

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA**  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
**DEL PERÚ**

**DETERMINACIÓN DE LOS USOS BIM QUE SATISFACEN LOS  
PRINCIPIOS VALORADOS EN PROYECTOS PÚBLICOS DE  
CONSTRUCCIÓN**

**GUILLERMO ANTONIO PRADO LUJÁN**

**ASESOR: ING. DANNY EDUARDO MURGUÍA SÁNCHEZ**

**Lima, octubre de 2018**



*Dedicado para ti, Luis Carlos.*



*Deseo agradecer a mis padres por todo su apoyo.*

*También a los que me aconsejaron y guiaron  
para entregar el mejor producto posible.*

*Un enorme agradecimiento a todos los directores  
que participaron en las entrevistas,  
en especial a Guido, Juan y Gabriel.*

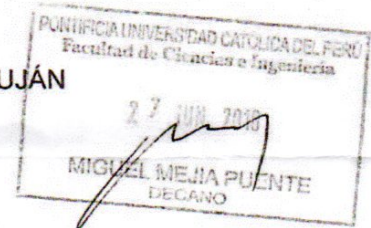
*Guillermo P.L.*

## **Resumen:**

La infraestructura pública en Perú posee muchas falencias, desde la decisión sobre en qué se debe invertir el gasto público, hasta los problemas propios de los proyectos de construcción. Estos problemas se agrandan al incluir toda la burocracia presente en los procesos del estado. Estudios señalan que este tipo de proyectos presentan hasta 9000% de aumento en tiempo y hasta 200% de aumento en costo. Una alternativa usada por las entidades públicas para aminorar estos problemas ha sido aplicar algunos usos BIM en ciertos proyectos, al igual que lo hacen países como los pertenecientes al Reino Unido y Singapur, donde es obligatorio usar BIM en proyectos públicos. Desafortunadamente, no se han obtenido los resultados esperados. Esto puede ser consecuencia de una baja capacitación por parte de los funcionarios públicos para entender cómo se usa BIM en los proyectos y, además, de la falta de entendimiento de lo que se valora en este tipo de proyectos. Debido a estos problemas en la implementación BIM a nivel de gobierno en Perú se plantea un esquema de alineamiento entre los usos BIM más importantes, según la literatura, y los principios valorados por parte de los funcionarios públicos peruanos. La recolección de estos principios ha sido por medio lo encontrado en la literatura sobre lo valorado en estos proyectos y luego validado mediante entrevistas semi-estructuradas a los directores de infraestructura de 4 ministerios peruanos. Como resultado de esta validación de principios se tiene que el uso de tecnología y la transparencia de la información son los más importantes para estos agentes. Para el esquema de alineamiento entre usos BIM y estos principios se ha explicado cómo estos usos pueden satisfacer estos principios, con el objetivo de agregarle valor a los proyectos públicos. Este esquema descrito corresponde a uno conceptual. Luego se verificó por medio de 3 proyectos públicos del Ministerio del Interior, donde se aplicaron hasta 6 usos BIM en un mismo proyecto, dando como resultado un esquema de alineamiento entre usos BIM y principios valorados ya validado. En conclusión, queda demostrado la necesidad de estos usos BIM para satisfacer estos principios, siendo el uso más importante el de detección de interferencias e incompatibilidades. Además, se proponen futuras investigaciones para reforzar la necesidad de una implementación BIM a nivel de gobierno en Perú.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : Determinación de los usos BIM que satisfacen los principios valorados en proyectos públicos de construcción.  
Área : Construcción y Gestión  
Asesor : Danny Eduardo Murguía Sánchez  
Alumno : GUILLERMO ANTONIO PRADO LUJÁN  
Código : 2012.1484.412  
Tema N° : # 305  
Fecha : Lima, 19 de junio de 2018



JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La infraestructura pública en el Perú posee muchas falencias causadas por mala gestión en planificación y ejecución, poco control del Estado, fragmentación propia del tipo de contrataciones hechas por el Estado, estudios de pre-inversión (perfil y factibilidad) incompletos, restricciones financieras, entre otras (Armao, 2011). Estos inconvenientes hacen que los proyectos presenten retrasos y altos costos adicionales de ejecución. Durante la ejecución de los proyectos públicos de construcción es evidente que se genera un flujo de información manejado por varios grupos. Asimismo, no existe una integración a nivel organizacional ni una integración a nivel de etapas de proyecto, lo que produce trabajo ineficiente y un aumento en el costo y tiempo de la obra, debido a que los proyectos no responden a una visión estratégica de desarrollo. Además, son carentes de una adecuada capacidad de diseño y ejecución de proyecto y existe una falta de involucramiento de la ciudadanía en la concepción de estos proyectos (Vargas, 2011).

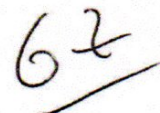
El uso de sistemas de información y comunicación (ICT, por sus siglas en inglés) es una oportunidad para combatir los problemas mencionados mediante su introducción en los procesos de construcción (Peansupap & Walker, 2005). Building Information Modeling (BIM) es una metodología que usa este tipo de herramientas (ICT) para reducir trabajos de metrados, encontrar incompatibilidades de sistemas de instalaciones, entre otros usos que promueven el trabajo colaborativo, intercambio eficiente de información y la capacidad de innovar en los proyectos (Fischer, Reed, Khanzode, & Ashcraft, 2014). Por ello, en el presente trabajo de investigación se elaborará un esquema conceptual que alinee los usos BIM con los principios valorados en los proyectos públicos peruanos de construcción.

OBJETIVO PRINCIPAL

Determinar los usos BIM que están alineados con los principios valorados por las agencias públicas peruanas en los procesos de diseño, construcción y mantenimiento de proyectos públicos.



i



### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir el actual método de gestión de proyectos públicos de construcción en Perú y la metodología BIM.

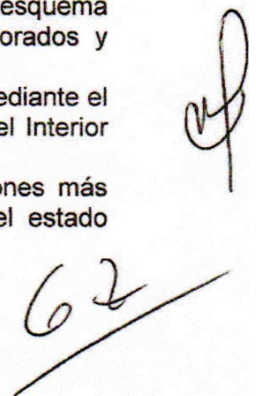
- Determinar los principios valorados por los agentes públicos en los proyectos públicos de construcción.
- Determinar las barreras identificadas por los agentes públicos en los proyectos públicos de construcción.
- Desarrollar un marco conceptual de alineamiento entre los principios valorados, las barreras identificadas y los usos BIM.
- Validar y presentar el marco conceptual con casos de estudio del Ministerio del Interior del Perú.

### PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los principios valorados para desarrollar exitosamente proyectos públicos de construcción?
2. ¿Cuáles son las barreras que limitan satisfacer los principios valorados de los proyectos públicos de construcción?
3. ¿Qué usos BIM promueven los principios valorados y mitigan las barreras de los proyectos públicos peruanos de construcción?
4. ¿Qué usos BIM han sido utilizados en proyectos públicos peruanos de construcción?

### MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

1. Revisión de la literatura: Se recopilará la información referida a la metodología Building Information Modeling (BIM), método actual de proyectos públicos de construcción en Perú y principios valorados en proyectos públicos de construcción.
2. Determinación de los principios valorados y barreras en proyectos públicos de construcción de Perú: Se verificarán los principios valorados en proyectos públicos de construcción en base a entrevistas realizadas a funcionarios públicos peruanos para determinar los principios valorados por estos agentes. Además, se buscará saber cuáles son las barreras existentes en este tipo de proyectos que limitan la satisfacción de los principios valorados.
3. Alineamiento de usos BIM con principios valorados y barreras identificadas en proyectos públicos de construcción de Perú: Se elaborará un esquema conceptual de alineamiento entre los usos BIM, los principios valorados y barreras identificadas.
4. Caso de estudio: Se verificará el marco conceptual de alineamiento mediante el estudio de tres proyectos de inversión pública (PIP) del Ministerio del Interior del Perú.
5. Conclusiones y futuras investigaciones: Se expondrán las conclusiones más relevantes que apoyen a una futura implementación de BIM en el estado peruano. Además, se propondrán futuros proyectos de investigación.



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

Arnao Rondán, R. (2011). La eficiencia en la gestión pública: el caso de la gestión de inversión pública local en el Perú". Lima: Serie de investigaciones 6: Universidad Católica Sedes Sapientae.

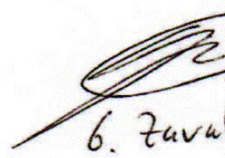
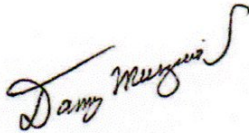
Fischer, M., Reed, D., Khanzode, A., & Ashcraft, H. (2014). A simple framework for integrated project delivery. 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Understanding and Improving Project Based Production, IGLC 2014, 1319–1330.

Peansupap, V., & Walker, D. (2005). Factors affecting ICT diffusion. Engineering, Construction and Architectural Management, 12(1), 21–37.

Vargas, C. P. (2011). Infraestructura y pobreza en el Perú. In Inversion en infraestructura pública y reducción de la pobreza en américa latina. Lima.

NOTA

Extensión máxima: 100 páginas.

  
G. Zavala

## Contenido

Lista de Tablas .....	VII
Lista de Ilustraciones.....	VIII
Lista de Acrónimos.....	IX
<b>CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA .....	1
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.2.1 Objetivo General .....	6
1.2.2 Objetivos específicos .....	7
1.3 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
1.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
<b>CAPÍTULO 2: MODELAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
2.1 CONCEPTOS IMPORTANTES .....	11
2.1.1 Definición de <i>BIM</i> .....	11
2.1.2 Nivel de desarrollo .....	13
2.1.3 Dimensiones <i>BIM</i> .....	14
2.1.4 Plan de ejecución <i>BIM</i> .....	17
2.1.5 Sesiones de ingeniería concurrente integrada.....	17
2.2 USOS <i>BIM</i> .....	18
2.2.1 Modelamiento del proyecto en todas sus etapas.....	22
2.2.2 Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos .....	22
2.2.3 Generación de diversas propuestas de diseño .....	23
2.2.4 Planificación 4D .....	23
2.2.5 Generación de documentación .....	24
2.2.6 Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética .....	24
2.2.7 Detección de interferencias e incompatibilidades .....	24
2.2.8 Revisión de normativa.....	25
2.2.9 Simulación de procesos constructivos .....	25
2.2.10 Fabricación digital .....	26
2.2.11 Programación de mantenimiento preventivo.....	26
2.2.12 Gestión de activos.....	27
2.2.13 Análisis de desempeño del activo.....	27
2.3 GESTION <i>BIM</i> (liderada por el propietario) .....	28
2.3.1 Integración de los procesos y personas.....	29
2.3.2 Gestión en la etapa de concepción.....	30
2.3.3 Gestión en la etapa de diseño .....	31
2.3.4 Gestión en la etapa de construcción.....	32



2.3.5 Gestión en la etapa de mantenimiento .....	33
2.4 BARRERAS Y FACILITADORES .....	34
2.4.1 Barreras en la implementación .....	34
2.4.2 Facilitadores de la implementación .....	35
CAPÍTULO 3: PROYECTOS PÚBLICOS DE CONSTRUCCIÓN .....	37
3.1 CARACTERÍSTICAS DE PROYECTOS PÚBLICOS .....	37
3.1.1 El papel del estado en proyectos de construcción del sector público .....	37
3.1.2 Consideraciones en proyectos de construcción del sector público .....	39
3.2 PROYECTOS PÚBLICOS DE CONSTRUCCIÓN DE PERÚ .....	40
3.3.1 Ley de Contrataciones del Estado (Ley N°30225) .....	40
3.3.2 Sistema Nacional de Inversión Pública (Ley N°27293) .....	43
3.3.3 Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (Decreto Legislativo N° 1252) .....	48
3.3.4 Diagnóstico de los proyectos públicos de Perú .....	53
3.3 <i>BIM</i> EN EL SECTOR PÚBLICO .....	55
3.3.1 Estados Unidos .....	56
4.1.2 Reino Unido .....	58
4.1.3 Singapur .....	59
CAPÍTULO 4: ALINEAMIENTO DE PRINCIPIOS DEL SECTOR PÚBLICO CON USOS <i>BIM</i> .....	61
4.1 PRINCIPIOS VALORADOS EN PROYECTOS PÚBLICOS DE CONSTRUCCIÓN .....	61
4.1.1 Eficiencia .....	62
4.1.2 Calidad .....	62
4.1.3 Eficacia .....	62
4.1.4 Transparencia de la información .....	62
4.1.5 Rentabilidad social .....	63
4.1.6 Sostenibilidad .....	63
4.1.7 Sustentabilidad .....	63
4.1.8 Cumplimiento de la normativa .....	64
4.2 PRINCIPIOS VALORADOS EN PROYECTOS PÚBLICOS DE CONSTRUCCIÓN PERUANOS .....	64
4.2.1 Entrevistas a funcionarios públicos del área infraestructura de diversos ministerios peruanos .....	65
4.2.2 Análisis de principios valorados por funcionarios públicos peruanos .....	71
4.3 ESQUEMA CONCEPTUAL DE USOS <i>BIM</i> CON PRINCIPIOS PERUANOS .....	73
4.3.1 Uso de tecnología .....	74
4.3.2 Transparencia de la información .....	74
4.3.3 Rentabilidad social .....	75

4.3.4 Predictibilidad .....	75
4.3.5 Consideración al usuario final .....	76
4.3.6 Cumplimiento de normas .....	77
4.3.7 Calidad .....	77
4.3.8 Eficacia.....	78
4.3.9 Eficiencia .....	79
4.3.10 Imprecisión.....	79
4.3.11 Falta de estudios de diseño .....	80
4.3.12 Corrupción.....	80
<b>CAPÍTULO 5: VALIDACIÓN DE ESQUEMA CONCEPTUAL DE USOS <i>BIM</i> CON PRINCIPIOS PERUANOS.....</b>	<b>82</b>
5.1 CASOS DE ESTUDIO .....	82
5.1.1 Ampliación y mejoramiento de la escuela técnico superior de mujeres PNP – San Bartolo .....	85
5.1.2 Mejoramiento de los servicios críticos y de consulta externa del hospital nacional PNP Luis N. Saenz .....	90
5.1.3 Ampliación y mejoramiento del servicio de formación policial de la Escuela de Oficiales de la Policía Nacional del Perú (EO PNP) del distrito de Chorrillos, provincia de Lima, Lima .....	95
5.2 ESQUEMA FINAL DE ALINEAMIENTO DE USOS <i>BIM</i> CON PRINCIPIOS PERUANOS VALORADOS .....	99
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES .....</b>	<b>101</b>
Bibliografía: .....	107

## **Lista de Tablas**

<i>Tabla 1: Desagregados de Perú en el Ranking del IMD. Extraído de Resultados del Ranking de competitividad Mundial 2017</i> .....	2
<i>Tabla 2: Ranking de Perú en los pilares del "Global Competitiveness Report 2017-2018". Adaptado de WEF (2017-2018)</i> .....	3
<i>Tabla 3: Usos BIM establecidos por Computer Integrated Construction (CIC) Research Program de PENNSTATE Univ. Adaptado de CIC, 2010</i> .....	19
<i>Tabla 4: Usos BIM definidos por la UCMC de Harvard. Adaptado de UCMC, 2016</i> 20	
<i>Tabla 5: Usos BIM por involucrado según el BIM Handbook. Adaptado de Eastman, 2011</i> .....	21
<i>Tabla 6: Usos BIM que se integran con los principios Lean. Adaptado de Sacks y Koskela, 2010</i> .....	21
<i>Tabla 7: Usos BIM y su aplicación en las etapas de los proyectos. Elaboración propia</i> .....	28
<i>Tabla 8: Principios valorados teóricos en proyectos públicos de construcción. Elaboración propia</i> .....	61
<i>Tabla 9: Funcionarios públicos entrevistados y sus respectivas áreas de trabajo. Elaboración propia</i> .....	66
<i>Tabla 10: Comparación de los principios encontrados en las entrevistas a funcionarios públicos y los principios teóricos. Elaboración propia</i> .....	72
<i>Tabla 11: Principios y barreras identificadas por funcionarios públicos peruanos. Elaboración propia</i> .....	73
<i>Tabla 12: Marco conceptual de usos BIM con principios valorados. Elaboración propia</i> .....	73
<i>Tabla 13: Aplicaciones BIM usadas en el proyecto de San Bartolo. Elaboración propia</i> .....	89
<i>Tabla 14: Aplicaciones BIM usadas en el proyecto de Jesús María. Elaboración propia</i> .....	94
<i>Tabla 15: Aplicaciones BIM usadas en el proyecto de Chorrillos. Elaboración propia</i> .....	99
<i>Tabla 16: Esquema final de alineamiento entre usos BIM y principios valorados. Elaboración propia</i> .....	100

## **Lista de Ilustraciones**

<i>Ilustración 1: Barreras para realizar negocios en Perú. Adaptado de WEF (2017-2018) .....</i>	<i>4</i>
<i>Ilustración 2: Esquema de la metodología de la investigación. Elaboración propia... 8</i>	<i>8</i>
<i>Ilustración 3: Personas que forman parte de cada campo según Succar. Extraído de Salinas, 2014 .....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 4: Dimensiones BIM. Adaptado de Building and Construction Authority, 2017.....</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 5: Reunión ICE en empresa peruana resolviendo interferencias. Extraído de Murguía, 2016 .....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 6: Los 5 tipos de integración de procesos necesarios en IPD. Adaptado de Fischer, 2014.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 7: Se muestra el impacto de los cambios en el diseño al costo total del proyecto. Extraído de Ortega, 2014.....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 8: Cambios en los tipos de contratos en proyectos públicos. Adaptado de Al-Harhi &amp; Soetanto ,2014 .....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 9: Instituciones que conforman el SNIP. Adaptado de Ministerio de Economía y Finanzas, 2015 .....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 10: Ciclo de vida de proyectos públicos bajo la normativa del SNIP. Adaptado de Ministerio de Economía y Finanzas, 2015 .....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 11: Ciclo de inversiones de INVIERTE.PE. Extraído de Ministerio de Economía y Finanzas, 2016 .....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 12: Análisis de costo de proyectos de inversión pública en salud. Extraído de ANIP, 2017.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 13: Análisis de tiempo de proyectos de inversión pública en salud. Extraído de ANIP, 2017.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 14: Roles del sector público para la adopción de BIM. Adaptado de Cheng y Lu, 2015 .....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 15: Niveles de implementación BIM del Reino Unido. Extraído de Oliver Faubel, 2016. ....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 16: Primer mapa de implementación BIM del gobierno de Singapur. Adaptado de Wah, 2014.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 17: Organigrama del proyecto de San Bartolo. Elaboración propia .....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 18: Modelo BIM del polideportivo de una de las unidades de trabajo del proyecto de San Bartolo. Extraído de MININTER, 2016 .....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 19: Interferencias encontradas gracias al modelo BIM en el proyecto de San Bartolo. Extraído de MININTER, 2016 .....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 20: Organigrama del proyecto de Jesús María. Elaboración propia.....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 21: Ejemplo de temas tratados en actas de reunión del proyecto de Jesús María. Extraído de MININTER, 2016 .....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 22: Seguimiento de interferencias encontradas en el archivo de Navisworks del proyecto de Jesús María. Extraído de MININTER, 2017.....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 23: Organigrama del proyecto de Chorrillos. Elaboración propia .....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 24: Sesión ICE del proyecto de Chorrillos. Extraído de MININTER, 2017 .....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 25: Ejemplo de modelos generados con cotas para la impresión de planos en el proyecto de Chorrillos. Extraído de MININTER, 2017.....</i>	<i>97</i>

## **Lista de Acrónimos**

AEC: Architecture, Engineering and Construction / Arquitectura, Ingeniería y Construcción

AFIN: Asociación Nacional para el Fomento de la Infraestructura Nacional (Perú)

AIA: American Institute of Architects / Asociación Americana de Arquitectos

ANIP: Asociación Nacional Invierte Perú

BAS: Building Automatization System / Sistema de Automatización de Edificios

BCA: Building & Construction Authority / Autoridad de la Construcción y Edificaciones

BEP: BIM Execution Plan / Plan de Ejecución BIM

BIM: Building Information Modeling / Modelamiento de la Información de la Construcción

BM: Banco Mundial (World Bank)

CAD: Computer Aided Design / Diseño Asistido por Computadora

CAPECO: Cámara Peruana de la Construcción

CORENET: Construction and Real State Network / Red de trabajo de inmobiliarias y construcción

D-B: Design-Build / Diseña - Construye

D-B-B: Design-Bid-Build / Diseña – Licita - Construye

DGPI: Dirección General de Política de Inversiones (Perú)

DGPMI: Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (Perú)

GIS: Geographic Information System / Sistema de información geográfico

GL: Gobiernos Locales (Perú)

GR: Gobiernos Regionales (Perú)

GSA: General Services Administration / Administración de Servicios Generales de Estados Unidos

iBIM: Integrated BIM / BIM integrado

ICE: Integrated Concurrent Engineering / Ingeniería Concurrente Integrada

ICT: Information and Communications technology / Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

IFC: Industry Foundation Class

IMD: Institute for Management Development

IPD: Integrated Project Delivery / Entrega integrada de proyectos

LACCD: Los Angeles Community College District

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design

LOD: Level of Development / Nivel de desarrollo

MEF: Ministerio de Economía y Finanzas (Perú)

MINEDU: Ministerio de Educación (Perú)

MININTER: Ministerio del Interior (Perú)

MINJUS: Ministerio de Justicia y Derechos Humanos (Perú)

MVCS: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú)

NBS: National Building Specification

NIBS: National Institute of Building Sciences (E.E.U.U.)

O & M: Operación y Mantenimiento

OGIN: Oficina General de Infraestructura (Perú)

OIM: Organización Internacional para las Migraciones

OIP: Oficina de Infraestructura Penitenciaria (Perú)

OPI: Oficina de Programación e Inversiones (Perú)

OPMI: Oficina de Programación Multianual de Inversiones (Perú)

OR: Órgano Resolutivo (Perú)

OSCE: Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (Perú)

PIP: Proyecto de Inversión Pública (Perú)

PMI: Programación Multianual de Inversiones (Perú)

PMIE: Programa Multianual de Inversiones del Estado (Perú)

PNP: Policía Nacional del Perú

PNSR: Programa Nacional de Saneamiento Rural (Perú)

PNSU: Programa Nacional de Saneamiento Urbano (Perú)

PRONIED: Programa Nacional de Infraestructura Educativa (Perú)

PSU: Pennsylvania University / Universidad de Pennsylvania

RFI: Request for Information / Requerimiento de Información

SNIP: Sistema Nacional de Inversión Pública (Perú)

TDR: Términos de Referencia

UCMC: University Construction Management Council / Grupo Universitario de Gestión de la Construcción de la Universidad de Harvard

UE: Unidad Ejecutora (Perú)

UEI: Unidades Ejecutoras de Inversiones (Perú)

UF: Unidad Formuladora (Perú)

UIT: Unidades Impositivas Tributarias (Perú)

VDC: Virtual Design and Construction / Diseño y Construcción Virtual

WCY: World Competitive Yearbook

WEF: World Economic Forum / Foro Económico Mundial

# **CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se hará el planteamiento del tema de investigación mediante la presentación del tema de tesis, donde se explica la importancia de la infraestructura para el desarrollo de los países y los retos que debe afrontar el sector público peruano para mejorar la industria de la construcción. Se determinarán los objetivos (principal y secundarios) del presente trabajo. Al final del capítulo se determinará la metodología a usar para alcanzar los objetivos planteados y responder las preguntas que dan origen a esta tesis.

## **1.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA**

La infraestructura es un pilar muy importante para medir el nivel de competitividad de un país. Uno de los rankings que lo miden es el “Ranking de Competitividad Mundial 2017” del *International Institute for Management Development (IMD)*, el cual es publicado en su reporte anual *IMD World Competitive Yearbook (WCY)*. Este reporte es realizado por la prestigiosa escuela de negocios IMD de Lausana en Suiza. El análisis mide cómo una economía gestiona la totalidad de sus recursos y competencias, para elevar la productividad y de esa manera incrementar el bienestar de su población (International Institute for Management Development, 2017). Los 4 factores evaluados son: desempeño económico, eficiencia del gobierno, eficiencia en los negocios y la infraestructura (D’Alessio Ipinza, Del Carpio Castro, & Muñoz, 2017).

Según los resultados desagregados de este reporte, los cuales pueden verse en la tabla 1, Perú se ubica en el puesto 55 de las 63 economías analizadas, con lo que se confirma el continuo descenso de la competitividad de Perú desde el 2008, año en el cual el país se posicionaba en el puesto 35 de 55 países. Claramente, las condiciones que se presentaban en el año 2008 eran mejores a las que se presentan en los últimos 5 años, pero a pesar del menor crecimiento económico, es este factor el que logró impulsar la competitividad de Perú. Como se puede observar en la ilustración 1, los dos grandes problemas que frenan la competitividad del país son la poca eficiencia en los negocios y la falta de infraestructura de calidad. Además, los resultados mixtos observados en la eficiencia de gobierno demuestran

estancamiento en este pilar y también se convierte en un problema que debe superarse (D'Alessio Ipinza et al., 2017).

Factor / Sub factor	Año										Variación 2017 - 2016
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Desempeño Económico	14	22	28	20	26	32	46	50	50	50	—
Economía Doméstica	24	15	37	35	37	33	32	51	45	44	↗
Comercio Internacional	38	45	40	50	53	55	57	58	56	51	↗
Inversión Extranjera	34	33	43	40	41	42	41	45	43	44	↘
Empleo	7	36	7	5	12	9	14	16	26	26	—
Precios	11	8	17	5	9	27	49	31	37	37	—
Eficiencia del Gobierno	32	41	35	36	27	33	33	37	41	43	↘
Finanzas Públicas	15	13	10	7	8	7	8	11	22	21	↗
Política Fiscal	31	35	29	28	29	28	28	32	28	34	↘
Marco Institucional	42	48	44	47	42	41	44	48	49	48	↗
Legislación para los Negocios	42	49	45	42	38	40	37	39	39	46	↘
Marco Social	26	36	38	38	43	53	54	56	58	58	—
Eficiencia en los Negocios	30	33	42	39	40	41	43	50	50	55	↘
Productividad y Eficiencia	47	32	40	47	47	52	50	50	55	58	↘
Mercado Laboral	2	17	46	48	45	38	37	44	47	49	↘
Finanzas	38	39	37	31	37	38	45	44	48	50	↘
Prácticas Gerenciales	26	38	48	44	40	47	48	51	52	56	↘
Actitudes y Valores	29	36	36	33	32	26	35	40	41	50	↘
Infraestructura	52	49	57	58	59	60	60	60	59	61	↘
Infraestructura Básica	53	52	55	54	53	57	54	53	58	60	↘
Infraestructura Tecnológica	52	56	56	57	59	60	60	60	60	61	↘
Infraestructura Científica	51	49	58	59	59	60	60	60	59	61	↘
Salud y Medio Ambiente	40	43	46	48	46	47	47	48	49	51	↘
Educación	47	45	51	55	55	55	58	59	58	58	—

**Tabla 1: Desagregados de Perú en el Ranking del IMD. Extraído de Resultados del Ranking de competitividad Mundial 2017**

Otra institución que mide el nivel de competitividad de un país es el “Foro Económico Mundial” (WEF, por las siglas en inglés de *World Economic Forum*) a través de su publicación anual denominada “*Global Competitiveness Report (2017-2018)*”. Este reporte mide los factores que determinan el crecimiento y la prosperidad de los países a largo plazo, brindando una guía a los estados para identificar los retos a superar y las fortalezas a aprovechar con el objetivo de crear adecuadas estrategias de crecimiento económico para sus respectivos países (Foro Económico Mundial, 2017). En dicho reporte, el Perú ocupa el puesto 72 de 137 países evaluados, siendo este el puesto más bajo alcanzado en los últimos 5 años. En la tabla 2 se puede observar el puesto de Perú en cada uno de los pilares considerados.



Pilares de competitividad económica	Puesto	Tendencia a
<i>Bloque 1:Necesidades básicas</i>		
Instituciones	116	Bajar
Infraestructura	86	Subir
Entorno macroeconómico	37	Bajar
Educación primaria y salud	93	Mantenerse
<i>Bloque 2:Potenciadores de eficiencia</i>		
Educación superior y capacitación	81	Mantenerse
Eficiencia del mercado de bienes	75	Mantenerse
Eficiencia del mercado laboral	64	Bajar
Desarrollo del mercado financiero	35	Bajar
Preparación tecnológica	86	Subir
Tamaño de mercado	48	Mantenerse
<i>Bloque 3:Factores de innovación y sofisticación</i>		
Sofisticación de negocios	80	Mantenerse
Innovación	113	Mantenerse
<b>INDICADOR DE COMPETITIVIDAD GLOBAL</b>	<b>72</b>	

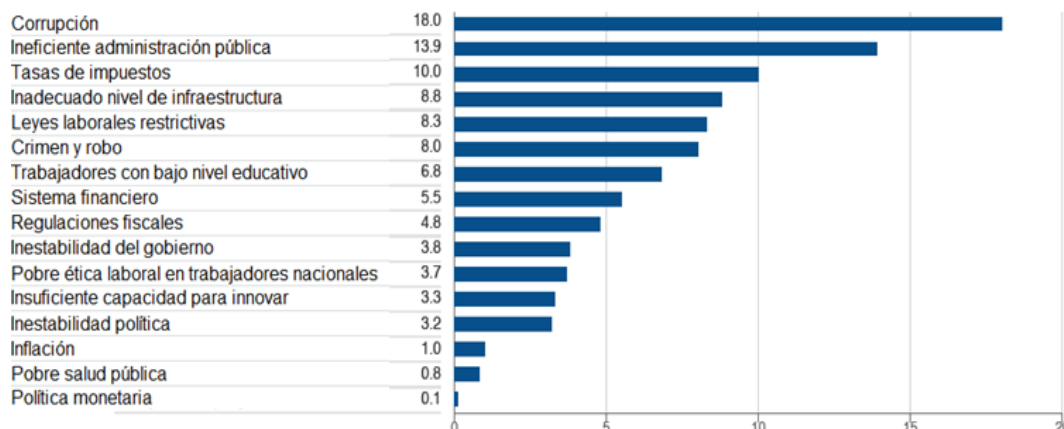
**Tabla 2: Ranking de Perú en los pilares del "Global Competitiveness Report 2017-2018". Adaptado de WEF (2017-2018)**

En el mismo reporte también se genera una lista de las principales barreras que existe en cada país que detienen la inversión. Estas son obtenidas luego de realizar una encuesta a inversionistas donde se les da 16 factores, los cuales se ordenan según el impacto que tienen para generar problemas al realizar negocios en los países donde operan. Como se puede observar en la Ilustración 1, la corrupción es la principal barrera, la cual está ligada a proyectos públicos de infraestructura. Los siguientes 3 factores también están relacionados a la infraestructura pública, demostrando la necesidad de mejorarla para estar mejor posicionados respecto a los demás países (Foro Económico Mundial, 2017).

Los resultados negativos obtenidos en temas de ética y corrupción reflejan el impacto de los escándalos de corrupción vistos en la región durante el 2017 y el impacto que éstos han tenido tanto en la confianza de instituciones públicas como privadas. Durante el año pasado, la eficiencia en los mercados financieros y su capacidad para satisfacer necesidades del sector empresarial también afectaron negativamente la competitividad del país. A pesar de ello, la infraestructura y la preparación tecnológica están progresando y tienen una tendencia a que se incremente en los próximos años (Foro Económico Mundial, 2017).

## Barreras para hacer negocios

Fuente: Fondo Monetario Mundial, Encuesta a Inversionistas 2017



### **Ilustración 1: Barreras para realizar negocios en Perú. Adaptado de WEF (2017-2018)**

Como se ha visto en los dos reportes presentados, Perú posee falencias en las áreas de infraestructura y eficiencia del gobierno. Además, cuando es comparado con otros países se ubica en la segunda mitad de todos los países analizados. Para poder entender mejor estos resultados del entorno macro se debe analizar el entorno micro y ver a Perú desde dentro, entendiendo los problemas que causan estos resultados cuando nos comparamos con otros países.

La infraestructura pública en el Perú posee muchas falencias causadas por mala gestión en planificación y ejecución, poco control del Estado, fragmentación propia del tipo de contrataciones hechas por el Estado, estudios de pre-inversión (perfil y factibilidad) incompletos, restricciones financieras, entre otras (Arnao, 2011). Estos inconvenientes hacen que los proyectos presenten retrasos y altos costos adicionales de ejecución, lo que también genera desconfianza por parte del Estado para realizar futuros proyectos. A pesar de esto, estadísticas del Banco Mundial reflejan el rápido crecimiento del Perú en relación a otros países de la región entre los años 2002 y 2013. Debido a un contexto externo favorable, políticas macroeconómicas prudentes y reformas estructurales que configuran el alto crecimiento del país (Bonifaz, Urrunaga, Aguirre, & Urquino, 2015).

Durante la ejecución de los proyectos públicos de construcción es evidente que se genera un flujo de información manejado por varios grupos. Asimismo, no existe una integración a nivel organizacional ni una integración a nivel de etapas de proyecto; lo que produce trabajo ineficiente y un aumento en el costo y tiempo de la obra. Debido a que los proyectos no responden a una visión estratégica de desarrollo, son carentes de una adecuada capacidad de diseño y ejecución de proyecto y existe una falta de

involucramiento de la ciudadanía en la concepción de estos proyectos (Pastor Vargas, 2011).

El uso de Sistemas de Información y Comunicación (*ICT*, por las siglas en inglés de *Information and Communications Technology*) es una oportunidad para combatir los problemas mencionados mediante su introducción en los procesos de construcción (Peansupap & Walker, 2005). *Building Information Modeling (BIM)* es una metodología que usa este tipo de herramientas (*ICT*) para reducir trabajos de cuantificación (metrados), encontrar incompatibilidades de sistemas de instalaciones, entre otros usos. Éstos promueven el trabajo colaborativo, intercambio eficiente de información y la capacidad de innovar en los proyectos (Fischer, Reed, Khanzode, & Ashcraft, 2014). Sin embargo, no basta con aplicar las herramientas mencionadas, se debe cambiar la cultura organizacional, buscando alinear objetivos de los involucrados, disminuir errores, desperdicios, variabilidad y la resistencia a los cambios (Bhatia & Drew, 2006).

A raíz de todos los problemas presentados en los proyectos públicos de construcción de Perú hay instituciones públicas que han usado *BIM* para sus proyectos basándose en los beneficios obtenidos por empresas privadas (constructoras e inmobiliarias). Desafortunadamente, a pesar de los beneficios obtenidos en el sector privado, *BIM* no ha sido usado con todo el potencial que posee en estos proyectos públicos, teniendo muchas barreras que superar en la implementación de esta metodología. Esta es una oportunidad para desarrollar estándares y normas que regulen el uso de *BIM* en proyectos públicos, al igual que sucede en países como Estados Unidos, Reino Unido, Singapur, entre otros, que son referencia al hablar de adopción (o implementación) *BIM* a nivel de gobierno.

Los proyectos públicos tienen el objetivo de satisfacer necesidades de la población que atienden y para ello se debe generar valor público por medio de estos proyectos. Además, estos proyectos deben cumplir (o satisfacer) ciertos principios que están alineados con el objetivo mencionado anteriormente. Como se verá más adelante, tanto en la literatura revisada como en las leyes peruanas se mencionan principios que deben cumplirse al desarrollar proyectos públicos. Sin embargo, no hay mecanismos que permitan determinar si se cumplieron estos principios en los proyectos.

La generación de valor público puede variar según la perspectiva de cada involucrado del proyecto público: cliente, contratista, usuario final, etc. y también puede variar según los procesos dentro de este tipo de proyectos. Para el proceso de la selección

del contratista se valora: la rendición de cuentas pública, transparencia, eficiencia, libre competencia y confidencialidad son los principios que deben cumplirse para que se genere valor público en este proceso (Palaneeswaran, Kumaraswamy, & Ng, 2003). Para la etapa de diseño, los principios más importantes son intangibles y tienen relación directa con la etapa de operación: aumento de la funcionalidad y disfrute, eficiencia, rendición de cuentas, flexibilidad, y rentabilidad social (Macmillan, 2006). Cabe mencionar que estos principios pueden variar dependiendo del tipo de proyecto que se está desarrollando (escuelas, hospitales, etc.)

Como ha sido mencionado, los principios varían según la perspectiva de los involucrados. Por ejemplo, para los trabajadores del sector público peruano, el trabajo en equipo, experiencia, conocimiento, profesionalismo y compromiso son los principios más importantes (Gabel-Shemuelia, Yamada, & Dolan, 2013). Los usuarios finales se preocupan más por principios que agreguen valor a largo plazo en los proyectos, como por ejemplo: seguridad, accesibilidad, confort térmico, luminosidad y todo principio que permita bienestar y aumento de productividad de los usuarios finales (Gurevich, Sacks, & Shrestha, 2017).

A pesar de los principios mencionados en los diversos procesos dentro de los proyectos públicos y según las perspectivas de los involucrados, no se conoce la relación que éstos tengan con el uso de *BIM* y menos en países con economías en vías de desarrollo, como es el caso de Perú. Por ello, en el presente trabajo de investigación se elaborará un esquema conceptual que alinee los usos *BIM* con los principios valorados en los proyectos públicos peruanos de construcción, para poder agregarles valor desde la etapa de concepción y considerando a todos los involucrados de estos proyectos.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo General**

Determinar los usos *BIM* que están alineados con los principios valorados por las agencias públicas peruanas en los procesos de diseño, construcción y mantenimiento de proyectos públicos.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Describir el actual método de gestión de proyectos públicos de construcción en Perú y la metodología *BIM*.
- Determinar los principios valorados por los agentes públicos en los proyectos públicos de construcción.
- Determinar las barreras identificadas por los agentes públicos en los proyectos públicos de construcción.
- Desarrollar un marco conceptual de alineamiento entre los principios valorados, las barreras identificadas y los usos *BIM*.
- Validar y presentar el marco conceptual con casos de estudio del Ministerio del Interior del Perú.

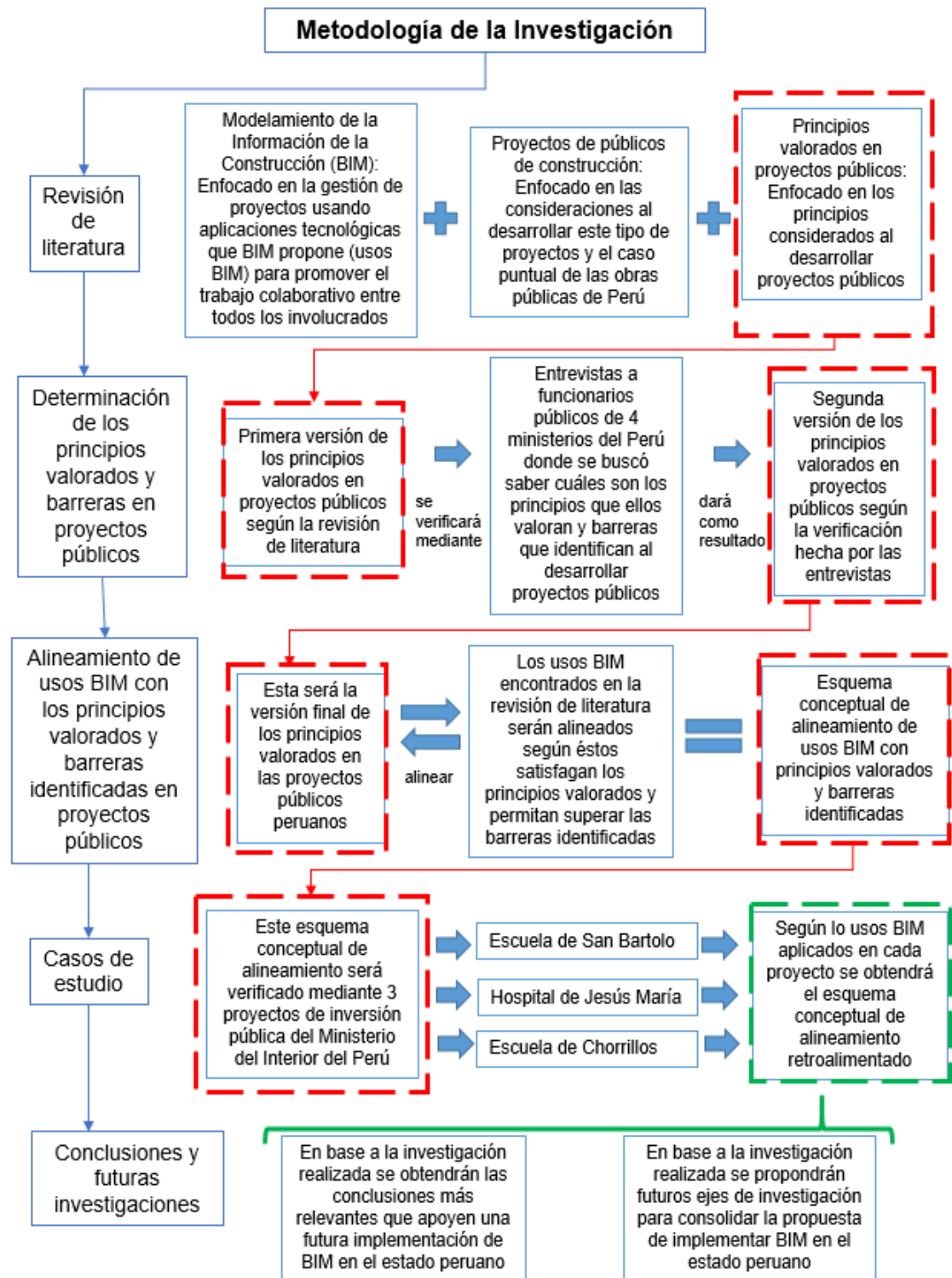
### 1.3 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los principios valorados para desarrollar exitosamente proyectos públicos de construcción?
2. ¿Cuáles son las barreras que limitan satisfacer los principios valorados de los proyectos públicos de construcción?
3. ¿Qué usos *BIM* promueven los principios valorados y mitigan las barreras de los proyectos públicos peruanos de construcción?
4. ¿Qué usos *BIM* han sido utilizados en proyectos públicos peruanos de construcción?

### 1.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se basa en un estudio cualitativo para determinar los usos *BIM* que están alineados con los principios valorados en los proyectos públicos peruanos de construcción, también conocidos como obras públicas; no obstante, también se incluye el análisis de proyectos en la etapa de mantenimiento. Estos principios han partido de una intensa revisión de literatura, donde se obtuvieron algunos principios de otros países. Luego estos se evaluaron según las percepciones de valor de funcionarios públicos peruanos encargados de este tipo de proyectos; dando como resultados los principios valorados. Estos principios valorados han sido

alineados con usos *BIM* que los satisfacen. Como se puede observar en la Ilustración 2, la investigación consta de 5 partes, las cuales serán descritas con mayor detalle líneas abajo.



**Ilustración 2: Esquema de la metodología de la investigación. Elaboración propia**

### **1.- Revisión de la literatura:**

Se recopilará la información referida a la metodología *Building Information Modeling (BIM)*. Será enfocado en la gestión de proyectos de construcción usando las diversas aplicaciones tecnológicas que esta metodología propone para promover el trabajo colaborativo entre todos los involucrados desde etapas tempranas. Se expondrán las consideraciones a tomar en cuenta al desarrollar proyectos públicos, según la literatura encontrada de otros países. También se recopilará información sobre el método actual de proyectos públicos de construcción en Perú, donde se explicarán los procesos a seguir y las leyes que forman el marco normativo para realizar este tipo de proyectos. Además, se recopilará información sobre los principios valorados en proyectos públicos de construcción, con lo que se tendrá una primera versión de estos principios, la cual servirá de base para las siguientes etapas de esta investigación. Finalmente, se expondrá las medidas tomadas por otros países para agregarle valor a sus proyectos mediante el uso de BIM.

### **2.- Determinación de los principios valorados y barreras en proyectos públicos de construcción de Perú:**

En base a entrevistas realizadas a funcionarios públicos peruanos se verificarán los principios valorados por estos agentes en proyectos públicos de construcción. Estas entrevistas serán semiestructuradas y buscarán las percepciones de valor (principios que agregan valor, barreras que limitan satisfacer estos principios y la opinión sobre las leyes que rigen este tipo de proyectos) presentes en estos funcionarios al desarrollar proyectos públicos. Los entrevistados desarrollan proyectos públicos en las etapas de diseño, construcción y mantenimiento, siendo crucial su opinión para obtener una lista de principios acorde a la realidad nacional. Para analizar las entrevistas se usará el programa NVivo 12 y su aplicación de “análisis por nodos”, con la cual se obtendrá una estadística sobre todos los principios y barreras encontradas en las entrevistas. Con esta información se determinará cuáles son los principios y barreras más incidentes, de lo que resultará una versión contextualizada del primer esquema encontrado en la revisión de literatura.

### **3.- Alineamiento de usos *BIM* con principios valorados y barreras identificadas en proyectos públicos de construcción de Perú:**

Se elaborará un esquema conceptual de alineamiento entre los usos *BIM*, los principios valorados y las barreras identificadas en este tipo de proyectos. Estos principios valorados y barreras identificadas son el resultado de la revisión de literatura y de las entrevistas semiestructuradas realizadas a funcionarios públicos

peruanos. Los principios que conforman el esquema conceptual final serán alienados con los principales usos *BIM* que se han encontrado en la literatura e involucran todas las etapas de proyectos, según estos usos satisfagan los principios valorados. Simultáneamente, se hará un alineamiento entre las barreras identificadas y los usos *BIM* que permitan atacarlas para poder agregar valor a los proyectos públicos. No obstante, estas barreras serán entendidas como principios, ya que al evitarlas o mitigarlas, también se le agrega valor a los proyectos, permitiendo satisfacer los principios que deben cumplirse.

#### **4.- Caso de estudio:**

Se verificará el esquema conceptual de alineamiento mediante el estudio de tres proyectos de inversión pública (PIP) del Ministerio del Interior del Perú. Estos proyectos han sido desarrollados usando *BIM* en las etapas de diseño y construcción. Estos proyectos son: “Ampliación y Mejoramiento de la Escuela Técnico Superior Mujeres PNP – San Bartolo”; “Ampliación y mejoramiento del Servicio de Formación policial de la Escuela de Oficiales de la Policía Nacional del Perú (EO PNP) del Distrito de Chorrillos, Provincia de Lima, Lima” y “Mejoramiento de los Servicios Críticos y de Consulta Externa del Hospital Nacional PNP Luis N. Sáenz”. Con estos casos de estudio se reformulará el esquema conceptual de alineamiento y se obtendrá una versión retroalimentada de éste.

#### **5.- Conclusiones y futuras investigaciones:**

Se expondrán las conclusiones más relevantes que apoyen a una futura implementación de *BIM* en el estado peruano. Además, se propondrán futuros proyectos de investigación que evalúen los esquemas generados en el presente trabajo de investigación, teniendo en cuenta la importancia de los principios valorados y las barreras identificadas como mecanismo de agregación de valor en proyectos públicos.



## **CAPÍTULO 2: MODELAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

En este capítulo se hablará del modelamiento de la información de la construcción o (*BIM*, acrónimo de *Building Information Modeling*), nombre que para muchos puede sonar como un programa de computadora, usualmente asociado a “Autodesk Revit”, o a aplicaciones en computadoras. La definición de este concepto, visto como una metodología de trabajo o como una tecnología, será desarrollada con más detalle en el siguiente apartado, luego de ello se hablará de los usos *BIM* más importantes, la gestión de los proyectos usando *BIM* y, finalmente, las barreras y facilitadores de implementación *BIM*.

### **2.1 CONCEPTOS IMPORTANTES**

Desde su aparición con la llegada del nuevo milenio, *BIM* ha sido ampliamente usado por la generación actual de ingenieros para resolver problemas de visualización de todo tipo, también ha sido usado para estimar costos, ajustar cronogramas y demás aplicaciones que serán desarrolladas con mayor detalle en las siguientes partes de este capítulo. *BIM* es usado tanto por empresas privadas asociadas a la industria de la construcción como por entidades gubernamentales de diversos países que le han dado diversas aplicaciones en las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento e incluso en la etapa de demolición (Cheng & Ma, 2013).

#### **2.1.1 Definición de *BIM***

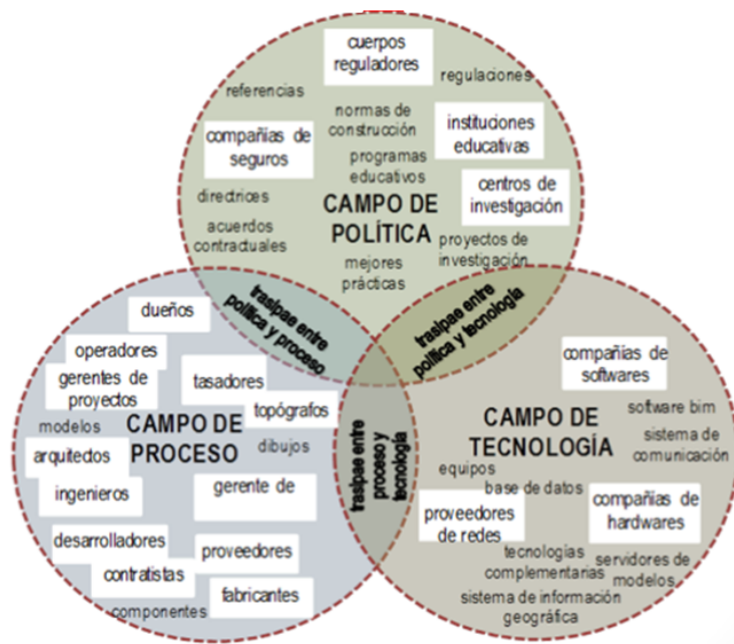
Dentro de la literatura encontrada se tienen muchos conceptos de *BIM*, uno de los más aceptados es el siguiente: *BIM* es la creación de información consistente y coordinada de un proyecto (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011) para tomar decisiones en el diseño, construcción, uso y mantenimiento respecto a la gestión de los recursos que éste (proyecto) posee (Barlish & Sullivan, 2012). La definición colocada corresponde a *BIM* entendido como una metodología de trabajo colaborativo. Por otro lado, *BIM* también es entendido como una tecnología que mejora la toma de decisiones basándose en información consistente procesada por medio de diversas aplicaciones tecnológicas; una de ellas es el modelado del proyecto en todas sus etapas. Además, estas tecnologías de modelado encajan perfectamente con el uso de herramientas de la filosofía *Lean Construction*, como parte de los análisis de *Look Ahead* y *Last Planner System*. Estas herramientas *Lean*

usan esta forma de manejo de información basándose en el modelo para obtener metrados directos, planificación de diversos escenarios, información de logística con proveedores, etc. (Dave, B, Koskela, L, Kiviniemi, A, Owen, R, Tzortzopoulos, 2013)

Otro concepto encontrado es el que plantea Succar: “*BIM* es el grupo interactivo de campos (políticas, procesos y tecnologías) que juntos generan una metodología para gestionar el diseño del proyecto y la información de éste de manera digital durante todo el ciclo de vida del proyecto” (Succar, 2009). Este autor considera importante el concepto de campos o “fields” de aplicación que tiene *BIM*, los cuales son tecnología, proceso y política:

- Tecnología: Engloba el grupo de especialistas que desarrolla software, hardware, equipamiento y sistemas de red necesarios para incrementar eficiencia, productividad y generación de valor de los sectores involucrados en la industria de la construcción.
- Proceso: Engloba el grupo de involucrados que se encargan de la procura, diseño, construcción, manufactura de los materiales, uso, manejo y mantenimiento de los proyectos de construcción.
- Política: Engloba el grupo de involucrados en preparar investigación, distribuir los resultados encontrados, identificar riesgos y minimizar conflictos con la industria. Estos integrantes no generan ningún producto de la construcción propiamente dicha, pero son organizaciones especialistas que poseen un rol preparatorio, regulatorio y contractual en el diseño, construcción y operación.

En la ilustración 3 se puede observar los involucrados que están envueltos en cada campo definido por Succar; cabe mencionar que no todos esos involucrados se encuentran presentes en nuestro medio; por ello, debe ser entendido contextualmente. Además, en estos campos se presentan traslapes entre ellos, los que son generados cuando debe haber interacción entre involucrados de más de dos campos para producir entregables que requieran de la participación de diversos involucrados. Por ejemplo, el desarrollo y la aplicación de *Industry Foundation Class* (*IFC*, por sus siglas en inglés) requieren del esfuerzo en conjunto de investigadores y desarrolladores de programas de computadoras. Los investigadores pertenecen al campo de políticas, mientras que los desarrolladores de programas de computadora pertenecen al campo de tecnología (Succar, 2009).



**Ilustración 3: Personas que forman parte de cada campo según Succar. Extraído de Salinas, 2014**

Como se ha podido ver, *BIM* posee diversos enfoques para definirlo: metodología que promueve el trabajo colaborativo y herramienta que permite una mejor toma de decisiones basándose en diversas aplicaciones tecnológicas. Esta tesis ha sido desarrollada bajo el segundo enfoque mencionado debido a los objetivos planteados y a la metodología de investigación usada. No obstante, se debe dejar claro que el primer enfoque de *BIM* es el que genera grandes cambios en la forma de trabajo de las organizaciones, ya que lo asimilan como una metodología que agrega valor a los proyectos en todas sus etapas. Por ello, algunas de las definiciones que se verán a continuación están más alineadas con la definición metodológica de *BIM*.

### 2.1.2 Nivel de desarrollo

Se define nivel de desarrollo (*LOD*, por las siglas en inglés de *Level of Development*) como la madurez de la información que posee un elemento del modelo, y éste es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio (American Institute of Architects, 2008). Muchas veces se entiende *LOD* como nivel de detalle; pero nivel de detalle se refiere a la cantidad de detalle que se le añade al elemento modelado. Nivel de desarrollo se refiere a al nivel de confiabilidad con la que la geometría del elemento y la información colocada en éste puede ser usada por los miembros del equipo de trabajo del proyecto (BIMForum, 2016).

Cabe resaltar que dentro de la definición del *LOD* se incluye la capacidad de incluir elementos no modelados. Estos son aquellos elementos para los que no existe la

intención de modelado en ningún estado del proyecto, remarcando la atención sobre aquellos elementos que no forman parte del proyecto y los que sí lo hacen pero no se modelan. Esta flexibilidad beneficia las metodologías de modelado orientado a la valoración y mantenimiento (como la gestión de activos), facilitando la ligereza de información geométrica en los modelos sin perder por ello la fiabilidad en el conjunto (Madrid Alonso, 2015). Los *LOD* se definen de la siguiente manera por parte del Instituto Americano de Arquitectos (*AIA*, por las siglas en inglés de *American Institute of Architects*) (*AIA*, 2013):

- *LOD 100*: se indica la existencia de los elementos modelados con un símbolo o alguna representación genérica de ellos, mas no gráfica (tamaño, forma, etc.) La información que contienen es aproximada y no satisface los requerimientos de *LOD 200*.
- *LOD 200*: los elementos modelados ya son reconocibles gráficamente mediante sus características geométricas (tamaño, forma, ubicación, etc.) pero siguen siendo representaciones genéricas. Se incluye información más detallada, pero no es exacta.
- *LOD 300*: se representan gráficamente los elementos modelados como objetos, sistemas, o partes específicas que poseen características de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. Información no gráfica también es incluida en el modelo.
- *LOD 400*: los elementos del modelo son representados gráficamente con las mismas características que *LOD 300*, pero con mucho mayor detalle y se le añade información para que estos elementos puedan prefabricarse.
- *LOD 500*: toda la información gráfica perteneciente al *LOD 400* está incluida en estos elementos; pero con la salvedad que estos representen lo que realmente está construido, entendido esto como un “as-built”. Adicionalmente, información no gráfica necesaria para etapas posteriores (operación y mantenimiento) está incluida en el modelo.

### **2.1.3 Dimensiones *BIM***

En un proyecto desarrollado de forma tradicional, la información es representada en planos 2D y textos (especificaciones técnicas). Esta manera de representar la información de los proyectos cambia en el entorno BIM mediante las dimensiones *BIM* (Birna Kjartansdóttir, Mordue, Nowak, Philp, & Thór Snæbjörnsson, 2017). Las dimensiones *BIM* se refieren a la forma particular en la que diversos tipos de información son vinculados al modelo *BIM*. Mediante la adición de dimensiones de información se puede entender mejor el proyecto de construcción, cómo será

entregado, cuánto costará, cómo se puede mantener, etc. (*National Institute of Building Sciences, 2017*). Estas dimensiones pueden verse en la ilustración 4, las cuales se definirán líneas abajo.

 <p><b>3D</b></p>	<p>Involucra información de la ubicación, información geométrica y de materiales de los objetos modelados. Se realiza detección de interferencia, coordinación, fabricación, visualización</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulaciones</li> <li>• Coordinación entre especialidades y detección de interferencias</li> <li>• Revisiones virtuales</li> <li>• Estudios de campo</li> <li>• Prefabricación basada en modelo BIM</li> </ul>
 <p><b>4D</b></p>	<p>3D + tiempo: involucra análisis temporales o análisis basados en el tiempo, como lo son: programación secuencial de actividades, desarrollo de cronogramas, control de avance</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control y monitoreo de avance</li> <li>• Simulaciones de procesos constructivos o de instalaciones</li> <li>• Simulaciones de cronogramas por fases</li> <li>• Validación visual para aprobaciones de pagos</li> </ul>
 <p><b>5D</b></p>	<p>3D+ costo: involucra análisis de costos y recursos como planificación y estimaciones de costos, programación de gastos, planificación de recursos, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniería de valor y evaluación de escenarios</li> <li>• Obtención de cuantificaciones (metrados) para sustentar y analizar estimaciones de costos más detalladas</li> </ul>
 <p><b>6D</b></p>	<p>3D + información de operación y mantenimiento que es usada por parte del administrador del proyecto en la etapa final para realizar manuales de mantenimiento, especificaciones, garantías, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso del modelo BIM para analizar el ciclo de vida del proyecto</li> <li>• Manuales de operación y mantenimiento adjuntos a modelo BIM</li> <li>• Modelo BIM como herramienta para sustentar toma de decisiones en etapa de O&amp;M</li> </ul>

**Ilustración 4: Dimensiones BIM. Adaptado de Building and Construction Authority, 2017**

- 3D: los modelos *BIM* en 3 dimensiones son los modelos con los que estamos más familiarizados. Estos objetos 3D poseen información geométrica y no geométrica, los cuales como mínimo deben contener: longitud, ancho, profundidad y debe estar especificado un *LOD* con el que se está modelando (Birna Kjartansdóttir et al., 2017). Conforme se avanza en el proyecto, la información colocada en el modelo se va nutriendo y aumentando el detalle con que la información se le agrega, llegando a entregar modelos “as-built” (NBS, 2017).
- 4D: es un proceso de la etapa de planificación de la construcción en donde se vinculan las actividades de esta etapa, representadas por los tiempos que toma hacerlas, con los modelos *BIM* 3D descritos en la dimensión anterior para obtener una simulación en tiempo real del proceso de construcción vs. la duración de este proceso (Smith, 2014). El objetivo de este modelo es analizar la secuencia constructiva antes que se realice en el campo y entender

los riesgos relacionados (Birna Kjartansdóttir et al., 2017). La información relacionada al tiempo que se incluye en el modelo debe contener la duración de las actividades de instalación, tiempos de construcción, tiempo necesario para que pueda operarse, secuencias de instalación, etc. (NBS, 2017). Para que el modelado en 4 dimensiones sea fructífero es necesario que personas con experiencia en construcción estén integradas al equipo de trabajo desde etapas tempranas (Birna Kjartansdóttir et al., 2017).

- 5D: 5D *BIM* se genera al introducir información relevante al modelo *BIM* sobre los costos del proyecto, permitiendo hacer estimaciones. Esta información relevante está relacionada a los costos de compra, costos de instalación, costo de iniciación de un equipo, costos de reemplazo, etc. (NBS, 2017). Cabe mencionar que el nivel de veracidad con la que se hagan las estimaciones de costos depende del *LOD* del modelo. Además, es necesario que se encarguen de estas estimaciones de costos profesionales con experiencia en presupuestos y en uso de tecnologías (Birna Kjartansdóttir et al., 2017). La quinta dimensión de *BIM* permite reducir el tiempo empleado para realizar las estimaciones al compararse las semanas que usualmente demora cuando se hacen de manera tradicional. Aumenta la exactitud de las estimaciones, reduce las ambigüedades propias de las estimaciones usando información de *CAD* y permite que se agrega valor al proyecto al tener información de los costos mucho más rápido y de mejor calidad (Smith, 2014).
- 6D: la 6ta dimensión de *BIM* está relacionada a la gestión de la propiedad, entendiendo propiedad como el edificio en su etapa de uso y mantenimiento. En esta dimensión se obtiene información relevante a los costos de todo el ciclo de vida de la propiedad para gestionar mejor los costos y reducirlos (Birna Kjartansdóttir et al., 2017). Algunos autores llaman a esta dimensión “*BIM* integrado” o “*iBIM*” debido a que la información que contienen estos modelos está relacionada a todo el ciclo de vida del activo. Se incluye información de los instaladores, proveedores del material, fecha de instalación y tipo de mantenimiento requerido. Además, se entregan detalles de cómo deben ser operados los equipos del activo para que tenga un óptimo performance, niveles de energía que se consume para promover su uso de manera eficiente, etc. (NBS, 2017). Toda esta información más las propiedades de geometría, costo y tiempo de los componentes modelados convierte el modelo *BIM* en una base de datos del activo (Smith, 2014).

Cabe mencionar que estas 6 dimensiones son las más mencionadas en la literatura. No obstante, también se hace mención de una séptima dimensión, la cual está relacionada a la sostenibilidad, donde se introduce información necesaria para saber cómo se comportará el activo en relación al impacto medioambiental que producirá, con la cual se pueden hacer diversos análisis y estimaciones. Incluso se menciona la existencia de una octava dimensión, la cual se relaciona a evaluaciones de seguridad usando información del modelo (Smith, 2014).

#### **2.1.4 Plan de ejecución BIM**

El plan de ejecución *BIM* (*BEP*, por las siglas en inglés de *BIM Execution Plan*) es el documento central para la implementación de *BIM* en un proyecto. Este plan debe ser elaborado por todo el equipo de trabajo, siendo el primer documento desarrollado colaborativamente por todos los involucrados. En su desarrollo deben colaborar también los participantes que estarán a cargo del proyecto durante las etapas posteriores al diseño, como es el caso del constructor, usuarios finales, etc. Cabe mencionar que este documento es único por cada proyecto y puede ir cambiando conforme el proyecto avance (National Institute of Building Sciences, 2017). La universidad de Pennsylvania en el 2013 desarrolló una guía para generar un *BEP* apropiadamente basándose en 4 pasos fundamentales:

- 1.- Identificar los usos *BIM* más importantes para las etapas de concepción, diseño, construcción y mantenimiento.
- 2.- Diseñar el proceso de ejecución BIM mediante la creación de mapas de procesos.
- 3.- Definir los entregables BIM y la manera en la que éstos serán compartidos a todos los involucrados.
- 4.- Desarrollar los requerimientos mínimos necesarios para completar este plan. Estos requerimientos se presentan como contratos, procedimientos de comunicación, tecnología y herramientas para controlar la calidad de la implementación (Kreider & Messner, 2013).

#### **2.1.5 Sesiones de ingeniería concurrente integrada**

La ingeniería concurrente integrada (*ICE*, por las siglas en inglés de *Integrated Concurrent Engineering*) es un método social de trabajo, ayudado por la tecnología, que tiene como objetivo crear y evaluar múltiples opciones integrales de diseño rápidamente de diversas especialidades entre los involucrados del proyecto (Chachere, Kunz, & Levitt, 2009). Un ejemplo de este tipo de reuniones se puede ver en la ilustración 5. Esta metodología (*ICE*) ha sido desarrollada por el "Jet Propulsion

Laboratory” de la NASA a mediados de los años 90. Un grupo de diseño llamado “equipo X” (Team-X) desarrolló la planificación de una misión espacial en un tiempo bastante corto y con mucha calidad, mediante la creación de un entorno de colaboración extrema (Knotten & Svaalestuen, 2014).



***Ilustración 5: Reunión ICE en empresa peruana resolviendo interferencias. Extraído de Murguía, 2016***

Las sesiones *ICE* buscan eliminar las desviaciones que no agregan valor. Estas son inherentes a las reuniones de diseño, como lo son: otorgamiento de responsabilidades, espera por tiempos de respuesta de involucrados que no están presentes en la reunión y clarificación de objetivos, métodos y vocabulario. Con la ausencia de estas desviaciones, apoyo por parte de la tecnología, métodos y habilidades para hacer rápido el diseño y el análisis; el equipo de trabajo logra tiempos de respuesta bastante rápidos en comparación con lo que usualmente ocurre en las reuniones típicas de diseño (Chachere et al., 2009). A pesar de la gran cantidad de empresas de la industria de la construcción que han adoptado esta forma de trabajo, muchas otras siguen teniendo problemas con los procesos fragmentados y las relaciones antagónicas propias de dicha industria (Alhava, Laine, & Kiviniemi, 2015).

## **2.2 USOS *BIM***

En la literatura se encuentra mucha información sobre los usos *BIM* que existen en diversos países e instituciones que han desarrollado sus propios estándares y guías



especificando los usos que han definido. Estos documentos cambian de cantidad de usos determinados e incluso cambian de definición de los usos *BIM* entre las versiones de una misma publicación. A pesar de ello, prácticamente todas las fuentes encontradas coinciden en una misma definición para usos *BIM*: son los métodos específicos de la aplicación de *BIM*, estos usos *BIM* reemplazan actividades por metodologías que se deben realizar cuando se desarrollan proyectos que luego de convertirán en activos. Los usos *BIM* también son conocidos como aplicaciones BIM, herramienta *BIM* o solución *BIM* (Kreider, 2013). Cabe mencionar que esta definición es independiente de si el proyecto es privado o público.

Los usos *BIM* más comunes son los definidos en la página web de Planificación de Ejecución *BIM* de la universidad de Pennsylvania. Estos usos han ido variando conforme se han ido actualizando las primeras versiones de estos esquemas; la principal característica es la organización de estos usos por fase del proyecto: planeamiento, diseño, construcción y operación (Computer Integrated Construction Research Program, 2010). Como puede ser observado en la tabla 3, muchos de los usos establecidos se traslapan en las diversas fases del proyecto, lo que demuestra la continuidad que debe haber en su aplicación por etapas.

PLANIFICACIÓN	DISÑO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
Modelado de Condiciones Existentes			
Estimación de costos			
Planificación por fases			
Programación del proyecto			
Análisis de terreno			
Revisiones de diseño			
Generación de diseño			
Análisis estructural			
Análisis de iluminación			
Análisis energéticos			
Análisis mecánicos			
Otros análisis de ingeniería			
Evaluación LEED			
Revisión de normativa			
		Coordinación 3D	
		Desarrollo del layout de obra	
		Análisi de procesos constructivos	
		Pre-fabricación digital	
		Monitoreo y control 3D	
			Modelos del activo entregado
			Mantenimiento preventivo
			Análisis de los sistemas del edificio
			Gestión de activos
			Administración de espacios
			Planificación ante desastres

**Tabla 3: Usos BIM establecidos por Computer Integrated Construction (CIC) Research Program de PENNSTATE Univ. Adaptado de CIC, 2010**

Otra universidad que ha desarrollado una propia guía de usos *BIM* es la universidad de *Harvard*, los cuales han sido desarrollados por el subcomité *BIM* del grupo “*University Construction Management Council*” (*UCMC*) con el objetivo de ordenar los innumerables términos, pasos, acrónimos y programas con los que uno se topa ya sea cuando se quiere iniciar en la implementación *BIM* o cuando uno está en medio de este largo camino (*HARVARD UCMC*, 2016). Como se puede ver en la tabla 4, los usos *BIM* propuestos también se entrelazan durante las fases del proyecto.

	Diseño	Pre-construcción	Construcción	Operación
Modelado de condiciones existentes	X	X	X	
Validación de espacios	X			
Autoría de diseño	X			
Mock-up digital	X	X	X	
Alternativas de diseño	X			
Comunicación en el diseño	X			
Generación de documentación	X			
Análisis de diseño	X			
Análisis de ingeniería	X			
Coordinación durante el diseño	X			
Coordinación durante la construcción		X	X	
Programación		X	X	
Extracción de metrados		X	X	
Planificación de logística		X	X	
Seguridad		X	X	
Planeación del layout de obra			X	
Fabricación digital			X	
Asistencia en campo			X	
Modelos Record			X	
Gestión de instalaciones				X

**Tabla 4: Usos *BIM* definidos por la *UCMC* de *Harvard*. Adaptado de *UCMC*, 2016**

No solamente han sido definidos los diversos usos *BIM* por universidades, también han presentado sus propios usos diversos autores. Por ejemplo, en el libro *BIM Handbook* se presentan diversos usos *BIM* catalogados por el *stakeholder* que le va a dar uso a dicha aplicación (*Eastman et al.*, 2011), estos usos pueden verse reflejados en la tabla 5. Por otro lado, *Sacks & Koskela* (2010) desarrollaron un esquema de integración entre los principales usos *BIM* que son compatibles con la

satisfacción de principios *Lean*. En la tabla 6 se puede ver los usos *BIM* considerados para este esquema, en donde también están organizados por fase del proyecto.

<b>BIM para propietarios y administradores de inmuebles</b>	<b>BIM para arquitectos, ingenieros y en la etapa de diseño</b>
Análisis de proforma Simulación de operación Gestión de activos Prefabricación Control de proyecto Simulación 4D Detección de interferencias Estimación de costos y metrados Análisis de sistema del edificio Configuración de diseño Análisis energético Planeamiento de espacios	<b>Diseño conceptual basado en el modelo BIM</b> Modelado de espacios Evaluaciones de seguridad y circulación Evaluaciones preliminares de energía Estimaciones preliminares de costos <b>Diseño de sistemas de la edificación, análisis, simulación y revisión</b> Programas de simulaciones basada en el modelo BIM Revisión de normativa mediante programas de computadora Estimaciones de costos Simulación de performance del activo <b>Modelos a nivel de construcción</b> Layout de obra Generación de documentación de obra Especificaciones <b>Integración de diseño y construcción</b> <b>Revisión de diseño</b>
<b>BIM para constructores</b>	<b>BIM para subcontratistas y fabricantes</b>
Detección de interferencias Estimación de metrados y costos Análisis de construcción y planificación Control de costos y plazos Pre-fabricación Verificación y validación de procesos constructivos	(Ninguno identificado)

**Tabla 5: Usos BIM por involucrado según el BIM Handbook. Adaptado de Eastman, 2011**

ETAPA	ÁREA FUNCIONAL Y USO
Diseño	Visualización del volumen
	Evaluación funcional
	Generación de varias alternativas de diseño
	Re-uso de información del modelo para análisis predictivos
	Análisis predictivos de performance Estimación automática de costos Evaluación de conformidad del cliente
	Información de mantenimiento e integridad del modelo de diseño
	Únida base de información Detección automática de interferencias
	Generación automática de dibujos y documentación
Diseño y fabricación detallada	Colaboración en diseño y construcción
	Modelo de edición multi-usuario Modelo de visualización multi-usuario y multi-disciplinar
Pre-construcción y construcción	Generación de alternativas de procesos constructivos
	Generación automática de planes de construcción Simulación de procesos constructivos Planificación 4D
	Comunicación electrónica basada en el modelo
	Visualización de estatus de procesos Comunicación en línea del producto e información del proyecto Fabricación controlada por computadora Integración con involucrados de la cadena de abastecimiento Recolección de información dentro y fuera de obra

**Tabla 6: Usos BIM que se integran con los principios Lean. Adaptado de Sacks y Koskela, 2010**

Con estos esquemas de usos *BIM* planteados, ya se puede determinar cuáles son los más importantes según la literatura:

### **2.2.1 Modelamiento del proyecto en todas sus etapas**

Es la generación de un modelo del proyecto usando un programa de modelado virtual en 3D, considerando información relevante para el proyecto según la fase en la que se esté desarrollando el modelo y para los propósitos que se requiere hacer el modelo. El proceso de modelado se realiza desde etapas iniciales, ello incluye el modelado de las condiciones existentes del terreno antes que se realice el proyecto. Para ello se usan programas laser que levantan la información mucho más rápido y con mucha precisión, con los cuales es sencillo pasarlo luego a un modelo virtual. (Computer Integrated Construction, 2013). Además, desde estas etapas se pueden usar estos modelos para realizar visualizaciones como “renders” con cierto nivel de realismo (Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2010). Como se verá en los usos posteriores, el modelamiento del proyecto es el primer paso para que los otros puedan desarrollarse y las características geométricas de los elementos deben estar integradas con las propiedades de los mismos (National Institute of Building Sciences, 2017).

Conforme se avanza el proyecto, a veces resulta necesario modelar las obras provisionales y algunas instalaciones que serán momentáneas, pero importantes para ejecutar el proyecto adecuadamente. También se puede obtener un *layout* de obra basado en un modelo donde se pueden evaluar opciones para incrementar su eficiencia (HARVARD UCMC, 2016). Este modelo será utilizado durante la etapa de construcción y con ello se hará una distribución mucho más acorde a lo que se requiera. Para la etapa de operación y mantenimiento será necesario haber modelado todas las instalaciones con cierto *LOD* que contenga información valiosa para esta etapa final del proyecto. Cabe mencionar que el modelo final debe ser uno “as-built” que represente lo que realmente ha sido construido (Computer Integrated Construction, 2013).

### **2.2.2 Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos**

Usando los modelos generados en las diversas etapas del proyecto se pueden hacer cuantificaciones, o metrados, bastante exactos, dependiendo del *LOD* con el que se hizo el modelo. Con esta información y los costos unitarios de los elementos modelados se hacen estimaciones de costos, las cuales son mucho más precisas que las realizadas de manera tradicional usando planos (Computer Integrated Construction, 2013). Usando esta herramienta se puede entender el impacto en el

presupuesto por cambios hechos en los proyectos y realizar planes de contingencias sustentados en la información generada gracias a estas estimaciones de costo (National Institute of Building Sciences, 2017). Además, la estimación de costos representa la quinta dimensión de *BIM* (*5DBIM*) en donde el costo se integra con el proyecto desde etapas tempranas. Con el objetivo de tener una mejor toma de decisiones, basándose en los datos históricos (costos, productividad, etc.) de proyectos similares (Eastman, Liston, Sacks, & Liston, 2008).

### **2.2.3 Generación de diversas propuestas de diseño**

En todo proyecto hay cambios durante todo su tiempo de vida, con un modelo *BIM* se puede generar diversas propuestas de todas las especialidades para determinar cuál es la mejor según lo que se valora en cada proyecto. Diversos análisis se pueden realizar según la información colocada en el modelo, como por ejemplo: análisis estructural, sistema de aire acondicionado, instalaciones sanitarias, sistema de agua contra incendio, instalaciones eléctricas, etc. (National Institute of Building Sciences, 2017). Con estos análisis el cliente puede tomar decisiones sustentadas en los modelos, incluir los metrados extraídos de los modelos como parámetro para la elección de la mejor alternativa (HARVARD UCMC, 2016).

Además, puede visualizar los requerimientos de arquitectura para optimizar los proyectos y encontrar el impacto de estos cambios en los otros sistemas del proyecto gracias al carácter paramétrico de los modelos, que hacen que se mantenga coherencia entre los elementos modelados (Sacks et al., 2010). También se puede recibir retroalimentación de todos los involucrados de manera colaborativa para satisfacer las necesidades de todos (Computer Integrated Construction, 2013).

### **2.2.4 Planificación 4D**

Es la generación de una planificación para las diversas etapas del proyecto en base a un modelo 4D, el cual consta de la adición de la dimensión tiempo al modelo 3D generado previamente. Con esta herramienta uno puede ver los requisitos de la fase de construcción para que pueda ser realizada sin contratiempos y considerando el espacio disponible según se avanza en el proyecto. Con ello se pueden programar mejor las actividades en los ambientes generados, e incluso se pueden comparar diversas maneras de ejecutar el proyecto (HARVARD UCMC, 2016). Además, se le puede dar una mejor idea al equipo del proyecto y al cliente sobre los hitos de éste (National Institute of Building Sciences, 2017). Cabe mencionar que estos modelos (4D) se realizan desde la etapa de diseño para poder ir modificándolo durante la etapa de construcción (Computer Integrated Construction, 2013).

### **2.2.5 Generación de documentación**

Es el proceso por el cual se usa el modelo de construcción virtual para producir todo tipo de planos (cortes, elevaciones, plantas, etc.). La producción o generación de planos incluye también los planos de detalle, donde se requieren proyecciones isométricas de algunos ambientes del proyecto y ciertos elementos específicos debido a su gran complejidad. Con esta herramienta todo tipo de cambio hecho en el proyecto se genera en el modelo y esto se reproduce en todos los planos generados debido a que la base de datos es el modelo (Eastman et al., 2008). Con ello se eliminan las innumerables actualizaciones que se tendrían que hacer a todos los planos cuando se trabaja de manera tradicional y se requieren cambios (Computer Integrated Construction, 2013). Además, se pueden vincular las especificaciones técnicas de cada material modelado con ciertos planos donde debe aparecer esta información para que se genere automáticamente y no exista incongruencia de información entre los documentos de un mismo proyecto (HARVARD UCMC, 2016).

### **2.2.6 Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética**

Este proceso inicia con la decisión de impactar lo menos posible al medio ambiente, para verificarlo se busca aplicar a una certificación *LEED* u otro tipo de evaluación de sostenibilidad. Debe iniciar desde etapas tempranas del proyecto para que impacte positivamente a todos los especialistas. Requiere que se trabaje de forma integrada y se genere el modelo con la información relevante para hacer las evaluaciones necesarias y verificar cómo repercute en los metrados y costos del proyecto (Computer Integrated Construction, 2013).

Además, con la información en el modelo se pueden generar análisis del impacto de la luz del día en la productividad de los usuarios, cantidad de calor ganado por los usuarios (Eastman et al., 2008) y la cantidad de energía que se usará en la etapa de mantenimiento. Con los resultados de estos análisis se podrá tomar decisiones para optimizar los recursos a usar en dicha etapa (National Institute of Building Sciences, 2017). Adicionalmente, se pueden desarrollar evaluaciones de las otras especialidades involucradas para optimizar estos sistemas según el ahorro energético a alcanzar (HARVARD UCMC, 2016).

### **2.2.7 Detección de interferencias e incompatibilidades**

Quizá este uso sea el más común y el que más beneficios muestra hacia los involucrados en los proyectos debido al fuerte impacto que tiene durante todo el ciclo de vida de los proyectos. Se basa en la superposición de todos los modelos (o por pares) generados por especialidad en uno mismo para encontrar los problemas que

tendrán las instalaciones, básicamente problemas de interferencias como dos tuberías de distintos sistemas colocadas en el mismo lugar. Para ello se usa un programa de coordinación 3D (como *Autodesk Navisworks*) donde es necesario que todos los involucrados aporten con su retroalimentación para dar soluciones a las interferencias detectadas y se le agregue calidad al proyecto. De esta manera se evita que las interferencias tengan lugar en la obra (Latiffi, Brahim, & Fathi, 2016).

También se pueden ver otro tipo de incompatibilidades, como las que ocurren cuando hay errores en la diagrama de Gantt del proyecto generado por un programa de computador y se planea (erróneamente) colocar una losa antes que la columna que la soporta, todo este tipo de errores se hacen visibles gracias a esta aplicación *BIM*. Cabe mencionar que todo esto debe hacer antes de que sean colocados en obra para tomar medidas contra ello (Computer Integrated Construction, 2013); caso contrario, se presentarán diversas Solicitudes de Información (*RFI*, por las siglas en inglés de *Request For Information*), conflictos durante la ejecución y órdenes de cambio que impactarán negativamente las otras especialidades (HARVARD UCMC, 2016).

#### **2.2.8 Revisión de normativa**

Es el proceso por el cual un programa de computadora de revisión (validación o verificación) de normativa se usa para certificar que el modelo generado es conforme con las normas que el proyecto debe seguir (Computer Integrated Construction, 2013). Estos programas tienen cargados las normas referentes a accesibilidad, dimensiones mínimas requeridas por la localidad donde se realiza el proyecto, cantidad de consumo energético, etc. Las cuales sirven para verificar que el proyecto modelado satisface las leyes o reglamentos vigentes (National Institute of Building Sciences, 2017). Todavía no se ha experimentado mucho con estos programas, pero se estima que en un futuro no lejano será una de las aplicaciones *BIM* más usadas (Sacks et al., 2010) por diversos involucrados. Principalmente será usados por las entidades del estado, estudios de arquitectos, etc. (Eastman et al., 2011).

#### **2.2.9 Simulación de procesos constructivos**

Es la simulación, en base el modelo *BIM* generado, de la secuencia de actividades diversos procesos constructivos con alto nivel de desarrollo para entender los requisitos de estos procesos (Latiffi et al., 2016). Con este uso se le añade constructabilidad al proyecto debido a que se entiende mejor los procesos a realizar basados en las relaciones de precedencia establecidas (Sacks et al., 2010) y se puede planificar mejor los recursos a usar en estas actividades (Computer Integrated

Construction, 2013). Además, se puede programar mejor los requerimientos de logística y tránsito (tanto de vehículos como de personas) de las actividades simuladas para optimizar mejor los espacios de la obra (HARVARD UCMC, 2016).

#### **2.2.10 Fabricación digital**

Con la información y la geometría generada en el modelo se puede facilitar la fabricación de ciertos materiales (tuberías de PVC, bandejas eléctricas, acero corrugado, etc.) necesarios para el proyecto. Como consecuencia, podrán ser proporcionados con la medida exacta para simplemente colocarlos en el lugar correspondiente basado en una codificación previamente pactada entre la obra y la empresa que provee los materiales. Esto trae como beneficios grandes ahorros de dinero, tiempo, espacio y con un margen reducido de error (HARVARD UCMC, 2016). Para poder realizarlo es necesario entregar información compatible con las máquinas que producen dichos materiales (National Institute of Building Sciences, 2017). Paralelamente, también se puede recibir información (en forma de modelos *BIM*) por parte de la empresa que provee los materiales para incluirlos en el modelo del proyecto y tener en cuenta sus especificaciones técnicas desde etapas tempranas (Sacks et al., 2010).

Esta herramienta viene siendo aplicada en el acero habilitado, donde se usa la información del modelo para realizar los cortes necesarios en las varillas de acero y entregarlos para que sean colocados en obra. Con esta herramienta se obtienen niveles de desperdicio mucho más bajos que si se realizaran de la manera tradicional y reduce las ambigüedades sobre los encuentros de elementos estructurales. Este uso se puede extender a otros tipos de materiales donde se tienen altos niveles de desperdicio y ayudar a optimizar los recursos del proyecto (Computer Integrated Construction, 2013). Además, con esta aplicación se puede tener un cronograma de entregas de este material mucho más específico debido a que se encuentra conectado con la información del modelo BIM (Azhar, 2011).

#### **2.2.11 Programación de mantenimiento preventivo**

Es el proceso por el cual se usa la información generada en el modelo para programar el mantenimiento necesario de todos los equipos y acabados del proyecto en la etapa de operación y mantenimiento. Para ello se debe de colocar en el modelo *BIM* la información de los proveedores, marcas de los materiales, especificaciones técnicas, etc. de tal forma que el mantenimiento pueda prever sobrecostos en esta etapa, mejorar el desempeño del activo y reducir reparaciones por falta de mantenimiento (Computer Integrated Construction, 2013). Además, se puede enlazar el modelo a un



sistema de automatización (*BAS*, por sus siglas en inglés de *Building Automation System*) que ayudará a identificar errores en tiempo real del activo y poder darle mantenimiento (National Institute of Building Sciences, 2017).

#### **2.2.12 Gestión de activos**

Cuando un proyecto de construcción se termina, se convierte en un activo y los usuarios finales necesitan gestionarlo de la manera más eficiente posible. Por ello, la información generada en el modelo debe ser consistente con esta etapa. Esta información puede migrar de un programa de computador a otro y hará más sencillo la introducción de información para el mantenimiento al programa que será usado para monitorear al activo (Eastman et al., 2008). Basándose en el modelo se puede evaluar los costos e implicancias de realizar cambios o actualizaciones de equipos, sistemas de control, etc. Además, se puede realizar todo tipo de monitoreo usando el modelo (Computer Integrated Construction, 2013). Este control incluye a los elementos vaciados in-situ, equipos del activo, espacios públicos y los demás objetos modelados (National Institute of Building Sciences, 2017).

#### **2.2.13 Análisis de desempeño del activo**

Con este uso se puede comparar el desempeño del activo con el desempeño proyectado en etapas tempranas. Usualmente se requiere de otros programas de computadora que son compatibles con los modelos *BIM* para poder compartir la información sin problemas, lo que ayuda a hacer estos análisis automáticamente y con menos error (Sacks et al., 2010). Este análisis incluye el estudio de los sistemas mecánicos, su operación y cuánta energía consumen durante la operación del activo. Por ejemplo, se pueden hacer simulaciones de tiempo de evacuación del activo donde se observa algunos escenarios que den ser mejorados según los resultados de dicha simulación (Eastman et al., 2008). También existen otros análisis como los de luminosidad, cantidad de aire acondicionado usado y otros sistemas que funcionan en esta etapa y sean relevantes para los usuarios (Computer Integrated Construction, 2013).

En la tabla 7 se puede ver cómo se ordenan los usos *BIM* según su aplicación dentro de cada etapa de los proyectos.

USOS BIM	ETAPAS UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN			
	Concepción	Diseño	Construcción	Operación y Mantenimiento
Modelamiento del proyecto en todas sus etapas	X	X	X	X
Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos	X	X	X	
Generación de diversas propuestas de diseño	X	X		
Revisión de normativa		X		
Detección de interferencias e incompatibilidades		X	X	
Planificación 4D		X	X	
Generación de documentación		X	X	X
Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética		X	X	X
Simulación de procesos constructivos			X	
Fabricación digital			X	
Programación de mantenimiento preventivo			X	X
Gestión de activos				X
Análisis de desempeño del activo				X

**Tabla 7: Usos BIM y su aplicación en las etapas de los proyectos. Elaboración propia**

### 2.3 GESTION BIM (liderada por el propietario)

Ahora, los clientes, están tomando un rol más activo sobre los temas relacionados a *BIM*. Están empezando a cambiar el lenguaje en los contratos, especificaciones técnicas y requerimientos en los proyectos para que puedan ser compatibles con procesos *BIM* e implementar las tecnologías que este método supone usar. Este cambio o interés se ve también en la industria de la construcción que empiezan a trasladar sus planos 2D a modelos 3D para poder usarlo en los proyectos donde tienen alguna participación y tener un flujo de trabajo más colaborativo (Eastman et al., 2008).

En esta sección del capítulo se mencionarán algunos lineamientos necesarios para poder desarrollar proyectos con *BIM* enfocados desde el punto de vista del cliente o propietario. Estas no son aplicaciones, pues no se basan en el modelo *BIM* para que se ejecuten. Sin embargo, son actividades necesarias pues reducen los tiempos de latencia, involucran a los miembros del equipo y ayuda a tener una correcta gestión del proyecto liderada por el propietario y éste sabiendo las funciones que le corresponden.

### 2.3.1 Integración de los procesos y personas

Durante todo este capítulo se ha mencionado la necesidad trabajar colaborativamente. Una forma de hacerlo es mediante las aplicaciones o usos *BIM* ya definidos anteriormente. No obstante, aplicarlos no es posible si no existe una adecuada plataforma de trabajo colaborativo, el cual se debe realizar mediante la integración, tanto de procesos y personas. Siendo los proyectos *Integrated Project Delivery (IPD)*, por sus siglas en inglés) la etapa final de este paradigma que rescata la integración de todos los participantes con el objetivo de lograr relaciones ganar-ganar durante todo el proyecto (Salinas & Ulloa, 2014).

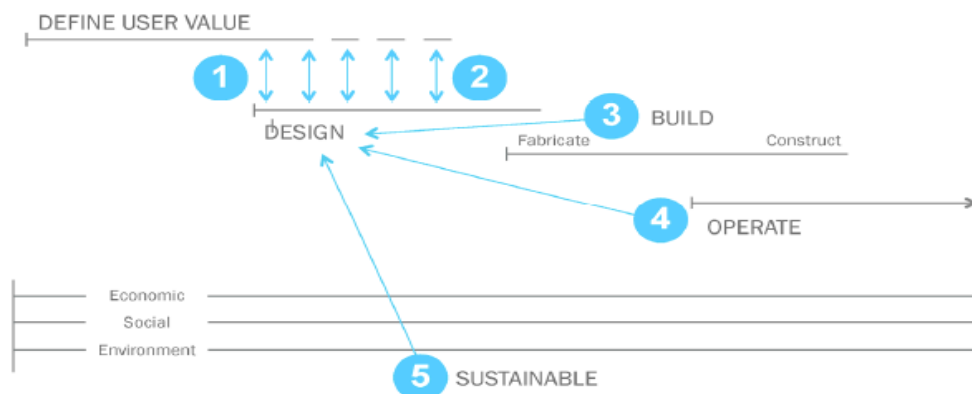
Este nuevo modelo de trabajo supone un cambio de paradigma de la forma de trabajar usual, la de descomposición del trabajo en partes más pequeñas y de la cual sólo unos cuantos son encargados dentro del equipo de trabajo, por una manera en la cual todos trabajan juntos para lograr que el proyecto resulte del trabajo colaborativo entre todos los involucrados. Se debe trabajar varias alternativas, de manera integrada, de tal forma que la mejor opción entre estas opciones sea elegida por todo el equipo de trabajo. Y recién en esta alternativa escogida, se trabaje a detalle todos los procesos respectivos. (Fischer et al., 2014). La plataforma ya fue vista, y se refiere al correcto uso de las sesiones *ICE*.

Es muy importante considerar el producto final, o la visualización de éste, es decir, entender las funciones para el cual será creado y en base a ello poder generar el diseño, las alternativas de diseño y tomar la mejor decisión respecto a lo que se tiene. En esta parte es muy importante entender que no se puede dejar a nadie trabajar en solitario, debe trabajarse siempre en equipo, pues en caso contrario, el proyecto o las especialidades del proyecto no se van a “integrar” por sí solas (Fischer et al., 2014).

En la ilustración 6, se observa los 5 tipos de procesos de integración que deben estar presentes en los proyectos *IPD*, los cuales están presentes en el flujo de trabajo usando modelos *BIM*. Es en el diseño del producto que estos procesos deben llevarse a cabo con mucha mayor preocupación pues es en esta etapa cuando el proyecto responde a las ideas, necesidades y deseos del cliente y los usuarios finales (Fischer et al., 2014). Estos procesos serán explicados a continuación:

1. Es obligatorio que exista integración entre la definición del valor del cliente y el proceso de diseño, pues es necesario que los usuarios puedan sentir que el diseño a realizar posee valor para ellos y el costo que pueden pagar por ello.

2. El diseño debe pasar por un proceso de revisión continuo entre todos los clientes finales y ser ajustado según la valoración final de cada uno.
3. Se necesita que el diseño posea constructabilidad, la cual debe ser entregada desde la etapa de diseño.
4. Es necesario poder traer el conocimiento de la etapa de operación del proyecto, pues al tenerlo presente desde el diseño, se podrá hacer un producto considerando las exigencias y restricciones de las tareas a realizar en dicha etapa.
5. Finalmente, el diseño debe considerar que el proyecto debe ser sostenible, entendiendo este concepto como perdurable en el tiempo en los aspectos social, económico y ecológico. A pesar que tenga todos los otros 4 procesos mencionados, si no posee un impacto positivo en los 3 ejes mencionados, no podrá ser considerado sostenible (Fischer et al., 2014).



**Ilustración 6: Los 5 tipos de integración de procesos necesarios en IPD. Adaptado de Fischer, 2014**

### 2.3.2 Gestión en la etapa de concepción

Esta es la primera etapa en todo proyecto, también es conocida como diseño conceptual y es muy importante poder visualizar los objetivos del proyecto desde esta etapa. Muchas aplicaciones *BIM* mencionadas anteriormente se pueden usar para generar información de soporte y con esta información tomar mejores decisiones desde esta temprana etapa. Estas decisiones son respecto al valor, modo de operación y costos del proyecto; las cuales son especialmente importantes cuando hay mucha información para procesar y con aplicaciones *BIM* se pueden desarrollar mucho más rápido.

Una restricción muy importante a tomar en cuenta desde el inicio es el costo del proyecto, y una aplicación *BIM* perfecta para esta restricción es la de estimación de

costos, lo que involucra tener una idea inicial de los sistemas a usar en el proyecto y de los proveedores de dichos sistemas. Las estimaciones generadas pueden ayudar al equipo de diseño a tener en cuenta sobre problemas desde esta etapa inicial. Otra aplicación muy importante es la de modelamiento del lugar donde se realizará el proyecto (emplazamiento). Hay programas que ayudan a la visualización del proyecto, con ideas muy generales del cliente, teniendo en cuenta la distribución de espacios y modelos realistas que den una idea del proyecto final.

Además, hay aplicaciones que realizan análisis ambientales, los que involucran cantidad de energía usada en los edificios, análisis de luminosidad artificial y natural; entre otros tipos de análisis. Las aplicaciones mencionadas son desarrolladas por programas de computadora que se encuentran separados, es decir, no es un mismo programa que realice todas estas tareas y este es un problema mencionado ya que la interoperabilidad complica estas tareas (Eastman et al., 2008). A pesar que se sabe el tipo de análisis que se deben realizar, la tecnología necesaria para desarrollarlos en un solo programa no ha sido creada todavía. Es por ello que el rol del cliente es fundamental desde esta etapa y la generación de valor se relaciona directamente con su participación.

### **2.3.3 Gestión en la etapa de diseño**

En esta etapa, se debe entender que todos los sistemas del proyecto son diseñados intentando hacer uso de las herramientas de análisis mencionados en la etapa anterior y siendo consistente con los requerimientos de cada especialidad. Sin embargo, llegar a niveles de aceptación por parte de todos los involucrados es complicado sin un soporte adecuado para la discusión de estos problemas (Eastman et al., 2008). Es en este contexto en donde las sesiones *ICE* son muy útiles. Como ya fue mencionado, en estas sesiones los integrantes son los especialistas de cada sistema a desarrollar en el proyecto, los cuales discuten y debaten los temas que causan problema en el diseño del proyecto.

Este método logra diseños mucho más rápido y con una calidad bastante similar a los métodos tradicionales de diseño y a un precio menor (Chachere et al., 2009). Esto ocurre pues es una solución que involucra la participación de proyectistas, modeladores *BIM* junto con herramientas de visualización y análisis que entran en un proceso social muy consistente que permite el diseño de un proyecto específico (Chachere et al., 2009). Es importante considerar la participación de un “facilitador” en las sesiones *ICE*, el cual será encargado de la integración de los involucrados formando conversaciones pequeñas en el medio de la sesión para facilitar el resolver

problemas entre ciertos sistemas. Además, los participantes en este tipo de sesiones deben estar completamente enfocados en resolver los problemas y a la par deben trabajar los modelos correspondientes a su sistema (Chachere et al., 2009).

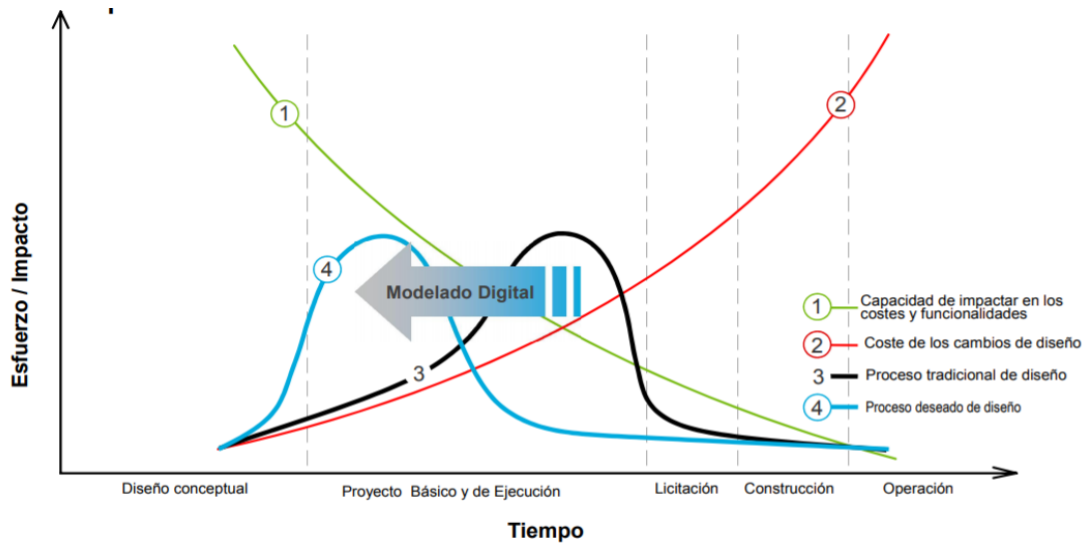
Este método se base en la reducción del tiempo de latencia para poder lograr mayor efectividad. Latencia se define como el tiempo que se demora un sistema o encargado de sistema en resolver un problema o incompatibilidad del proyecto desde que se hizo el requerimiento de información (*RFI*, por sus siglas en inglés). La reducción de este tiempo de latencia parece ser muy fácil, conceptualmente hablando, pero hay barreras que deben ser sobrepasadas y es esto que lo hace complicado. La principal acción a tomar en cuenta para sobrepasar las barreras es la de poder tener un sistema horizontal de coordinación y administración durante la sesión *ICE*, ya que se distribuyen las responsabilidades a todo el equipo y no solo a los que lideran la sesión (Chachere et al., 2009).

#### **2.3.4 Gestión en la etapa de construcción**

La etapa de construcción no debe verse como una fase aislada de la etapa de diseño, el proyecto debe ser integrado y visto como un sistema, entendiendo que un cambio en alguna de las etapas genera cambio en todo el proyecto. A esto se le suma que mientras con mayor anticipación sea llevado a cabo el cambio, mayor impacto tendrá este en el costo total del proyecto. Es función del cliente desarrollar su proyecto con la integración necesaria, teniendo en cuenta que no solamente es el producto, también debe tenerse en cuenta diseñar procesos para producirlo. Como queda demostrado en la ilustración 7, algún cambio llevado en la etapa de diseño tiene mayor impacto en el proyecto, sin embargo, los cambios son más frecuentes en la etapa de construcción y los cambios llevados a cabo en esta etapa cuestan más para el proyecto. Por ello que se debe gestionar adecuadamente la fase de la construcción y sobre todo, entender que diseño y construcción deben estar integrados adecuadamente (Eastman et al., 2008).

La gestión en esta etapa del proyecto incluye la realización de planos desde el modelo *BIM*, tarea que usualmente lleva mucho tiempo cuando es realizada con los métodos tradicionales de dibujo como el *CAD*. La realización de “layouts” debe ser considerada con mucho cuidado para poder darle constructabilidad al proyecto, la cual también es considerada cuando se diseña junto al constructor para darle esta propiedad. Los *layouts* deben ser realizados por cada sistema que el proyecto presente y de ser posible debe ser realizado junto con los encargados de cada sistema. Adicionalmente, las especificaciones deben ser desarrolladas con suficiente

detalle para que en el momento de la construcción puedan ser seguidas sin ningún problema (Eastman et al., 2008).



**Ilustración 7:** Se muestra el impacto de los cambios en el diseño al costo total del proyecto. Extraído de Ortega, 2014

### 2.3.5 Gestión en la etapa de mantenimiento

Los clientes o propietarios que ven todo el ciclo de vida de los proyectos que realizan pueden usar los modelos *BIM* para muchas labores. Las que agregan valor al proyecto, ya sea por darle más usos o de mejor forma o por evitar los re-trabajos a los que se están acostumbrados los que gestionan la etapa de mantenimiento. Es necesario saber la cantidad de personas que usarán el proyecto a construir, con aplicaciones *BIM* se pueden realizar modelos de ocupación de personas y tener una mejor idea de lo que se espera durante la etapa de uso y mantenimiento, con esto se puede tener preparadas algunas actividades de mantenimiento del proyecto y contemplarlas mucho tiempo antes. Estas consideraciones, al igual que las antes mencionadas, son lideradas por el cliente y parte de él poder llegar a estos modelos y ahorrar la mayor cantidad de trabajo posible.

También es posible aplicar *BIM* para la visualización o estimación de las condiciones del proyecto a través del tiempo, esta aplicación puede ser combinada con modelos *GIS* para saber las condiciones del terreno en cierto intervalo del tiempo y con ello poder tomar mejores decisiones sobre los mantenimientos respectivos a largo plazo. Adicionalmente, hay programas que ayudan a detectar cambios energéticos durante las labores de mantenimiento o que ayudan a visualizar las consecuencias de realizar estas labores en el proyecto antes de realizarlas (Eastman et al., 2008).

## 2.4 BARRERAS Y FACILITADORES

En esta parte del capítulo se discutirá los factores que intervienen en el proceso de implementación *BIM* de instituciones públicas y privadas, tanto los factores positivos como los negativos. Dentro de ellas hay mucha dificultad para poder cambiar su flujo de trabajo y cultura organizacional por la implementación *BIM*. Esta implementación que puede traer muchos problemas en el caso que no se lidere correctamente o que se tengas ideas erradas de los beneficios que ésta trae. Además, se debe tener en cuenta que estos beneficios son, en su mayoría, a largo plazo considerando una inversión inicial significativa, pero que de ser llevada con el grupo integrado será mucho más fácil de alcanzar los objetivos planteados (Peansupap, 2013).

### 2.4.1 Barreras en la implementación

La implementación *BIM* tiene asociado a ella muchos problemas, también conocidos como barreras, que son por causa de su propia naturaleza, es decir, la implementación *BIM* es catalogada como una implementación o difusión *ICT* (“information and communication technology”) que forma parte de la categoría de “product modelling application” (Adriaanse, Voordijk, & Dewulf, 2010). Las barreras son los factores que no permiten que la implementación *BIM* sea llevada con éxito o que no permiten que se implemente. Las barreras más importantes son las siguientes:

- Dificultad en ajustar o cambiar el conocimiento y procesos existentes en la organización para poder alcanzar todos los beneficios de *BIM*: las personas desarrollan cierta resistencia al cambio (Peansupap & Walker, 2005). Ésta se incrementa en las organizaciones debido al “estado de confort” presente con los procesos ya conocidos por las instituciones y al tener una nueva tecnología que aplicar, se genera cierto rechazo inicial. Además, el adaptarse a nuevos métodos de trabajo y orientarlos hacia un entorno de trabajo colaborativo representa uno de los más grandes desafíos de la implementación *BIM* (Panuwatwanich & Peansupap, 2013).
- Tener ideas erradas de los beneficios: puede ocurrir que uno espere otro tipo de resultados o que espere los beneficios a corto plazo (Panuwatwanich & Peansupap, 2013) ya sea por poco conocimiento del tema u otro motivo, el generar falsas expectativas puede generar malestar al implementar *BIM*.
- Necesidad de inversión es alta: como fue señalado anteriormente, el costo inicial de la implementación es alto (Adriaanse et al., 2010) y los beneficios



se ven a largo plazo, esto lleva a tener poca paciencia o a querer los resultados lo antes posible. Estos costos son asociados tanto al programa de computadora como a la implementación en sí (Martin-Dorta, 2016).

- Personal poco calificado para implementar *BIM*: esto se traduce tanto a costos para poder hacer que el personal de la empresa aprenda a usar tecnologías *BIM* (Adriaanse et al., 2010) como al decremento de productividad inicial hasta que la curva de aprendizaje vuelva al estado inicial referente a inicio de la implementación (Martin-Dorta, 2016).
- Falta de estandarización: no se tienen leyes que estandaricen el uso adecuado de *BIM* y esto genera que al implementarlo se corra el riesgo, y así sucede, que cada institución implemente lo que ella crea conveniente sin tener en cuenta a su cadena de suministros (Martin-Dorta, 2016).

#### **2.4.2 Facilitadores de la implementación**

Los facilitadores son factores que promueven la implementación *BIM* en base a las condiciones propias de la institución que generan que se pueda adoptar correctamente *BIM* (Peansupap & Walker, 2005). Pueden ser entendidos como beneficios de implementar *BIM* o como “drivers” que hacen llegar más rápido a éstos. Entre los facilitadores más importantes se tiene:

- Apoyo desde gerencia: este es uno de los factores que los empleados de las instituciones que implementan *BIM* valoran más (Peansupap & Walker, 2005). Este tipo de apoyo incentiva que el uso de las tecnologías sea de manera más eficiente (Sargent, Hyland, & Sawang, 2012) y genere que se tenga una idea positiva de los resultados a esperar de dicha implementación (Peansupap & Walker, 2005).
- Entender la implementación *BIM* como un proceso a largo plazo: los empleados y profesionales que tengan claro que la implementación *BIM* afecta a todas las etapas del proceso de construcción tienen más posibilidades de poder ver los beneficios claramente y no sentirse frustrados esperando resultados en intervalos de tiempo irreales (Panuwatwanich & Peansupap, 2013). Además, la presión del tiempo juega un rol importante en este facilitador y puede convertirse en una barrera de no tratarse adecuadamente (Adriaanse et al., 2010).
- Ventaja competitiva: el implementar *BIM* correctamente es una ventaja sobre otras empresas de construcción y también sobre los subcontratistas, debido a que las tecnologías *BIM* están siendo usadas poco a poco por más empresas en todo el mundo. Esta idea supone la implementación

considerando a todos los involucrados en la cadena de suministros del contratista principal y le da mayor preferencia a los subcontratas que sigan este camino (Sargent et al., 2012).

- Soporte del área de servicios tecnológicos: es necesario entrenamiento sobre esta tecnología para lograr una buena implementación y es mejor hacerla de la mano con la ayuda del área de servicios tecnológicos de la institución. Además, se genera una sensación de aprendizaje en conjunto, lo que también hace que la implementación sea más fácil (Sargent et al., 2012).
- Requerimiento del cliente: la presencia de un cliente que solicite el usar *BIM* hace que las empresas que quieran contratar con este cliente deban cambiar e implementar *BIM* (Adriaanse et al., 2010). Un ejemplo de esto es lo que ocurre en el Reino Unido, donde para poder contratar obras públicas se debe usar *BIM*, una disposición establecida por el propio estado.



## **CAPÍTULO 3: PROYECTOS PÚBLICOS DE CONSTRUCCIÓN**

Los proyectos de construcción del sector público presentan muchas diferencias con los del sector privado, la rapidez con que se efectúan, la complejidad de los proyectos, el alcance de los mismos son solo un ejemplo de las marcadas diferencias que podemos encontrar. Uno de los principales objetivos de los proyectos públicos es la generación de valor público. La generación de este tipo de valor les da mayor calidad de vida a las personas mediante la satisfacción de sus necesidades por parte del Estado. En este capítulo se desarrollará los temas relacionados a la gestión de proyectos públicos, la actualidad del Perú en este tipo de proyectos y la implementación *BIM* desde los países que la lideran.

### **3.1 CARACTERÍSTICAS DE PROYECTOS PÚBLICOS**

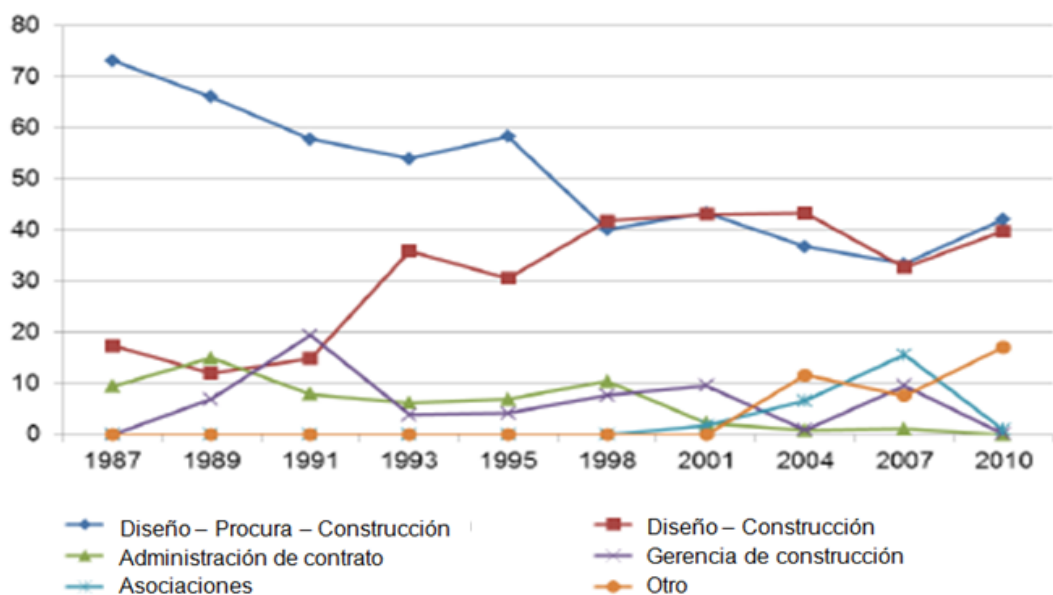
En este apartado, se mencionarán las principales características encontradas en la literatura sobre el tratamiento y estudios desarrollados en el ámbito de la construcción del sector público en el mundo. Como fue mencionado al inicio del capítulo, este tipo de proyectos tiene un tratamiento especial, característica presente en todos los países al desarrollar este tipo de proyectos, y por ello hay consideraciones adicionales, riesgos y mayor control en comparación con los proyectos privados de construcción. También es importante el papel del cliente, en este caso el estado, para poder desarrollar adecuadamente los proyectos públicos pues es el que da las “reglas de juego” y el que además las debe hacer cumplir según sus requerimientos.

#### **3.1.1 El papel del estado en proyectos de construcción del sector público**

En los proyectos de construcción del sector público el cliente principal es el Estado, el cual debe tomar predominancia como cliente en los proyectos de construcción como lo hacen los clientes en los proyectos de construcción del sector privado. El estado debe participar activamente de los acontecimientos que ocurren en los proyectos y no ser simplemente el que “ordena” qué hacer. Al-Harhi & Soetanto (2014) han hecho una recopilación de las posiciones del estado en diversos proyectos públicos de construcción por los últimos 30 años en el Reino Unido. Ellos han encontrado que el papel del cliente (estado) ha sido cambiante durante este

tiempo, desde la decisión del sistema de procura a implementar hasta la facilidad con la que se implementan mejoras en este sector.

En la ilustración 8 se muestra los cambios durante 1987 hasta 2010 en lo que son los sistemas de procura de los proyectos públicos en el Reino Unido, siendo el sistema *Design Bid Build (D-B-B)* el más común en los años 90's. Para el inicio del nuevo milenio el método *Design Build (D-B)* tomó mayor predominancia y se encontraba en igual cantidad de proyectos que los que usaban que el método DBB. Estos cambios se deben a los diversos roles que el estado comenzó a tomar y las nuevas necesidades que se presentaron en el Reino Unido (Masterman, 2002).



**Ilustración 8: Cambios en los tipos de contratos en proyectos públicos. Adaptado de Al-Harthy & Soetanto, 2014**

Una característica importante es el otorgamiento de proyectos a empresas privadas, ya que poseen mucho más conocimiento sobre el alcance del proyecto pero siempre regulándolos mediante sus normas. El éxito de este tipo de proyectos depende del entendimiento mutuo que debe existir entre las partes involucradas. El cual debe ser introducido por el personal del estado encargado de la administración de dicho proyecto que debe estar capacitado para poder trabajar en una red interdisciplinaria de profesionales que conforman estos proyectos (Cohen, 2008).

Además, el estado debe realizar adecuadamente un alcance inicial del proyecto ("project brief") el cual refleja sus habilidades para administrar riesgos, administración de requerimientos y elección del método de entrega (Al-Harthy et al., 2014). El estudio mencionado concluyó que los criterios de costo, tiempo y calidad siguen siendo los criterios más usados para determinar el éxito de un proyecto público. Por otro lado,

el mismo estudio sugiere el uso de lecciones aprendidas de proyectos pasados, la cual es una herramienta de gestión muy poderosa pues evidencia los errores, para no volver a cometerlos, y las buenas prácticas, para poder repetirlas en proyectos siguientes.

Como recomendación final, el estudio concluye en la necesidad de desarrollar procesos integrados que den soluciones entre todos los involucrados, como la constructibilidad, y que asegure un paulatino reforzamiento de los conocimientos de construcción aplicados al sector público (Al-Harathi et al., 2014).

### **3.1.2 Consideraciones en proyectos de construcción del sector público**

En los proyectos de construcción del sector público existen muchas barreras a superar, las cuales son debido a las características propias del control existente en los estados, que siempre buscan darle el mejor valor al dinero invertido. Para lograr este objetivo, la etapa de diseño es fundamental, ya que los proyectos públicos deben pensar siempre en el usuario final y brindarle la mayor comodidad dentro de los activos creados mediante edificios con un alto nivel de diseño. Durante el diseño de estos proyectos debe tenerse presente los efectos de las decisiones de diseño en la etapa de uso y operación, ya que en esta etapa el costo será asumido por los usuarios finales y no debe ser un problema para ellos (Department of Culture, Media and Sport, 2000).

Como todo proyecto de construcción, éstos deben cumplir las metas alcance, costo y tiempo; siendo el último el más importante en ciertos casos y el que es el más complicado de cumplir. Existen diversos motivos por los que se retrasan este tipo de proyectos: falta de coordinación entre contratista y supervisión; falta de mano de obra calificada para realizar apropiadamente ciertas labores durante la ejecución. También afecta la poca participación del Estado en los procesos de diseño y construcción de los proyectos. Lo que sucede cuando el Estado confía ciegamente en sus consultores y esto genera que el cliente (Estado) no pueda tomar decisiones técnicas en el proyecto (Al-Kharashi & Skitmore, 2009).

Estos problemas pueden ser resueltos usando herramientas que involucran a todos los participantes del proyecto desde etapas tempranas. Una forma de hacerlo es mediante la ingeniería concurrente desde la etapa de concepción de éstos, con la cual se entienden mejor los requerimientos del cliente, se facilitan los procesos propios de las etapas de diseño y construcción. Además, se asegura un mejor valor del dinero invertido y hay mayor probabilidad de satisfacción del cliente al finalizar la ejecución de los proyectos (Anumba & Evbuomwan, 1997).

A pesar de las buenas prácticas que se puedan aplicar en este tipo de proyectos, no se verá una mejora considerable mientras una reforma liderada por el sector público para la industria de la construcción no sea llevada a cabo. En Holanda se han hecho varios cambios desde el sector público en los últimos años para mejorar esta industria. Uno de estos cambios es el emplear el sistema de procura *Design-Build* en vez del tradicional *Design-Bid-Build* para proyectos públicos (Boes & Dorée, 2008). Además, los cambios deben estar orientados a superar los problemas propios de la industria, como es el caso de la corrupción, la cual se genera en gran parte por el poco control gubernamental y una mala gestión contractual (Goldie-Scot, 2008).

## **3.2 PROYECTOS PÚBLICOS DE CONSTRUCCIÓN DE PERÚ**

Los proyectos de construcción del sector público peruano, como se indicó anteriormente, poseen muchas falencias. Para poder entenderlas y dar propuestas que solucionen estos problemas se debe entender cómo es que funcionan estos proyectos. Por ello, en el presente sub-capítulo se describirá los procesos de este tipo de proyectos y las principales leyes que conforman el marco normativo de este tipo de proyectos, también conocidos como “obras públicas”. Los 3 primeros apartados de este sub-capítulo describirán las normativas vigentes que rigen las obras públicas y en el último apartado se centrará en brindar un diagnóstico sobre cómo se desarrollan este tipo de proyectos.

### **3.3.1 Ley de Contrataciones del Estado (Ley N°30225)**

La presente ley tiene como finalidad establecer las normas orientadas a maximizar el valor de los recursos públicos que se invierten y a promover la actuación bajo el enfoque de gestión por resultados en las contrataciones de bienes, servicios y obras; de tal manera que estas se efectúen en forma oportuna y bajo las mejores consideraciones de precio y calidad, permitan el cumplimiento de los fines públicos y tengan una repercusión positiva en las condiciones de vida de los ciudadanos (Ley N° 30225, 2014). Dentro de esta ley se establecen principios que rigen las contrataciones del estado, los cuales son:

- Libertad de concurrencia: las entidades promueven el libre acceso y participación de proveedores en los procesos de contratación que realicen.

- Igualdad de trato: todos los proveedores deben disponer las mismas oportunidades para formular sus ofertas.
- Transparencia: se proporciona información clara y coherente con el fin de que todas las etapas de contratación sean comprendidas por los proveedores.
- Publicidad: los procesos de contratación deben ser objeto de difusión con la finalidad de promover la libertad de concurrencia y la competencia efectiva.
- Competencia: los procesos de contratación deben establecer condiciones que permitan la competencia efectiva y la obtención de la propuesta más ventajosa.
- Eficacia y eficiencia: las decisiones durante los procesos de contratación deben orientarse al cumplimiento de fines, metas y objetivos de la entidad, satisfaciendo los niveles de calidad pedidos y con el mejor uso de los recursos públicos.
- Vigencia tecnológica: los bienes, servicios y obras deben reunir las condiciones de modernidad tecnológicas para los que son requeridos.
- Sostenibilidad ambiental y social: el desarrollo de contratación pública debe considerar criterios y prácticas que permitan contribuir a la protección medioambiental, social y al desarrollo humano.
- Equidad: las prestaciones y derechos de las partes deben guardar una razonable relación de equivalencia y proporcionalidad, sin perjudicarse entre ellos.
- Integridad: la conducta de los participantes debe estar guiada por la honestidad y veracidad, evitando cualquier práctica indebida.

Dentro de esta ley se crea el Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (OSCE), el cual es un organismo técnico especializado adscrito al Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) que goza de autonomía técnica, funcional, administrativa, económica y financiera. OSCE debe velar por que todos los principios mencionados se cumplan de manera efectiva y que los procesos de contratación estén siendo desarrollados conforme lo indicado por la ley N° 30225 y su reglamento. Además, debe supervisar todas las contrataciones hechas por el estado peruano junto con la entidad que es la encargada de las contrataciones a realizar, promover los cambios efectuados a la presente ley, absolver consultas respecto a esta ley; entre otras funciones (OSCE, 2009).

Dentro de esta ley (N° 30225) también se encuentra el papel del área usuaria, los cuales son los que deben de justificar la contratación de los bienes, servicios u obras requeridas mediante la formulación de las especificaciones técnicas, términos de

referencia o expediente técnico, respectivamente. Estos documentos deben formularse de forma objetiva y precisa por el área usuaria; alternatively, pueden ser formulados por el órgano a cargo de las contrataciones y aprobados por los usuarios. Estos documentos no pueden presentar direccionamientos y deben promover la libre competencia de proveedores para obtener el mejor uso de los recursos público.

En la ley N° 30225 se indica que las entidades deben realizar un Plan Anual de Contrataciones, donde se encuentran organizadas y programadas los requerimientos para bienes, servicios y obras en general que serán solicitados el año siguiente. En este plan debe estar determinado, junto con el área usuaria de la entidad, el monto estimado de las contrataciones a realizar. Las obras públicas consideradas en este plan deben tener un análisis de riesgos previsible de ocurrir durante la ejecución, así como planes de acción para reducirlos y/o mitigarlos. Para la etapa de ejecución de obras, el valor referencial de las mismas queda determinado por el Expediente Técnico de obra, el cual es aprobado por la entidad y que debe ser verificado mediante un análisis de mercado que verifiquen los precios unitarios usados.

Las obras públicas tienen muchas consideraciones adicionales a otros tipos de contrataciones. Según el reglamento de esta ley (estipulado en el Decreto Supremo N°350-2015-EF), antes de iniciar el proceso de contrato de obra con el contratista se les solicita presentar un cronograma de avance valorizado sustentando el programa de ejecución de obra, el cual debe contener la ruta crítica y los hitos más importantes del desarrollo de la obra. También debe presentarse un calendario de adquisición de materiales o insumos necesarios para la ejecución de la obra, en concordancia con el cronograma de avance de obra valorizado. Además, debe presentarse un calendario de utilización de equipos. Todos estos documentos deben estar debidamente conectados, lo que certifique una adecuada ejecución de la obra.

Dentro de la obra, es obligatorio contar con un residente de obra, el cual debe estar colegiado y habilitado, teniendo solamente una obra a su cargo a la vez, excepcionalmente cuando las obras se traten de obras convocadas por paquete. Además, es obligatorio contar con un supervisor o un inspector en este tipo de obras. Es necesario que existe mucha coordinación entre los últimos dos involucrados mencionados. Todo lo sucedido en la obra quedará anotado en el cuaderno de obra, el cual debe encontrarse legalizado y, al momento de la entrega de la obra, debe estar firmado en todas sus páginas por el supervisor o inspector. Cabe mencionar



que el cuaderno de obra tendrá que ser entregado a la entidad para que se verifique todo lo sucedido en la obra.

El documento que regula todo lo que se acordó entre la entidad, el contratista y el supervisor o inspector es el (o los) contrato(s) de obra, el cual es obligatorio según lo estipulado en la Ley N° 30225. Estos documentos son firmados por todos los involucrados y en estos se establecen los plazos, montos y alcances que deben ser ejecutados en la obra. También se establecen los mecanismos para generar los pagos a los involucrados externos a la entidad, lo que se basa en las valorizaciones y metrados realizadas en la obra. Durante la ejecución de la obra es muy complicado hacer modificaciones que le agreguen valor al proyecto por el hecho que es muy laborioso hacer todos los trámites necesarios para generar dichos cambios en el proyecto cuando éste ya fue aprobado de cierta manera.

En la etapa final de la obra se verifica que no haya ningún proceso pendiente (arbitrajes, conciliaciones, etc.) entre los involucrados para que el contratista solicite la recepción de obra, proceso en que participan representantes de los colegios de ingenieros y arquitectos, en calidad de veedores junto con los representantes de la entidad. Una vez culminada la recepción de obras al levantarse alguna observación, en caso éstas existiesen, se prosigue con la liquidación del contrato. En este proceso se debe de entregar planos "as-built" o planos pos-construcción, minuta de declaratoria de fábrica o memoria descriptiva valorizada. Una vez concluida la entrega de estos documentos, se genera el pago de liquidación de obra a favor del contratista (Decreto Supremo N°350-2015-EF, 2015).

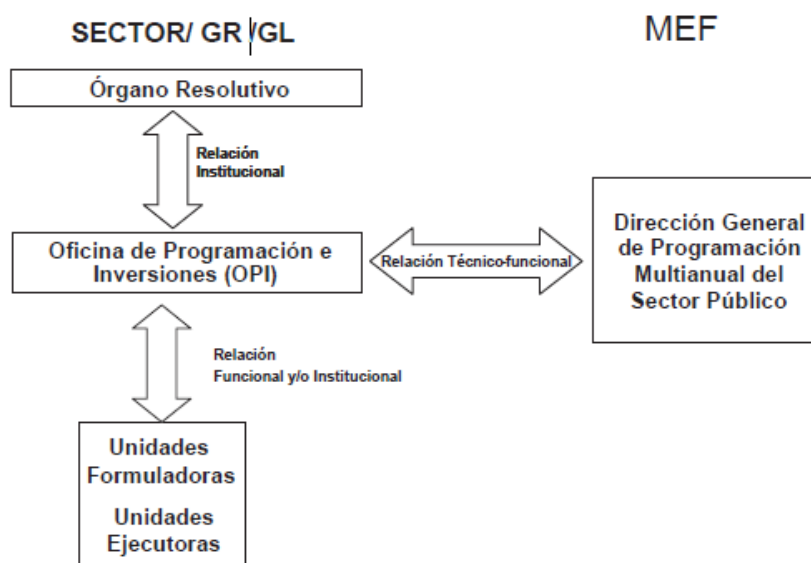
Estos han sido los procesos de contrataciones que se generan en los proyectos públicos de construcción peruanos. La OSCE regula todos ellos teniendo en cuenta los principios mencionados en el inicio del apartado. Sin embargo, esta ley no regula los procesos propios de las obras públicas. Las etapas de este tipo de proyectos estaban reglamentado por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), el cual fue sustituido por el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones o Invierte Perú, los cuales serán descritos en los siguientes apartados.

### **3.3.2 Sistema Nacional de Inversión Pública (Ley N°27293)**

La presente ley tiene como finalidad optimizar el uso de recursos públicos destinados a la inversión, fortalecer la capacidad de planeación del sector público, crear las condiciones para elaborar Planes de Inversión Pública por períodos no menores a 3 años y propiciar la aplicación del Ciclo del Proyecto de Inversión Pública (PIP), el cual

será descrito líneas abajo. Además, en esta ley se define el PIP como toda intervención limitada en el tiempo que utiliza total o parcialmente recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar, o recuperar la capacidad productora o de provisión de bienes o servicios; cuyos beneficios se generen durante la vida útil del proyecto y éstos sean independientes de los otros proyectos. En la misma ley se especifica que las intervenciones en gastos de operación y mantenimiento no son PIP (Ley N° 27293, 2000).

El Sistema Nacional de Inversión Pública está conformado, por el MEF a través de su Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, las Oficinas de Programación e Inversiones (OPI) y las Unidades Formuladoras (UF) y Unidades Ejecutoras (UE) (ver ilustración 9). Los principios que rigen el SNIP son: economía, eficacia y eficiencia durante todas las fases de los proyectos y el adecuado mantenimiento en el caso de la infraestructura física para asegurar su utilidad en el tiempo.

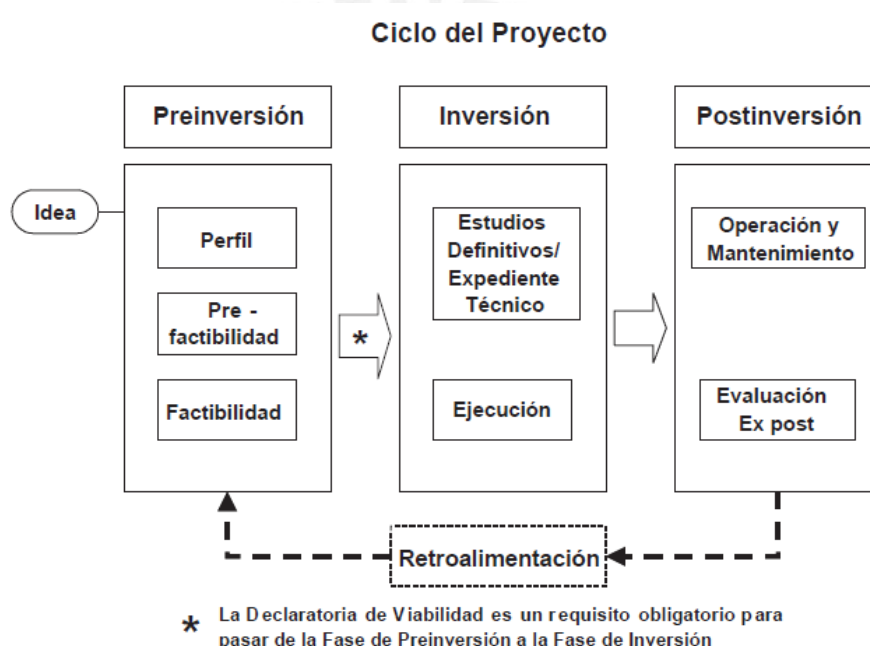


**Ilustración 9: Instituciones que conforman el SNIP. Adaptado de Ministerio de Economía y Finanzas, 2015**

Según el reglamento de esta ley (estipulado en el Decreto Supremo N° 102-2007-EF), cada sector y nivel de gobierno elabora Programas Multianuales de Proyectos de Inversión Pública, los mismos que se desarrollan en el marco de sus correspondientes Planes Estratégicos de Desarrollo Concertado por nivel de gobierno y de carácter multianual. Estos planes contienen proyectos que se encuentran registrados en los Bancos de proyectos de cada sector y en un Banco consolidado en la Oficina de Inversiones del MEF, que es básicamente la suma de

los bancos de proyectos de cada sector y nivel de gobierno. Dentro de cada sector y nivel de gobierno existe una Oficina de Programación e Inversiones (OPI), las cuales son las instancias facultadas para evaluar y declarar la viabilidad de los PIP. Además, está encargada del cumplimiento de las normas técnicas, metodologías y procedimiento en las normas reglamentarias y complementarias del SNIP (Decreto Supremo N° 102-2007-EF, 2007).

En la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública (estipulado en la Directiva N° 001-2011-EF/68.01) se define el ciclo de los proyectos públicos, el cual se puede observar en la ilustración 10 con todas las fases que ellos poseen, las cuales serán explicadas líneas abajo.



**Ilustración 10: Ciclo de vida de proyectos públicos bajo la normativa del SNIP.  
Adaptado de Ministerio de Economía y Finanzas, 2015**

Fase de Preinversión:

La Fase de Preinversión tiene como objetivo evaluar la conveniencia de realizar un PIP en particular. En esta fase se realiza una evaluación antes del proyecto, destinada a determinar la pertinencia, rentabilidad social y sostenibilidad del PIP, criterios que sustentan la declaración de viabilidad. Esta evaluación se realiza a los estudios de preinversión del PIP, los cuales son elaborados por la UF. La elaboración de estos estudios considera los parámetros y normas técnicas para formulación, parámetros de evaluación (detallados en los anexos de la ley N° 27293) y la programación multianual de inversión pública del sector, a efectos de evaluar la probabilidad y período de ejecución del PIP.

Existen dos tipos de estudios presentados en la presente ley: perfil y factibilidad. El estudio a nivel de perfil busca identificar el problema a solucionar y presenta alternativas que cumplen este fin. Este estudio es elaborado por la UF, la cual lo registra en el Banco de Proyectos, el mismo que asigna automáticamente a la OPI responsable de su evaluación. El estudio de preinversión a nivel de factibilidad es un estudio más detallado donde se busca mejorar la calidad de la información proveniente del estudio a nivel de perfil a fin de reducir riesgo en la decisión de inversión. Este estudio es elaborado por la UF que elaboró el estudio a nivel de perfil y tiene origen una vez aprobado este estudio por parte de la OPI.

La fase de preinversión culmina con la declaratoria de viabilidad del proyecto, el cual se le aplica a un PIP que a través de sus estudios de preinversión ha evidenciado ser socialmente rentable, sostenible y compatible con los Lineamientos de Política y con los Planes de Desarrollo respectivos. Para la declaratoria de viabilidad de un PIP por la OPI, éste deberá contar, como mínimo, con el nivel de estudios siguiente:

- Perfil Simplificado: para los PIP cuyos montos de inversión sean iguales o menores a S/. 1'200,000.00
- Perfil: para los PIP cuyos montos de inversión sean iguales o menores a S/. 20'000,000.00
- Factibilidad: para los PIP cuyos montos de inversión sean mayores a S/. 20'000,000.00

La UE deberá ceñirse a los parámetros bajo los cuales fue otorgada la viabilidad para disponer la elaboración de los estudios definitivos, expedientes técnicos u otros documentos equivalentes, así como en la ejecución del PIP. Asimismo, la declaratoria de viabilidad obliga a la Entidad a cargo de la operación del proyecto, al mantenimiento del mismo, de acuerdo a los estándares y parámetros aprobados en el estudio que sustenta la declaratoria de viabilidad del Proyecto y a realizar las acciones necesarias para la sostenibilidad del mismo.

#### Fase de Inversión:

La fase de Inversión comprende la elaboración del Expediente Técnico y la ejecución del PIP. La elaboración del expediente técnico debe ceñirse a los parámetros bajo los cuales fue otorgada la declaración de viabilidad y observar el cronograma de ejecución del estudio de preinversión con el que se declaró la viabilidad. En esta fase se generan los términos de referencia (TDR) para la elaboración del expediente técnico, los cuales deben incluir como anexo el estudio de preinversión mediante el cual se declaró viable el PIP, para asegurar que existan consistencia entre el

expediente técnico a desarrollar y el estudio de preinversión realizado para el PIP. En esta fase también se determina la modalidad de ejecución del PIP, donde se aplican las disposiciones de la normatividad de contrataciones del Estado.

Una vez verificado que existe consistencia entre los estudios de cada fase del ciclo del proyecto, se inicia la ejecución del PIP. El cronograma de ejecución del proyecto debe basarse en el cronograma de ejecución previsto en los estudios de preinversión del mismo, a fin que el proyecto genere los beneficios estimados de manera oportuna. Para ello, deberán programarse los recursos presupuestales necesarios para que el proyecto se ejecute según lo programado y se deben generar los TDR para la ejecución del PIP. Durante la ejecución del PIP, la UE deberá supervisar permanentemente el avance del mismo, verificando que se mantengan las condiciones y parámetros establecidos en el expediente técnico y que se mantenga el cronograma previsto.

Esta fase culmina luego de que el PIP ha sido totalmente ejecutado, liquidado y de corresponder, transferido a la entidad responsable de su operación y mantenimiento. Recibido el Informe de Cierre del PIP, el órgano que declaró la viabilidad, lo registra en el Banco de Proyectos. Dicho órgano puede emitir recomendaciones a la UF o a la UE para que se tenga en cuenta en la formulación o ejecución de proyectos similares.

#### Fase de Postinversión:

La Fase de postinversión comprende la operación y mantenimiento del PIP ejecutado, así como la evaluación ex post. Una vez culminada la Fase de Inversión, se inicia la producción de bienes y/o servicios del PIP. La Entidad a cargo de la operación y mantenimiento del PIP deberá ejecutar las actividades, operaciones y procesos necesarios para su producción de acuerdo a lo previsto en el estudio que sustentó su declaración de viabilidad. Asimismo, la UE deberá priorizar la asignación de los recursos para realizar un mantenimiento adecuado de acuerdo a los estándares y parámetros especificados. La evaluación ex post es el proceso para determinar sistemática y objetivamente la eficiencia, eficacia e impacto de todas las acciones desarrolladas para alcanzar los objetivos planteados en el PIP. La Dirección General de Política de Inversiones (DGPI) emitirá las disposiciones y/o instrumentos metodológicos correspondientes para el desarrollo y la aplicación de la evaluación ex post (Directiva N° 001-2011-EF/68.01, 2011).

### **3.3.3 Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (Decreto Legislativo N° 1252)**

Mediante el Decreto Legislativo N° 1252 del año 2016 se crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (INVIERTE.PE) como sistema administrativo del Estado, con la finalidad de orientar el uso de los recursos públicos destinados a la inversión para la efectiva prestación de servicios y la provisión de la infraestructura necesaria para el desarrollo del país. Además, con este D.L. se deroga la Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). La presente normativa para los proyectos públicos establece los siguientes principios que rigen la programación multianual de inversiones y la ejecución de proyectos de inversión:

- La programación multianual de inversión tiene como principal objetivo el cierre de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos para la población.
- La programación multianual de inversión vincula los objetivos nacionales, planes sectoriales nacionales, así como los planes de desarrollos concertados regionales y locales con la identificación de la cartera de proyectos a ejecutarse.
- La programación multianual de inversiones debe establecer los indicadores de resultado a obtenerse según los objetivos planteados para el cierre de brechas o de acceso a servicios públicos.
- Los recursos destinados a la inversión deben procurar el mayor impacto en la sociedad.
- La inversión debe programarse teniendo en cuenta la previsión de recursos para su ejecución y su adecuada operación y mantenimiento, mediante la aplicación del ciclo de inversión.
- La gestión de la inversión debe realizarse aplicando mecanismos que promuevan la mayor transparencia y calidad a través de la competencia (Decreto Legislativo N° 1252, 2016).

Una de las principales diferencias que este sistema tiene con el SNIP es que desde etapas iniciales se hace la diferenciación entre los proyectos de inversión que califican como PIP. Solamente los proyectos que sí califican como PIP serán sometidos a todos el ciclo de inversiones, el que será explicado a detalle más adelante, y los que no se consideran PIP no se programan y ejecutan directamente. No obstante, todas las inversiones se consideran intervenciones de carácter temporal y se financian, total o parcialmente, con recursos públicos. Las inversiones que sí califican como PIP son la formación de capital físico que tenga como propósito crear,

ampliar, mejorar o recuperar la capacidad de producción de bienes o servicios que el Estado tenga la responsabilidad de brindar o de garantizar su prestación. Por otro lado, las inversiones que no califican como PIP son:

- Optimización: compra de terrenos e inversiones menores que resultan de hacer un mejor uso de la oferta existente.
- Ampliación marginal: incrementan el activo no financiero de una entidad pública pero que no modifican su capacidad de producción de servicios o, que de hacerlo, no supera el 20% de dicha capacidad en proyectos estándar.
- Reposición: reemplazo de activos que han superado su vida útil.
- Rehabilitación: reparación o renovación de las instalaciones, equipamiento y elementos constructivos sin ampliar la capacidad de provisión de servicios.

Debido a que este sistema es el que sustituye al SNIP, muchos de los órganos que conformaban el SNIP siguen participando en INVIERTE.PE, pero teniendo algunas modificaciones en las funciones que cada uno realiza. No obstante, algunos nuevos órganos son introducidos por este nuevo sistema. A continuación se presentarán las principales funciones de los órganos que conforman INVIERTE.PE según lo estipula el reglamento de Invierte.pe (Decreto Supremo N° 027-2017-MEF):

- Órgano Resolutivo (OR): aprueba la Programación Multianual de Inversiones (PMI) de su sector y las metodologías para la formulación y evaluación de los proyectos. Designa el órgano que asumirá las funciones de Oficina de Programación Multianual de Inversiones (OPMI) del sector, así como a su responsable y al de la UF; cabe resaltar que el órgano elegido como OPMI no podrá ser Unidades Formuladoras (UF) o Unidades Ejecutoras de Inversiones (UEI). Aprueba los mecanismos para elaborar, implementar y actualizar el inventario de activos de los cuales es titular o prestador del servicio. Aprueba las brechas y los criterios para priorizar las inversiones asociadas a su PMI. Autoriza la elaboración de expedientes técnicos, así como la ejecución de inversiones.
- Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI): forma parte del MEF, cumple la función del rector de INVIERTE.PE y brinda asistencia técnica. Emite las directivas que regulan las fases y etapas del ciclo de inversiones, y el funcionamiento del Banco de Inversiones. Elabora la Programación Multianual de Inversiones, incluida la Operación y Mantenimiento (O & M). Además, establece las metodologías y parámetros

generales de la evaluación ex ante y ex post, y realiza las evaluaciones ex post por muestreo para validar la calidad de la inversión ejecutada.

- Oficina de Programación Multianual de Inversiones (OPMI): es el responsable de la fase de programación y elabora el PMI de su sector. Propone los criterios de priorización de la cartera de inversiones al OR respectivo. Realiza el seguimiento de las metas de productos e indicadores de resultados previstos en el PMI y del avance de la ejecución de las inversiones. Realiza la evaluación ex post y propone metodologías para la formulación de los proyectos de inversión. Además, capacita a los gobiernos regionales y gobiernos locales sobre las metodologías propuestas.
- Unidades Formuladoras (UF): es la responsable de la fase de Formulación y Evaluación del ciclo de inversiones donde se aplica las metodologías aprobadas por la DGPMI o los sectores. Elabora los contenidos de las Fichas Técnicas y los Estudios de Preinversión para sustentar y dimensionar los proyectos de inversión. También se encarga de registrar todos los proyectos (PIP y no PIP) en el Banco de Inversiones; asegurándose que las inversiones no PIP efectivamente no incorporen proyectos de inversión, siendo esto último una condición para probar la ejecución de los proyectos no PIP. Además, declara la viabilidad de los proyectos de inversión.
- Unidades Ejecutoras de Inversiones (UEI): Es la responsable de la fase de Ejecución del ciclo de inversión pública. Elabora el expediente técnico o documentos equivalentes tanto para las inversiones consideradas PIP como para aquellas consideradas no PIP. Es responsable por la ejecución física y financiera de las inversiones PIP y no PIP. Además, mantiene la información actualizada en el Banco de Inversiones (Decreto Supremo N° 027-2017-MEF (2017)).

INVIERTE.PE propone un ciclo de inversiones, otra gran diferencia con el SNIP que establecía el ciclo de los proyectos públicos. Este ciclo de inversiones se muestra en la ilustración 11, el que considera 4 fases, las cuales serán explicadas en las siguientes líneas según los documentos informativos desarrollados por el MEF respecto a este nuevo sistema de gestión de inversiones.





**Ilustración 11: Ciclo de inversiones de INVIERTE.PE. Extraído de Ministerio de Economía y Finanzas, 2016**

*Fase de Programación Multianual de Inversiones (PMI):*

Los sectores, a través de su OPMI, elaboran un diagnóstico de brechas de infraestructura y servicios públicos. En función a los diagnósticos generados, se establecen objetivos para reducir las brechas, lo que se comunica a los Gobiernos Regionales (GR) y Gobiernos Locales (GL). En base a las brechas, estándares de servicio y niveles de producción comunicados por los sectores, las OPMI de cada GR y GL elaboran sus PMI y se lo comunican a cada sector. Con estos datos se realiza la programación multianual, la cual debe cubrir un período mínimo de 3 años. Con dicha información las OPMI de cada sector elaboran la cartera de inversiones, donde se debe indicar la posible fuente de financiamiento, modalidad de ejecución, monto referencial y fechas de inicio y término. Para culminar con esta fase, los OR de cada sector presentan su PMI correspondiente a la DGPMI, que consolida toda la información en el Programa Multianual de Inversiones del Estado (PMIE) (Directiva N° 001-2017-EF/63.01, 2017).

*Fase de Formulación y evaluación:*

La finalidad de esta fase es estudiar la demanda del servicio, así como analizar las alternativas de solución y sus dimensiones técnicas, además de medir el riesgo (social, financiero, social, entre otros) y tomar las decisiones de inversión. Esta fase comprende la elaboración de fichas técnicas y de los estudios de preinversión de los

proyectos que han sido priorizados y que están programados para el cierre de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos. Solamente los proyectos más recurrentes y replicables se estandarizarán en fichas técnicas predefinidas. Por otro lado, los proyectos complejos (no estandarizables) o de más de 150,000 UIT requerirán de estudios a nivel de perfil; y los de más de 407,000 UIT requerirán estudios a nivel de perfil reforzado. La UF es la encargada de registrar el proyecto en el Banco de Inversiones y de evaluar los estudios de preinversión, la cual también debe ser registrada por la UF. Cabe destacar que la intención de esta fase no es tener una precisión al 100% de los costos de inversión del proyecto, porque esto se define en los estudios de diseño o de detalle en el expediente técnico, lo que se realiza en la siguiente fase (Directiva N° 002-2017-EF/63.01, 2017).

#### Fase de Ejecución:

En esta fase se elabora el expediente técnico u otro documento equivalente, los cuales son elaborados por la UEI en función de la concepción técnica y dimensionamiento del estudio de preinversión o de la ficha técnica. En el caso de aquellas inversiones que no constituyen PIP, se elabora un informe sobre la base de la información registrada directamente en el Banco de Inversiones. En esta fase también se realiza el seguimiento de la ejecución a través del Sistema de seguimiento de Inversiones, la cual está asociada al Banco de Inversiones. En caso hayan modificaciones, la UEI o la UF, las registra en el Banco de Inversiones antes de ejecutarlas. Esta fase culmina una vez terminada la ejecución con la liquidación física y financiera, lo que permite que se cierre el registro en el Banco de Inversiones (Directiva N° 003-2017-EF/63.01, 2017).

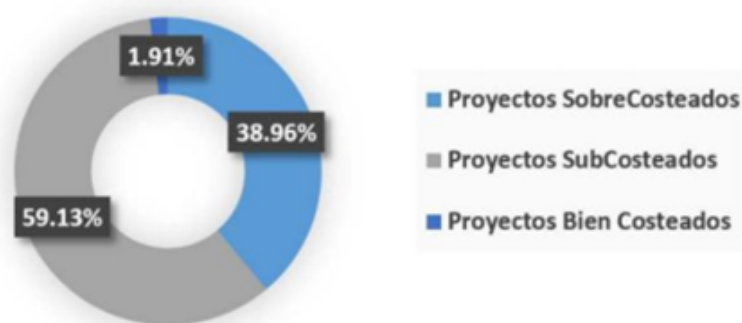
#### Fase de Funcionamiento:

Los titulares de los activos incluidos en el PMI deben reportar anualmente su estado a las OPMI del sector, GR o GL respectivo. También deben programar el gasto necesario para asegurar la operación y mantenimiento de los mismos. En esta etapa también se realiza las evaluaciones ex post. Para ello, el DGPMI establece los criterios para que los proyectos sean evaluados. Finalmente, la OPMI respectiva determina qué proyectos cumplen los requisitos y los evalúa según su complejidad (Ministerio de Economía y Finanzas, 2017).

### 3.3.4 Diagnóstico de los proyectos públicos de Perú

Con el marco normativo que rige en Perú para las obras públicas más claro, se puede analizar cómo se han comportado este tipo de proyectos. Para ello se presentará un reciente estudio realizado sobre la inversión pública en el sector salud de Perú, dando a conocer resultados alarmantes. Esto corresponde a un análisis micro, donde se comparan proyectos internos y la elección del sector salud corresponde a la disponibilidad de los datos para poder estudiarlos. Para completar el diagnóstico también se presentarán comparaciones del SNIP peruano con los otros sistemas de inversión pública de los países de la región.

En un reciente estudio realizado por la Asociación Nacional Invierte Perú (ANIP) en el año 2017 se ha encontrado los errores que se presentaron en proyectos de inversión pública (PIP) del sector salud en cuanto a tiempo, costo y alcance de estos proyectos. El estudio ha evaluado los proyectos dentro de los años 2001 – 2014, tiempo donde el sistema que predominaba para la realización de proyectos era el SNIP. Dentro de este intervalo se han analizado 734 proyectos de salud, como se puede ver en la ilustración 12, 14 (1.91%) proyectos se han ejecutado con el monto indicado en su fase de viabilidad, 434 (59.13%) se han ejecutado con un monto menor al indicado en su fase de viabilidad, -28.86% en promedio, y los 286 (38.96%) restantes han sido ejecutados con un monto mayor al indicado, 28.59% más en promedio con picos de hasta 200% más respecto al monto establecido en viabilidad.



**Ilustración 12: Análisis de costo de proyectos de inversión pública en salud. Extraído de ANIP, 2017**

Respecto al indicador tiempo, de los 734 proyectos analizados, como se puede ver en la ilustración 13, 8 (1.09%) de ellos se han ejecutado en el plazo previsto en su fase de viabilidad, 369 (50.27%) se han ejecutado en un plazo menor al previsto. Éstos 377 proyectos han sido bien ejecutados, en términos de tiempo, debido a que no superan los tiempos determinados en su fase de viabilidad. Los 357 (48.64%) restantes se han ejecutado en un plazo mucho mayor al previsto en la fase de

viabilidad, teniendo casos donde las variaciones son mayores al 100% de lo establecido y un caso extremo donde se tiene una variación de 9000%. Con respecto al cumplimiento de objetivos del proyecto, o alcance de éstos, se tiene que de los 734 proyectos analizados, 32 (4.36%) no cumplieron los objetivos que el proyecto demandaba, mientras que los 702 (95.64%) proyectos restantes han logrado con éxito cumplir los objetivos que el proyecto demandaba.



**Ilustración 13: Análisis de tiempo de proyectos de inversión pública en salud.**  
**Extraído de ANIP, 2017**

Estos indicadores demuestran que la calidad de la inversión pública presenta series deficiencias, viendo proyectos con hasta 200% de adicionales en costos, hasta 9000% de variación en el tiempo de ejecución y proyectos que no cumplen los objetivos con los que fueron concebidos. A esto se le añade la poca capacidad de predictibilidad en las etapas tempranas de estos proyectos generan grandes diferencias entre la concepción de éstos y los recursos usados en su ejecución. Por otro lado, el propio sistema del sector público genera que los tiempos de aprobación se extiendan y que las necesidades no se satisfagan conforme éstas se van presentando. Se necesita un cambio en los procesos de inversión pública para que los problemas presentados no sigan sucediendo (ANIP, 2017).

Como se ha visto durante el desarrollo de todo este capítulo, los proyectos públicos de construcción peruanos están sujetos a un marco normativo definido por procesos que no siempre agregan valor. Es mas, muchos de estos procesos ponen trabas a que los proyectos sean dinámicos y puedan cambiar durante el tiempo para que se satisfagan las necesidades por las que fueron concebidos. Las 3 leyes que conforman su marco normativo tienen por objetivo asegurar que se genere valor público y que las inversiones del Estado sean lo más rentables posibles (refiriéndose a lo social); sin embargo, los mecanismos que plantean en sus reglamentos para cumplir este objetivo no están alineados con la naturaleza propia de los proyectos de construcción.

En otros países se están generando cambios importantes en la forma que se gestionan estos proyectos y es el ejemplo que se debe seguir en Perú para asegurar la calidad y el mejor uso de las inversiones que creen valor público. Ya se han iniciado cambios con la creación de Invierte.pe, buscando corregir los problemas vistos en el aún vigente SNIP. No obstante, este cambio no es suficiente y se deberían mirar las soluciones implementadas por otros países para mejorar sus proyectos, soluciones que involucran usar la tecnología e incentivar el trabajo colaborativo desde etapas tempranas.

### 3.3 BIM EN EL SECTOR PÚBLICO

El sector público juega un papel fundamental en la implementación *BIM* de la industria de la construcción de cada país. En ciertos países, el sector público es el principal promotor de la adopción de *BIM*; en otros países, el sector público también aporta a la implementación de *BIM* mediante demostraciones y soporte económico en diversos proyectos. Cheng & Lu (2015) han definido 6 roles que el sector público toma, los cuales pueden verse en la ilustración 14. Estos roles serán explicados líneas abajo:



**Ilustración 14: Roles del sector público para la adopción de BIM. Adaptado de Cheng y Lu, 2015**

- Promotor: diversos países que han iniciado la implementación *BIM* han establecido sus metas a nivel de estado y han solicitado el uso de *BIM* en proyectos públicos de construcción. Ésta última acción genera que todos los actores de la industria de Arquitectura, Ingeniería y construcción (*AEC*, por

las siglas en inglés de *Architectura, Engineering and Construction*) implemente *BIM* en sus organizaciones.

- Regulador y fiscalizador: el sector público debe controlar la implementación *BIM* en sus países por medio de la creación de guías *BIM* que instruyan y estandaricen esta implementación en los proyectos de construcción. Estos estándares o guías brindan consistencia a la implementación *BIM*; ya que evitan conflictos y confusiones entre los involucrados.
- Educador: el sector público puede (y debe) tomar la iniciativa en la educación de la industria *AEC* respecto a *BIM*. Incluso, algunas instituciones públicas han desarrollado métodos de entrenamiento *BIM* para que otras organizaciones puedan capacitar a su personal. Incluso, la educación de *BIM* también ha sido llevado a las universidades nacionales en diversos países.
- Financiado: el sector público puede proveer de financiamiento económico a empresas o instituciones que quieran implementar proyectos *BIM* para incentivarlas a trabajar con esta metodología. De esta manera la industria *AEC* se mostrará más entusiasmo para implementar *BIM* en sus respectivas instituciones.
- Presentador (demostrador): mediante proyectos pilotos, el sector público puede demostrar y poner en vitrina la implementación *BIM* en diversos proyectos de construcción. Estos proyectos piloto no solo demuestran el liderazgo por parte de las instituciones públicas para la implementación *BIM*, también se muestran las lecciones aprendidas y los resultados de estos proyectos a los otros actores de la industria *AEC*.
- Investigador: a raíz que *BIM* es una metodología que evoluciona rápidamente, la innovación es necesaria para mejorar la aplicación de *BIM* en proyectos que se estén ejecutando. El sector público puede desarrollar investigaciones internas de *BIM*, colaborar con empresas de investigación o financiar investigaciones hechas por terceros.

Como ha sido visto, el sector público juega un rol principal y determinante en una adecuada implementación *BIM*. A continuación se presentarán los principales aportes a nivel de gobierno hechos por los países líderes en implementación *BIM*.

### **3.3.1 Estados Unidos**

Estados Unidos es uno de los países pioneros en lo que respecta a *BIM* y es el productor y consumidor más grande de productos relacionados a *BIM*. La mayor diferencia en lo que respecta a este país con los demás es la variada diferencia de niveles dentro del sector público que contribuyen a la implementación *BIM* en este

país. Estos niveles van desde los propios estados hasta las universidades (Cheng & Lu, 2015). Debido a ello existen diversas metas en lo que respecta a *BIM*.

Por ejemplo, en el año 2003 la Administración de Servicios Generales de los Estado Unidos (*GSA*, por sus siglas en inglés) desarrolló el “Programa Nacional de *3D-4D-BIM*”, el cual estableció las políticas a seguir para la adopción de *BIM* para todos los proyectos (edificaciones) de servicio público en dicho país. La aplicación de *BIM* le permitía al *GSA* ser más efectivo con la culminación de sus proyectos según lo habían programado, aumentar la calidad en sus diseños y construcción. *GSA* identificó que el poder de la visualización, simulación, coordinación y optimización ha generado increíbles resultados en otras industrias, además de haber generado aumento de eficiencia en los procesos de dichas industrias alrededor del mundo, siendo usado tanto por instituciones públicas como por empresas privadas (U.S. General Services Administration, 2007).

Este programa promueve el uso de *BIM* mediante el soporte en la implementación *BIM* por otras entidades del estado en Estados Unidos; brinda soporte de expertos y recursos a proyectos independientes que desean incorporar *BIM*. También brinda asesoría para usar la información del modelo *BIM* para las etapas de operación y mantenimiento; propone lenguaje contractual para los servicios de *BIM*. Además, genera el involucramiento de los proveedores de servicios *BIM* y asociaciones de profesionales dedicados a la industria de la construcción. Adicionalmente, regula los estándares creados previamente e incorpora a la academia como parte fundamental al asociarse con universidades e instituciones encargadas de realizar investigaciones en el sector construcción. Además, este programa ha desarrollado 8 guías que dan rumbo a la implementación *BIM*. Estas guías abarcan los temas como el panorama actual donde se desarrolló el programa *3D-4D-BIM*; aplicaciones *BIM* como la eficiencia energética, simulación 4D, coordinación; y gestión de las edificaciones o proyectos en la etapa de operación y mantenimiento (U.S. General Services Administration, 2007).

El Instituto Nacional de las Ciencias de la Edificación de Estados Unidos (*NIBS*, por las siglas en inglés de *National Institute of Building Sciences*), por su lado, ha realizado un estándar (*NBIMS-US*) donde promueve el consenso de los involucrados en proyectos de construcción al usar *BIM*. Esta presenta dos versiones; la primera es una descripción conceptual de todo el estándar, las metodologías que proponen y los usos *BIM* aplicables a sus edificios, donde se proponen estándares específicos para cada uno (Bazjanac, 2007). La segunda versión presenta información más

técnica que el primero e incluye tres tipos de contenido: guías, estándares para intercambio de información y estándares de referencia. (MARZOUK & ATY A.A., 2012). Por otro lado, el Instituto Americano de Arquitectos (AIA, por sus siglas en inglés) con el objetivo de guiar a la industria de la construcción sobre el uso de *BIM* y otro tipo de tecnologías de información, presentó en el 2007 los primeros “*Digital Data Documents*”. En ellos se estipulaban los procesos para intercambiar información entre los involucrados durante los proyectos de construcción. Esta guía ha ido actualizándose hasta el 2013 (AIA, 2013).

En lo que respecta a las universidades, por parte de un proyecto de *buildingSMART*, la Universidad de Pennsylvania (PSU) ha publicado diversos estándares *BIM* desde el 2009, siendo uno de los más importantes la Guía de Plan de Ejecución *BIM* (*BIM PEP Guide*), donde se establecen los lineamientos necesarios para aplicar *BIM* como metodología basándose en estrategias prácticas y realizar *BEP*'s específicos por cada proyecto (Computer Integrated Construction Research Program, 2013 a). LA Universidad de Los Ángeles (LACCD) ha desarrollado sus propios estándares *BIM*, donde define los requerimientos y procedimientos para generar modelos *BIM* en todas las etapas de proyectos de construcción (BuildLACCD, 2010).

#### **4.1.2 Reino Unido**

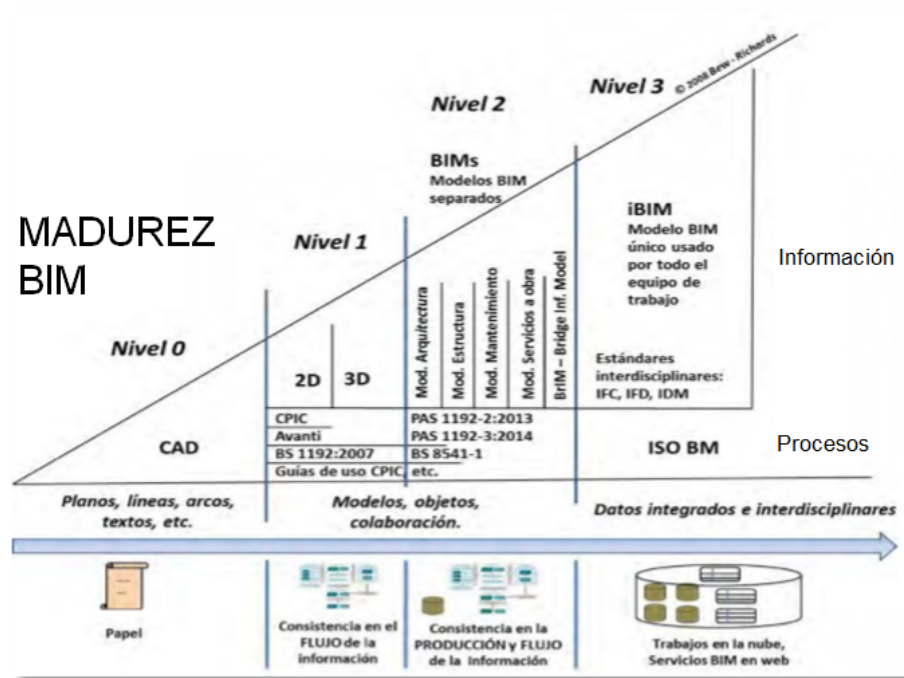
Este es el país que se puede considerar como el modelo a mirar cuando se habla de implementación *BIM* liderada por el gobierno (Cheng & Lu, 2015). Los niveles, estándares, guías creados por el gobierno están relacionados en su mapa de maduración *BIM*, los cuales pueden observarse en la ilustración 15. En este modelo se incluye la participación de los proveedores, academia, contratistas, y se promueve el trabajo colaborativo e integrado de todos los participantes en los proyectos públicos teniendo al estado británico como líder en la implementación de *BIM* (NBS, 2010).

A continuación se explicará brevemente cada uno de los niveles definidos:

- Nivel 0: Es la forma más simple de BIM-CAD, no presenta gestión del modelo, son solo planos en 2D. El intercambio de información existe, pero sin formatos o procesos comunes entre los involucrados. No hay opción de colaborar entre miembros del proyecto de ramas distintas. Es lo más común en la industria.
- Nivel 1: Existe un cierto nivel de gestión de los planos en CAD. Incluyen, además de los archivos en 2D, modelos 3D que presentan objetos con atributos. Se usan los modelos 3D para visualización. Los modelos son solamente usados por miembros de un mismo sistema.



- Nivel 2: Trabajo “colaborativo” entre los involucrados, en donde se “diseña” con el uso de modelos. Todos usan modelos 3D, pero no necesariamente se trabaja sobre un mismo modelo. Los formatos usados son comunes entre los especialistas, esto hace que se generen modelos federados *BIM*, que luego se compatibilizan según pasan por cada especialidad. Incluye el uso de modelos 4D y 5D. Además, desde el 2016 es obligatorio llegar a este nivel para todos los proyectos públicos.
- Nivel 3: Existe integración entre todas las disciplinas involucradas en el proyecto. Hay un formato común para los modelos generados, los cuales son colaborativos, online, y poseen información relevante y accesible para todos como lo son la secuencia constructiva, el costo e información del ciclo de vida del proyecto (NBS, 2010).



**Ilustración 15: Niveles de implementación BIM del Reino Unido. Extraído de Oliver Faubel, 2016.**

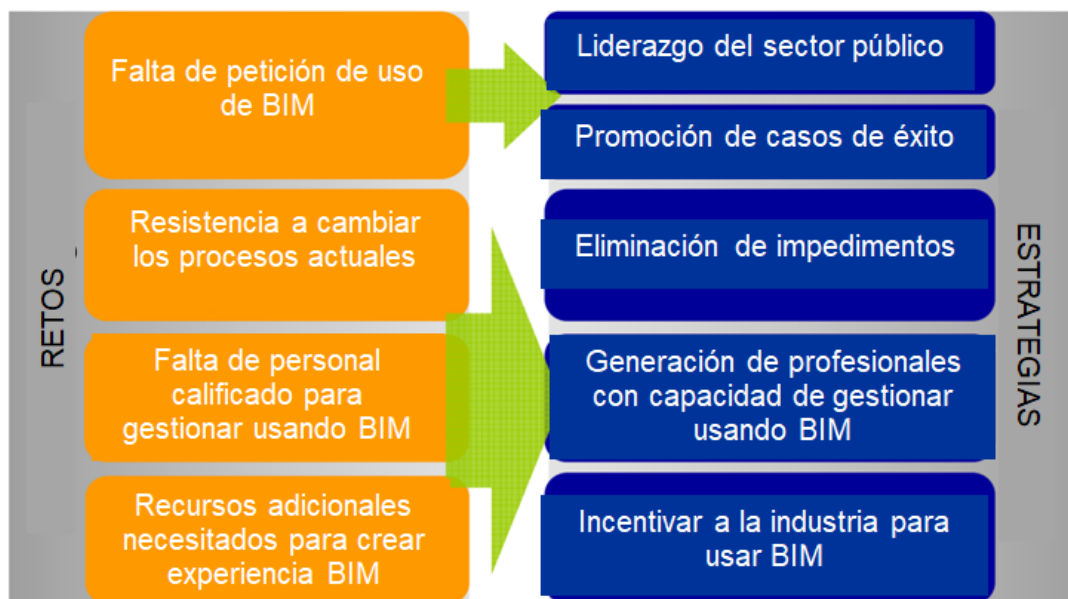
#### 4.1.3 Singapur

La Autoridad de la Construcción y Edificaciones (*BCA*, por las siglas en inglés de *Building and Construction Authority*) ha desarrollado un repositorio de guías y códigos gubernamentales para asesorar sobre el adecuado uso de *BIM* en los proyectos de construcción (Cheng & Lu, 2015). Éstos han sido desarrollados por medio de su Red de Constructoras e Inmobiliarias (*CORENET*, por sus siglas en inglés). Tratan temas como la implementación *BIM* en las distintas etapas de los proyectos de construcción, una adecuada integración de los involucrados, incluyendo sus respectivas tareas

para cada actividad y los entregables de los que cada uno es responsable. Además, no solamente se abordan temas de *BIM* propiamente dicho, se han desarrollado guías relacionadas a Diseño y Construcción Virtual (*VDC*, por las siglas en inglés de *Virtual Design and Construction*), las que tienen un plan de implementación que involucra objetivos mucho más ambiciosos y que tomarán más tiempo para completarse.

En el año 2010 se presentó el primer “*BIM Roadmap*” u Hoja de Ruta *BIM* del gobierno de Singapur, la cual puede verse en la ilustración 16. Éste tenía como estrategias: mostrar liderazgo para la implementación de *BIM*, disminuir los impedimentos para no aplicar *BIM* en proyectos de construcción, brindar asesoramiento para manejar los programas de computadora *BIM* a utilizar e incentivar a las empresas constructoras a la aplicación de *BIM* al igual que a las instituciones del estado a exigirlo como requerimiento. En el año 2014, se presentó el segundo “*BIM Roadmap*” del gobierno de Singapur. El cual incluyó nuevas estrategias como: incentivar el uso de la colaboración *BIM* mediante la cadena de valor del proyecto de construcción, generar mayores programas de entrenamiento para los diversos niveles de aplicación *BIM*, promover la investigación en la industria para obtener mejor información procesada e incentivar el uso de *BIM* para la industria manufacturera que genera los materiales usados en la industria de la construcción (Siew Wah, 2014).

### 1era HOJA DE RUTA BIM (2010)



**Ilustración 16: Primer mapa de implementación BIM del gobierno de Singapur. Adaptado de Wah, 2014**

## **CAPÍTULO 4: ALINEAMIENTO DE PRINCIPIOS DEL SECTOR PÚBLICO CON USOS BIM**

Hasta el momento se han observado los problemas existentes en los proyectos públicos y la normativa que rige los proyectos de este tipo en Perú. También los conceptos importantes relacionados a *BIM* y los roles que el sector público toma para la implementación de *BIM* en la industria de la construcción junto con algunos ejemplos de países que vienen liderando esta implementación. Con estos temas explicados se continuará con el alineamiento de principios valorados en el sector público y usos *BIM* que satisfacen estos principios. Para ello se desarrollará una investigación cualitativa que busca determinar estos principios en el sector público peruano, para luego ponerlos en un esquema conceptual de alineamiento con los usos *BIM* definidos previamente.

### **4.1 PRINCIPIOS VALORADOS EN PROYECTOS PÚBLICOS DE CONSTRUCCIÓN**

Los proyectos públicos de construcción tienen la función de generar valor público, lo que asegura una mejor calidad de vida a los ciudadanos. Para poder lograr valor público se establecen ciertos principios que deben ser satisfechos al ejecutarlos. Estos principios difieren respecto a la posición de cada participante, de la etapa en donde cada uno de los involucrados tiene participación, del país en donde se desarrollan, etc. Por ello, en este subcapítulo se darán a conocer los principios valorados en este tipo de proyectos según la literatura encontrada, los que pueden verse en la tabla 8.

<b>PRINCIPIOS VALORADOS (TEÓRICO)</b>
EFICIENCIA
CALIDAD
EFICACIA
TRANSPARENCIA DE LA INFORMACIÓN
RENTABILIDAD SOCIAL
SOSTENIBILIDAD
SUSTENTABILIDAD
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

**Tabla 8: Principios valorados teóricos en proyectos públicos de construcción.  
Elaboración propia**

#### **4.1.1 Eficiencia**

La eficiencia está relacionada directamente con los resultados obtenidos en el proyecto usando cierta cantidad de dinero para lograr dichos resultados. Siguiendo este concepto, un proyecto es más eficiente cuando se logran más o mejores resultados usando menos recursos económicos. Lograr proyectos donde el gasto público o el gasto de inversión se usó de manera eficiente es un determinante para considerar a ese proyecto como exitoso (Mohammed Ali Berawi, Bambang Susantono, Hamzah Abdul-Rahman, Mustika Sari, Sesmiwati, 2013). Además, se debe incentivar la libre competencia entre proveedores y se debe evaluar los riesgos existentes durante los proyectos para asegurar obtener la opción que más maximice el dinero invertido (Palaneeswaran et al., 2003).

#### **4.1.2 Calidad**

La calidad del proyecto público guarda relación directa con el entregable o producto final luego del proyecto. Dentro de este escenario, calidad puede ser definida como el cumplimiento de los requerimientos legales, funcionales y constructivos, lo que se traduce en mayor facilidad para sobrellevar las etapas más duraderas, que son las de operación y mantenimiento (Mohammed Ali Berawi et al., 2013). Adicionalmente, en el escenario de los proyectos públicos, la calidad ofrecida y entregada por el ejecutor de estos proyectos (estado peruano) depende de dos factores: las políticas que regulen los proyectos de construcción y los planes estratégicos propios de cada sector del Estado donde se definen las metas a cumplir (Tanzi, 2000).

#### **4.1.3 Eficacia**

Eficacia es entendido como el cumplimiento de los objetivos y las metas – o alcance –establecidas para los proyectos. Para establecer los objetivos y las metas, se deben de definir requerimientos cualitativos y cuantitativos desde el inicio del proyecto (Palaneeswaran et al., 2003). Este principio debe ser considerado durante todo el ciclo de los proyectos públicos y debe incluir no solamente objetivos económicos o financieros, sino también metas sociales, ambientales, de servicios, etc. (Macmillan, 2006). Estos permiten que los usuarios queden satisfechos con los servicios ofrecidos por el activo creado luego del proyecto de construcción. Cabe mencionar que los objetivos trazados para estos proyectos deben tener impacto positivo en todos los involucrados del proyecto.

#### **4.1.4 Transparencia de la información**

Este principio está referido al libre acceso a la información durante todo el ciclo de vida del proyecto público. Este principio permite obtener mejores niveles de calidad,

incentiva la libre competencia entre proveedores y permite que éstos sean juzgados por los demás involucrados del proyecto (Palaneeswaran et al., 2003). De la misma forma, debe promoverse trabajar en un entorno transparente con su propia información entre todos los involucrados. Además, la transparencia permite una adecuada rendición de cuentas que demuestren un uso apropiado de las leyes en este tipo de proyectos (Macmillan, 2006). Y también proporciona entornos de trabajo en donde es más complicado tener problemas por corrupción en los proyectos (Goldie-Scot, 2008).

#### **4.1.5 Rentabilidad social**

La rentabilidad social está referida a los diversos beneficios distintos a las ganancias económicas que genera el proyecto. Usualmente se ven beneficios intangibles, como más personas con acceso a agua potable en cierto pueblo o menos tiempo de viaje en el transporte público en una ciudad, etc. (Macmillan, 2006). Para lograr satisfacer este principio es necesario considerarlo desde etapas tempranas pensando en la fase de uso y operación de los proyectos (Palaneeswaran et al., 2003). Es más, teniendo en cuenta que este tipo de proyectos son públicos, los beneficios sociales deberían ser lo que prima al desarrollarlos. Por ejemplo, las escuelas deberían permitir que los alumnos estudien adecuadamente, los hospitales deberían permitir que los enfermos se recuperen, y así cada proyecto cumplir con su objetivo social (Macmillan, 2006).

#### **4.1.6 Sostenibilidad**

La sostenibilidad se refiere a que el proyecto se mantenga útil durante su tiempo de vida, considerando 3 ejes: medio ambiente, economía y sociedad. Está relacionado directamente con el impacto ambiental que éste tiene y el cual debió ser definido y/o mitigado desde etapas tempranas del proyecto. En diversos países existen políticas que buscan controlar los niveles de contaminación en los proyectos públicos de construcción y que promueven los estudios de eficiencia energética para agregarle valor a los proyectos (Fellows & Liu, 2008). Adicionalmente, la sostenibilidad está relacionada con un bajo consumo de recursos durante la etapa de operación, lo que se traduce a menos gastos destinados a esta etapa por parte de los usuarios (Mohammed Ali Berawi, Bambang Susantono, Hamzah Abdul-Rahman, Mustika Sari, Sesmiwati, 2013).

#### **4.1.7 Sustentabilidad**

La sustentabilidad, en este contexto, se refiere a que el desarrollo de estos proyectos debe ser justificables; por lo tanto, necesarios. En otras palabras, este principio se

refiere a que la existencia de los proyectos públicos debe ser justificada con argumentos válidos. Siguiendo este criterio, un proyecto público resulta necesario de hacerlo porque traerá diversos tipos de beneficios a la sociedad donde se realice y generará servicios que son necesitados por la población. Para justificar el proyecto no debe tomarse en cuenta solamente los beneficios económicos, sino considerar los otros tipos de beneficios otorgados que justifiquen la ejecución de estos proyectos (Macmillan, 2006).

#### **4.1.8 Cumplimiento de la normativa**

Este principio se refiere a todo lo que es permitido hacer por parte de las leyes donde el proyecto se desarrolla. Los proyectos públicos son regulados por medio de normativas y el no cumplirlas genera diversos tipos de sanciones que no le agregan valor a los proyectos (Torres S., Vásquez S., & Luna C., 2011). Este principio también se relaciona a que las normas que rigen los proyectos públicos realmente le agreguen valor a los proyectos cuando son seguidas por las empresas constructoras y permitan un adecuado desarrollo liderado por el Estado (Tanzi, 2000). Además, conforme aparecen nuevos retos en el sector construcción de cada país, las normas van cambiando y asegurando que se superen estos retos (Fellows & Liu, 2008).

## **4.2 PRINCIPIOS VALORADOS EN PROYECTOS PÚBLICOS DE CONSTRUCCIÓN PERUANOS**

Como ha sido visto en el capítulo anterior, existen diversos principios considerados cuando se desarrollan proyectos públicos. Ya se han mencionado los 8 más importantes: calidad, eficiencia, eficacia, transparencia en la información, rentabilidad social, sustentabilidad, sostenibilidad y legalidad; los cuales se pondrán a evaluación con la realidad peruana. En este sub-capítulo se verificará la validez de estos principios encontrados mediante entrevistas semi-estructuradas realizadas a funcionarios públicos del área de infraestructura de 4 unidades ejecutoras asociadas a diversos ministerios peruanos. Debe tenerse en cuenta que en el desarrollo de las entrevistas puede encontrarse algunos otros principios valorados propios de los proyectos del sector público peruano que no han sido recopilados por la literatura. Como resultado de esta parte del capítulo se tendrá el esquema final de principios valorados por el sector público peruano.

#### **4.2.1 Entrevistas a funcionarios públicos del área infraestructura de diversos ministerios peruanos**

Las entrevistas fueron realizadas en los primeros meses del 2018 a 18 funcionarios públicos encargados del área de infraestructura de 4 ministerios peruanos. Estos Ministerios trabajan sus proyectos desde oficinas internas a cada uno o desde programas anexos a ellos. El Ministerio del Interior (MININTER) realiza sus proyectos por medio de la Oficina General de Infraestructura. El Ministerio de Justicia y Derechos Humanos (MINJUSDH) ejecuta una parte sus proyectos por medio de la Oficina de Infraestructura Penitenciaria (OIP), la cual es una oficina adjunta al Instituto Nacional Penitenciario, éste forma parte del MINJUSDH. El Ministerio de Educación (MINEDU) dirige sus proyectos por medio del Programa Nacional de Infraestructura Educativa (PRONIED). Dentro del Viceministerio de Construcción y Saneamiento del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) se desarrollan 3 programas que se encargan de los proyectos: Programa Agua Segura para Lima y Callao, Programa Nacional de Saneamiento Urbano (PNSU) y el Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR).

Los participantes y sus respectivos puestos pueden verse en la tabla 9. Cabe mencionar que por criterios de confidencialidad no se puede mencionar los nombres de los involucrados, pero sí se muestran los cargos a los que pertenecen y la experiencia que cada uno posee, tanto en proyectos públicos como en uso de BIM. Las 8,5 horas de entrevistas fueron transcritas por parte del autor de esta tesis usando el programa para transcripciones Express Scribe versión 6.09, donde dio como resultado 56 páginas transcritas.

Las preguntas de las entrevistas fueron las siguientes:

- 1.- ¿Qué considera usted que le agrega valor a un proyecto público?
- 2.- ¿Puede brindarme 2 experiencias donde se le agregó valor al proyecto que usted participó?
- 3.- ¿Puede brindarme 2 experiencias donde se le quitó valor al proyecto que usted participó?
- 4.- ¿Estos aspectos que agregan valor están alineados a lo que las políticas públicas permiten hacer en los proyectos públicos de construcción?

Con estas entrevistas se encontró las percepciones de valor enfocado en los proyectos públicos de construcción, tanto positivas como negativas. Las positivas son

los principios valorados y las negativas son las barreras que limitan satisfacer los principios identificados.

INSTITUCIÓN	OFICINA/PROGRAMA	CARGO	PROFESIÓN	EXPERIENCIA (AÑOS)	
				SECTOR PÚBLICO	BIM
Ministerio del Interior	Oficina General de Infraestructura	Director General	Ingeniero Civil	20	3
		Director de Estudios	Ingeniero Civil	33	0.5
		Director de Obras	Arquitecto	21	0.5
		Director de Liquidación de Contratos	Ingeniero Civil	23	3
Ministerio de Justicia y Derechos Humanos	Oficina de Infraestructura Penitenciaria	Director General	Ingeniero Civil	17	3
		Director de Estudios	Arquitecto	14	4
		Director de Obras	Ingeniero Civil	13	1
		Directos de Mantenimiento	Ingeniero Civil	5	1.5
		Cordinador de Mantenimiento	Ingeniero Civil	4	2
Ministerio de Educación	Programa Nacional de Infraestructura Educativa	Director de Estudios	Ingeniero Civil	13	1
		Director de Obras	Arquitecto	9	0.5
		Directos de Mantenimiento	Arquitecto	3	1.5
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Viceministerio de Construcción y Saneamiento	Viceministro de Construcción y Saneamiento	Ingeniero Civil	35	0.5
	Programa Agua segura para Lima y Callao	Director Ejecutivo	Ingeniero Civil	20	0.5
	Programa Nacional de Saneamiento Urbano	Director Ejecutivo	Ingeniero Civil	10	0
	Programa Nacional de Saneamiento Rural	Director de Proyectos	Ingeniero Civil	15	0
		Director de Expediente Técnico	Ingeniero Civil	4	0

**Tabla 9: Funcionarios públicos entrevistados y sus respectivas áreas de trabajo. Elaboración propia**

Los resultados de las diversas entrevistas fueron analizados usando el programa de análisis cualitativo de datos NVivo 12. La herramienta usada dentro de este programa fue la de clasificación por “nodos”, con la que se podía codificar las percepciones de valor de los entrevistados según los principios a los que éstas (percepciones) correspondían. Luego de tener todas las entrevistas codificadas, se emitió un reporte (realizado en NVivo 12) donde los nodos incluidos en las transcripciones de las entrevistas eran los filtros de las percepciones de valor y se podía obtener las ideas que se repetían entre los entrevistados respecto a los principios evaluados.

A continuación se presentarán los principios valorados encontrados en las entrevistas descritas según la cantidad de nodos que cada uno de éstos obtuvo luego de hacer el análisis cualitativo:

- Uso de tecnología: muchos de los entrevistados señalan que usar la tecnología le agrega valor a los proyectos mediante la reducción de tiempo para hacer labores que antes demoraba mucho más tiempo que el que ahora les toma. Este principio es tomado en cuenta para todas las etapas de los proyectos. En diseño se usan diversos programas de computadora que ayudan a tener cálculos más exactos, o el uso de drones permite hacer levantamientos topográficos mucho más rápido. En la construcción debe llevarse la herramienta tecnológica a campo para que se



haga seguimiento de las actividades. En la etapa de operación y mantenimiento se usan herramientas tecnológicas de monitoreo que permitan tener conocimiento de todo lo que se desarrolla. Algunos de los entrevistados usaban modelos BIM, ellos señalaban que usar esta herramienta permitía que sus metrados sean más exactos, permite que se entienda mejor el proyecto entre todos los involucrados (básicamente los que no son ingenieros o arquitectos y no entienden planos) y prevé las interferencias para cambiar el diseño.

- Transparencia de la información: muchos de los entrevistados afirman que en los proyectos públicos la transparencia es importantísima. Es fundamental tener la información clara y más precisa desde etapas iniciales del proyecto para que todos los involucrados entiendan mejor el proyecto y que esta información sea la misma para todos. Además, teniendo todos la misma información se prevé que no sucedan actos de corrupción en estos proyectos. Los entrevistados encargados de mantenimiento señalaban que en dicha etapa es donde más información generada se usa y la calidad de ella debe ser buena para generar un adecuado mantenimiento. Algunos entrevistados señalaron que se estaban trabajando en estandarizar información (ratios de rendimiento, costos de partidas, etc.) para que pueda ser compartida a todos los involucrados en los proyectos. Y así evitar que no usen los mismos datos y se generen consultas por incongruencia de la información usada.
- Rentabilidad social: Este principio está relacionado con cambiarle la vida a los ciudadanos que pertenecen a la localidad donde se desarrolla el proyecto, mediante la entrega de mejores servicios (agua potable, mejores centros de resocialización, etc.). Esto no es sencillo por todo el trabajo social que debe hacerse. Por ejemplo, cambiar hábitos de limpieza representa un gran reto para los proyectos del sector saneamiento del MVCS, ya que sin estos cambios no se podría evitar que los ciudadanos se enfermen y todo el esfuerzo para darles agua potable sería en vano. Todos los entrevistados coincidieron en satisfacer este principio como uno de los más importantes cuando se desarrollan proyectos públicos. Adicionalmente, mientras mayor sea la cantidad de ciudadanos que se encuentre satisfecha con diversos servicios ofrecidos por el proyecto, más vale dicha inversión; y esta satisfacción hará que se apropien del proyecto y lo cuiden. Por último, los proyectos públicos también deben de contener un área de capacitación social para los beneficiarios, lo que generará que le saquen el máximo provecho durante la etapa de uso del activo.
- Predictibilidad: muchos de los entrevistados señalaron que saber con anterioridad lo que sigue en cada proyecto ayuda a asignar los recursos adecuados y

programarlos oportunamente. Esto sucede con la transición entre una etapa y la siguiente; en el caso de diseño, los expedientes técnicos deben ser realizados de tal forma que la ejecución de realice sin observaciones ni adicionales. Asimismo, la culminarse la ejecución del proyecto debe entregarse los planos “as-built” para que en la etapa se operación se pueda realizar un mantenimiento predictivo. Los entrevistados también afirman que es mejor hacer las actividades iniciales usando más recursos para que en las siguientes etapas ya sea conocido todo lo necesario para evitar problemas y que lo mapeado en un inicio sea verídico.

- Consideración al usuario final: muchos de los entrevistados coincidieron en que los que realmente deben valorar lo que se realiza son los usuarios finales o los clientes de los proyectos públicos, ya que ellos van a ser los beneficiarios de los servicios brindados. No conocer las necesidades y no enfocar el proyecto en el usuario final genera muchas pérdidas de recursos. Los usuarios no valoran la obra o la edificación construida, ellos valoran los servicios brindados gracias al proyecto desarrollado. Por esto, los proyectos deben de permitir que estos servicios brindados satisfagan las demandas de los usuarios finales y de las entidades que se encargarán del mantenimiento del proyecto.
- Cumplimiento de la normativa: casi todos los entrevistados señalaron que el cumplimiento de normas genera que se le agregue valor a los proyectos públicos. Los documentos usados para controlar los proyectos, como el expediente técnico, son la base para que las entidades del estado puedan asegurar que los proyectos se ejecuten según lo proyectado. Adicionalmente, las normativas de cada ministerio se vienen actualizando y estas actualizaciones deben verse reflejadas en un mejor servicio brindado por los proyectos públicos. Por ejemplo, está normado que los colegios posean más espacios públicos, los que deben incluirse desde el inicio de los proyectos públicos y los que hacen que los alumnos puedan estudiar mejor. Por otro lado, el funcionario público debe saber cómo agregar valor a los proyectos dentro de lo permitido por la normativa vigente y hacer que pueda darse algún cambio con el objetivo de hacer mejores proyectos. Por último, generar normativas que permitan estandarización de procesos y agilización en éstos mismos genera que los proyectos entreguen los servicios que deben entregar mucho más rápido.
- Calidad: todos los entrevistados coincidieron en valorar que el proyecto, sea la etapa (ejecución, mantenimiento, etc.) en la que se encuentre, debe ser realizado con calidad. Esta viene establecida por el expediente técnico o por algún documento similar donde se asegura que el monto pagado ofrezca un apropiado nivel de calidad. Asegurar la calidad en los proyectos también se relaciona con

generar alianzas entre los involucrados para poder agregarle valor a los proyectos de esta manera. El proyecto público, como ha sido visto en el principio anterior, es mucho más valorado cuando ofrece más servicios como espacios públicos, los que deben realizarse con una apropiada calidad.

- Eficacia: todos los entrevistados señalaron que las metas de cada proyecto deben cumplirse bien y rápido, ya que el ciudadano demanda que los servicios sean brindados lo antes posible. Las metas de los proyectos y su programación deben estar alineados con los objetivos de cada entidad que lo realiza y deben de considerar los objetivos de cada involucrado del proyecto. Además, cada actividad realizada debe generar que las metas del proyecto se cumplan, ya que cuando no se logran los objetivos de los proyectos (como el tiempo de ejecución) se pierde valor público. Por último, uno de los objetivos más importantes dentro del desarrollo de cada proyecto es asegurar su vida útil.
- Eficiencia: todos los entrevistados señalaron que ahorrar todo el dinero posible le agrega valor a los proyectos. Esto se logra mediante el uso de maquinarias que tengan altos rendimientos o con optimización de recursos durante la etapa de ejecución. Uno de los entrevistados que trabaja con programas de modelado BIM señaló que mediante el modelo se puede reducir costos pues se atienden necesidades puntuales, las que son entendidas mejor gracias a esta herramienta. Por otro lado, el no ser eficientes hace que se pierda valor en los proyectos; muchos cambios en ellos genera que se hagan trámites bastante pesados y engorrosos para sustentarlo. También afecta el no evaluar alternativas de mejora en la etapa de diseño; ya que, puede hacer que se gasten recursos en vano durante la ejecución. Mediante la agilización de procesos se puede usar mejor los recursos y permite que los cambios en los proyectos le agreguen valor.

Estos han sido los principios valorados encontrados en las entrevistas a los funcionarios públicos. A continuación se mostrarán las barreras que limitan que éstos principios sean satisfechos, las cuales serán presentadas según la cantidad de nodos que cada una posee. Cabe mencionar que algunas de las barreras identificadas son la falta de cumplimiento de los principios descritos recientemente.

- Imprecisión: casi todos los entrevistados señalaron este obstáculo como uno de los que más le quita valor a los proyectos. Está relacionado con el obstáculo anterior, cuando no se tiene clara la realidad del proyecto se avanza a ciegas y no se realiza una adecuada ejecución. Los funcionarios del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) señalaron que en su sector es complicado saber con exactitud qué se debe hacer ya que casi todo está enterrado. Sus

compañeros de la Oficina de Infraestructura Penitenciaria (OIP) señalaron que la falta de llegada a centros penitenciarios alejados de las ciudades genera que no se sepa cuáles son las necesidades de cada uno de estos activos. Problemas como estos genera que se tenga mucha incertidumbre al momento de estimar costos, los metrados calculados no son los que se ejecutarán y en la gestión contractual se llega a tener vicios ocultos en estos proyectos. Incluso los constantes cambios de funcionarios públicos hace que las decisiones a tomar en los proyectos sean complicadas de realizarse, debido a que cada uno quiere algo distinto para un mismo proyecto.

- Falta de estudios de diseño: como ha sido mencionado, cuando los errores no se resuelven desde etapas tempranas se generan grandes impactos negativos a los proyectos y se generan grandes brechas entre lo proyectado y lo que se va a construir. Muchos de los entrevistados afirmaron que la falta de estudios de diseño puede hacer que los proyectos paren en medio de la construcción y sería dinero que ya no se podría recuperar. No contar con el terreno debidamente apropiado por parte del estado o no tomar nota de las consideraciones de sitio antes de ejecutar el proyecto son solamente algunas de los estudios que deben tomarse en cuenta desde etapas tempranas. Esto genera que la concepción del proyecto sea lo más pulcra posible y considere todos los factores de riesgo.
- Mal cumplimiento de normativa: casi todos los entrevistados afirmaron que los funcionarios públicos encargados de ejercer las normas de control en los proyectos públicos no siempre tienen un juicio adecuado para resolver conflictos propios de proyectos de construcción. Muchas veces se traban los proyectos por falta de dinamismo en los trámites o por la enorme cantidad de procedimientos que se debe seguir. Por último, los cambios que se quieren generar para mejorar los proyectos siempre son mal vistos y las sustentaciones de justifican estos cambios demoran mucho tiempo.
- Poca transparencia de la información: al igual que la transparencia de la información le agrega valor a los proyectos, la falta de ella le quita valor a éstos. Esto sucede cuando no se entrega la misma información a todos los involucrados o cuando no es compatible la información en los documentos de un mismo proyecto y se generan distintas ideas sobre lo que se debe hacer. La información debe mantenerse consistente durante todo el ciclo de vida de los proyectos para asegurar un buen servicio y que se use el dinero público adecuadamente.
- Baja calidad: brindarle calidad a los proyectos hace que se le agregue valor a los mismos; pero cuando no se le da la calidad ya establecida, se generan muchas pérdidas y retrabajos, lo que hace que el proyecto pierda valor. Usualmente los

errores cometidos en las etapas tempranas, incluso en pre-inversión, hace que en las siguientes etapas también se cometan errores. Por ejemplo, omitir actividades en el expediente técnico generarán muchas consultas en la etapa de construcción y ello culminará en adicionales de la obra. Los entrevistados de la etapa de mantenimiento afirmaron que muchas veces no se realiza un adecuado mantenimiento, esto genera que el activo no tenga la calidad necesaria para dar un buen servicio.

- Corrupción: todos los entrevistados señalaron que la corrupción es un enorme problema que, lastimosamente, se presenta en muchos proyectos públicos. Existen muchos malentendidos debido a imprecisiones, las cuales son generadas por errores en diseño o por no transmitir información adecuadamente. Además, siempre existe discrepancia entre los involucrados y sobreestimación en varias partidas de proyectos, lo que permite que se ejecuten actos de corrupción. Incluso los mismos pobladores de la ciudad donde se realiza el proyecto cometen este tipo de actos al pedir dinero por dejarlos trabajar.
- Falta de capacitación de los especialistas del sector público: este es un obstáculo muy grande y una limitante que genera que los proyectos no usen nuevas tecnologías que se aplican en otros países. Este obstáculo afecta a todas las etapas de los proyectos públicos: no se pueden diseñar proyectos con mejores sistemas si no hay personal capacitado para hacer el diseño ni para revisar el diseño y debe haber personal capacitado para poder darle un adecuado mantenimiento a lo que se construyó. Además, al momento de hacer el traspaso del proyecto hacia la entidad que lo va a operar, se generan problemas en esta etapa por la falta de conocimiento de esta entidad para darle un adecuado uso.

#### **4.2.2 Análisis de principios valorados por funcionarios públicos peruanos**

Los principios mencionados en el acápite anterior son los encontrados en las entrevistas realizadas, la mayoría de éstos coinciden con los encontrados en la revisión de literatura. Inicialmente se tenían 8 principios, de los cuales sostenibilidad y sustentabilidad no han sido mencionados por los funcionarios entrevistados. Para el principio de sostenibilidad aún no hay leyes que exijan la consideración del impacto ambiental en los proyectos públicos; debido a ello, no es un principio relevante para los participantes. Para la sustentabilidad, la explicación de su ausencia en las entrevistas es que los proyectos públicos inician con la idea que por definición son necesarios hacerlo; por ello, se requieren hacer estudios para escoger la solución más económica y que más valor aporte. En la tabla 10 se puede ver la comparación

de los principios encontrados en las entrevistas realizadas con los que surgieron de la revisión de la literatura.

PRINCIPIOS VALORADOS	TEÓRICO	ENTREVISTAS
USO DE TECNOLOGÍA		X
TRANSPARENCIA DE LA INFORMACIÓN	X	X
RENTABILIDAD SOCIAL	X	X
PREDICTIBILIDAD		X
CONSIDERACIÓN AL USUARIO FINAL		X
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA	X	X
CALIDAD	X	X
EFICACIA	X	X
EFICIENCIA	X	X
SOSTENIBILIDAD	X	
SUSTENTABILIDAD	X	

**Tabla 10: Comparación de los principios encontrados en las entrevistas a funcionarios públicos y los principios teóricos. Elaboración propia**

Hay algunos principios que han sido encontrados gracias a las entrevistas que no se habían considerado en la revisión de literatura, estos son: predictibilidad, uso de la tecnología y consideración al usuario final. Estos principios han sido explicados con más detalle en el acápite anterior y junto con los previamente considerados por la revisión de literatura conforman los principios valorados en los proyectos públicos de construcción en Perú. Además de los principios mencionados, también se puede considerar que evitar las barreras encontradas por las entrevistas es una forma de agregarle valor a los proyectos públicos. Esto se ve reflejado en las barreras que son directamente la falta de cumplimiento de los principios, como pasa con la calidad, cumplimiento de normas y transparencia de información. Esto lleva a reforzar la idea que dichos principios son valorados por funcionarios públicos peruanos.

En la tabla 11 se pueden observar los principios y las barreras a considerar en el alineamiento a realizar con los usos *BIM* definidos, pero ambos colocados como principios valorados. En esta tabla se observará la diferencia entre uno y otro debido a que los principios están asociados a la columna de “satisfacer”, ya que deben cumplirse para agregarle valor a los proyectos públicos. De la misma forma, las barreras están asociadas a la columna de “mitigar”, ya que deben aminorarse para agregarle valor a los proyectos públicos. Aquí se omiten las barreras que son directamente la falta de cumplimiento de los principios para evitar el doble conteo. Además, no se incluye la barrera de “falta de capacitación”; ya que, esta es una barrera que no se ve afectada positiva o negativamente por los usos *BIM* a comparación de las otras barreras y principios que sí serán influenciados por estas aplicaciones.

PRINCIPIOS VALORADOS	SATISFACER	MITIGAR
USO DE TECNOLOGÍA	X	
TRANSPARENCIA DE LA INFORMACIÓN	X	
RENTABILIDAD SOCIAL	X	
PREDICTIBILIDAD	X	
CONSIDERACIÓN AL USUARIO FINAL	X	
CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA	X	
CALIDAD	X	
EFICACIA	X	
EFICIENCIA	X	
IMPRECISIÓN		X
FALTA DE ESTUDIOS DE DISEÑO		X
CORRUPCIÓN		X

**Tabla 11: Principios y barreras identificadas por funcionarios públicos peruanos. Elaboración propia**

### 4.3 ESQUEMA CONCEPTUAL DE USOS BIM CON PRINCIPIOS PERUANOS

En base a los usos *BIM* explicados en capítulos anteriores y a los principios y barreras identificadas en los acápites anteriores se presenta en la tabla 12 el esquema conceptual de alineamiento entre usos *BIM* y principios valorados por funcionarios públicos peruanos.

USOS BIM PRINCIPIOS		MODELAMIENTO DEL PROYECTO EN TODAS SUS ETAPAS	ESTIMACIÓN DE CUANTIFICACIONES (METRADOS) Y COSTOS	GENERACIÓN DE DIVERSAS PROPUESTAS DE DISEÑO	REVISIÓN DE NORMATIVA	DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS E INCOMPATIBILIDADES	PLANIFICACIÓN EN 4D	GENERACIÓN DE DOCUMENTACIÓN	EVALUACIONES DE SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	SIMULACIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS	FABRICACIÓN DIGITAL	PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	GESTIÓN DE ACTIVOS	ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL ACTIVO
		S A T I S F A C E  M I T I G A	USO DE TECNOLOGÍA											
TRANSPARENCIA DE LA INFORMACIÓN														
RENTABILIDAD SOCIAL														
PREDICTIBILIDAD														
CONSIDERACIÓN AL USUARIO FINAL														
CUMPLIMIENTO DE NORMAS														
CALIDAD														
EFICACIA														
EFICIENCIA														
IMPRECISIÓN														
FALTA DE ESTUDIOS DE DISEÑO														
CORRUPCIÓN														

**Tabla 12: Marco conceptual de usos BIM con principios valorados. Elaboración propia**

A continuación se explicará cómo los usos *BIM* satisfacen los principios valorados y mitigan las barreras identificadas según los conceptos dados para cada principio y barrera.

#### **4.3.1 Uso de tecnología**

Todos los usos *BIM* explicados en el presente trabajo de investigación satisfacen el principio de uso de tecnología, ya que estos usos se basan en herramientas tecnológicas para completar sus respectivas tareas. Por ello no se va a explicar cómo cada uno de estos usos satisface este valor; además, dentro de la definición de cada uno de estos usos ya se ha explicado cómo se usa la tecnología dentro de ellos.

#### **4.3.2 Transparencia de la información**

- Modelamiento del proyecto en todas sus etapas: se puede hacer un modelo federado, lo que permitirá que todos los involucrados tengan la misma información y se eviten problemas por incongruencia de información.
- Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos: tener una misma base de donde se obtienen los metrados y costos del proyecto agrega valor y propicia la transparencia entre todos los involucrados.
- Planificación 4D: todos los involucrados entienden mejor las relaciones de precedencia de las actividades del proyecto mediante este uso BIM, dejando de lado los llamados “vicios ocultos”.
- Generación de diversas propuestas de diseño: se obtiene información no muy detallada pero fiable de cada propuesta de diseño, con lo que se tomarán mejores decisiones en lo que respecta a la elección de la alternativa final.
- Generación de planos: los planos generados a partir de un mismo modelo no van a tener errores de incongruencia. Lo mismo ocurre con las especificaciones técnicas que puedan extraerse del modelo. Cabe mencionar que esto depende del *LOD* que el modelo posea.
- Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética: la información usada para este tipo de evaluaciones es fiable y es compartida para todos los involucrados.
- Detección de interferencias e incompatibilidades: se observan los errores del proyecto y se puede usar esta herramienta para sustentar los problemas presentados antes que se ejecute la obra.
- Programación de mantenimiento preventivo: la información brindada por esta aplicación sirve para darle mejor vida útil al proyecto y evitar errores durante su uso; además, es una base de datos fiable.



- Gestión de activos: se toman decisiones en la etapa de operación y mantenimiento basándose en la misma información y la cual es fiable y compartida por todos.
- Revisión de normativa: se evitan las observaciones por criterios de la norma con la que se revisan los proyectos al aplicar este uso *BIM*.

#### **4.3.3 Rentabilidad social**

- Planificación 4D: se entiende mejor todo el proceso de la etapa de construcción y permite que se busque la forma de impactar lo menos posible a la población donde se está desarrollando el proyecto.
- Generación de diversas propuestas de diseño: se evalúa, en base a este uso, la propuesta que más beneficios traiga a la sociedad.
- Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética: se sabe con más exactitud el impacto del activo al medio ambiente y se pueden tomar medidas para mitigarlo basándose en información fiable.
- Programación de mantenimiento preventivo: según los tipos de mantenimientos que se le debe de hacer al activo se pueden programar mejor los tipos de servicios que se ofrecen e informar a la sociedad sobre este tipo de trabajos para tomar las contingencias necesarias.
- Gestión de activos: se puede hacer evaluaciones sobre el impacto que tendrán los cambios a efectuarse en el activo y escoger las modificaciones que permitan que el activo entregue mejores beneficios a la sociedad.

#### **4.3.4 Predictibilidad**

- Modelamiento del proyecto en todas sus etapas: se entiende mejor lo que está presente en el emplazamiento del proyecto en todas las etapas que se modelen, teniendo mapeado algunas consideraciones no observadas en los planos *CAD*.
- Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos: se sabe con anterioridad los metrados y costos del proyecto de una manera fiable y sustentada en el modelo.
- Planificación 4D: se tiene mejor entendimiento de la secuencia de actividades, permitiendo mapear los procesos y administrar los recursos oportunamente para realizar las actividades programadas.
- Generación de diversas propuestas de diseño: se tiene las propuestas con información relevante que permite evaluarlas según lo que se espera a futuro en cada propuesta.

- Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética: se pueden programar acciones relacionadas con el impacto al medio ambiente según la información obtenida de esta aplicación *BIM*.
- Detección de interferencias e incompatibilidades: se saben de los errores que se han generado en la etapa de diseño y se toman medidas correctivas antes que se ejecuten.
- Simulación de procesos constructivos: se entiende a detalle los procesos dentro de cada actividad en la etapa de construcción, permitiendo asignar todo tipo de recursos o visualizar problemas para solucionarlos con anterioridad.
- Programación de mantenimiento preventivo: se programan las actividades de mantenimiento con anticipación para evitar problemas durante la operación del activo.
- Revisión de normativa: permite saber con anterioridad si hay alguna norma que se ha infringido durante la etapa de diseño, lo que permite corregirlo antes que se evalúe el proyecto.

#### **4.3.5 Consideración al usuario final**

- Planificación 4D: al hacer participar al usuario final del proyecto y realizar las sesiones *ICE* junto con ellos, se les puede explicar mejor el proyecto y realizar planes de contingencia en conjunto.
- Generación de diversas propuestas de diseño: se evalúan las diversas propuestas de diseño teniendo en cuenta la que más servicios le otorga al usuario final.
- Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética: ayuda a tener en cuenta las consideraciones de impacto ambiental, tomar medidas de acción para mitigarlas y entregarle activos con bajo consumo a los usuarios.
- Programación de mantenimiento preventivo: se da información sobre las fechas en las que se deben hacer los mantenimientos a las diversas instalaciones del activo generado por parte de los usuarios finales.
- Gestión de activos: se toman decisiones con la información generada en este uso *BIM* para optimizar los gastos que tendrán que afrontar los usuarios finales y teniendo en cuenta sus necesidades.
- Análisis de desempeño del activo: se le informa a los usuarios finales cómo se está comportando el activo y se toman decisiones según los resultados obtenidos para optimizar su funcionamiento según las necesidades de éstos involucrados.

#### 4.3.6 Cumplimiento de normas

- Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos: según el tipo de contrato con que se realice el proyecto, se debe entregar valorizaciones y metrados para que sirva como un documento que justifique el pago a realizarse durante el proyecto, con este uso se obtiene información para hacer estos documentos.
- Generación de diversas propuestas de diseño: las leyes peruanas piden que los proyectos públicos presenten alternativas para que se evalúe la viabilidad del proyecto, este uso *BIM* permite que se hagan estas alternativas.
- Generación de planos: según las normas peruanas, los planos son los documentos que deben de presentarse al realizarse proyectos públicos (y también privados), usando BIM se obtienen estos documentos.
- Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética: se obtiene información relevante que permite intentar obtener certificaciones *LEED* y si el proyecto cumple o no las normas de cuidado medioambiental.
- Detección de interferencias e incompatibilidades: este uso sirve de base para explicar los posibles errores presentes en los proyectos a licitar y evitar trámites interminables al encontrar errores en el diseño de proyectos públicos. Además, se verifica que los proyectos cumplan con la normativa mediante la coordinación con los especialistas usando este uso *BIM*.
- Análisis de desempeño del activo: se evalúa el activo para saber si se ha producido el incumplimiento de alguna norma.
- Revisión de normativa: hace que la evaluación de proyectos conforme a la normativa vigente se haga más rápido y con mejor exactitud.

#### 4.3.7 Calidad

- Modelamiento del proyecto en todas sus etapas: se evitan problemas que le restan calidad al proyecto al tener una idea más clara de éste desde etapas tempranas.
- Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos: se tiene información fiable gracias a este tipo de estimaciones.
- Planificación 4D: todos los involucrados del proyecto entienden mejor los procesos de la etapa de construcción y se evitan problemas al mostrar cómo avanza el proyecto en el tiempo.
- Generación de diversas propuestas de diseño: se evalúa la mejor opción para agregarle mayor valor al proyecto y se establecen los indicadores de calidad para la propuesta seleccionada.

- Generación de planos: los documentos generados salen de una misma base de datos, evitando errores.
- Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética: se entrega información que servirá para saber cuál debe ser la calidad mínima esperada en el aspecto de cuidado del medio ambiente.
- Detección de interferencias e incompatibilidades: se evitan problemas de colisiones y programaciones inconsistentes desde etapas tempranas.
- Simulación de procesos constructivos: se entiende mejor los procesos constructivos a detalle y se evitan contratiempos en esta etapa.
- Programación de mantenimiento preventivo: se le agrega calidad a los equipos mediante un cuidado adecuado según la programación que proporciona este uso *BIM*.
- Gestión de activos: se le agrega valor al activo al cuidarlo de manera adecuada y asegura la calidad de las instalaciones para brindar un buen servicio.

#### **4.3.8 Eficacia**

- Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos: uno de los objetivos de proyecto es cumplir con el presupuesto, con este uso *BIM* se puede lograr esta meta con más precisión y de manera más rápida.
- Planificación 4D: el objetivo del plazo casi nunca es alcanzado en proyectos públicos, con este uso *BIM* se pueden tomar mejores decisiones respecto a esta meta basándose en información fiable.
- Generación de diversas propuestas de diseño: se establecen las propuestas que permitan cumplir los objetivos propios de cada proyecto.
- Generación de planos: no es un objetivo del proyecto producir planos, pero se necesitan durante todo el ciclo de vida del proyecto.
- Detección de interferencias e incompatibilidades: permite que el objetivo del alcance del proyecto se cumpla sin errores y permite saberlos antes que se ejecute.
- Programación de mantenimiento preventivo: el activo tendrá un tiempo de vida útil más larga al hacerle un correcto mantenimiento y antes que los problemas ocurran en esta etapa.
- Análisis de desempeño del activo: permite saber si las metas del uso del proyecto se cumplen en la etapa final del activo.

#### 4.3.9 Eficiencia

- Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos: se obtienen metrados y costos del proyecto mucho más rápido y con más fiabilidad usando esta aplicación *BIM*.
- Generación de diversas propuestas de diseño: se evalúan mejor y más rápido las diversas alternativas que evitan grandes cambios en etapas tardías de los proyectos.
- Planificación 4D: se entiende mejor los requerimientos para las actividades de la construcción y se evitan gastos innecesarios.
- Generación de planos: los planos requeridos por las diversas entidades son generados con mucha más rapidez y sin errores al tener una sola base de datos.
- Detección de interferencias e incompatibilidades: se encuentran errores mucho más rápido y con colaboración de todos los involucrados
- Fabricación digital: se pueden optimizar los recursos del proyecto y gastar menos en ciertas partidas durante la etapa de construcción.
- Gestión de activos: tener información que permita escoger adecuadamente el equipamiento a renovar y hacer renovaciones en la etapa de operación y mantenimiento es fundamental ya que en esta etapa es donde más se consume.
- Revisión de normativa: los procesos de evaluación se pueden realizar mucho más rápido y con niveles de confiabilidad apropiados con esta aplicación *BIM*.

#### 4.3.10 Imprecisión

- Modelamiento del proyecto en todas sus etapas: el modelo del proyecto proporciona herramientas para diseñar con más precisión las diversas especialidades involucradas en el proyecto.
- Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos: al ser estimaciones provenientes de un modelo que se entiende que es una base de datos con información consistente, se obtiene información precisa de éste.
- Planificación 4D: las imprecisiones respecto al tiempo de las actividades durante la construcción se evitan con este uso *BIM*; ya que se tiene claro las relaciones de precedencia y los tiempos respectivos de cada actividad.
- Detección de interferencias e incompatibilidades: se generan reportes con las interferencias encontradas en el diseño del proyecto. Al corregir estas interferencias encontradas se evita errores por imprecisiones en el diseño de las especialidades.

- Simulación de procesos constructivos: se entiende más a detalle los procesos constructivos a realizar y se puede programar con mayor precisión los recursos a usar.
- Fabricación digital: las cantidades de materiales se obtienen sin tanto desperdicio y son más precisas respecto a las dimensiones que deben tener.
- Programación de mantenimiento preventivo: se sabe con mayor precisión los tipos de mantenimiento que debe hacerse al activo y los momentos en que deben hacerse.
- Análisis de desempeño del activo: se obtienen resultados sobre cómo se comporta realmente el activo y se toman medidas al respecto para llegar a su operación óptima.
- Revisión de normativa: se sabe con mayor precisión los errores que los proyectos puedan tener y se evita que observaciones poco precisas que dificultan el avance del proyecto.

#### **4.3.11 Falta de estudios de diseño**

- Modelamiento del proyecto en todas sus etapas: teniendo el modelo del proyecto a lo largo de su ciclo de vida (con obras provisionales, terreno del proyecto, etc.) se entiende mejor qué se necesita para desarrollarlo apropiadamente. Por ende, si es necesario algún estudio adicional a los realizados, se puede sustentar su exigencia según lo observado en el modelo.
- Generación de diversas propuestas de diseño: cada una de las propuestas generadas necesita de ciertos estudios y al compararlas puede salir a la luz algún tipo de estudio específico necesario para cualquiera de las alternativas.
- Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética: este uso *BIM* proporciona un estudio de diseño que se debe hacer en cada proyecto realizado.
- Detección de interferencias e incompatibilidades: los problemas presentes en el diseño van a observarse en este uso *BIM* y se podrán determinar la necesidad o no de realizar algún estudio de diseño adicional a raíz del problema identificado para poder solucionarlo.

#### **4.3.12 Corrupción**

- Modelamiento del proyecto en todas sus etapas: se entiende mejor el proyecto entre todos los involucrados y se evita que se tengan otras ideas sobre lo que se proyecta, ya que estas ideas no precisas luego se pueden usar para realizar actos de corrupción.

- Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos: se tiene información fiable, con la cual se puede controlar mejor los metrados y los costos del proyecto para evitar actos de corrupción.
- Planificación 4D: con el modelamiento del proyecto se entiende el alcance y con la planificación 4D se entiende el tiempo en el que debe ejecutarse cada actividad y las relaciones que deben haber entre estas. Esta información evita que se tengan ideas confusas sobre el proyecto y que los involucrados intenten cometer actos ilícitos.
- Detección de interferencias e incompatibilidades: se evita que algunos posibles errores presentados generen actos corruptos durante el proyecto, ya que estos errores van a estar solucionados o van a estar identificados con anticipación.
- Fabricación digital: se tiene una base de datos con información fiable y exacta para poder cuantificar la cantidad de material necesario para ciertas partidas.
- Programación de mantenimiento preventivo: se tiene información fiable para realizar el mantenimiento necesario en el activo y que no se sobredimensionen los recursos de estas actividades.
- Revisión de normativa: se hacen revisiones del proyecto respecto a la normativa que deben cumplir evitando actos de corrupción entre el revisor y el ejecutor del proyecto; ya que, al tratarse de un uso *BIM*, éste es un proceso automatizado.

Como ha sido visto, los usos *BIM* satisfacen a todos estos principios de alguna manera. No obstante, es necesario validar el esquema conceptual de alineamiento presentado con casos de estudio para poder entender la implicancia que realmente estos usos tienen en este tipo de proyectos. Estos casos de estudio serán desarrollados en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO 5: VALIDACIÓN DE ESQUEMA CONCEPTUAL DE USOS *BIM* CON PRINCIPIOS PERUANOS**

En el presente capítulo se verificará el marco conceptual de usos *BIM* y principios peruanos definido en el capítulo anterior con proyectos públicos. Para lograr este objetivo se analizarán 3 proyectos públicos del Ministerio del Interior (MININTER) donde se aplicaron diversos usos *BIM*, básicamente en las etapas de diseño y construcción. Luego, con la retroalimentación obtenida de estos proyectos se presentará un nuevo marco conceptual de alineamiento de usos *BIM* con principios peruanos valorados en proyectos públicos.

### **5.1 CASOS DE ESTUDIO**

Los 3 proyectos que serán parte del caso de estudio de esta tesis están siendo administrados por la Organización Internacional para las Migraciones (OIM), la cual tiene convenios con el MININTER para la realización de estos proyectos. El primer convenio firmado entre ambas partes se denominó “CONVENIO MARCO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL PARA LAS MIGRACIONES – OIM Y EL MINISTERIO DEL INTERIOR” el cual fue firmado el 11 de diciembre del 2013.

Este convenio tiene por objetivo: “establecer las pautas generales a fin de que ambas partes cuenten con mecanismos de cooperación conjunta, que permitan contribuir al diseño y ejecución de acciones de interés común”. Además, en este convenio se estipulan las siguientes actividades:

- a. Promover la ejecución de actividades, programas y proyectos de cooperación de interés común.
- b. Facilitar la cooperación entre las partes para el desarrollo e implementación de proyectos de interés común.

El segundo convenio firmado entre ambas instituciones es un convenio por administración de recursos el cual se denomina: “CONVENIO ESPECÍFICO ENTRE LA ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL PARA LAS MIGRACIONES – OIM Y EL MINISTERIO DEL INTERIOR, PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA POLICÍA



NACIONAL PARA LA SEGURIDAD Y ESTABILIZACIÓN COMUNITARIA DEL PERÚ”. Este convenio fue firmado el 29 de enero del 2014 y tiene por alcance normar los mecanismos de cooperación entre las partes, respecto a:

1) Ejecutar los procesos de selección y adjudicación (elaboración de expediente técnico, ejecución y supervisión de los proyectos) para la implementación de los proyectos: “Mejoramiento de servicios brindado por la Escuela Técnica Superior de Sub Oficiales de la PNP en el distrito de Puente Piedra, Provincia de Lima y Departamento de Lima” (con código SNIP 256241); “Ampliación y mejoramiento del Servicio de Formación policial de la Escuela de Oficiales de la Policía Nacional del Perú (EO PNP) del Distrito de Chorrillos, Provincia de Lima, Lima” (con código SNIP 256073); Ampliación y Mejoramiento de la Escuela Técnico Superior Mujeres PNP – San Bartolo” (con código SNIP 255985).

2) Realizar la administración de recursos durante la selección y adjudicación y el proceso de ejecución de los contratos resultantes en el marco de estos proyectos.

En este convenio también se determinan las funciones que debe cumplir la OIM en estos proyectos, como lo son: desarrollar todas las fases de los procesos de selección desde la Convocatoria hasta la adjudicación y traslado al MININTER de los resultados de los procesos de selección, elaboración de las Bases de estos procesos, asistencia técnica administrativa para la elaboración de Expedientes técnicos, ejecución de obras y supervisión de obras de los proyectos, etc. De 3 proyectos mencionados en el segundo convenio, en el presente trabajo de investigación se analizarán los 2 últimos, que son: “Ampliación y mejoramiento del Servicio de Formación policial de la Escuela de Oficiales de la Policía Nacional del Perú (EO PNP) del Distrito de Chorrillos, Provincia de Lima, Lima”; “Ampliación y Mejoramiento de la Escuela Técnico Superior Mujeres PNP – San Bartolo”. El primero de estos desarrollado en Puente Piedra no presenta actividades relacionadas al uso de BIM, por lo que no forma parte del análisis de esta tesis.

El tercer convenio firmado por estas 2 instituciones también es un convenio por administración de recursos, el cual se denomina: “CONVENIO DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA (PIP) MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS CRÍTICOS Y DE CONSULTA EXTERNA DEL HOSPITAL NACIONAL PNP LUIS N. SAENZ, CON CÓDIGO SNIP 305924”. Este convenio fue firmado el 02 de julio del 2015 y tiene por alcance normar los mecanismos de cooperación entre las partes, respecto a:

1) Ejecutar los procesos de selección y adjudicación (elaboración de expediente técnico, ejecución y supervisión del proyecto) para la implementación de proyecto: “Mejoramiento de los Servicios Críticos y de Consulta Externa del Hospital Nacional PNP Luis N. Sáenz” (con código SNIP 305924).

2) Realizar la administración de recursos durante la selección y adjudicación y el proceso de ejecución de los contratos resultantes en el marco de este proyecto.

En este convenio se determinan las funciones que debe cumplir la OIM en estos proyectos, las cuales son: desarrollar todas las fases de los procesos de selección desde la Convocatoria hasta la adjudicación y traslado al MININTER de los resultados de los procesos de selección, elaboración de las Bases de estos procesos, asistencia técnica administrativa para la elaboración de Expedientes técnicos, ejecución de obras y supervisión de obras de los proyectos, etc. El proyecto en mención en este último convenio será el tercer proyecto a analizar en el presente trabajo de investigación.

El análisis de los casos de estudio se hará mediante entrevistas semi-estructuradas de aproximadamente 1 hora de duración cada una con los coordinadores por parte del MININTER de los proyectos mencionados. En dichas entrevistas se hicieron las siguientes preguntas:

- 1.- ¿cuáles fueron los usos *BIM* aplicados al proyecto?
- 2.- ¿cuáles fueron los principios satisfechos debido a estos usos *BIM* en el proyecto?  
¿Podría darme ejemplos de cómo fueron satisfechos por medio de estos usos *BIM*?
- 3.- ¿cuáles fueron las barreras identificadas debido a estos usos *BIM* en el proyecto?  
¿Podría darme ejemplos de cómo fueron mitigadas por medio de estos usos *BIM*?

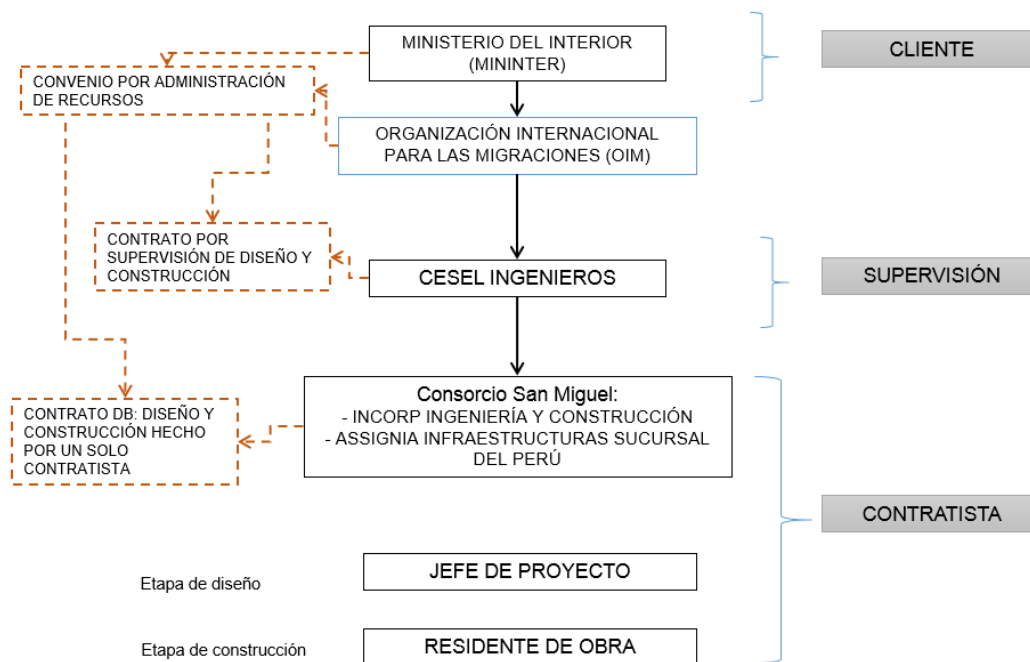
Ellos (coordinadores por parte del MININTER) serán los que entreguen la retroalimentación buscada para validar y actualizar el esquema conceptual de alineamiento. Además, se tendrá acceso a algunos documentos generados por el uso *BIM* en los proyectos y recopilación de imágenes de las actividades relacionadas a *BIM*. Cabe mencionar que por tratarse de proyectos públicos y que el cliente es la Policía Nacional del Perú (PNP) cierta información tiene carácter confidencial, por lo que no todos los documentos que demuestren el uso de *BIM* en estos proyectos han podido ser obtenidos. Sin embargo, con las entrevistas mencionadas se tiene más certeza de lo realizado realmente en estos proyectos respecto a *BIM*.

### **5.1.1 Ampliación y mejoramiento de la escuela técnico superior de mujeres PNP – San Bartolo**

Este proyecto fue registrado al 9 de abril del 2013. Busca satisfacer alrededor de 8, 445, 211 beneficiarios que podrán realizar estudios superiores no universitarios en sus futuras instalaciones. Se le entregó la viabilidad a este proyecto el 28 de agosto del 2013 con un monto viable de 16, 879, 813 soles, luego de haberse entregado el estudio de perfil requerido para la viabilidad. Sin embargo, a pesar de haber registrado ese monto viable, a la fecha se tiene registrado un monto total de inversión de 47, 137, 654.65 soles (MEF, 2018). Este proyecto ha sido desarrollado bajo la modalidad de “*Fast-track*” y es el primer proyecto público del MININTER donde se aplicaron diversos usos BIM. Este proyecto sigue en ejecución debido a arbitrajes entre la entidad y el contratista, causados por vicios ocultos sobre el alcance del proyecto que el contratista debe ejecutar.

En la ilustración 17 se observa el organigrama del proyecto estudiado. En este organigrama se aprecia a la empresa contratista encargada del proyecto: Consorcio San Miguel, conformado por las empresas INCORP Ingeniería y Construcción y ASSIGNIA INFRAESTRUCTURAS sucursal de Perú. Este consorcio tiene un contrato *Design-Build (D-B)* con la OIM, con lo que el contratista será en cargo de las etapas de diseño, siendo responsable el Jefe de Proyecto, y construcción, siendo responsable el Residente de Obra. La OIM representa al cliente (MININTER) por medio del convenio previamente mencionado. Respecto a la supervisión, la empresa ganadora de este rol es CESEL INGENIEROS, la cual debe realizar esta labor durante el diseño y la construcción del proyecto.

Por ser el primer proyecto *BIM* del MININTER, el contratista tuvo que sub-contratar los servicios relacionados a BIM. La empresa encargada fue PROISAC, la cual implementó los usos BIM que se describirán en los siguientes párrafos. Como era de esperarse, este proyecto ha tenido muchos retos que superar durante su ejecución. Uno de los principales retos ha sido la falta de personal capacitado (tanto por parte del contratista como por parte de la supervisión) para usar los modelos BIM y usar todo su potencial para alcanzar los objetivos establecidos en el proyecto. Desde un inicio se sabía que debía haber intercambio de información tanto en 2D como en 3D, lo que generaba retrabajos entre los involucrados para entender la información compartida. A pesar de estos retos, sí se logró tener beneficios al poder explicar mejor sobre el proyecto a los usuarios finales haciendo uso de los modelos *BIM*, que permitían recorridos virtuales en forma de videos y visualización del proyecto.



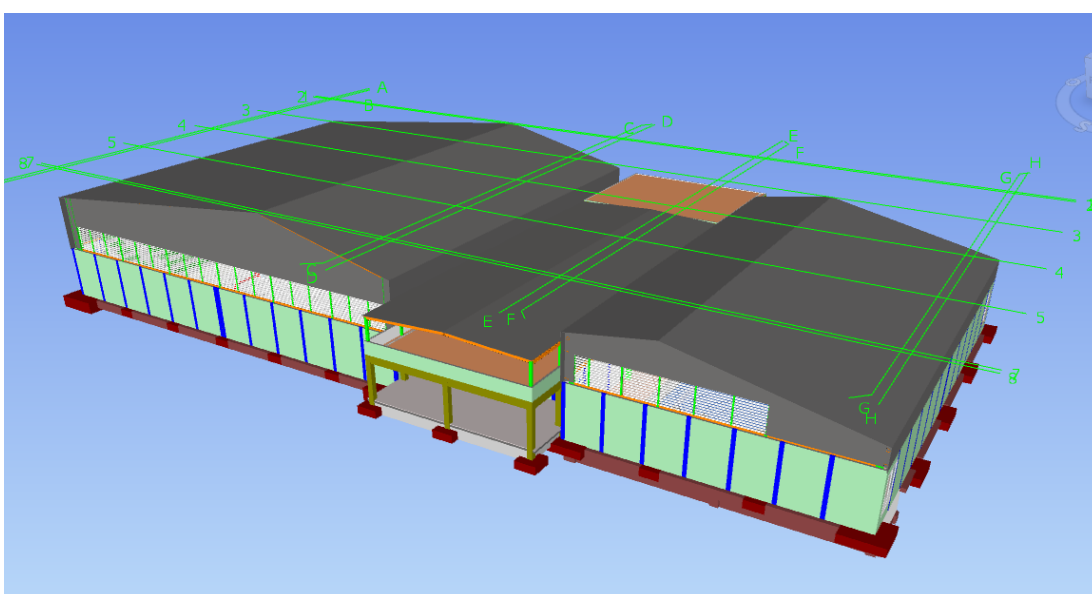
**Ilustración 17: Organigrama del proyecto de San Bartolo. Elaboración propia**

Según la entrevista realizada al coordinador del proyecto, los programas usados para el proyecto han sido Autodesk Revit para el modelado y Autodesk Navisworks para la coordinación entre especialidades. La idea inicial del proyecto era llegar a un *LOD* – 400, pero no se pudo llegar al nivel de prefabricado; sin embargo, se logró usar la información para evitar interferencias y ocasionar mayores problemas durante el diseño. Cabe mencionar que por tratarse de un proyecto *Fast-track* se usaron diversas aplicaciones *BIM* desde la etapa de diseño, ya que esta modalidad de trabajo se define como un sistema de procura que se basa en el traslape de las fases y actividades del proyecto que normalmente son secuenciales con el fin de que el tiempo total de ejecución del proyecto no sea tan largo como la suma de cada fase por separado (Cho, Hyun, Koo, & Hong, 2010).

Los usos o aplicaciones *BIM* usadas en este proyecto fueron las siguientes:

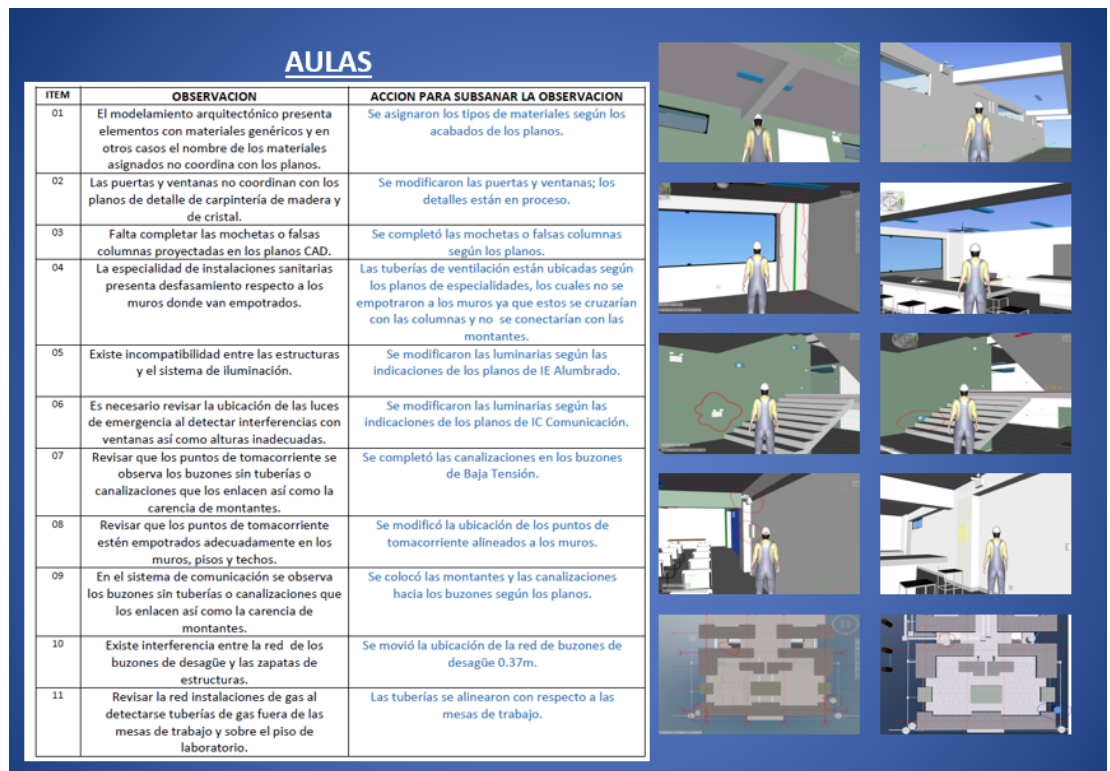
- **Modelamiento del proyecto en todas sus etapas:** el proyecto inició con un anteproyecto, lo que fue reflejado en el modelo del anteproyecto, según lo que indicaba el PIP. Conforme se iba avanzando en el proyecto, se iba incrementando el nivel de detalle del modelo según cada unidad de trabajo definida. Además, se hicieron diversos videos de recorridos virtuales según los diversos modelos generados y se tiene un modelo del proyecto culminado, entendiendo esto como un modelo “as-built” del proyecto. En la ilustración 18 se puede ver el modelo generado para la especialidad de estructuras del

polideportivo, que es una de las estructuras que forman parte del proyecto. El modelo ayudó mucho a que todos entendieran mejor el proyecto, principalmente por parte de los usuarios finales, que también participaron en las reuniones donde se mostraba el modelo al equipo de trabajo. Se pudieron observar errores de diseño durante el desarrollo del modelo, lo que permitía avisar con anterioridad de estos problemas y se hicieron predecibles las medidas a tomar para evitar estos errores. A pesar de todos los beneficios mencionados, la falta de capacitación para el desarrollo de estos modelos por parte de los involucrados retrasó un poco el trabajo; pero igual el proyecto culminó teniendo mayor calidad que si no se hubiese usado esta aplicación.



**Ilustración 18: Modelo BIM del polideportivo de una de las unidades de trabajo del proyecto de San Bartolo. Extraído de MININTER, 2016**

- **Detección de interferencias e incompatibilidades:** ha sido usado desde etapas tempranas para evitar problemas durante la construcción. Por ejemplo, en la ilustración 19 se puede observar una hoja del reporte de las interferencias encontradas en el proyecto y las medidas a tomar para solucionarlas. Gracias a este uso de evitaron grandes impactos por interferencias durante la ejecución del proyecto. Cabe mencionar que estas interferencias fueron encontradas en las diversas sesiones ICE del proyecto, las que contaban con la participación del coordinador por parte del MININTER. Al contar con la participación de los usuarios finales se pudo entender las necesidades propias de la zona del proyecto y se promovió que este proyecto aporte la mayor cantidad de beneficios a la zona donde se desarrolla.



**Ilustración 19: Interferencias encontradas gracias al modelo BIM en el proyecto de San Bartolo. Extraído de MININTER, 2016**

- **Estimación de cuantificaciones (metrados) y costos:** este uso *BIM* no fue requerido por parte del cliente; sin embargo, el contratista igual lo implementó y le sirvió para controlar sus gastos. Aportó a que exista transparencia entre los involucrados del proyecto y así evitar problemas relacionados a corrupción. Para la entidad no fue relevante tener información proveniente de este uso *BIM* ya que el contrato era uno a suma alzada, donde el precio ya se encontraba establecido.
- **Planificación 4D:** se usó este tipo de planificación para mostrar a la gente de obra cómo será desarrollado el proyecto, con lo que se entendió mejor el plan de trabajo elaborado según la modalidad “Fast-track”, teniendo 5 unidades de trabajo. Con este uso se generó mucho interés en los involucrados sobre *BIM*, a ser más precisos sobre lo que realmente se necesita y existe en el proyecto. Se contó con la participación de la PNP durante las sesiones *ICE*, donde pudieron entender los planes a realizar y las secuencias de las actividades para desarrollar sus planes de contingencia basándose en los cambios de ubicación de los trabajos.
- **Generación de documentación:** al igual que las estimaciones de metrados y costos, no se pidió la aplicación de este uso *BIM* en los TdR del proyecto; pero igual se usó para reducir tiempos. En la etapa de anteproyecto se

obtuvieron algunos planos mostrando vistas isométricas y cortes obtenidos del modelo.

- **Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética:** se usó en un inicio, por parte del proyectista, para tener un mejor diseño acorde con la posición del sol, información que fue considerada en el modelo, pero solamente llegó a la etapa de diseño, ya en construcción poco se vio de este tema. También se hizo análisis de iluminación del proyecto usando el modelo *BIM* y se está intentando que esta información se le pueda entregar a los usuarios finales para que tengan menores gastos durante el uso y operación.

Las aplicaciones *BIM* de este proyecto pueden observarse en la tabla 13, donde también se pueden observar los principios que estas aplicaciones satisfacen y las barreras que ayudan a superar. Estas aplicaciones corresponden tanto a las etapas de diseño y construcción, siendo esta última la etapa final donde se usó *BIM* pues no forma parte del alcance del proyecto hacer usos de estas aplicaciones para la etapa de operación y mantenimiento.

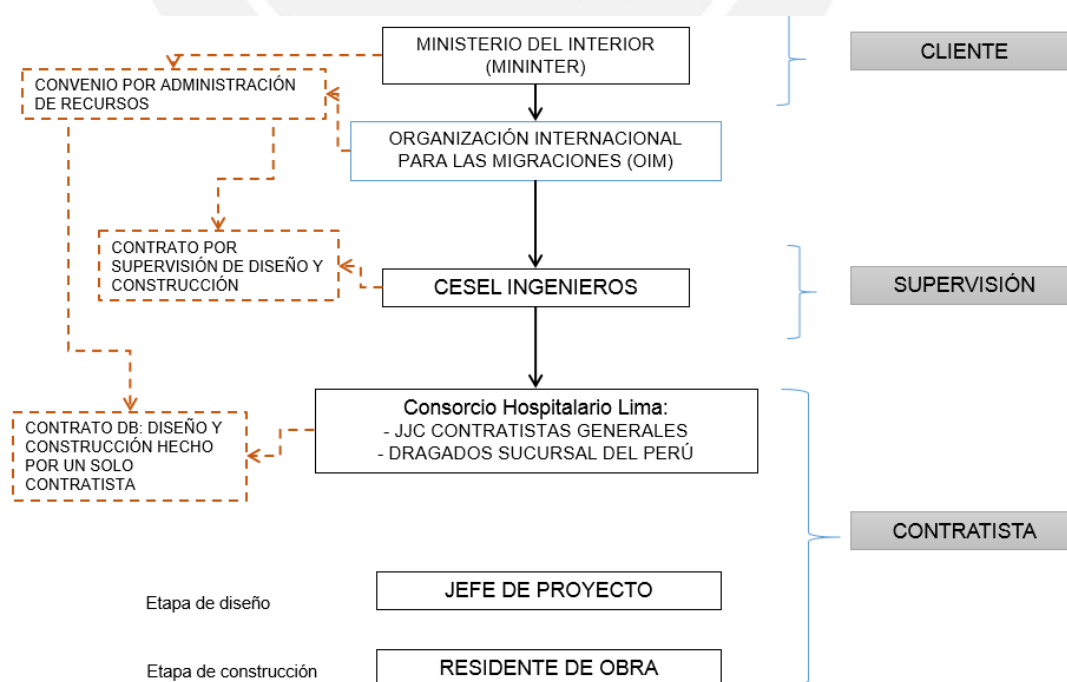
USOS BIM PRINCIPIOS		MODELAMIENTO DEL PROYECTO EN TODAS SUS ETAPAS	ESTIMACIÓN DE CUANTIFICACIONES (METRADOS) Y COSTOS	GENERACIÓN DE DIVERSAS PROPUESTAS DE DISEÑO	REVISIÓN DE NORMATIVA	DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS E INCOMPATIBILIDADES	PLANIFICACIÓN EN 4D	GENERACIÓN DE DOCUMENTACIÓN	EVALUACIONES DE SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	SIMULACIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS	FABRICACIÓN DIGITAL	PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	GESTIÓN DE ACTIVOS	ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL ACTIVO
		S A T I S F A C E	USO DE TECNOLOGÍA	X	X			X	X		X			
TRANSPARENCIA DE LA INFORMACIÓN	X		X			X	X							
RENTABILIDAD SOCIAL						X			X					
PREDICTIBILIDAD	X					X	X		X					
CONSIDERACIÓN AL USUARIO FINAL	X					X	X		X					
CUMPLIMIENTO DE NORMAS	X					X			X					
CALIDAD	X					X	X		X					
EFICACIA	X					X	X							
EFICIENCIA	X					X	X	X	X					
IMPRECISIÓN	X		X			X	X		X					
M I T I G A	FALTA DE ESTUDIOS DE DISEÑO	X							X					
	CORRUPCIÓN		X			X								

**Tabla 13: Aplicaciones BIM usadas en el proyecto de San Bartolo. Elaboración propia**

### 5.1.2 Mejoramiento de los servicios críticos y de consulta externa del hospital nacional PNP Luis N. Saenz

Este proyecto fue registrado al 17 de octubre del 2014. Busca satisfacer alrededor de 381, 773 beneficiarios que podrán ser atendidos médicamente dentro de las instalaciones de este proyecto. Se le entregó la viabilidad a este proyecto el 03 de marzo del 2015 con un monto viable de 292, 764, 431 soles, luego de haberse entregado el estudio de perfil requerido para la viabilidad. Sin embargo, a pesar de haber registrado ese monto viable, a la fecha se tiene registrado un monto total de inversión de 328, 308, 230.55 soles (MEF, 2018). Este proyecto ha sido desarrollado bajo la modalidad de “Fast-track” y ha contado con la participación del Ministerio de Salud para la evaluación del proyecto por tratarse de un complejo hospitalario.

En la ilustración 20 se observa el organigrama del proyecto estudiado. En este organigrama se aprecia a la empresa contratista encargada del proyecto: Consorcio Hospitalario Lima, conformado por las empresas JJC Contratistas Generales y Dragados sucursal de Perú. Este consorcio tiene un contrato Design-Build (D-B) con la OIM, con lo que el contratista será en cargado de las etapas de diseño, siendo responsable el Jefe de Proyecto, y construcción, siendo responsable el Residente de Obra. La OIM representa al cliente (MININTER) por medio del convenio previamente mencionado. Respecto a la supervisión, la empresa ganadora de este rol es CESEL INGENIEROS, la cual debe realizar esta labor durante el diseño y la construcción del proyecto.



**Ilustración 20: Organigrama del proyecto de Jesús María. Elaboración propia**



Al igual que en el primer proyecto de este análisis, el principal reto que continúa afrontándose es la falta de profesionales preparados para desarrollar estos proyectos usando *BIM*. En este caso, el proyecto es más grande que el primero y requiere de mucho más detalle, el cual se logró; pero con profesionales extranjeros, particularmente, españoles. Además, los hospitales presentan muchas más instalaciones que las escuelas, lo que significa mayor complejidad en su desarrollo.

La aplicación de los usos *BIM* en este proyecto estuvo a cargo de Dragados, por medio de sus profesionales españoles. Se usaron, básicamente, las mismas aplicaciones *BIM* que el primer proyecto, como la detección de interferencias, los modelos 4D, etc. pero con un propósito distinto por ser un proyecto de mayor envergadura. Cabe resaltar que en este proyecto se llegó a un nivel de desarrollo *LOD* – 300 y, al igual que en el primer proyecto, los programas usados fueron Autodesk Revit y Autodesk Navisworks.

Al ser un proyecto tan grande, dentro de los documentos contractuales siempre hay vicios ocultos que generan disputas entre el contratista y la entidad, las cuales retrasan los proyectos. En este caso, por ser un proyecto *Fast-track*, las consecuencias de la dilatación de los tiempos de una fase repercute directamente a la siguiente, ya que hay actividades que se realizan en paralelo y estos retrasos ocasionan mayores impactos. Se presentaron retrasos en la etapa de diseño por el mobiliario que debería tener el proyecto, pero que el contratista no lo quiere reconocer. Estos problemas podrían llevar a pensar que *BIM* no le agrega valor a los proyectos; sin embargo, las causas de estos problemas no están relacionadas con una mala aplicación de *BIM*.

Según la entrevista realizada al coordinador del proyecto, la aplicación de *BIM* le agregó valor a este proyecto mediante la detección de interferencias durante el diseño, lo que evitó adicionales en el proyecto por estos motivos (necesidad de más tiempo para corregir las interferencias). Además, se usó *BIM* para hacer algunas modificaciones al diseño ya desarrollado, pero sin llegar al desarrollo de varias propuestas de diseño. Los usos o aplicaciones *BIM* usadas en este proyecto fueron las siguientes:

- **Modelamiento del proyecto en todas sus etapas:** esta aplicación ha sido tomada en cuenta desde etapas tempranas del proyecto, siendo específico, desde el anteproyecto. En la ilustración 21 se puede ver que en las reuniones se trataba el modelado *BIM* del proyecto desde etapas tempranas, el cual

servía para seguir realizando los modelos de cada especialidad. Cabe mencionar que el modelo de este proyecto fue realizado con un *LOD* 350.

ACTAS DE REUNIÓN	FECHA	ASUNTOS TRATADOS	PARTICIPANTES
ACTA N° 09-ET	05.04.17	Presentación del Modelo BIM, Estatus de entrega del anteproyecto, avance en el listado de equipamiento, gestiones de la licencia, avance de la definición y gestión del Helipuerto, planteamiento de los 350 estacionamientos, Plan Maestro, Gestión de la consulta al comité de la Norma Peruana Sismo resistente sobre la interpretación de la aplicación de aisladores en edificios de servicios	OIM, CHL Y CESEL.
ACTA N° 07-ET-TEC	04.04.17	Revisión de listado de equipamiento, revisión de las especificaciones técnicas, revisión de los planos del anteproyecto, revisión de la preinstalación de los equipos y estudio de mercado.	MININTER, CHL Y CESEL.
ACTA N° 08-ET-TEC	11.04.17	Revisión de equipamiento, revisión del anteproyecto, zonificación de la arquitectura en relación al equipamiento, programa de actividades	MININTER, CHL Y CESEL
ACTA N° 10-ET	19.04.17	Presentación en Modelo BIM: Arquitectura e instalaciones, estatus de la gestión de las factibilidades, avance de la definición y gestión del helipuerto, gestiones de la licencia de construcción, estatus de la entrega del anteproyecto, estatus de los estudios de impacto ambiental y vial.	CHL Y CESEL.
ACTA N° 09-ET-TEC	20.04.17	Revisión de equipamiento médico, metrados, especificaciones técnicas y actividades del proyectista.	OIM, MININTER, CHL Y CESEL.
ACTA N° 10-ET-TEC	21.04.17	Revisión del anteproyecto en todas las especialidades	OIM, MININTER, CHL Y CESEL.
ACTA N° 11-ET	26.04.17	Modelamiento BIM, Estudio de Impacto Vial, Estudio de Impacto Ambiental, Licencia de Construcción, Facilidad de Servicios, Helipuerto, Estatus de entregables, cuaderno de estudio.	OIM, MININTER, CHL Y CESEL.

**Ilustración 21: Ejemplo de temas tratados en actas de reunión del proyecto de Jesús María. Extraído de MININTER, 2016**

- **Detección de interferencias e incompatibilidades:** esta aplicación ha sido la más usada durante el desarrollo del proyecto, en la ilustración 26 se puede ver el seguimiento que se le hace a cada interferencia encontrada y el estatus de las mismas en un solo archivo. Cabe mencionar que estas interferencias fueron encontradas en las diversas sesiones *ICE* del proyecto, las que ya eran familiares para el coordinador de este proyecto, debido a que es el mismo coordinador que el primer proyecto.
- **Estimación de costos y metrados:** sí se usaron los metrados obtenidos del modelo BIM, pero no ha sido a solicitud de la entidad. Lo ha usado el contratista para demostrar los números que se ejecutan en sus valorizaciones y para tener más certeza sobre lo que está ejecutando.
- **Planificación en 4D:** este uso *BIM* fue fundamental durante la etapa de construcción; ya que se debía seguir usando parte de las instalaciones del hospital mientras se ejecutaba el proyecto. Con este uso *BIM* se pudieron ver las secuencias de ejecución a grandes rasgos y desarrollar planes de

contingencia. Además, fue una herramienta visual bastante poderosa para que el usuario final, que participó en las sesiones *ICE*, entienda cómo se iba a desarrollar el proyecto y aportar con las consideraciones que consideraba necesarias para los planes de contingencia mencionados.

Clash Detective

CD vrs CI ⚠

Last Run: Lunes, 29 de enero de 2018 11:54:55  
Clashes - Total: 61 (Open: 43 Closed: 18)

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
⚠ IM vrs IM	Old	77	0	2	0	0	75
⚠ IM vrs STR	Old	17	0	10	0	0	7
⚠ IS vrs IS	Old	20	0	18	0	0	2
⚠ IS vrs STR	Old	2	0	0	0	0	2
⚠ IE vrs IE	Old	0	0	0	0	0	0
⚠ IE vrs STR	Old	0	0	0	0	0	0
⚠ IM vrs IE	Old	572	112	5	0	0	455
⚠ IM vrs IS	Old	716	131	84	0	0	501
⚠ IE vrs IS	Old	76	40	0	0	0	36
⚠ GS vrs GS	Old	8	0	8	0	0	0
⚠ GS vrs STR	Old	8	0	8	0	0	0
⚠ CI vrs CI	Old	1	0	1	0	0	0
⚠ CI vrs STR	Old	2	0	1	0	0	1
⚠ CI vrs IM	Old	562	25	220	0	0	317
⚠ IM vrs GS	Old	200	10	85	0	0	105
⚠ GS vrs IS	Old	0	0	0	0	0	0
⚠ GS vrs IE	Old	1	1	0	0	0	0
⚠ GS vrs CI	Old	3	2	1	0	0	0
⚠ IM vrs CI	Old	562	25	220	0	0	317
⚠ IS vrs CI	Old	28	9	6	0	0	13
⚠ IS vrs GS	Old	0	0	0	0	0	0
⚠ IE vrs CI	Old	8	1	6	0	0	1
⚠ IE vrs GS	Old	0	0	0	0	0	0
⚠ CD vrs CD	Old	47	29	9	0	0	9
⚠ CD vrs STR	Old	244	241	2	0	0	1
⚠ IM vrs CD	Old	306	102	54	0	0	150
⚠ CD vrs IS	Old	205	197	3	0	0	5
⚠ CD vrs IE	Old	14	11	1	0	0	2
⚠ CD vrs GS	Old	24	24	0	0	0	0
⚠ CD vrs CI	Old	61	43	0	0	0	18

**Ilustración 22: Seguimiento de interferencias encontradas en el archivo de Navisworks del proyecto de Jesús María. Extraído de MININTER, 2017**

- **Generación de documentación:** en este proyecto sí se están obteniendo planos a través del modelo, lo que hace que el ploteo de planos sin las interferencias sea mucho más rápido y brindando información transparente. Básicamente se han imprimido planos de la especialidad de arquitectura y estructura; pero los planos que requerían de mayor detalle han sido exportados a *CAD* para trabajarlos en esta plataforma. Además, se podían

imprimir los planos bastante rápido cuando eran requeridos por la gente de obra.

- **Evaluaciones de sostenibilidad y eficiencia energética:** al igual que en el primer proyecto, se usó en un inicio esta aplicación por parte del proyectista, para tener un mejor diseño acorde con el posicionamiento del sol. También se hizo análisis de iluminación del proyecto usando el modelo *BIM*.

Las aplicaciones *BIM* de este proyecto pueden observarse en la tabla 14, donde también se pueden observar los principios que estas aplicaciones satisfacen y las barreas que estas mismas ayudan a sobrepasar. Estas aplicaciones corresponden a las etapas de diseño y construcción, siendo esta última la etapa final donde se usó *BIM*. El coordinador de este proyecto fue el mismo coordinador que el proyecto estudiado de San Bartolo. Por ello, él recalcó que en este proyecto se pudo hacer más que en el primero, debido a la experiencia recogida, pero que falta aplicar con más versatilidad todas estas herramientas que *BIM* propone.

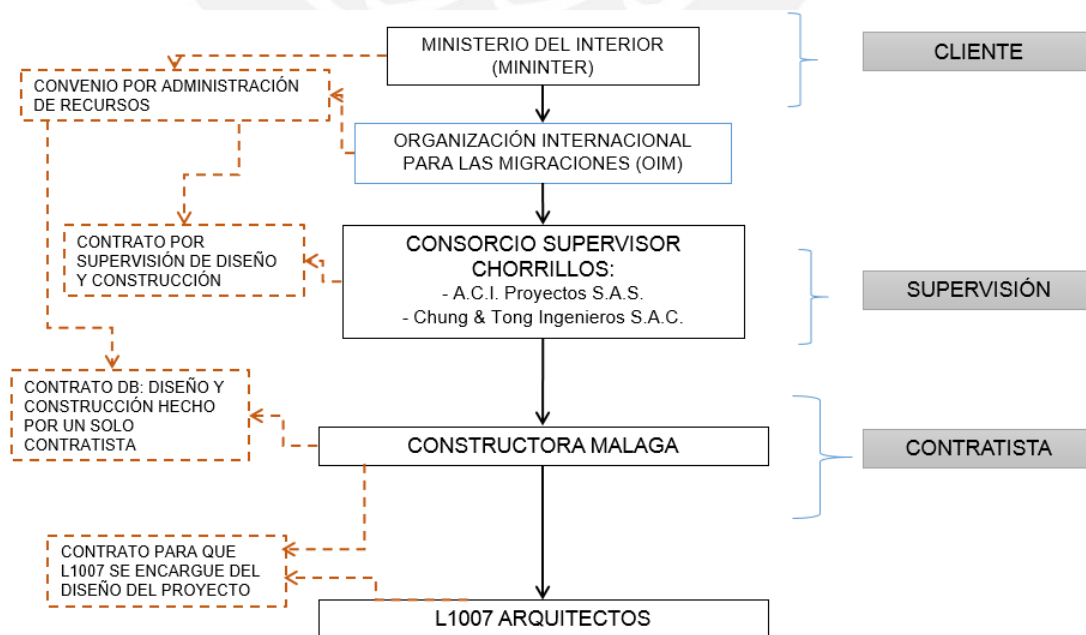
USOS BIM PRINCIPIOS		MODELAMIENTO DEL PROYECTO EN TODAS SUS ETAPAS	ESTIMACIÓN DE CUANTIFICACIONES (METRADOS) Y COSTOS	GENERACIÓN DE DIVERSAS PROPUESTAS DE DISEÑO	REVISIÓN DE NORMATIVA	DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS E INCOMPATIBILIDADES	PLANIFICACIÓN EN 4D	GENERACIÓN DE DOCUMENTACIÓN	EVALUACIONES DE SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	SIMULACIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS	FABRICACIÓN DIGITAL	PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	GESTIÓN DE ACTIVOS	ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL ACTIVO
		S A T I S F A C E	USO DE TECNOLOGÍA	X	X			X	X	X	X			
TRANSPARENCIA DE LA INFORMACIÓN	X		X			X	X	X						
RENTABILIDAD SOCIAL						X			X					
PREDICTIBILIDAD	X					X	X	X	X					
CONSIDERACIÓN AL USUARIO FINAL	X					X	X		X					
CUMPLIMIENTO DE NORMAS	X		X			X		X	X					
CALIDAD	X		X			X	X	X	X					
EFICACIA	X					X	X	X						
EFICIENCIA	X		X			X	X	X	X					
IMPRECISIÓN	X		X			X	X	X	X					
M I T I G A	FALTA DE ESTUDIOS DE DISEÑO	X							X					
	CORRUPCIÓN	X	X			X								

**Tabla 14: Aplicaciones *BIM* usadas en el proyecto de Jesús María. Elaboración propia**

### 5.1.3 Ampliación y mejoramiento del servicio de formación policial de la Escuela de Oficiales de la Policía Nacional del Perú (EO PNP) del distrito de Chorrillos, provincia de Lima, Lima

Este proyecto fue registrado el 11 de abril del 2013. Busca satisfacer alrededor de 30, 093, 446 beneficiarios que podrán realizar estudios superiores no universitarios en sus futuras instalaciones. Se le entregó la viabilidad a este proyecto el 03 de setiembre del 2013 con un monto viable de 37, 069, 863 soles, luego de haberse entregado el estudio de perfil requerido para la viabilidad. Sin embargo, a pesar de haber registrado ese monto viable, a la fecha se tiene registrado un monto total de inversión de 133, 478, 312.72 soles (MEF, 2018). Este proyecto, a diferencia de los dos anteriores, no ha sido desarrollado bajo la modalidad de “Fast-track”.

En la ilustración 23 se observa el organigrama del proyecto estudiado. En este organigrama se aprecia a la empresa contratista encargada del proyecto: Constructora Malaga. Esta empresa tiene un contrato Design-Build (D-B) con la OIM, con lo que el contratista será en cargado de las etapas de diseño y construcción. Para el desarrollo de la primera etapa ha hecho un contrato interno con la empresa L1007 Arquitectos; para la etapa de construcción, será la misma contratista se encargará de la ejecución del proyecto. La OIM representa al cliente (MININTER) por medio del convenio previamente mencionado. Respecto a la supervisión, la empresa ganadora de este rol es Consorcio Supervisor Chorrillos, conformada por las empresas A.C.I. Proyectos S.A.S. y Chung & Tong Ingenieros S.A.C., la cual debe realizar esta labor durante el diseño y la construcción del proyecto.



**Ilustración 23: Organigrama del proyecto de Chorrillos. Elaboración propia**

Este proyecto, a diferencia de los dos anteriores, se encuentra en la etapa de diseño, donde se están usando algunas aplicaciones *BIM*, también parecidas a los otros proyectos mencionados. Este proyecto consta, principalmente, de dos grandes partes; una que es la remodelación de las instalaciones existentes y otra que es la construcción de una nueva estructura. Para la primera parte mencionada se usaron programas *CAD*, ya que el contratista concluyó que era muy trabajoso hacer modelos *BIM* de lo que ya estaba hecho. Por otro lado, para la parte de la nueva estructura, se usaron programas de modelado *BIM* desde el inicio, estos programas fueron Autodesk Revit para el modelado y Autodesk Navisworks para la coordinación entre especialistas.

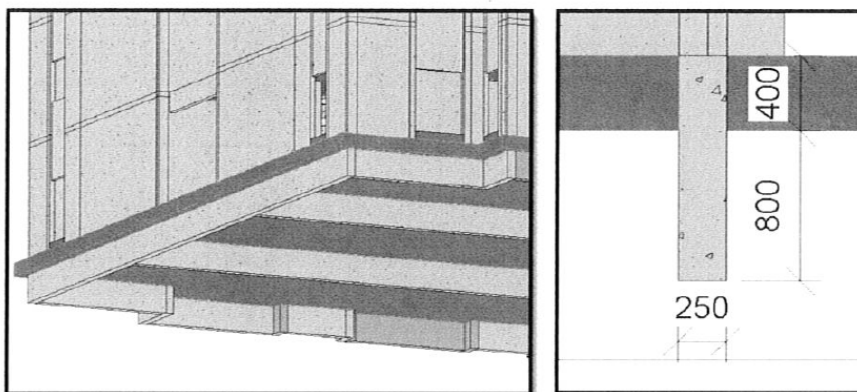
Durante esta etapa se vienen desarrollando constantes sesiones *ICE* en las instalaciones del contratista, en las que se realiza la coordinación entre especialistas. En este proyecto se está contando con la participación del Comité *BIM* de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) como consultor en la implementación de los usos *BIM* definidos para este proyecto. En la ilustración 29 se puede observar una fotografía de las sesiones *ICE* de este proyecto, donde el modelo está presentado al centro y se hacen los trabajos de coordinación basados en éste. A pesar de haber aplicado *BIM*, se han generado retrabajos propios de los trabajos hechos en *CAD*, inclusive se seguían pidiendo los planos en formato *CAD* y en *PDF*, lo que atrasa el traspase de información.



**Ilustración 24: Sesión ICE del proyecto de Chorrillos. Extraído de MININTER, 2017**

Según la entrevista realizada al coordinador del proyecto, el cual no coincide con el de los dos proyectos anteriores, la aplicación de *BIM* sí le agregó valor al proyecto, pasando por las diversas sesiones *ICE* que permitieron la coordinación y por los diversos modelos que se hicieron; sin embargo, según la entrevista al coordinador del proyecto, falta y sigue faltando lo más importante para hacer un buen uso de *BIM*: el “cambio de chip” por parte de los involucrados, empezando por los revisores, que siguen solicitando planos como documento formal para la etapa de revisión. Contrariamente, el contratista decidió hacer uso de algunas aplicaciones *BIM* que no estaban establecidas en los TDR del proyecto. Los usos o aplicaciones *BIM* usadas en este proyecto fueron las siguientes:

- **Modelamiento del proyecto en todas sus etapas:** esta aplicación ha sido tomada en cuenta desde etapas tempranas del proyecto, siendo específico, desde el anteproyecto. En la ilustración 25 se puede ver que se realizaron modelos teniendo en cuenta información como las cotas, para que se parezca lo más posible a los planos necesitados en el proyecto. Se modelaron todas las especialidades, siendo los autores modeladores ajenos a los especialistas, ya que los últimos han seguido trabajando en *CAD*. No obstante, trabajar con modelos *BIM* permitió que los especialistas se interesen en *BIM* y busquen capacitarse en este tema. Además, en el modelo se pudo verificar que las normas se cumplan en el proyecto y se contó con la participación de los usuarios finales en las sesiones *ICE*.



**Ilustración 25: Ejemplo de modelos generados con cotas para la impresión de planos en el proyecto de Chorrillos. Extraído de MININTER, 2017**

- **Detección de interferencias e incompatibilidades:** este fue el uso más valorado en este proyecto. Como ha sido mencionado, el usuario final y cliente participaron en las sesiones *ICE* y con esta herramienta pudieron ver los errores que tenía inicialmente el proyecto. Poder ver los errores presentes

desde etapas tempranas agregó mucho valor al proyecto y esto permitió corregirlos desde el diseño.

- **Estimación de costos y metrados:** se usó esta aplicación para obtener esta información (costos y metrados) mucho más rápido, con mejor calidad y mayor precisión. Un reto a afrontar fueron los formatos de metrado que se piden en los TDR del proyecto, ya que no son compatibles con los que el programa entrega. No obstante, se pudo configurar el formato del programa al que normativamente se debe entregar. Por otro lado, la barrera de la falta de capacitación fue atacada al incentivar a que los involucrados, básicamente por parte de la supervisión, busquen conocer más sobre *BIM* para que les facilite sus labores en el proyecto.
- **Generación de documentación:** en este proyecto sí se están obteniendo planos a través del modelo, pero solamente se está haciendo uso de esta aplicación para la obra nueva. El proyecto consta de obra nueva y una parte que es remodelación, ésta última se está realizando de manera tradicional con herramientas *CAD*. Los planos obtenidos del modelo le agregaron calidad y precisión a la información del proyecto.
- **Generación de diversas propuestas de diseño:** el proyecto inició con una sola propuesta arquitectónica sobre la cual se han realizado diversas modificaciones, las cuales se representaban en el modelo. Una de estas modificaciones que presentó diversas alternativas para su elección fue la del techo del auditorio. Con el modelo de cada propuesta se pudieron observar las ventajas y desventajas de cada una, tomando decisiones basadas en un criterio técnico y no tanto por las percepciones de los usuarios finales (PNP) que también evaluaron dichas propuestas.

Las aplicaciones *BIM* de este proyecto pueden observarse en la tabla 15, donde también se pueden observar los principios que estas aplicaciones satisfacen y las barreras que estas mismas ayudan a sobrepasar. Estas aplicaciones corresponden a la etapa de diseño, siendo esta la etapa donde el proyecto se encuentra. Adicionalmente, el coordinador indicó que el principal reto para una adecuada implementación *BIM* a nivel de entidades públicas es que los trabajadores del estado sean capacitados para usar todo el potencial de *BIM* y así generar conocimiento “in-house”, el cual permitirá agregar valor público a este tipo de proyectos y así direccionar los usos *BIM* a este objetivo.



USOS BIM PRINCIPIOS		MODELAMIENTO DEL PROYECTO EN TODAS SUS ETAPAS	ESTIMACIÓN DE CUANTIFICACIONES (METRADOS) Y COSTOS	GENERACIÓN DE DIVERSAS PROPUESTAS DE DISEÑO	REVISIÓN DE NORMATIVA	DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS E INCOMPATIBILIDADES	PLANIFICACIÓN EN 4D	GENERACIÓN DE DOCUMENTACIÓN	EVALUACIONES DE SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	SIMULACIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS	FABRICACIÓN DIGITAL	PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	GESTIÓN DE ACTIVOS	ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL ACTIVO
		S A T I S F A C I O N  M I T I G A	USO DE TECNOLOGÍA	X	X	X		X		X				
TRANSPARENCIA DE LA INFORMACIÓN	X		X			X		X						
RENTABILIDAD SOCIAL						X								
PREDICTIBILIDAD	X			X		X								
CONSIDERACIÓN AL USUARIO FINAL	X			X		X								
CUMPLIMIENTO DE NORMAS	X					X		X						
CALIDAD	X		X	X		X		X						
EFICACIA	X					X		X						
EFICIENCIA	X		X			X		X						
IMPRECISIÓN	X		X	X		X		X						
FALTA DE ESTUDIOS DE DISEÑO	X													
CORRUPCIÓN	X		X			X								

**Tabla 15: Aplicaciones BIM usadas en el proyecto de Chorrillos. Elaboración propia**

## 5.2 ESQUEMA FINAL DE ALINEAMIENTO DE USOS BIM CON PRINCIPIOS PERUANOS VALORADOS

Los 3 proyectos públicos estudiados han servido para saber las percepciones de valor que los funcionarios públicos sobre las aplicaciones *BIM* usadas en cada proyecto. Además, se sabe si aportó o no a la satisfacción de los principios valorados y a la superación o no de las barreras identificadas mediante las entrevistas realizadas. Como ha se mencionado, estos proyectos todavía se encuentran en ejecución y aún no se ha podido obtener toda la información sobre el uso de *BIM* en estos proyectos.

Pese a que los coordinadores de los proyectos estudiados han sido distintos, la buena voluntad y el optimismo hacia la aplicación de *BIM* en proyectos públicos se mantienen. Por otro lado, los consultores o especialistas *BIM* que desarrollaron las aplicaciones durante los proyectos no han sido los mismos en éstos y la forma de trabajo ha cambiado según el enfoque que usa cada empresa y los usos implementados. Es mas, no se ha obtenido información directamente de ellos pues no forma parte de los objetivos de la presente investigación. No obstante, según las

percepciones registradas de los coordinadores de proyecto, los mismos usos *BIM* que han sido aplicados a los proyectos han satisfecho casi en su mayoría a los mismos principios valorados y han mitigado las mismas barreras. Con lo que se demuestra que los resultados obtenidos con *BIM* en estos proyectos van a seguir produciendo las mismas percepciones de valor en los coordinadores por parte de la entidad pública que sea cliente, a pesar que las empresas encargadas de las aplicaciones *BIM* cambien.

Finalmente, en estos proyectos estudiados no se han aplicado todos los usos *BIM* definidos en el presente trabajo de investigación; sin embargo, el haber aplicado 7 usos *BIM* de los 13 encontrados en la literatura representa un gran avance sobre la implementación *BIM* en proyectos públicos. Como se puede observar en la tabla 16, el esquema final posee varios cambios respecto a los principios que se satisfacen y a las barreras que se superan mediante los usos *BIM*. En este esquema final de alineamiento se ha considerado que para los usos *BIM* aplicados en los proyectos estudiados las percepciones de valor encontradas son las que determinan el alineamiento entre usos *BIM* con principios y barreras. Por otro lado, para los usos *BIM* que no han sido usados en estos proyectos se ha mantenidos los resultados encontrados en la literatura.

USOS BIM PRINCIPIOS		MODELAMIENTO DEL PROYECTO EN TODAS SUS ETAPAS	ESTIMACIÓN DE CUANTIFICACIONES (METRADOS) Y COSTOS	GENERACIÓN DE DIVERSAS PROPUESTAS DE DISEÑO	REVISIÓN DE NORMATIVA	DETECCIÓN DE INTERFERENCIAS E INCOMPATIBILIDADES	PLANIFICACIÓN EN 4D	GENERACIÓN DE DOCUMENTACIÓN	EVALUACIONES DE SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	SIMULACIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS	FABRICACIÓN DIGITAL	PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	GESTIÓN DE ACTIVOS	ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL ACTIVO
		S A T I S F A C E	USO DE TECNOLOGÍA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TRANSPARENCIA DE LA INFORMACIÓN	X		X		X	X	X					X	X	
RENTABILIDAD SOCIAL						X			X			X	X	
PREDICTIBILIDAD	X			X	X	X	X	X	X	X		X		
CONSIDERACIÓN AL USUARIO FINAL	X			X		X	X		X			X	X	X
CUMPLIMIENTO DE NORMAS	X		X		X	X		X	X					X
CALIDAD	X		X	X		X	X	X	X	X		X	X	
EFICACIA	X					X	X	X				X		X
EFICIENCIA	X		X		X	X	X	X	X	X	X			X
IMPRECISIÓN	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
M I T I G A	FALTA DE ESTUDIOS DE DISEÑO	X							X					
	CORRUPCIÓN		X		X	X					X	X		

**Tabla 16: Esquema final de alineamiento entre usos *BIM* y principios valorados. Elaboración propia**

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES**

### CONCLUSIONES:

La metodología *BIM* propone muchos cambios respecto a la forma tradicional de trabajo. Uno de estos cambios es el uso de herramientas tecnológicas para el mejor entendimiento del proyecto y la obtención de resultados en mucho menor tiempo. No obstante, el mayor reto para implementar *BIM* es el capital humano de las instituciones que desean implementarlo. Succar menciona todos los roles que son necesarios para que la implementación *BIM* rinda los frutos esperados. Estos resultados también dependen de conocer las barreras y facilitadores de la implementación *BIM*, siendo éstos últimos los que se deben de promover durante la toma de decisiones en este camino de innovación.

Los usos *BIM* encontrados en la literatura son bastante conocidos, pero presentan diversos nombres entre instituciones que los estudian a pesar de referirse al mismo uso *BIM*. No obstante, todos estos usos se basan en el modelo *BIM* generado para cada proyecto. Por ello, el uso *BIM* de modelado del proyecto en todas sus etapas es el principal uso, ya que es el uso *BIM* que permite que todas las demás aplicaciones puedan desarrollarse. A pesar de esto, no bastan con los usos *BIM* para implementarlo.

Se debe gestionar proyectos usando *BIM* en las etapas de concepción, diseño, construcción y mantenimiento. Para ello, es importante definir un *BEP* en cada proyecto y tener métricas para poder controlarlo. Incluso, CAPECO plantea en su “Visión y compromiso de CAPECO con la construcción responsable” el uso de *BIM* para el control integral de diseño, construcción y operación de proyectos. Esto con el fin de asegurar su calidad y durabilidad, así como para reducir los espacios para la discrecionalidad y corrupción (CAPECO, 2018).

El actual método de gestión de proyectos públicos de construcción en Perú posee falencias que ocasionan grandes porcentajes de adicionales en obra y ampliaciones de plazo groseras que limitan brindarles los servicios que la sociedad peruana requiere. Adicionalmente, la gestión de los proyectos públicos se encuentra en una etapa de transición, el traspaso del SNIP a Invierte.pe, la cual traerá diversos tipos de confusiones por parte de las entidades públicas y por parte de las empresas que contratan con el estado.

A pesar de las confusiones que puede traer esta etapa de transición, la nueva propuesta que plantea Invierte.pe para la gestión de la inversión pública está alineada con el cierre de brechas de infraestructura, lo que es necesario para darle mayor competitividad al país. La Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN) prevé una inversión de 8.27 % del PBI para lograr este objetivo entre el período 2016 – 2025, que también traerá mejores condiciones laborales debido al efecto multiplicador de la inversión (Bonifaz et al., 2015).

Además de las normas mencionadas, la Ley de Contrataciones del Estado también interviene en los proyectos de construcción peruanos. En esta ley se hace mención de los principios que rigen las contrataciones del estado y los que deberían definir la elección de un postor u otro. Sin embargo, no se define ninguna manera de medir estos principios o de cómo cuantificarlos para poder comparar alternativas al licitar obras, proyectos, servicios u otro tipo de contratación. Por este motivo, estos principios son teóricos y no se sabe si representan lo que realmente le agrega valor a las contrataciones hechas por el estado, dentro de las cuales se encuentran procesos propios de los proyectos de construcción.

La determinación de principios en proyectos públicos de construcción no es un tema propio de la ley peruana. Dentro de la revisión de literatura también se encontraron algunos principios que autores del mundo han encontrado a la hora de realizar este tipo de proyectos. La eficiencia, eficacia, calidad, transparencia de la información, rentabilidad social, sostenibilidad, sustentabilidad y cumplimiento de normativa son los principios encontrados en trabajos de investigación sobre gestión de la construcción. Además, estos principios han servido de base para realizar la parte de investigación cualitativa del presente trabajo de tesis, donde se validaron si estos principios eran o no aplicables al sector público peruano.

Las entrevistas realizadas durante la etapa de investigación cualitativa en el presente trabajo de tesis presentaron diversas complicaciones para su realización. Los funcionarios públicos tienen una agenda bastante recargada y poder coincidir con sus tiempos libres para que puedan brindar entrevistas es difícil. Sin embargo, las 18 entrevistas realizadas durante los 3 meses que demoró esta parte de la investigación dieron sus frutos y demostraron que no todos los principios previamente mencionados eran valorados por los funcionarios públicos peruanos.

La rentabilidad social, eficiencia, eficacia, calidad, transparencia de la información y cumplimiento de normativa fueron los principios validados por las entrevistas realizadas. Por otro lado, la sostenibilidad fue mencionada por 2 funcionarios como

un principio que se valora al realizar proyectos de construcción, esto se debe a la falta de normas que controlen el impacto ambiental que ejercen los proyectos de construcción. En otros países, existen normas que regulan con mucho más rigor la cantidad de gases que la industria de la construcción produce, la cantidad de desechos que se producen en los proyectos, etc. Finalmente, todos los entrevistados han mencionado que la sustentabilidad no es un principio que ellos evalúan al desarrollar proyectos ya que todos los proyectos que ellos desarrollan ya están justificados por el mismo hecho de ser un PIP. La evaluación de sustentabilidad se hace en la etapa de pre-inversión. En este trabajo de investigación se ha entrevistado a funcionarios públicos pertenecientes a las etapas de diseño, construcción y mantenimiento; las cuales pertenecen a la etapa de inversión.

Además de los principios verificados por las entrevistas realizadas a los funcionarios públicos, se encontraron tres principios más: predictibilidad, uso de tecnología y consideración al usuario final. El primero de éstos ha sido mencionado por todos los entrevistados de la etapa de operación y mantenimiento, ya que es necesario que ellos sepan qué van a encontrar al momento de hacer sus labores de mantenimiento. El uso de la tecnología ha sido mencionado por todos los funcionarios que ya han tenido algún acercamiento con proyectos que han implementado *BIM* de cierta forma; incluso usando solamente la parte tecnológica de *BIM* ya se tienen muchos beneficios en estos proyectos. En lo que respecta a consideración al usuario final, se valora que los proyectos cuenten con la participación de éste involucrado, debido a que éste será el beneficiado por los servicios creados.

En las entrevistas también se identificaron las barreras que limitan que estos principios sean satisfechos en los proyectos. Baja calidad, incumplimiento de normas y falta de transparencia de la información son las barreras identificadas que atacan directamente a los principios valorados. Corrupción, falta de capacitación, falta de estudios de diseño e imprecisión son las otras barreras identificadas que no permiten que se agregue valor público a los proyectos de construcción. Estas barreras ocasionan diversos tipos de problemas durante las etapas de diseño, construcción y mantenimiento, siendo esta etapa final la que mayores problemas afronta si los problemas ocasionados en las etapas anteriores no se resuelven adecuadamente.

Según el esquema conceptual de alineamiento entre usos *BIM* y principios valorados, todos estos usos *BIM* agregan valor a los proyectos públicos; siendo la generación de diversas propuestas de diseño, planificación en cuatro dimensiones y programación de mantenimiento preventivo los usos *BIM* que mayor cantidad de

principios satisfacen y barreras mitigan al desarrollar este tipo de proyectos. De estos tres usos, dos inician en la etapa de diseño, dando a entender que son muy influyentes las decisiones respecto a las herramientas que se usarán desde etapas tempranas para desarrollar proyectos. Respecto a los diez usos *BIM* restantes, aplicarlos desde etapas tempranas también es necesario para mayores beneficios y dirigirlos a seguir agregando valor público.

El principio valorado que más se beneficia de estos usos *BIM* es el uso de tecnología; ya que todos estos usos representan la aplicación de algún programa de computadora para agregarle valor a los proyectos de construcción. Por otro lado, la barrera identificada que más se mitiga con estos usos *BIM* es la imprecisión, ya que mediante la aplicación de estos usos *BIM*, los involucrados tendrán mayor certeza de algunos datos importantes para desarrollar su labor.

De los proyectos públicos que fueron parte del caso de estudio del presente trabajo de investigación se obtiene que los usos *BIM* aplicados por ellos han pertenecido a las etapas de diseño y construcción, estos fueron: detección de interferencias, modelado del proyecto, programación en cuatro dimensiones, estimación de costos y metrados, análisis de sostenibilidad y eficiencia energética, generación de planos y generación de diversas propuestas de diseño. De estos usos, el que más principios logró satisfacer en los proyectos estudiados ha sido detección de interferencias, debido a que este es un problema bastante frecuente en este tipo de proyectos y encontrar una herramienta que permita solucionarlo hace que se perciba a ojos de todos los involucrados.

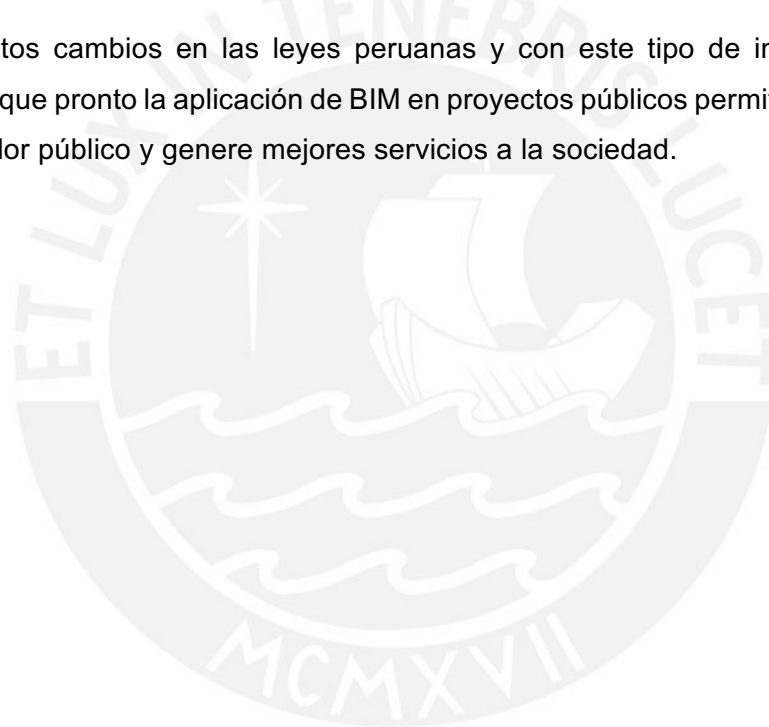
El esquema final de alineamiento entre usos *BIM* y principios valorados posee una parte validada. Esta parte validada corresponde a los usos *BIM* aplicados en los proyectos del caso de estudio. Los otros usos *BIM* necesitan validarse, los que corresponden, en su mayoría, a la etapa de operación y mantenimiento. De la parte validada se concluye que no ha habido una marcada diferencia respecto al esquema conceptual desarrollado. Incluso, los resultados de estos proyectos han agregado algunos principios más que son satisfechos por los usos *BIM* según la experiencia por parte del cliente en estos proyectos.

Además, los usos *BIM* que satisfacen los principios y mitigan las barreras son muy parecidos entre los proyectos estudiados; a pesar que los encargados de la aplicación de los usos *BIM* en estos proyectos sean distintos en cada uno. Por el lado de los coordinadores se tienen casi las mismas percepciones de valor respecto a lo que *BIM* aporta a los proyectos. Pese a ello, se no se puede afirmar algo sobre la

influencia de los responsables de la aplicación de los usos BIM en las percepciones de valor en los proyectos públicos, ya que no forma parte de los objetivos de esta investigación.

Finalmente, el esquema final presentado es una manera de justificar cómo la aplicación de BIM, entendiéndolo no solamente como herramienta tecnológica mediante sus diversos usos, sino también como metodología, le agrega valor a los proyectos públicos para proveer de mayores y mejores servicios a los usuarios finales, en este caso, la sociedad peruana. Es mas, este primer intento de justificación se refuerza con lo estipulado en el Decreto Legislativo N° 1444, donde se menciona la futura obligatoriedad de usar aplicaciones de modelamiento digital de información para la ejecución de obras públicas (Decreto Legislativo N° 1444, 2018).

Con estos cambios en las leyes peruanas y con este tipo de investigaciones se espera que pronto la aplicación de BIM en proyectos públicos permita que se agregue más valor público y genere mejores servicios a la sociedad.



## FUTURAS INVESTIGACIONES:

El esquema conceptual de principios valorados y barreras identificadas puede servir para validar la implementación de filosofías como *Lean Construction* en el sector público peruano. Para lo que se propone alinear los principios que la filosofía *Lean Construction* propone con los principios que se valoran en este tipo de proyectos.

Los principios valorados deberían estar normados en alguna ley; pero especificando los mecanismos a usar para poder medirlas en las etapas de estos proyectos y no solamente como ocurre con las evaluaciones “Expost” que lo hacen al final de la inversión.

Se deben determinar los principios valorados y barreras identificadas por parte de los funcionarios públicos con cierta frecuencia, ya que, como son entrevistas y esta información es subjetiva, los principios pueden cambiar conforme los funcionarios cambien. Por ello, la medición de estos principios y barreras es necesaria para mantener vigente el presente esquema de alineamiento o actualizarlo conforme vayan evolucionando los principios en los proyectos públicos.

Se propone verificar constantemente el esquema de alineamiento entre usos *BIM* y principios peruanos, ya que aún hay ciertos usos que queda pendiente verificar ya que se ejecutan en etapas que no estaban presentes dentro del alcance de esta tesis.

Encontrar los principios valorados y barreras identificadas por parte de los otros involucrados en proyectos públicos de construcción. Por ejemplo: las percepciones de valor del contratista, del supervisor, del usuario final, del consultor *BIM*, etc.

Verificar el esquema de principios valorados en países en vías de desarrollo, para que pueda ser usado como herramienta de agregación de valor público mediante el uso de *BIM* u alguna otra forma de ICT.



## **Bibliografía:**

- (AIA), A. I. of A. (2008). AIA Document E202™ – 2008. *Building Information Modeling Protocol Exhibit*, (10), 1–9.
- Adriaanse, A., Voordijk, H., & Dewulf, G. (2010). The use of interorganisational ICT in United States construction projects. *Automation in Construction*, 19(1), 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.09.004>
- AIA. Digital Practice Documents - Guide, Instructions and Commentary, Aia § (2013).
- Al-Harhi, A., Soetanto, R., & Edum-Fotwe, F. (2014). The changing role of the public client in construction procurement. In *Proceedings of the 30th Annual ARCOM Conference* (pp. 403–412). Portsmouth, UK: Association of Researchers in Construction Management.
- Al-Kharashi, A., & Skitmore, M. (2009). Causes of delays in Saudi Arabian public sector construction projects. *Construction Management and Economics*, 27(1), 3–23. <https://doi.org/10.1080/01446190802541457>
- Alhava, O., Laine, E., & Kiviniemi, A. (2015). Intensive big room process for co-creating value in legacy construction projects. *Journal of Information Technology in Construction*, 20, 146–158.
- Anumba, C. J., & Evbuomwan, N. F. O. (1997). Concurrent Engineering in Design-Build projects. *Construction Management and Economics*, 15(3), 199–207.
- Arnao Rondán, R. (2011). *La eficiencia en la gestión pública: "El caso de la gestión de inversión pública local en el Perú"*. Lima: Serie de investigaciones 6: Universidad Católica Sedes Sapientae.
- Asociación Nacional Invierte Perú (2017), Inversión Pública en Salud. Revista ANIP (1). p. 23-28.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modelling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252. [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Barlish, K., & Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM - A case study approach. *Automation in Construction*, 24, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>

- Bazjanac, V. (2007). Impact of the U.S. National Building Information Model Standard (Nbims) on Building Energy Performance Simulation. *Building Simulation 2007*, 1377–1382.
- Bhatia, N., & Drew, J. (2006). Applying lean production to the public sector. *The McKinsey Quarterly: The Online Journal of McKinsey & Co.*, June, 1–5.
- BIMForum. (2016). *Level of Development Specification Version:2016 For Building Information Models* (the Associ). Arlington, VA 22201.
- Birna Kjartansdóttir, I., Mordue, S., Nowak, P., Philp, D., & Thór Snæbjörnsson, J. (2017). *BUILDING INFORMATION MODELLING BIM*. Varsovia: Civil Engineering Faculty of Warsaw University of Technology.
- Boes, H., & Dorée, A. (2008). Public Procurement of Local Authorities in the Netherlands : a Case of Breaking Tradition for a More Strategic Approach ?! *ARCOM Conference*, (January), 477–486.
- Bonifaz, J. L., Urrunaga, R., Aguirre, J., & Urquino, C. (2015). *Un plan para salir de la pobreza: Plan Nacional de Infraestructura 2016 - 2025* (Asociación). Lima: Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN).
- Building and Construction Authority. (2017). *Singapore VDC Guide version 1.0*.
- BuildLACCD (2010). LACCD Building Information Modeling Standards Version 3.0, BuildLACCD, the Los Angeles Community College District.
- CAPECO (5 de mayo de 2018). Visión y compromiso de CAPECO con la construcción responsable. *Construcción e Industria* (342). p. 15-26
- Chachere, J. M., Kunz, J., & Levitt, R. (2009). The Role of Reduced Latency in Integrated Concurrent Engineering. *CIFE Working Paper#WP116*, (April).
- Cheng, J. C. P., & Lu, Q. (2015). A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. *Journal of Information Technology in Construction*, 20, 442–478.
- Cheng, J. C. P., & Ma, L. Y. H. (2013). A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning. *Waste Management*, 33(6), 1539–1551. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.001>
- Cho, K., Hyun, C., Koo, K., & Hong, T. (2010). Partnering Process Model for Public-Sector Fast-Track Design-Build Projects in Korea. *Journal of Management in*

*Engineering*, 26(1), 19–29. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2010\)26:1\(19\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2010)26:1(19))

Cohen, S., and Eimicke, W. B. (2008), "The Responsible Contract Manager: Protecting the Public Interest in an Outsourced World". Georgetown University Press.

Computer Integrated Construction Research Program. (2010). *BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.0*. The Pennsylvania State University. Pennsylvania, USA. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Computer Integrated Construction Research Program. (2011). The Uses of BIM. Pennsylvania, USA. *BIM Execution Planning*. Extraído de: <http://bim.psu.edu/Uses/default.aspx>

Computer Integrated Construction Research Program (2013a). BIM Planning Guide for Facility Owners Version 2.0, University Park, PA, USA, The Pennsylvania State University.

D'Alessio Ipinza, F., Del Carpio Castro, L., & Muñoz, R. M. (2017). *Resultados del Ranking de Competitividad Mundial 2017*. Lima.

Dave, B, Koskela, L, Kiviniemi, A, Owen, R, Tzortzopoulos, P. (2013). *Implementing Lean in construction: CIRIA* (1st ed.). London.

Decreto Legislativo N° 1252. Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones y deroga la Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 1 de diciembre de 2016.

Decreto Legislativo N° 1444. Decreto Legislativo que Modifica la ley N° 30225, Ley de contrataciones del estado. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 16 de setiembre de 2018.

Decreto Supremo N° 027-2017-EF. APRUEBAN EL REGLAMENTO DEL DECRETO LEGISLATIVO N° 1252, DECRETO LEGISLATIVO QUE CREA EL SISTEMA NACIONAL DE PROGRAMACIÓN MULTIANUAL Y GESTIÓN DE INVERSIONES Y DEROGA LA LEY N° 27293, LEY DEL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN PÚBLICA. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de diciembre de 2017.

Decreto Supremo N° 102-2007-EF. APRUEBAN EL NUEVO REGLAMENTO DEL

- SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN PÚBLICA. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 19 de julio de 2007.
- Decreto Supremo N° 350-2015-EF. Aprueban Reglamento de la Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 10 de diciembre de 2015.
- Directiva N° 001-2011-EF/68.01. DIRECTIVA GENERAL DEL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN PÚBLICA. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 9 de abril de 2011.
- Directiva N° 001-2017-EF/63.01. Directiva para la Programación Multianual en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 8 de abril de 2017.
- Directiva N° 002-2017-EF/63.01. Directiva para la Formulación y Evaluación en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú 22 de abril de 2017.
- Directiva N° 003-2017-EF/63.01. Directiva para la Ejecución de Inversiones públicas en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 20 de setiembre de 2017.
- Department of Culture, Media & Sport. (2000). *Better public buildings. A proud legacy for the future*. London.
- Eastman, C., Liston, K., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors* (1st ed.). New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.  
<https://doi.org/2007029306>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors* (Second Edi). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Fellows, R., & Liu, A. (2008). Impact of participants' values on construction sustainability. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability*, 161(4), 219–227. <https://doi.org/10.1680/ensu.2008.161.4.219>
- Fischer, M., Reed, D., Khanzode, A., & Ashcraft, H. (2014). A simple framework for integrated project delivery. In *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Understanding and Improving Project Based Production, IGLC 2014* (pp. 1319–1330). Oslo, Norway

- Foro Económico Mundial. (2017). *The Global Competitiveness Report 2017-2018* (Foro Econó). <https://doi.org/92-95044-35-5>
- Gabel-Shemuelia, R., Yamada, G., & Dolan, S. (2013). Los que vale el trabajo en el sector público: estudio exploratorio del significado de los valores organizacionales en el sector público del Perú. *Journal of Work and Organizational Psychology*, 29(2), 83–90.
- Goldie-Scot, H. (2008). Briefing: Corruption in construction in developing countries. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer*, 161(4), 211–213. <https://doi.org/10.1680/muen.2008.161.4.211>
- Gurevich, U., Sacks, R., & Shrestha, P. (2017). BIM adoption by public facility agencies: impacts on occupant value. *Building Research and Information*, 45(6), 610–630. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1289029>
- HARVARD UCMC. (2016). *Bim Uses guide*. Harvard University Construction Management Council. Boston, MA, USA.
- International Institute for Management Development. (2017). *IMD World Talent Ranking 2017* (Institute). Lausanne.
- Knotten, V., & Svalestuen, F. (2014). Implementing Virtual Design and Construction (VDC) in Veidekke – Using Simple Metrics to Improve the Design Management Process. In *Proceedings for the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 1379–1390). Oslo, Norwa.
- Kreider, R. G. (2013). *An Ontology of the Uses of Building Information Modeling*. The Pennsylvania State University.
- Kreider, R. G., & Messner, J. I. (2013). *The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses Version 0.9*. University Park, PA, USA.
- Latiffi, A. A., Brahim, J., & Fathi, M. S. (2016). Transformation of Malaysian Construction Industry with Building Information Modelling (BIM). *MATEC Web of Conferences*, 66(January), 00022. <https://doi.org/10.1051/matecconf/20166600022>
- Ley N° 27293. *Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP)*. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 28 de junio de 2000.
- Ley N° 30225. *Ley de Contrataciones del Estado*. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 11 de julio de 2014.

- Lorimer, John (Manchester CC) & Bew, M. (URS). (2011). *A Report for the Government Construction Client Group – BIM working strategy Client Group. Strategy Paper for the Government Construction Client Group From the BIM Industry Working Group*. London.
- Macmillan, S. (2006). Added value of good design. *Building Research & Information*, 34(3), 257–271. <https://doi.org/10.1080/09613210600590074>
- Madrid Alonso, J. (2015). Nivel de Desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, 15,
- Martin-Dorta, N. (2016). Building Information Modeling : barreras y oportunidades para mejorar la eficiencia en la industria de la construcción. *Aula Dyna Universidad de La Laguna*, 91(5), 478–481. <https://doi.org/DOI:> <http://dx.doi.org/10.6036/7828>
- MARZOUK M. and ATY A.A. (Year) Published. Maintaining Subways Infrastructure using BIM. Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World, 2012 West Lafayette, Indiana. Construction Institute of ASCE, 2320-2328.
- Masterman, J. (2002) "An introduction to building procurement systems". London: Spon press.
- McPartland, R. (2017). BIM dimensions - 3D, 4D, 5D BIM explained. London, UK. The NBS. Extraído de <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Compendio de normatividad del sistema nacional de inversión pública*. Lima.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2017). *El nuevo sistema de Inversión Pública*. Marzo, 2017. Lima.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). *Consulta de Inversiones*. Lima, Perú. Banco de Inversiones. Extraído de <https://ofi5.mef.gob.pe/invierte/consultapublica/consultainversiones>
- Mohammed Ali Berawi, Bambang Susantono, Hamzah Abdul-Rahman, Mustika Sari, Sesmiwati, H. Z. R. (2013). Integrating quality management and value management methods: creating value for building projects. *International Journal of Technology*, 4(4), 45–55.

- National Institute of Building Sciences. (2017). *National BIM Guide for Owners*. Washington, DC 20005
- Oliver Faubel, I. (2015). *Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta*. Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/61294>
- Ortega, S. (2014). *BIM desde el punto de vista del Project Manager*. Madrid, España.
- OSCE (2009). Historia: Creación del OSCE. Lima, Perú. Portal OSCE. Extraído de <http://portal.osce.gob.pe/osce/content/historia>
- Palaneeswaran, E., Kumaraswamy, M., & Ng, T. (2003). Targeting optimum value in public sector projects through “best value”-focused contractor selection. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 10(6), 418–431. <https://doi.org/10.1108/09699980310509390>
- Panuwatwanich, K., & Peansupap, V. (2013). Factors affecting the current diffusion of BIM: a qualitative study of online professional network. In *2013 Creative Construction Conference* (pp. 575–586). Budapest, Hungary. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10072/53328>
- Pastor Vargas, C. (2011). Infraestructura y pobreza en el Perú. *Inversión En Infraestructura Pública y Reducción de La Pobreza En América Latina*, 115–124.
- Peansupap, V., & Walker, D. (2005). Factors affecting ICT diffusion: A case study of three large Australian construction contractors. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 12(1), 21–37. <https://doi.org/10.1108/09699980510576871>
- Philip, D. (2012). BIM : The UK Government Strategy. *Bips Konference 2012*.
- Sacks, R., & Koskela, L. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), 968–981. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000203](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203)
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction*

*Engineering and Management*, 136(9), 968–980.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000203](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203)

- Salinas, J. R., & Ulloa, K. A. (2014). Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 229–255.  
<https://doi.org/10.19083/SINERGIA.2014.212>
- Sargent, K., Hyland, P., & Sawang, S. (2012). Factors influencing the adoption of information technology in a construction business. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(2), 86.  
<https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i2.2448>
- Siew Wah, L. (2014). The Singapore BIM Roadmap. In *Government BIM Symposium 2014*. Building and Construction Authority.
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. In *27 th IPMA World Congress* (Vol. 27, pp. 475–484). Elsevier B.V.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.053>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Tanzi, V. (2000). El papel del Estado y la calidad del sector público. *Revista de La CEPAL*, (71), 7–22.
- Torres S., M., Vásquez S., C., & Luna C., M. (2011). Análisis Estratégico De La Evaluación De La Cali- Dad Del Servicio En El Sector Público. *Compendium*, 27, 39–59.
- U.S. General Services Administration. (2007). *GSA Building Information Modeling Guide Series 01 – Overview version 0.6*. Washington, DC 20405.