,3%)**.

### c. Ahorro de Costos.

Del total de obras extraordinarias evitadas, estas se traducen en un ahorro de costos para el mandante de 138 896.15 USD que corresponden a un 21.36 % del costo total de construcción y a un 44.77 % del monto total de las obras extraordinarias efectuadas en el proyecto. Si se incluye los extraordinarios con costos que se podrían evitar en forma discutible, los ahorros suman 144 388.89 USD que corresponden a un 22.20 % del costo de construcción y a un 46.54 % del monto de las obras extraordinarias. El resumen se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 3.34 Ahorro de costos con coordinación digital de especialidades

<b>Costo Total Obra [USD]</b>	650 400.37	
<b>Total Extraordinarios [USD]</b>	310 217.11	
<b>Costo de Implementación [USD]</b>	57 838.54	
<b>Escenarios</b>	Potencial	Favorable
<b>Ahorro [USD]</b>	138 896.15	144 388.89
<b>% del Costo Construcción</b>	21.36 %	22.20 %
<b>% del Costo Total de O.E.</b>	44.77 %	46.54 %

Elaborado por: Mayra Pailiacho J.

### 3.6.4 Otros proyectos con beneficios BIM

- **ACUARIO “HILTON” – GEORGIA, EEUU**

**Alcance del Proyecto:** U\$46 millones, 45.000 m2 (Hotel y Estacionamientos).

**Duración del Proyecto:** 21 meses entre diseño y construcción con 9 meses de traslape.

**Alcance BIM:** Coordinación etapa de diseño, detección de interferencias y modelamiento de secuencia constructiva.

**Software utilizado:** Navisworks usado como plataforma común.

**Costo para el Proyecto:** U\$90.000 - 0.2% del presupuesto del proyecto.

**Beneficios:** U\$600.000 atribuibles a la eliminación de interferencias.

- **EDIFICIO MEDICO “CAMINO”- CALIFORNIA, EEUU**

**Alcance del Proyecto:** USD \$98 millones, 23.500 m2 correspondientes a habitaciones de edificio médico y 38.000 m2 a estacionamientos.

**Duración del Proyecto:** 24 meses entre diseño y construcción con 12 meses de traslape.

**Alcance BIM:** Detección de interferencias y prefabricación remota.

**Software compartidos:** Autocad y Navisworks.

**Costo para el Proyecto:** USD \$410,000 - 0.5% del presupuesto del proyecto.

**Beneficios:** Aproximadamente U\$3 millones del costo y un estimado de más de 6 meses del plazo.

- **AMPLIACION CLINICA DAVILA, SANTIAGO, CHILE**

**Alcance del Proyecto:** Monto de USD \$28 millones y una superficie de 29.900 m<sup>2</sup>.

**Duración del Proyecto:** 22 meses entre diseño y construcción con 1 mes de traslape.

**Alcance BIM:** Coordinación de especialidades (detección de interferencias).

**Software utilizados:** Revit MEP y Navisworks.

**Costo para el Proyecto:** USD \$26.838 – 0,1% del monto del contrato.

**Beneficios:** Ahorro estimado a la fecha de USD \$64.260 (con un 66% de levantamiento dela obra) al detectar 297 interferencias con el modelo.

**TABLA 3.35 Beneficios en etapa de Diseño de otros proyectos.**

<b>N°</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Monto Total USD</b>	<b>Beneficios etapa de Diseño</b>
<b>1</b>	Acuario "HILTON"	\$46.000.000	\$600.000
<b>2</b>	Edificio Médico "CAMINO"	\$98.000.000	\$3.000.000 6 meses de plazo
<b>3</b>	Ampliación "CLINICA DÁVILA"	\$28.000.000	\$64.260

**Elaborado por: Mayra Pailiacho J.**

## CAPÍTULO IV

### 4.1. RESULTADOS

La aplicación de las distintas herramientas que posee la tecnología VDC-BIM trae una serie de beneficios en las distintas etapas del proyecto y a los distintos actores que participan, como también múltiples desafíos, en las encuestas podemos ver que cualitativamente existe una inclinación a mejoras al implementar VDC-BIM.

Los beneficios en las distintas etapas del proyecto se resumen a continuación:

#### **a. Beneficios de una Pre-Construcción para el Dueño del Proyecto**

*Concepto, Viabilidad y Diseño:* Antes de que el cliente comprometa a un arquitecto, es necesario determinar si una edificación de un cierto tamaño y nivel de calidad, puede ser construida dado un plazo y presupuesto estipulado. Si estas preguntas pueden ser respondidas con una relativa certeza, el mandante puede proceder con la expectativa de que sus objetivos son alcanzables. Darse cuenta que un diseño particular ha excedido significativamente el presupuesto luego de utilizar una considerable cantidad de tiempo y esfuerzo es un desperdicio. Un aproximado modelo del edificio construido y vinculado a una base de datos de costos puede ser de una tremenda asistencia y valor para el dueño del proyecto.

*Desempeño y Calidad de la Edificación:* Desarrollado un modelo esquemático previo a generar un modelo detallado permite una evaluación más

cuidadosa delesquema propuesto para determinar si los requerimientos funcionales y sustentables dela infraestructura se cumplen. Una evaluación temprana de las alternativas de diseñousando herramientas de simulación/análisis aumentaría la calidad general del edificio.

## **b. Beneficios en el Diseño**

***Una temprana y más exacta visualización del diseño:*** El modelo 3D generadopor un software BIM (diseñado directamente más que construido a partir de planos 2D) puede ser usado para visualizar el diseño en cualquier etapa del proceso con la seguridad de que será consistente dimensionalmente en cada vista.

***Automáticas correcciones cuando son hechos cambios al diseño:*** si los objetos usados en el diseño son controlados por reglas paramétricas que aseguran unalineamiento apropiado se reduce la necesidad del usuario de gestionar cambios en el diseño (estos se hacen automáticamente).

***Dibujos 2D exactos y consistentes generados en cualquier etapa del diseño:*** precisos y consistentes dibujos pueden ser extraídos del modelo. Esto reduce significativamente la cantidad de tiempo y el número de errores asociados con la generación de dibujos necesarios para todas las disciplinas que participan en el diseño: Cuando los cambios en el diseño son requeridos, automáticamente todos los dibujos generados a partir del modelo se actualizan, eliminando posibles inconsistencias.

***Temprana colaboración de disciplinas:*** Las tecnologías VDC-BIM facilitan el trabajo simultáneo de múltiples disciplinas encargadas del diseño. Aunque la colaboración con dibujos 2D es también posible, es más difícil y consume más tiempo que trabajar con un modelo 3D (o con varios si es un esquema distribuido), en el que el control de cambios puede ser bien administrado. Esto acorta los tiempos de diseño y reduce errores y omisiones. También contribuye a dar una temprana resolución a problemas de diseño. Este enfoque es mucho más

efectivo que esperar hasta que el diseño este casi completado y luego aplicar ingeniería de valor solamente después que la mayoría de las decisiones de diseño han sido tomadas.

***Fácil chequeo del diseño pensado:*** VDC-BIM provee de tempranas visualizaciones 3D y de una cuantificación de las cantidades del material utilizado, permitiendo estimaciones de costo más exactas en etapas tempranas. Para edificaciones complejas (laboratorios, hospitales, etc.) el diseño pensado es a menudo definido cuantitativamente y un modelo virtual permite chequear estos requerimientos. Para requerimientos cualitativos (ej. que esta habitación esté más cerca del baño), el modelo 3D puede apoyar evaluaciones automáticas.

***Extracción de estimación de costos:*** Del modelo se pueden extraer una tabla de cantidades exacta y de espacios utilizados que pueden ser usados para estimaciones del costo de construcción. Al inicio de la etapa de diseño, las estimaciones de costo están basadas principalmente en unidades de costo por unidad de metros cuadrados. A medida que el diseño progresa, un mayor detalle de las cantidades está disponible y pueden ser usadas para estimaciones más exactas. Es posible mantener a todos los participantes consientes de las implicaciones de costo asociadas con un diseño dado antes de que progrese al nivel de detalle requerido para generar los documentos de construcción. Como resultado, usando VDC-BIM es posible hacer decisiones de diseño más informadas relacionadas con el costo en vez de un sistema basado en el papel (dibujos 2D).

***Eficiencia energética y Sustentabilidad:*** vinculando el modelo con software de análisis energético permite evaluar el desempeño de la edificación, en términos del consumo de energía en etapas tempranas del proyecto. Esto no es posible usando herramientas tradicionales 2D que requieren un análisis energético, desarrollado en forma separada y al final del proceso de diseño, reduciendo oportunidades de modificación que podrían mejorar el desempeño energético de la infraestructura.

### **c. Beneficios de Construcción y Fabricación.**

***Planificación de Construcción:*** La planificación de la construcción utilizando modelos 4D requiere vincular el programa de actividades con objetos 3D del modelo.

Así es posible simular el proceso de construcción y mostrar como la obra se vería en cualquier punto del tiempo. Esta simulación grafica provee de un entendimiento considerable de cómo la infraestructura será construida, día a día, revela fuentes de potenciales problemas y oportunidades de posibles mejoras (conflictos de espacio, de cuadrillas y equipamiento, problemas de seguridad, etc.).

***Descubriendo errores de diseño y omisiones (detección de interferencias):***Dado que el modelo es la fuente de todos los dibujos 2D y 3D, errores de diseño causados por inconsistencias en planos 2D son eliminados. Como los proyectos de diseño de todas las disciplinas se pueden integrar y comparar, las interferencias son identificadas antes de ser detectadas en terreno. La coordinación de todos los actores del proyecto es mejorada y errores de diseño son significativamente reducidos. Esto acelera el proceso de construcción, reduce costos, minimiza disputas legales y provee de un proceso más transparente para todo el equipo del proyecto.

***Reaccionar rápidamente en problemas de diseño/terreno:*** El impacto de un cambio en el diseño puede ser incorporado en el modelo y los cambios en los otros objetos serán automáticamente actualizados. Algunas actualizaciones se harán automáticamente basadas en establecidas reglas paramétricas. Otros sistemas cruzados de actualización pueden ser chequeados visualmente. De esta forma, los cambios en el diseño pueden ser resueltos de forma más rápida en un sistema BIM dado que las modificaciones pueden ser compartidas, visualizadas, estimadas y resueltas sin el uso de transacciones de papel y su correspondiente consumo de

tiempo. Además, la actualización hecha en forma tradicional es extremadamente propensa a errores

***Usar el modelo como base para fabricar componentes:*** Si el modelo de diseños transferido a un software para fabricación “virtual” y detallado al nivel de los objetos a fabricar, contendrá una exacta representación de los objetos que se quieren confeccionar en relación a la obra. Dado que los componentes están ya definidos en 3D, la elaboración automatizada de los elementos utilizando maquinarias especializadas es facilitada. Tal automatización es una práctica ya estándar en la fabricación de piezas de acero, hormigón pretensado, ventanas y otros. Esto permite la participación de fabricantes en cualquier parte del mundo que elaboran las piezas en base al modelo y mantienen “links” que reflejan el diseño deliberado. Esto facilita la fabricación remota y reduce los costos y tiempos de construcción.

***Mejor implementación de técnicas de “Justo a Tiempo”:*** Las técnicas de construcción sin pérdidas requieren de una cuidadosa coordinación entre la oficina técnica del contratista general, sus cuadrillas y subcontratistas para asegurar que el trabajo puede ser desempeñado cuando los recursos apropiados están disponibles en terreno. Esto minimiza pérdidas y reduce la necesidad de inventarios en terreno. Dado que BIM provee de un modelo certero del diseño y de los recursos requeridos para cada segmento de trabajo, provee de una base centralizada para mejorar la planificación y las actividades desarrolladas por las cuadrillas, y ayuda a asegurar un arribo de gente, equipos y recursos en la oportunidad requerida (justo a tiempo). Esto finalmente reduce costos y mejora la colaboración en terreno.

***Sincronización del Abastecimiento con el Diseño y la Construcción:*** el modelo completo provee de cantidades exactas para todos los materiales y objetos contenidos en un diseño. Estas cantidades, especificaciones y propiedades pueden ser usadas para comprar materiales desde vendedores de productos y subcontratistas (ej. Subcontratistas de hormigón pretensado).

Actualmente, la definición de objetos virtuales por parte de proveedores y fabricantes no ha sido desarrollada para hacer de esta capacidad una aplicación real.

#### **d. Beneficios Post-Construcción**

***Mejor administración y operación de las instalaciones:*** el modelo provee de una fuente de información (gráfica y especificaciones) para todos los sistemas del edificio. Análisis previos usados para determinar el equipamiento mecánico, control de sistemas, etc. pueden ser proporcionados al dueño, de tal forma de verificar las decisiones de diseño una vez que las instalaciones están en uso. Esta información puede ser usada para chequear que todos los sistemas funcionan apropiadamente una vez que la edificación esta completada.

***Integración con la operación de la instalación y la gestión de sistemas:*** un modelo virtual que ha sido actualizado con todos los cambios hechos durante la construcción provee de una fuente de información acerca de espacios “as-built” y sistemas, además de ser de un punto de partida para el manejo y la operación de las instalaciones. Un modelo de información de la edificación apoya el monitoreo de los sistemas de control en “tiempo real” y proporciona una interface natural para sensores y operación remota. Muchas de estas capacidades aún no han sido desarrolladas, pero VDC-BIM provee una plataforma ideal para su despliegue.

## **CAPÍTULO V**

### **5.1 DISCUSIÓN**

Luego de haber realizado todos los procedimientos necesarios podemos responder a la hipótesis planteada y los objetivos mencionados de la siguiente manera:

“LA IMPLEMENTACIÓN DEL VDC-BIMSI AYUDA AL MEJORAMIENTO DE LOS INDICADORES CLAVE DEL DESEMPEÑO EN LA INDUSTRIA AEC”

Para identificar los impactos en los indicadores clave de desempeño al implementar modelos VDC-BIM y poder conocer los beneficios en los mismos; Primero se realizó una investigación bibliográfica que nos permitió escoger un grupo de indicadores que se ven afectados por los modelos según cada área: Tecnología, Plazo, Costos, Alcance del Proyecto, Salud, Seguridad, Calidad, Indicadores de Negocios.

Después formulamos una encuesta que fue aplicada personalmente a personas entendidas en el tema de las empresas que fueron casos de estudio en la investigación, para recoger información tanto cualitativa como cuantitativa, luego de analizar la información podemos decir que son muchos los beneficios que gana cada proyecto al implementar en su ejecución modelos VDC-BIM ya que interviene desde la concepción del proyecto hasta futuros mantenimientos de los mismos, sin embargo nos encontramos que aún existe problemas en la obtención de datos cuantitativos dado que no se hace un seguimiento de cada indicador sin contar que muchas veces no se aplica en su totalidad el concepto VDC-BIM en

la coordinación general del proyecto sino simplemente como una alternativa con tecnología de diseño, cuantificadora de volúmenes, etc.

Por lo tanto incorporar esta tecnología en la Provincia ayudara considerablemente a la construcción siempre y cuando sea mediante una metodología correcta, pudiendo dar seguimiento a cada uno de los indicadores que se ven afectados.

Esta incorporación se deberá empezar en la Universidad, ya que se necesita que los futuros profesionales de la construcción tengan conocimientos sobre tecnologías virtuales, para que puedan responder en las nuevas profesiones creadas como consecuencia del empleo de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción.

Para esto se deberá programar e implementar el aprendizaje de herramientas BIM en formación continua, tanto en cursos específicos, como seminarios de naturaleza académica y técnica:

## **5.2 VALIDEZ EXTERNA**

Esta metodología está en estudio sin embargo servirá como base y podrá ser aplicada en otros proyectos con la misma iniciativa siempre y cuando se ponga atención a cada uno de los actores de la propuesta metodología para optimizar los beneficios en sus indicadores y en el entorno.

## CAPÍTULO VI

### 6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1.1. Conclusiones

- Las deficiencias en los documentos contractuales de diseño e ingeniería son problemas que responden a un aspecto cultural debido al uso de procesos de administración, contratación y gerencia de proyectos que impiden una adecuada interacción de las etapas de diseño y construcción.
- A pesar de tener poca o ninguna participación en la elaboración del diseño, es el contratista el que habitualmente asume el riesgo del proyecto, si estos problemas llegasen afectar en los plazos o costos del mismo.
- La integración de la información de un proyecto en un modelo VDC-BIM trae consigo una reducción muy importante en el consumo de recursos humanos y materiales
- El emplear tecnología VDC-BIM requiere de un pequeño grupo operador de las herramientas de la plataforma empleada, pero con una alta capacitación especializada en el manejo de los programas, así como un grupo directivo técnico de ingeniería, experto en cada una de las disciplinas involucradas en el proyecto, para coordinación, así como encargado de proporcionar los criterios y decisiones a los

operadores de la paquetería, para que el modelo simule adecuadamente el comportamiento físico y funcionamiento de las instalaciones de la edificación. Con esto se minimizan los grupos de ingeniería, pero éstos deben ser considerados con alta preparación técnica y capacitación en manejo de la plataforma.

- La metodología VDC-BIM, por tanto, surge como una nueva alternativa, con proyección a establecer una nueva forma de llevar a cabo los proyectos de edificación, donde el manejo de la información hoy en día de manera oportuna, eficaz y congruente, se ha vuelto una ventaja altamente competitiva en el ámbito de la ingeniería civil como en muchas otras áreas, es por ello que la innovación que conlleva esta nueva tecnología, permite a los actuales y futuros ingenieros nuevas oportunidades de crecer profesionalmente.
- En el presente trabajo se han presentado los beneficios de este modelo pero cabe señalar que su adopción requiere un conocimiento competente para su uso y aplicación puesto que se requiere tiempo de inversión en su aprendizaje para un manejo eficiente. Es por ello que este tipo de tecnología debería formar parte de la enseñanza básica de los futuros ingenieros civiles.

### **6.1.2. Recomendaciones**

Reemplazar un ambiente 2D CAD por un sistema de trabajo basado en VDC- BIM involucra mucho más que adquirir un nuevo software, capacitar a los empleados y adquirir los hardware adecuados.

El uso efectivo de VDC-BIM requiere de cambios en casi todos los aspectos organizacionales y de negocios de la empresa. Requiere de un entendimiento completo de lo que la implementación de VDC-BIM

involucra y una planificación minuciosa antes de que la conversión pueda comenzar. Aunque los cambios específicos dependerán de la actividad que tenga la empresa dentro de la industria AEC, las siguientes son recomendaciones al implementar VDC-BIM:

- Asignación de responsabilidades desde los puestos superiores de la organización (gerencias) para el desarrollo de un plan que cubra todos los aspectos de negocios de la empresa y como los cambios propuestos impactarán tanto los departamentos internos como los clientes externos en la adopción de VDC-BIM.
- Crear un equipo interno responsable de implementar un plan, incorporando índices de costo y tiempo, para guiar la evaluación y el desempeño de la adopción de VDC-BIM.
- Empezar utilizando sistemas BIM en uno o dos proyectos pequeños, en forma paralela con la tecnología existente (2D CAD), y producir documentos tradicionales desde el modelo BIM. Esta metodología ayudará a revelar déficits respecto al modelo (al comparar ambos planos), eficiencia en los trabajos, problemas de vínculos entre programas de análisis, etc.
- Utilizar los resultados iniciales para educar, guiar o hacer retroalimentaciones para la continua adopción de BIM. Mantener a las gerencias informadas de los problemas, progresos, consideraciones, mejoras, etc.
- Ya con un nivel de experiencia/conocimiento adecuado, comenzar a trabajar con miembros externos del equipo del proyecto en estos nuevos enfoques de colaboración que permiten la temprana integración e intercambio de conocimiento usando el modelo de información.

- Reflejar los nuevos procesos de negocios en documentos contractuales con clientes y empresas relacionadas.
- Periódicamente “replanificar” el proceso de implementación de BIM en la organización, para reflejar los beneficios y problemas observados hasta ese momento y fijar nuevos objetivos de desempeño, tiempo y costo que se desean obtener con la implementación.

## **CAPÍTULO VII**

### **7.1 PROPUESTA**

#### **7.1.1. Título de la propuesta**

**IMPLEMENTAR Y DESARROLLAR LA TECNOLOGÍA VIRTUAL CON LA APLICACIÓN VDC-BIM EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**

#### **7.1.2. Introducción**

En la actualidad, la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) están afrontando enormes cambios tecnológicos y desafíos que incluyen la proliferación de tecnologías de información y la aplicación apropiada de buenas prácticas de gestión.

El ingeniero y el arquitecto del siglo XXI deben tener la capacidad de afrontar el rápido avance tecnológico, un mundo altamente interconectado y problemas que requieren soluciones multidisciplinarias.

La información manejada en los proyectos de construcción está generalmente basada en el uso de medios tradicionales, como por ejemplo, planos, cartas Gantt, documentos de especificaciones, etc., que solo proveen una transferencia limitada de información entre los participantes del proyecto.

Estas condiciones no proveen fundamentos sólidos para hacer efectivos los procesos de ejecución de un proyecto.

Es así como los avances en tecnologías de información (TI) han cambiado la forma de trabajo, lo que para muchos es un cambio revolucionario.

Razón por la cual ha sido motivo de estudio, después de analizar los resultados al implementar estas tecnologías virtuales se tiene que el VDC-BIM tiene un impacto positivo en la construcción, sin embargo en nuestra provincia no se ha implementado el uso de estas tecnologías, uno de los principales motivos es la falta de personal que conozca sobre el tema, es por eso que se plantea como una alternativa empezar el proceso de inclusión de estas tecnologías en la UNACH donde se forman los futuros profesionales en la construcción, permitiéndoles además tener una mayor conexión entre sus estudios y el mundo laboral que los espera.

### **7.1.3. Objetivos**

#### **5.1.3.1. Objetivo General**

Describir una metodología apropiada para implementar tecnología virtual VDC-BIM en la provincia de Chimborazo.

#### **5.1.3.2. Objetivos Específicos**

- Recopilar y analizar distintos documentos de entidades internacionales que han desarrollado manuales o guías de ayuda, y han planteado ciertos estándares para la implementación de BIM en la formación educativa.

- Establecer una metodología para implementar estas tecnologías empezando en la Universidad, basado en las recomendaciones recogidas y la información seleccionada de los documentos expuestos.

#### **5.1.4. Fundamentación Científico –Técnica**

##### **5.1.4.1. Construcción Sin Pérdidas (Lean Construction)**

Nace como una necesidad de adoptar una serie de estándares (nuevas técnicas) emanadas desde la empresa manufacturera, que tuvieron su origen en el sistema de producción de Toyota, desarrollado por Ohno después de la segunda guerra mundial.

Esta nueva filosofía de producción se denominó “Lean Production” o Producción sin Pérdidas.

La Construcción sin pérdidas se basa en principios que buscan agregar el máximo valor al producto final, mediante la eliminación de pérdidas (actividades que no agregan valor) y el mejoramiento continuo a lo largo de todo el proyecto. Una pérdida se refiere a cualquier actividad humana que absorbe recursos, pero que no crea valor.

Por ejemplo: retrasos por secuencias incorrectas, trabajo rehecho o redundante, número de errores u omisiones de diseño, cantidad de órdenes de cambio, exceso de materiales, etc. En resumen, la Construcción sin Pérdidas se centra en:

- *Reducción o eliminación de pérdidas:* actividades que no agregan valor (esperas, controles, movimientos, etc.)

- *Optimización de procesos principales:* actividades que agregan valor (hormigonado, albañilería, etc.).
- *Logística:* tanto de recursos (Proveedores – cliente externo) como de terreno (Cuadrillas – cliente interno).

#### **5.1.4.2. Definición De TI**

A las Tecnologías de la Información (TI) se les identifica como el conjunto de conocimientos referidos a la producción, distribución, almacenamiento, recuperación y utilización de la información. En general, las TI son asociadas al uso de computadores (Hardware) y de programas computacionales (Software) que vendrían a ser sólo parte de las herramientas que componen a las TI.

Existen tres elementos importantes de las TI: Personas, Procesos y Herramientas. Al implementar una TI en una organización, el problema no radica en estos elementos, sino que en las relaciones, vínculos e interacciones existentes entre estos. Por ejemplo: ¿Existe aceptación por parte de las personas de las herramientas disponibles de esta tecnología?, ¿Se tiene el conocimiento de estas herramientas?, ¿Hubo un rediseño de los procesos?, ¿Se tiene el conocimiento de estos nuevos procesos de trabajo?, ¿Se adecuaron los aspectos organizacionales para tratar la inherente resistencia al cambio de las personas?, etc.

El principal objetivo corporativo que buscan las TI es mantener una posición competitiva de bajos costos y en el caso particular de la industria de la construcción, es acercar a cada uno de los actores que participan en el proyecto, integrando sus procesos y compartiendo información que mejorará las retroalimentaciones desarrolladas.

#### **5.1.4.3.VDC-BIM**

BIM (*BuildingInformationModeling*) o VDC (*Virtual DesignConstruction*) comprende el proceso de generación y gestión de información de un proyecto de construcción durante sus diferentes etapas, ya sea desde el inicio en la fase de diseño o en su coordinación y planificación de construcción, basado en una plataforma virtual. El término VDC engloba el proceso completo más allá del modelo en sí, pues se refiere al uso que se le da al modelo BIM que se crea para el proyecto.

El uso de esta tecnología se basa en crear maquetas tridimensionales con información paramétrica de sus elementos, con propiedades de materialidad, geometría, cantidades, propiedades particulares, costo o algún otro tipo de característica que se desee incluir. Está regido por datos estandarizados, permitiendo la interoperabilidad del modelo con los distintos participantes de un proyecto. Debido a que posee una gran facilidad de modelamiento paramétrico, es posible tener una representación virtual con datos necesarios para automatizar la gestión, por lo que cuenta con la ventaja de poder realizar planificación de obras y su visualización de construcción en tiempo real, logrando dar una visión más cercana de lo que se obtendrá como producto una vez finalizado, transformándose en una pre-construcción del proyecto en su totalidad.

El uso de la metodología BIM o VDC se debe entender exactamente como lo dice su nombre, una metodología. No está basado simplemente en la creación de un modelo con características como las recién señaladas, sino que es un procedimiento completo en que se debe desarrollar una forma de trabajo diferente a la utilizada actualmente en el desarrollo de proyectos. Si se desea hacer una maqueta virtual de un proyecto, esta maqueta puede tener distintos atributos dependiendo de los alcances y objetivos que se hayan planteado resolver al momento de su diseño, y por lo tanto es importante tener claramente identificados estos puntos al comenzar a desarrollarlo. Estos atributos están definidos principalmente por lo solicitado de parte del cliente, como también lo determinado para desarrollar internamente en cada disciplina que participe en el proyecto. Es

importante utilizar inteligentemente esta metodología de trabajo, y por sobre todo aplicar un procedimiento ordenado en su implementación, puesto que la comunicación y principalmente la coordinación de las distintas especialidades durante todo el proceso de diseño juegan un rol fundamental para el éxito en la implementación completa de VDC-BIM.

Podemos entender la metodología como un método innovador que facilita la comunicación entre los sectores de ingeniería, arquitectura y construcción, que logra generar e intercambiar información de manera eficiente y además crear representaciones digitales de las fases del proceso de construcción del proyecto.

Al trabajar con objetos paramétricos inteligentes, se cuenta con una base de información que entrega tanto datos geométricos como materialidad, resistencia y otros, que le dan un valor agregado a los elementos, transformando una representación gráfica en una representación virtual siendo en conjunto un modelo con condiciones reales del proyecto. Además, la ventaja de esta parametrización de los elementos, es que al cambiar sus propiedades se logra cambiar rápidamente su geometría, tarea extremadamente ventajosa al comparar con programas de diseño tradicionales basado solamente en representación gráfica.

## **Áreas de aplicación**

### **Comunicación**

Uso de modelos para mejorar el entendimiento y comunicación entre distintos actores (internos y externos) mediante la visualización del proyecto, su información asociada y las tareas a ejecutar. Este tipo de visualizaciones permite estudiar distintos escenarios y posibles formas de enfrentarlos o solucionarlos con bastante anticipación. La comunicación puede ser con actores técnicos como trabajadores de obra, ingenieros, y arquitectos; o con actores no técnicos como mandantes, comunidad y autoridades.

## **Coordinación**

Análisis para identificar interferencias/conflictos entre especialidades, arquitectura y estructura. Este tipo de análisis se puede realizar durante la etapa de diseño (idealmente) o al comienzo de la construcción. Esta visualización temprana de las interferencias/conflictos ayuda a reducir los costos asociados a ellos, permite probar alternativas de soluciones, y disminuye roces entre disciplinas.

## **Planificación**

Modelos que permiten hacer un seguimiento a la obra, visualizando avances programados y reales, hacer análisis de secuencias constructivas, y simular distintas alternativas de construcción. Los modelos pueden usarse desde la planificación estratégica (estrategia constructiva) hasta la planificación operacional y seguimiento semanal. De hecho complementa muy bien la metodología “el último planificador” (LastPlanner)

## **Implementación**

Se debe tener asesoría para la planificación y seguimiento de la implementación de VDC/BIM para asegurar los cambios operacionales, tecnológicos y culturales necesarios para lograr el objetivo final que motiva la implementación. La implementación de metodologías VDC/BIM es mucho más que la compra y capacitación en un software.

## **Administración/Operación**

Modelos que reflejan la información “as built” del proyecto pueden ser muy útiles durante la etapa de operación de la infraestructura construida. Los administradores/operadores de infraestructura pueden utilizar estos modelos para inducción, capacitación, renovaciones, ampliaciones, y mejoramiento de procesos de operación.

#### **5.1.4.4.Indicadores Clave De Desempeño KPI**

Los indicadores claves de desempeño permiten el seguimiento del despliegue de la estrategia en acciones operacionales, la estrategia se traduce en objetivos, los objetivos se traducen en planes de acción, y dichos indicadores permiten medir el resultado de los planes de acción.

Los indicadores claves de rendimiento miden el nivel del desempeño de un proceso, enfocándose en el “como” e indicando que tan buenos son los procesos, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado. Son métricas utilizadas para cuantificar objetivos y reflejar el rendimiento de una organización.

Los KPI's garantizarán la eficiencia en toda la operación obteniendo un impacto directo con la satisfacción del cliente. El seguimiento de indicadores clave de rendimiento es clave para evaluar la rentabilidad y el rendimiento del proyecto.

Análisis de tendencias, revisión de datos que permitirá actuar con rapidez y corregir cualquier problema. Esto contribuirá a maximizar los ingresos por servicios e impulsar cambios basados en datos reales.

Key Performance Indicators (KPI), son también conocidos como Key Success Indicators (KSI, indicadores claves de éxito) son medidas utilizadas para reflejar el éxito crítico de una organización. Los KPIs difieren dependiendo de la naturaleza de una organización, ellos ayudan a la organización a medir el progreso hacia las metas organizacionales.

Para la medición de los indicadores claves de rendimiento se debe tener información veraz, que permita la identificación de procesos anómalos, creación de estrategias y ejecución de planes de acción. El alcance de este objetivo se adquiere por medio de la sistematización en la captación de los datos, para el análisis de la trazabilidad del proceso y obtención de datos en tiempo real, que permitan aumentar la eficiencia, eficacia y satisfacción del cliente.

### **5.1.5. Descripción de la Propuesta**

El BIM es una tecnología relativamente novedosa, porque a pesar de tener más de 20 años, cuenta con poca implementación a nivel nacional, aunque su crecimiento es muy rápido, y con una amplia difusión fuera del Ecuador.

Se propone desarrollar esta tecnología en la Provincia de Chimborazo, en donde no se tiene experiencia en su uso, por este motivo este proceso de inclusión se debería iniciar en el ciclo formativo de la UNACH donde se encuentran los futuros profesionales en la construcción y donde se utilizara el BIM como una herramienta de conocimientos que los preparara para la amplia demanda que existe en esta área.

A continuación se describe una metodología a aplicar en cada uno de los participantes en este proceso.

#### **1. UNACH**

La Universidad debe ser un agente de cambio fundamental en la divulgación, formación e investigación de nuevas metodologías.

Una de ellas es la filosofía LEAN en la gestión de proyectos, específicamente con Lean Construction o Construcción sin pérdidas que aborda las causas de muchos de los problemas que limitan la eficiencia en la construcción, centrándose en la reducción de las pérdidas a lo largo del flujo productivo y de la cual nace una poderosa herramienta como es el BIM.

Los futuros profesionales del área deberían finalizar sus estudios con un nivel competencial suficiente tanto en el conocimiento de estas metodologías como en el dominio de sus herramientas de aplicación.

Sin embargo para ello es necesario que la UNACH en su entorno académico mejore su conexión con el mundo laboral, se proponen las siguientes estrategias para conseguirlo:

- Diseñar un programa académico, de acuerdo a las necesidades de los futuros profesionales, no es necesario proyectarse al futuro sino estar atento al día a día
- Planificar una mejora continua en base a ciclos cortos en la que al final de cada uno se pueda obtener resultados tangibles que permita entre otras cosas tomar decisiones que ayuden a planificar mejor el siguiente para así mantener un ritmo de evolución.
- Atreverse a liderar, a menudo se espera que sean los demás los que innoven principalmente en formación educativa.

## **2. Facultad de Ingeniería**

En la Facultad se encuentran dos carreras afines a la construcción Ingeniería Civil y Arquitectura, las mismas que se ven impactadas por el uso de tecnologías virtuales y las cuales son de valiosa ayuda en las mismas, es posible integrar la formación en BIM de múltiples formas, en general partiendo de cursos o asignaturas específicas y con un alto nivel de profundidad, ya que existe el tiempo necesario para repartir entre las distintas áreas de conocimiento.

## **3. Asignatura**

Se debería incluir en la malla curricular una asignatura con el nombre de “INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE TECNOLOGIAS VIRTUALES EN LA CONSTRUCCIÓN”, en la que se imparta los conocimientos en gestión de

proyectos basados en la filosofía Lean Construction y en la cual BIM sea una herramienta para optimizar resultados.

Para esto se debe:

- Hacer una síntesis de todo el conocimiento que se tiene de la materia, tomando en cuenta el tiempo que se tenga previsto para la asignatura.
- Conseguir docentes que se capaciten para impartir estos nuevos contenidos.
- Dar al docente libertad en la asignatura permitiéndole dar sus diferentes puntos de vista en la disciplina, aprovechando su experiencia y motivación personal, así también se fomenta el espíritu crítico y abierto del estudiante.

Renovar una malla curricular no es tan difícil si se enfoca de la manera adecuada, siguiendo los principios de transparencia y mejora continua es posible llevar a cabo un proceso de cambio natural sin crear demasiadas presiones internas.

#### **4. Docentes**

Se debe concienciar a los docentes que se debe ofrecer a los alumnos herramientas útiles que se adapten a los cambios tecnológicos que sufre la industria de la construcción, en este caso VDC-BIM, y que adicionalmente a medida que las empresas constructoras lo adoptan generan fuentes de trabajo, ya que requieren de personal que sepa manejarlo.

Los docentes deben utilizar VDC-BIM como instrumentos de transmisión de conocimientos y su aplicación real en el trabajo de los estudios de ingeniería, arquitectura y oficinas técnicas de proyectos.

Para esto se debería:

- Elaborar un plan de formación de los docentes para instruirlos en los procedimientos de trabajo basados en BIM y el manejo de las herramientas informáticas adecuadas.
- Elegir una aplicación informática BIM con una curva de aprendizaje reducida, que permita en un periodo de instrucción relativamente corto, obtener resultados operativos aceptables, para minimizar el tiempo consumido en instruir al alumnado y a los docentes en el manejo específico de la herramienta y poder sacar provecho cuanto antes para la transmisión de conocimiento específico de la materia.
- Plantear un equipo docente estable en el área, para la continuidad del proyecto a largo plazo y lograr que la implementación de la tecnología BIM llegue a mostrar todo su potencial integrando todas las disciplinas y materias ligadas al diseño y construcción.

## **5. Alumnos**

El único requisito que se necesitaría es que los estudiantes tengan conocimientos de construcción para así poder incursionar en la gestión de proyectos y manejar las herramientas BIM

Asistir a las clases presenciales con seguimiento continuo por parte del docente para resolver de forma inmediata las cuestiones operativas e instrumentales que pueda plantear el uso de aplicaciones BIM

## **6. Proyectos**

Los proyectos de esta nueva asignatura en Ingeniería Civil y Arquitectura se podrían englobar, haciendo posible manejar un único modelo 3D válido en distintos cursos con análisis y desarrollos paralelos.

Los proyectos que se desarrollen serán más realistas ya que permitirían al docente simular condiciones del mundo real en distintos ejemplos, los mismos que también permitirán a los estudiantes realizar tareas de integración y optimización de planes de trabajo en proyectos bajo la filosofía Lean permitiéndoles su percepción como parte del diseño en la creación del edificio y no como una especialidad auxiliar para el proyecto de construcción

Estos proyectos nos permitiría estudiar aspectos que hasta ahora quedaban en manos de otras especialidades como las mediciones, valoraciones, presupuestos, sostenibilidad, formas actuales de representación como el diseño paramétrico, sistemas globales de gestión de proyectos, o la inclusión de toda la normativa internacional, ya que tienen una muy fácil integración en BIM.

## **7. Industria de la Construcción en la Provincia de Chimborazo**

Al implementar y desarrollar esta tecnología en la UNACH los estudiantes serán capaces de responder a las nuevas demandas en la industria de la construcción, para empezar esta inclusión en la provincia se podría empezar con la colaboración de los estudiantes en empresas constructoras, en proyectos reales en los que se logre conseguir una alta eficiencia mediante la aplicación de la metodología BIM.

Siempre tomando en cuenta que saber manejar BIM no solo es el uso del software de modelar en 3D, sino un trabajo conjunto donde el estudiante sea capaz de integrar las diferentes disciplinas de la industria de Arquitectura, Ingeniería y Construcción dentro del ciclo de vida de un proyecto.

Por último se podrá decir que la tecnología fue desarrollada en la provincia cuando exista una real vinculación de la toda la industria de la Construcción, Administraciones, Profesionales, Software y Universidad, sin exclusiones ni excepciones.

#### **5.1.6. Consideraciones Económicas**

A pesar de las múltiples características y beneficios que se obtienen en la implementación y uso, es necesario señalar que existen una serie de factores que deben tomarse en cuenta al momento de decidir hacer el cambio a una forma de trabajo con plataformas BIM.

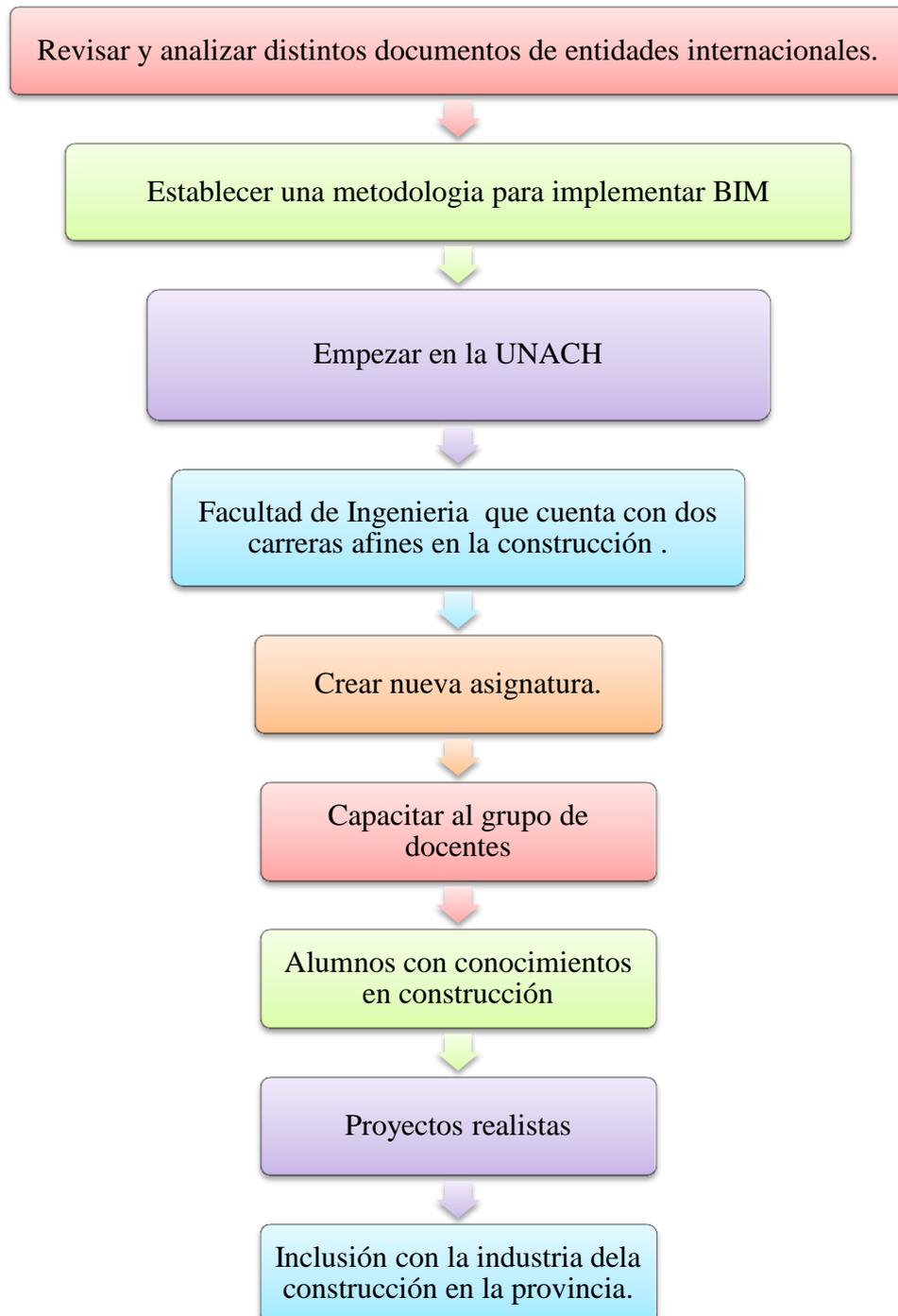
El primer punto importante que produce muchas veces un freno en la decisión de cambiarse a esta nueva forma de trabajo es el alto costo que implica adquirir el software necesario para ello. Es una inversión no menor que debe hacerse, sin embargo los reales beneficios de una implementación son visibles a mediano y largo plazo, una vez que ya existe cierta experiencia en la elaboración de modelos VDC-BIM

No solamente es necesario invertir en la compra de los programas adecuados, sino que existe una capacitación asociada para el correcto aprendizaje de las plataformas de trabajo. Esta capacitación debe ser incluida en el costo de los programas que se pretenda utilizar.

Pierde completo sentido el hacer una inversión en software y no en aprender a utilizarlo, ya que no se saca real beneficio si no se conoce las capacidades de las herramientas de las que se dispone. La cantidad de tiempo necesaria para poder utilizar programas BIM es variable, dependiendo del área de la ingeniería que se esté desarrollando, los tipos de proyectos en los que se utilice, y por supuesto las capacidades del usuario.

### 5.1.7. Organigrama General

#### Organigrama de la Propuesta de una Metodología para implementar tecnología virtual VDC-BIM en la provincia de Chimborazo



### **5.1.8. Monitoreo y Evaluación de la Propuesta**

Después de analizar toda la información existente del BIM en el ciclo formativo en las universidades, se recopiló lo más relevante que servirá para nuestra propuesta. Con el cumplimiento de los objetivos se pudo establecer una metodología para empezar la implementación en la UNACH y lograr así una futura vinculación con la provincia de Chimborazo.

Con esta investigación se espera que los profesionales de la construcción tengan un referente para cuando decidan ingresar en el mundo de las tecnologías virtuales y que la universidad estudie los beneficios de arriesgarse a innovar en este tema.

## CAPÍTULO VIII

### 8.1 BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, Luis Fernando. El futuro del proyecto: Diseño y construcción virtual. Ed. La Clase Ejecutiva "El Mercurio". 27 de Septiembre de 2012.
- Alarcón, Luis Fernando. Planificar Bien Ahorra Costos. Ed. Clase Ejecutiva "El Mercurio". 12 de Agosto de 2010.
- Alarcón, Ph.D. y M.S. Luis Fernando. Diseño Y Construcción Virtual. Ed. Clase Ejecutiva "El Mercurio". 29 de Septiembre de 2011.
- Alinaitwe, Henry. Prioritising Lean Construction Barriers in Uganda's Construction Industry. *Journal of Construction in Developing Countries*. 2009.
- Arbulú, Roberto. *Capeco: Seminario VDC - Virtual Design and Construction*. Jueves 13 de Noviembre de 2012.
- Beatham, Simon. Insights from practice: An integrated business improvement system (IBIS) for construction Measuring business excellence, vol. 9 no. 2. 2005.
- Beatham, Simon. KPIs: a critical appraisal of their use in construction Benchmarking: An International Journal. 2004.
- Cox, Andrew. Benchmarking for Strategic Advantage and Buying in the Future, CIPS/ CPP Workshop, RSA London. 2003.
- Eckerson, Wayne. Diez características de un Buen Indicador Clave de Gestión (KPI). Ed. Publicación electrónica mensual del TDWI. 2006.

- GEPUC. Diseño y construcción virtual. s.f.
- Grillo, A. Methodology for the Measurement, Evaluation, and Analysis of Performance Indicators in Construction Projects. Ed. Universidad Católica de Chile. 1997.
- Kaplan, R.S. The evolution of management accounting. 1984.
- Koskela, Lauri. Application of the New Production Philosophy to Construction. Stanford University, Ca: CIFE, 1992.
- Murcio, Max. Análisis y diseño estructural utilizando modelo BIM, Universidad Nacional Autónoma de México, 2013.
- Neely, A.D. The performance measurement revolution: why now and where next?. 1999.
- Parmenter, David. Una revisión de los KPI. Ed. Una revisión de los KPI” Boletín Sixtina Consulting Group. 2008.
- Ramirez, Claudia. Logística de la Construcción. 2007.
- Ramírez, Ricardo, Luis F. Alarcón, y Peter Knights. Sistema de evaluación de gestión como complemento al sistema nacional de Benchmarking para empresas constructoras chilenas. 2004.
- Rischmoller, Leonardo, Luis F. Alarcón, Fischer Martin, Fox Robert. Impacto De Las Herramientas Avanzadas De Visualizacion En La Industria AEC. Universidad Católica de Chile.2002.
- Toro, Néstor Grisales. Tesis. U. Nacional. Ed. Espacio Digital. 2003.

## 8.2 PÁGINAS WEB

- <http://www.standishgroup.com>. s.f.

## **CAPÍTULO IX**

### **9.1 APÉNDICES Y ANEXOS**

#### **ANEXO A**

#### **ENCUESTA SOBRE VDC-BIM**

## ENCUESTA DEL USO DE TÉCNOLOGÍAS VIRTUALES EN LA CONSTRUCCIÓN

Esta encuesta es parte de una investigación acerca del uso de Tecnologías Virtuales VDC y BIM en empresas constructoras. Las respuestas que usted entregue representaran su apreciación sobre los efectos del uso de estas tecnologías en la empresa en la que trabaja. No hay respuestas correctas o incorrectas. Por favor conteste las preguntas como se indica en cada sección.

**Toda la información contenida en esta encuesta se mantendrá en absoluta confidencialidad.**

Antes de empezar a responder por favor llene los datos que se solicitan a continuación

### *Antecedentes Generales:*

1. Empresa: \_\_\_\_\_
2. Tipo de Proyecto: Industrial Liviano (  ) Edificación en Altura (  )  
Edificación en extensión (  ) Obras civiles (  ) Industrial pesado (  )  
Otro (  ) \_\_\_\_\_
3. Nombre de la obra: \_\_\_\_\_
4. Contacto (fax, teléfono, Email): \_\_\_\_\_
5. Cargo que usted ocupa en la empresa: \_\_\_\_\_
6. Tiempo de servicio en la empresa: \_\_\_\_\_
7. Edad: \_\_\_\_\_

### *Características del Proyecto:*

1. Monto del contrato inicial: (a) < 5 millones US \$ (b) entre 5 a 10 millones US\$ (c) > 10 millones US \$
2. Área (m<sup>2</sup>, por ejemplo): \_\_\_\_\_
3. Tipo de estructura: (a) hormigón armado (b) Acero (c) Otra \_\_\_\_\_

### *Dimensiones de prácticas de gestión:*

En cada una de las preguntas siguientes, rodee con un círculo el número que mejor se adecúe a su opinión sobre la importancia del asunto en cuestión. En caso de error indíquelo por escrito y marque su nueva respuesta. Por favor responda todas las preguntas.

### *Tecnología*

Pregunta	Escala de importancia					
	Completamente en desacuerdo	Medianamente en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Moderadamente de acuerdo	Completamente de acuerdo	No sabe
1.- Existe en su empresa personal calificado para manejar (VDC – BIM).	1	2	3	4	5	0
2.- Las personas encargadas de manejar el sistema tienen experiencia.	1	2	3	4	5	0
3.- El uso de estos modelos (VDC –BIM)ha permitido detectar con anterioridad posibles interferencias durante la ejecución del trabajo.	1	2	3	4	5	0
4.- Permite (VDC – BIM) una coordinación más eficiente entre el diseñador - constructor - mandante.	1	2	3	4	5	0
5.- Utilizan todos los especialistas (VDC – BIM) al momento de llevar a cabo su trabajo.	1	2	3	4	5	0
6.- No ha habido problemas con hardware no compatible.	1	2	3	4	5	0

### *Plazo - Costo*

Pregunta	Escala de importancia					
	Completamente en desacuerdo	Medianamente en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Moderadamente de acuerdo	Completamente de acuerdo	No sabe
1. Existe un control de costos de las obras en oficina central.	1	2	3	4	5	0
2. Existen sistemas de control de costos que detectan la desviación de este en forma oportuna.	1	2	3	4	5	0
3. Cree que los costos obtenidos al implementar VDC-BIM son menores a los costos presupuestados	1	2	3	4	5	0
4. Los costos de implementación son un obstáculo para el uso de VDC – BIM.	1	2	3	4	5	0
5. Cree que los plazos logrados al implementar VDC-BIM son menores a los plazos establecidos	1	2	3	4	5	0
6. Se ha logrado disminución de tiempos de diseño y construcción al implementar (VDC – BIM).	1	2	3	4	5	0

### *Calidad*

Pregunta	Escala de importancia					
	Completamente en desacuerdo	Medianamente en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Moderadamente de acuerdo	Completamente de acuerdo	No sabe
1. Al implementar VDC-BIM se ha disminuido las no conformidades del cliente	1	2	3	4	5	0
2. Cree que el costo de reclamos ha sido afectado positivamente con la	1	2	3	4	5	0

utilización de VDC-BIM						
3. La calidad de los proyectos a mejorado con la utilización de la tecnología BIM	1	2	3	4	5	0

*Alcance del Proyecto*

1. ¿Existen mecanismos para modificar el plazo en el contrato cuando existen cambios de diseño?	SI	NO	NO SABE
Comente: _____			
_____			
_____			
_____			

Pregunta	Escala de importancia					
	Completamente en desacuerdo	Medianamente en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Moderadamente de acuerdo	Completamente de acuerdo	No sabe
2. Los diseñadores responden prontamente a las solicitudes de cambio del proyecto.	1	2	3	4	5	0
3. En este proyecto es muy baja la tasa de cambios de diseño.	1	2	3	4	5	0
4. Existe una relación cooperativa con los diseñadores.	1	2	3	4	5	0
5. En este proyecto existe una gran integración entre diseño y construcción.	1	2	3	4	5	0
6. Los cambios de diseño siempre han implicado un descenso en la productividad del personal	1	2	3	4	5	0

en obra.						
7. El utilizar VDC-BIM permite que el cambios de órdenes aprobadas por el cliente sean solucionadas de una manera oportuna	1	2	3	4	5	0
8. Existen cambios en el monto del proyecto al implementar VDC-BIM.	1	2	3	4	5	0

### *Salud y Seguridad*

Pregunta	Escala de importancia					
	Completamente en desacuerdo	Medianamente en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Moderadamente de acuerdo	Completamente de acuerdo	No sabe
1. El implementar VDC-BIM ha ayudado a prevenir accidentes.	1	2	3	4	5	0
2. Cree que es menos el tiempo perdido por accidentes con el uso de VDC-BIM	1	2	3	4	5	0

### *Indicadores de Negocios*

Pregunta	Escala de importancia					
	Completamente en desacuerdo	Medianamente en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Moderadamente de acuerdo	Completamente de acuerdo	No sabe
1. Implementar VDC-BIM ha influido en el rendimiento global de la empresa	1	2	3	4	5	0

## **ANEXO B**

### **DOCUMENTACIÓN DE MODIFICACIÓN DE OBRA**

Nº	MONTOS (USD)			Razón	Costo Evitable			Obra Previsible	
	Aprobado	Evitable	Evitable Discutible		Si	No	Discutible	Si	Discutible
MO-01	2252,46			10		1			
MO-02	488,31			7		1			
MO-03	578,67			5		1			
MO-04	670,52			6		1			
MO-05	1338,14		1338,14	10			1		
MO-06	279,75			6					1
MO-07	743,12			7		1			
MO-08	252,23			6					1
MO-09	3111,15	3111,15		2	1				
MO-10	274,86			6					1
MO-11	1985,36	1985,36		2	1				
MO-12	2241,78			10					1
MO-13	1260,07			6					1
MO-14	541,32			10		1			
MO-15	8147,63			10		1			
MO-16	1022,38		1022,38	5			1		
MO-17	178,44			6					1
MO-18	394,78			6		1			
MO-19	226,74			10				1	
MO-20	63,67			7		1			
MO-21	2215,85			7		1			
MO-22	6542,31	6542,31		6	1				
MO-23	2384,77	2384,77		6	1				
MO-24	196,74			10		1			
MO-25	248,26			1				1	
MO-26	179,6			6				1	
MO-27	2356,41			10		1			
MO-28	401,53			10		1			
MO-29	13542,31	13542,31		6	1				
MO-30	387,5			6				1	
MO-31	77,41			10		1			
MO-32	146,19			6		1			
MO-33	100,74			6				1	
MO-34	3157,21			10		1			
MO-35	16,23			5		1			
MO-36	1440,53			6		1			
MO-37	897,42		897,42	7			1		
MO-38	587,55			6				1	
MO-39	164,7			6		1			
MO-40	67,65			7					1

MO-41	161,2			6		1			
MO-42	253,22			5		1			
MO-43	195,47			10		1			
MO-44	1110,86	555,43		6	1				
MO-45	69,24			4		1			
MO-46	87,11			10				1	
MO-47	950			10					1
MO-48	4127,68			6		1			
MO-49	668,69	668,69		6	1				
MO-50	73,51			10		1			
MO-51	794,66			4		1			
MO-52	976,13			6				1	
MO-53	5087,44			10		1			
MO-54	215,36			5		1			
MO-55	14878,52	14878,52		6	1				
MO-56	348,23			10		1			
MO-57	1219,41			6				1	
MO-58	244,12			6		1			
MO-59	1799,01			7				1	
MO-60	352,47			10		1			
MO-61	386,89			6		1			
MO-62	2578,33	1289,165		4	1				
MO-63	197,94			10				1	
MO-64	254,61			5		1			
MO-65	203,74			10					1
MO-66	75,13			10				1	
MO-67	384,44	384,44		4	1				
MO-68	5376,25	5376,25		6	1				
MO-69	837,07			10		1			
MO-70	521,36			6				1	
MO-71	153,21			7		1			
MO-72	227,85			10				1	
MO-73	218,34			5		1			
MO-74	1574,12	1574,12		6	1				
MO-75	1765,11			10		1			
MO-76	110,66			4		1			
MO-77	774,37			10		1			
MO-78	139,38			6				1	
MO-79	128,87	7,6		10	1				
MO-80	113,56			4		1			
MO-81	4407,84			7		1			
MO-82	205,09			6					1
MO-83	187,57			6					1

MO-84	701,66			10		1			
MO-85	674,12			7		1			
MO-86	432,27			10		1			
MO-87	22,87			6				1	
MO-88	8941,23	4470,615		10	1				
MO-89	34,93			10					1
MO-90	137,15			6		1			
MO-91	381,33			4		1			
MO-92	1058,31			9		1			
MO-93	517,23			6				1	
MO-94	70,51			6					1
MO-95	469,77			10		1			
MO-96	245,2			10				1	
MO-97	87,21			5		1			
MO-98	26,44			6				1	
MO-99	3789,63		1520,11	10		1			
MO-100	311,04			10					1
MO-101	3672,89	3672,89		6	1				
MO-102	263,33			7		1			
MO-103	570,56			6				1	
MO-104	184,67			6				1	
MO-105	96,23			5		1			
MO-106	133,41			10					1
MO-107	200,63			10					1
MO-108	174,32			6				1	
MO-109	47,38			7		1			
MO-110	286,71	286,71		6	1				
MO-111	110,63			10		1			
MO-112	325,77			10					1
MO-113	16,85			6		1			
MO-114	324,33			5		1			
MO-115	2188,75			10		1			
MO-116	7986,15	7986,15		10	1				
MO-117	224,88			6				1	
MO-118	102,45			6				1	
MO-119	43,33			7		1			
MO-120	16,71			10		1			
MO-121	23,47	23,47		6	1				
MO-122	98,14			10					1
MO-123	103,21			10					1
MO-124	74,15			6				1	
MO-125	387,42			7		1			
MO-126	112,45			5		1			

MO-127	433,12			10		1			
MO-128	5463,77	5463,77		6	1				
MO-129	271,32	271,32		6	1				
MO-130	922,91			10		1			
MO-131	369,14			6					1
MO-132	57,48			6				1	
MO-133	896,31	896,31		6	1				
MO-134	498,56			10		1			
MO-135	93,67			6				1	
MO-136	683,61			10					1
MO-137	321,14			10					1
MO-138	132,06			6				1	
MO-139	349,75			5		1			
MO-140	11385,17	11385,17		10	1				
MO-141	2345,39			10		1			
MO-142	46	46		6	1				
MO-143	3748,19	3748,19		6	1				
MO-144	72,58	72,58		7	1				
MO-145	786,21			10					1
MO-146	544,23			7		1			
MO-147	162,72			10		1			
MO-148	218,64			7		1			
MO-149	233,35	233,35		6	1				
MO-150	48,56			5		1			
MO-151	459,63			6					1
MO-152	1027,44			10		1			
MO-153	15782,63			6					1
MO-154	798,42			7		1			
MO-155	666,34			6				1	
MO-156	3178,41	3178,41		6	1				
MO-157	205,47			10		1			
MO-158	237,56	237,56		6	1				
MO-159	162,78			10		1			
MO-160	683,61			6				1	
MO-161	4523,69			6					1
MO-162	986,47			10		1			
MO-163	126,12			7		1			
MO-164	265,61	265,61		6	1				
MO-165	1954,12	1954,12		6	1				
MO-166	2287,6			10	1				
MO-167	191,16	191,16		6		1			
MO-168	523,35			6				1	
MO-169	1058,12			6					1

MO-170	3160,86			10		1				
MO-171	2384,44	2384,44		5	1					
MO-172	1185,33	1185,33		6	1					
MO-173	353,68			10				1		
MO-174	6210,5			7		1				
MO-175	604,85			10					1	
MO-176	120,66	120,66		6	1					
MO-177	249,56			7		1				
MO-178	6234,14	6234,14		6	1					
MO-179	2454,6	2454,6		6	1					
MO-180	1332,27			10		1				
MO-181	2986,45			10		1				
MO-182	7340,12			6					1	
MO-183	7565,4			10					1	
MO-184	1531,39			6		1				
MO-185	2232,45			5		1				
MO-186	6726,08	6726,08		6	1					
MO-187	714,68		714,68	7			1			
MO-188	1103,81			6					1	
MO-189	1777,52			10		1				
MO-190	299,74			6				1		
MO-191	40,65			6		1				
MO-192	132,28			10		1				
MO-193	69,45			6		1				
MO-194	4451,32	4451,32		7	1					
MO-195	5698,23			7		1				
MO-196	2006,45			10		1				
MO-197	502,98	502,98		6	1					
MO-198	4375,32	4375,32		5	1					
MO-199	1394,33			10				1		
MO-200	287,47			7	1					
MO-201	13777,78	13777,78		6		1				
MO-202	131,63			10					1	
MO-203	2444,32			6				1		
MO-204	35,31			10		1				
MO-205	511,74			9		1				
MO-206	489,23			10		1				
MO-207	78,42			6		1				
MO-208	142,36			10		1				
MO-209	277,68			10		1				
MO-210	333,15			10		1				
Total	310217,11	138896,15	5492,73		41	98	4	35	32	
						19,5%	46,7%	1,9%	16,7%	15,2%

**ANEXO C**

**FICHAS DE REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN**

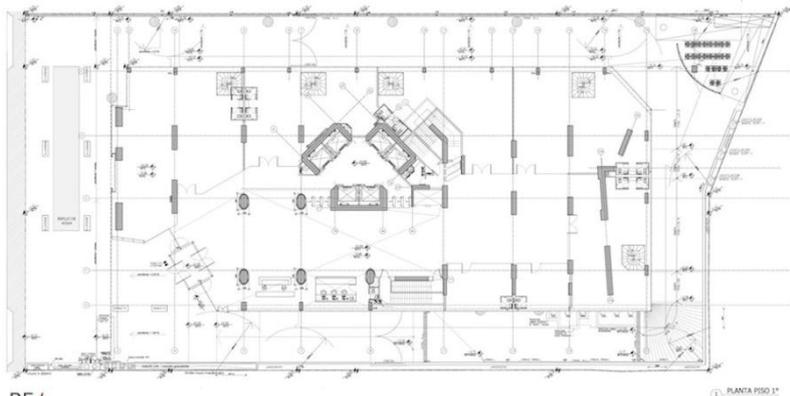
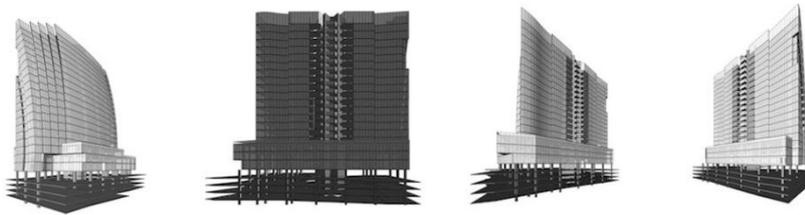
**RDI**

**ANEXO D**

**FOTOS ENTREVISTAS-PROYECTOS VDC-BIM**



**1. Mario Espinoza Cerda - Constructora Ignacio Hurtado Ltd**



**2. TORRE YOEMAR**



**1. Ricardo Rojas- Rene Lagos Engineers**



**2. COSTANERA CENTER**



**1. Lorena Alfaro - Constructora Millenium S.A.**



**2. PARQUE TITANIUM**



**1. Alejandro Escandar - Consorcio Cerro Provincia S.A**



**2. Clínica Universidad de los Andes**