

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE MÉTODOS ÁGILES EN
PROYECTOS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO CONCEPTUAL

MAURICIO GONZÁLEZ QUESADA

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

San José, Costa Rica

Marzo, 2024

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
requisito parcial para optar al grado de Maestría en Administración de Proyectos

Álvaro Mata Leitón

TUTOR

Carlos Castro Torres

PROFESOR LECTOR No.1

Fabio Muñoz Jiménez

PROFESOR LECTOR No.2

Mauricio González Quesada

SUSTENTANTE

DEDICATORIA

Este trabajo es para Mari, que me ha brindado el impulso, el espacio, el tiempo, el sustento y el ánimo para llevarlo adelante desde una pequeña idea hasta su completo desarrollo. ¡Solo con la ayuda de Dios podré yo retribuir apenas una porción de lo que tu desprendimiento me regala a diario!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente el impulso y apoyo dado por mi tutor, Álvaro Mata, para desarrollar y pulir el presente trabajo. Sus insumos fueron de gran valor para desarrollar mis ideas y poder reflejarlas de la forma más clara posible.

Agradezco también el apoyo dado por mi actual empleador y mis compañeros de trabajo para obtener información y experiencia relevantes para este planteamiento.

Agradezco de corazón la asistencia dada por Marijó, mis papás y hermanas y amigos para poder disponer del tiempo necesario para esta tarea en paralelo con mis obligaciones como padre y empleado. Solo con estas grandes ayudas podemos todos construir juntos, poco a poco, grano a grano, un mundo mejor.

ABSTRACT

El presente documento tiene como objetivo diseñar una metodología de aplicación de métodos ágiles de gestión de proyectos, para ser utilizada en procesos de diseño conceptual de arquitectura, con el fin de promover una mayor y más oportuna participación de los interesados, con un mejor entendimiento de la naturaleza cíclica del proceso. Los potenciales beneficios de asociar los métodos ágiles a la etapa de diseño de proyectos de construcción han sido identificados ya por múltiples autores, ya que permiten gestionar de forma efectiva la incertidumbre inherente a las etapas tempranas del proceso de diseño.

El producto final de este proyecto consiste en la metodología que guía la implementación ágil de los procesos de diseño, para lo cual se construyó una matriz de relacionamiento de involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las fases del proceso de diseño para compararlos directamente con las funciones de los roles y artefactos propios de los métodos ágiles. Con esta base se elaboró la propuesta de metodología de gestión como una descripción explícita de desempeño de cada rol y uso de cada artefacto. Finalmente, se aplicó la metodología propuesta a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad. Se utilizaron metodologías analítica, sintética e inductiva según las fases del proyecto.

Palabras clave: diseño, construcción, arquitectura, ágil, scrum, BIM, metodología.

ABSTRACT

The objective of this document is to design a methodology for the application of agile project management methods in conceptual architectural design processes, to promote a greater and more timely participation of interested parties, with a better understanding of the cyclical nature of the process. The potential benefits of associating agile methods to the design stage of construction projects have already been identified by multiple authors, since they allow effective management of the uncertainty inherent during early stages of the design process.

The final product of this project consists of the methodology that guides agile implementation of design processes, for which a relationship matrix of stakeholders, objectives, instruments, and technological tools of the phases of the design process was built to compare them directly with the functions of the roles and artifacts of agile methods. On this basis, the methodology proposal was developed as an explicit description of each role and use of each artifact. Finally, the proposed methodology was applied to a typical design example, to demonstrate its functionality. Analytical, synthetic, and inductive methodologies were used according to the phases of the project.

Keywords: design, construction, architecture, agile, scrum, BIM, methodology.

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES.....	12
RESUMEN EJECUTIVO.....	13
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Antecedentes.....	15
1.2. Problemática.....	17
1.3. Justificación del proyecto.....	19
1.4. Objetivo general.....	21
1.5. Objetivos específicos.....	21
2. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Marco institucional.....	23
2.1.1. Antecedentes de la investigación.....	23
2.1.2. Misión y visión.....	25
2.1.3. Estructura organizativa.....	27
2.1.4. Productos y servicios que ofrece.....	28
2.2. Teoría de Administración de Proyectos.....	29
2.2.1. Principios de la dirección de proyectos.....	29
2.2.2. Dominios de desempeño del proyecto.....	35
2.2.3. Proyectos predictivos, proyectos adaptativos y proyectos híbridos.....	39
2.2.4. Administración, dirección o gerencia de proyectos.....	41
2.2.5. Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos.....	43
2.2.6. Ciclos de vida de los proyectos.....	46
2.2.7. Estrategia empresarial, portafolios, programas, proyectos.....	52

2.3.	Otra teoría propia del tema de interés.....	54
2.3.1.	Situación actual del problema u oportunidad en estudio.....	54
2.3.2.	Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio.....	54
2.3.3.	Otra teoría relacionada con el tema en estudio	57
2.3.3.1.	Componentes y fases del proceso de diseño arquitectónico	57
2.3.3.2.	Métodos ágiles de gestión de proyectos.....	58
2.3.3.3.	<i>Scrum</i> : roles, eventos y artefactos.....	60
2.3.3.4.	Building Information Modelling.....	66
3.	MARCO METODOLÓGICO	67
3.1.	Fuentes de información.....	67
3.1.1.	Fuentes primarias	67
3.1.2.	Fuentes secundarias.....	68
3.2.	Métodos de investigación.....	70
3.2.1.	Método analítico.....	70
3.2.2.	Método sintético.....	70
3.2.3.	Método inductivo	71
3.3.	Herramientas	72
3.4.	Supuestos y restricciones	74
3.5.	Entregables.....	75
4.	DESARROLLO	77
4.1.	Revisión de literatura	77
4.1.1.	Definiciones atinentes al proceso de diseño arquitectónico.....	77
4.1.1.1.	Fases en la vida del proyecto de construcción	79
4.1.1.2.	Factores que influyen el proceso de diseño.....	82
4.1.1.3.	Involucrados y prácticas actuales.....	83

4.1.2.	Síntesis de beneficios de los métodos ágiles	86
4.2.	Interrelaciones entre involucrados y herramientas	90
4.2.1.	Herramientas tecnológicas actuales.....	90
4.2.1.1.	Videotelefonía y teletrabajo	90
4.2.1.2.	Herramientas profesionales.....	92
4.2.2.	Matriz de relacionamiento	95
4.3.	Metodología propuesta	99
4.3.1.	Fase de Preparación.....	101
4.3.1.1.	Subfase de Integración.....	101
4.3.1.2.	Subfase de Planificación	104
4.3.2.	Fase de Ejecución.....	112
4.3.3.	Fase de Cierre	115
4.4.	Ejemplo de aplicación	118
4.4.1.	Descripción de caso.....	118
4.4.2.	Fase de Preparación.....	121
4.4.2.1.	Subfase de Integración.....	121
4.4.2.2.	Subfase de Planificación	124
4.4.3.	Fase de Ejecución.....	131
4.4.3.1.	Primer <i>Sprint</i>	131
4.4.3.2.	<i>Sprints</i> posteriores	138
4.4.4.	Fase de Cierre	138
5.	CONCLUSIONES	142
5.1.	Sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión	142
5.2.	Sobre el relacionamiento del diseño y los métodos ágiles	143
5.3.	Sobre la elaboración de la propuesta metodológica.....	143

5.4. Sobre la aplicación práctica de la propuesta metodológica	144
6. RECOMENDACIONES	145
6.1. Sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión	145
6.2. Sobre el relacionamiento del diseño y los métodos ágiles	145
6.3. Sobre la elaboración de la propuesta metodológica	146
6.4. Sobre la aplicación práctica de la propuesta metodológica	146
7. VALIDACIÓN DEL TRABAJO EN EL CAMPO DEL DESARROLLO REGENERATIVO Y/O SOSTENIBLE	148
7.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible	148
7.2. Análisis P5	150
7.3. Dimensiones del desarrollo regenerativo	155
LISTA DE REFERENCIAS	158
ANEXOS	163
Anexo 1: Acta (Chárter) del PFG.....	164
Anexo 2: EDT del PFG.....	174
Anexo 3: Cronograma del PFG	176
Anexo 4: Investigación bibliográfica preliminar	179
Anexo 5: BEP-ágil para el ejemplo de aplicación	189

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ejemplo de ciclo de vida predictivo	47
Figura 2 Ejemplo de ciclo de vida adaptativo incremental.....	48
Figura 3 Ciclo de vida básico de la metodología PM ²	49
Figura 4 Ciclo de vida de la metodología PM ² en el marco de los métodos ágiles	50
Figura 5 Ciclo de vida de enfoque de desarrollo adaptativo.....	51
Figura 6 Los cuatro valores del Manifiesto de Ágil.....	59
Figura 7 Los doce principios detrás del Manifiesto de Ágil.....	87
Figura 8 Diagrama de la propuesta metodológica.....	101
Figura 9 Evolución del backlog	108
Figura 10 Disposición diagramática de proceso de producción de harina de trigo	119
Figura 11 Ejemplo de edificio de molinera de trigo en planta de alta capacidad.....	120
Figura 12 Ejemplos de historias de usuario aplicables al proyecto	125
Figura 13 Historias de usuario generadas en la sesión de visualización.....	128
Figura 14 Primera versión del <i>Product Backlog</i>	130
Figura 15 Elementos de trabajo priorizados para el primer <i>Sprint</i>	133
Figura 16 Ejemplo de pizarra de <i>Sprint Retrospective</i>	137
Figura 17 Análisis de impacto P5.....	151

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Áreas de conocimiento y procesos de administración de proyectos.....	45
Tabla 2 Fuentes de información utilizadas.....	69
Tabla 3 Métodos de investigación utilizados.....	71
Tabla 4 Herramientas utilizadas.....	73
Tabla 5 Supuestos y restricciones.....	74
Tabla 6 Entregables.....	76
Tabla 7 Correlaciones entre las fases de vida del proyecto de construcción planteadas por la AIA y el CFIA.....	79
Tabla 8 Factores que influyen en el proceso de diseño.....	82
Tabla 9 Involucrados en el proceso de programación y diseño conceptual.....	85
Tabla 10 Matriz de relacionamiento de roles.....	96
Tabla 11 Conformación propuesta de <i>Scrum Team</i>	122

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

AIA: American Institute of Architects (Instituto Estadounidense de Arquitectos)

BEP: BIM Execution Plan (Plan de Ejecución BIM)

BIM: Building Information Modelling (Modelaje de Información de Edificios)

BOD: Basis of Design (Base del Diseño)

EDT: Estructura de desglose de trabajo

GPM: Green Project Management (Administración de Proyectos Verde)

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design (Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental)

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PMI: Project Management Institute (Instituto de Administración de Proyectos)

UE: Unión Europea

RESUMEN EJECUTIVO

La industria de la construcción ha estado históricamente asociada a los métodos predictivos de gestión de proyectos, y suele tener un muy bajo apetito para el riesgo y los cambios a lo largo del proyecto. No obstante, diversos autores han evaluado la posibilidad de aplicar métodos de gestión ágil en esta industria con distintas motivaciones y objetivos. Por lo general, han arribado a la conclusión de que existen potenciales beneficios de su uso en la etapa de diseño. El diseño conceptual es la parte inicial del proceso de diseño arquitectónico. Se caracteriza por ser un proceso de descubrimiento conjunto entre el propietario, el arquitecto y otros actores relevantes. El arquitecto debe dirigir un proceso efectivo de exploración con el propietario y el resto del equipo, para considerar las necesidades planteadas por el cliente, valorar todas las actividades potenciales que desarrollará en la futura edificación, presentar diversas posibles formas de atender las necesidades y considerar las mejores prácticas para el área de actividad del propietario que se encuentren vigentes. Luego, en un proceso usualmente iterativo, se materializa un programa arquitectónico como un conjunto de documentación escrita y gráfica que constituye un entregable para fases posteriores del proyecto madre de diseño y construcción.

No es infrecuente que la visión del propietario sobre el proyecto y su programa arquitectónico evolucione durante el proceso de conceptualización. No es solamente complejo puntualizar el programa arquitectónico, sino que dicho objetivo puede cambiar de lugar y dimensión conforme se valoran las alternativas. El diseño conceptual arquitectónico no cuenta con una estructura de desarrollo que promueva la retroalimentación regular de parte de todos los interesados que puedan tener una influencia relevante sobre el proyecto y que puedan provocar, en etapas posteriores, cambios que generan costos adicionales cada vez mayores en tanto más tardía sea la etapa en que se identifiquen. A esta circunstancia se une que la tecnología BIM promueve la generación de modelos digitales tridimensionales de manera más temprana en la etapa de diseño, trayendo hacia el principio del proceso un nivel de complejidad sin antecedentes.

La metodología propuesta permite guiar la ejecución de ciclos creativos y de retroalimentación con el objetivo de maximizar la eficiencia de estas etapas. De esta forma, se permite la evaluación de múltiples alternativas de programa y configuración conceptuales, reduciendo el potencial de cambios posteriores cuya atención represente altos niveles de costo. Asimismo, permite la evaluación de múltiples alternativas para maximizar el desempeño de sostenibilidad y resiliencia del diseño.

El objetivo general del proyecto fue diseñar una metodología de aplicación de métodos ágiles de gestión de proyectos, para ser utilizada en procesos de diseño conceptual de arquitectura, con el fin de promover una mayor y más oportuna participación de los interesados, con un mejor entendimiento de la naturaleza cíclica del proceso. Los objetivos específicos fueron: realizar una revisión de literatura relevante para establecer definiciones puntuales sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión de las fases relevantes de los procesos de diseño conceptual de arquitectura, construir una matriz de relacionamiento de involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las fases del proceso de diseño conceptual de arquitectura, para compararlos directamente con las funciones de los roles y artefactos propios de los métodos ágiles, elaborar la propuesta de metodología de gestión como una descripción explícita de desempeño de cada rol y uso de cada artefacto, para permitir su implementación en procesos de diseño conceptual de arquitectura y aplicar la metodología a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad.

La metodología de la presente investigación fue analítica para efecto de la identificación del alcance, involucrados y prácticas actuales del diseño conceptual, sintética para la construcción

de la matriz de relacionamiento e inductiva para la elaboración de la propuesta metodológica. Finalmente, se aplicó el método analítico-sintético para la descomposición del ejemplo de aplicación y su implementación a través de la metodología generada.

Se llevó a cabo una evaluación de los involucrados del proceso de diseño conceptual en arquitectura en función de los roles planteados por el marco de trabajo *Scrum*, que evidenció un paralelismo útil para su implementación. Se identificó que los roles habituales del arquitecto y sus consultores son compatibles con los roles de *Product Owner* y *Developers* y se recomendó la incorporación de miembros clave del equipo de trabajo del cliente dentro del *Scrum Team*, para favorecer la exploración de soluciones alternativas en función de los requerimientos. Por otro lado, se identificó que el incremento en el uso de tecnologías de modelado colaborativo BIM facilita la implementación de un esquema de trabajo que se alinea a los objetivos del marco de trabajo *Scrum*.

Fue posible armonizar las etapas, involucrados, objetivos y necesidades propias de las etapas tempranas del diseño arquitectónico con los roles, eventos y artefactos del marco de trabajo *Scrum*, generando una propuesta metodológica cuya implementación es posible para la gestión de proyectos, especialmente de mediana y gran escala. La propuesta metodológica planteada incluye la referencia de actividades iniciales y finales, complementarias al proceso habitual *Scrum*, que se desarrollan para promover que el proceso pueda tener un alto grado de efectividad. El ejemplo de aplicación desarrollado evidenció que es posible aplicar la metodología a casos específicos de diseño conceptual y esquemático.

Se recomendó valorar que, en caso de implementar la metodología, cualquier firma de arquitectura debe reconocer la necesidad de evolución en las expectativas organizacionales sobre la forma de ejecutar el trabajo y medir su avance, debido a que dichas expectativas suelen derivarse de la habitual aplicación de métodos de gestión predictivos en la profesión. La metodología planteada implica el uso de procedimientos de trabajo colaborativos mucho más intensos y cercanos que los usualmente esperados en la industria. En consecuencia, el ejercicio introspectivo recomendado se debe extender también a los socios de ingeniería que participarán en el proceso. Finalmente, debe verse complementado también con la sensibilización de los respectivos clientes, para determinar si han identificado las mismas oportunidades para la aplicación de un método de gestión alternativo, ya que la participación regular y activa del cliente en el proceso es clave para su éxito.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se presentan los antecedentes de investigación para la aplicación de métodos de gestión ágil en la industria del diseño y la construcción. Luego se describe un análisis preliminar de las características de las etapas tempranas del proceso de diseño, y las problemáticas propias de su desarrollo, que sugieren la posibilidad de aplicar métodos ágiles para su gestión. De esta forma se justifica la investigación desarrollada en el presente trabajo y se plantean los objetivos general y específicos aplicables.

1.1. Antecedentes

La industria de la construcción se caracteriza por proyectos que requieren grandes niveles de inversión. Estas inversiones suelen ser de gran relevancia financiera para sus propietarios. En consecuencia, el control de los costos y la seguridad de que la obra a ejecutarse cumpla con las necesidades del propietario son requerimientos del más alto nivel, ya que el costo de corregir errores y desviaciones es alto. Como resultado, esta industria ha estado históricamente asociada a los métodos predictivos de gestión de proyectos, y se suele tener un muy bajo apetito para el riesgo y los cambios a lo largo del proyecto. No obstante, diversos autores han evaluado la posibilidad de aplicar métodos de gestión ágil en la industria de la construcción, con diversos objetivos y resultados. Algunos consideran que la aplicación de métodos ágiles puede permitir una aceleración de la ejecución de los proyectos, mientras que otros consideran que los métodos ágiles pueden ser compatibles con los niveles de incertidumbre que caracterizan a la industria de la construcción.

El análisis realizado por Owen *et al.* es representativo de los ejercicios que se identificaron en la investigación bibliográfica. Los autores hicieron un análisis detallado de los beneficios que los proyectos en la industria de las tecnologías de la información han derivado de la aplicación de los métodos ágiles, considerando que algunos de esos beneficios ya probados en la experiencia deberían ser trasladables a la industria de la construcción. Luego

valoraron conceptualmente su aplicación a las diversas etapas del proyecto de construcción, definidas como pre-diseño, diseño y construcción. Concluyeron que “parece haber considerable potencial de ganancias de la adopción de métodos ágiles en las fases de pre-diseño y diseño; los desarrollos iterativo e incremental puede facilitar las soluciones creativas, particularmente a requerimientos complejos e inciertos” (2006, p. 63).

Johansson, por su parte, confirma la identificación de potenciales beneficios en la aplicación de los métodos ágiles, y plantea incluso los resultados que la industria podría derivar de su aplicación en las etapas de diseño:

La creación de una forma más flexible y adaptable de proceder con la fase de planificación y diseño puede generar más comunicación entre los diferentes actores de un proyecto. Con suerte, esto dará como resultado un prototipo y un diseño más precisos, que todos los actores hayan acordado. Un prototipo con menos errores antes de que comience la producción reducirá los riesgos de cambios costosos durante la fase de producción (2012, p. 2).

Estos autores muestran con claridad la tendencia observada en la investigación bibliográfica, de la cual se observó un criterio uniforme en el sentido de que la inherente necesidad de evolución progresiva e iterativa y de descubrimiento conjunto de alcance del proceso de diseño arquitectónico, lo hace conceptualmente compatible con los métodos ágiles de gestión. Asimismo, que la industria de la construcción como un todo puede derivar beneficios en la identificación temprana y aprovechamiento de oportunidades de mejora en el diseño que no podrían internalizarse si se identificaran hasta etapas más tardías.

Un grupo de autores destaca por una perspectiva complementaria y muy relevante. Sakikholes et ál. argumentan que “la etapa temprana del diseño es la etapa más crucial para lograr objetivos de sostenibilidad porque es cuando se toman las mayores decisiones de diseño que afectan el desempeño de sostenibilidad” (2017, p. 1). La implementación de objetivos de

sostenibilidad y resiliencia ha alcanzado una gran importancia en los últimos años, conforme se reconocen los efectos de la actividad humana en el clima, y como resultado se vuelven imperativas las necesidades de limitar el impacto generado por las edificaciones e incrementar su capacidad de sobrellevar los efectos de un clima más agresivo e impredecible. Los autores consideran crítico para la mejora del desempeño de los proyectos en este ámbito promover que el concepto de diseño resulte de la ejecución de tantas iteraciones y valoraciones como sea posible, de tal manera que puedan explorarse la mayor cantidad de oportunidades para maximizar los indicadores de sostenibilidad. Consideran que este objetivo puede verse beneficiado por la aplicación de métodos ágiles de gestión.

1.2. Problemática

El diseño conceptual es la parte inicial del proceso de diseño arquitectónico. Se caracteriza por ser un proceso de descubrimiento conjunto entre el propietario, su equipo de apoyo, el arquitecto, su equipo de diseño y un conjunto de consultores técnicos. Aunque se podría asumir que el propietario de un proyecto debe conocer las necesidades que la futura edificación debe satisfacer, el arquitecto debe dirigir un proceso efectivo de exploración con el propietario y el resto del equipo. En este proceso, debe escuchar con cuidado las necesidades planteadas por el cliente y ayudarlo a valorar todas las actividades que desarrollará en la futura edificación, así como posibles usos complementarios, alternativos y sustitutos.

Una vez que ha ganado un conocimiento amplio de la problemática a resolver, debe usar su experiencia y realizar la investigación pertinente para presentar a los distintos interesados diversas posibles formas de atender esa problemática, así como alternativas potenciales que se hayan explorado en otros proyectos, y las mejores prácticas para el área de actividad del propietario que se encuentren vigentes. Solamente hechas estas labores, el equipo de trabajo puede identificar de manera conjunta, bajo el liderazgo del arquitecto, el conjunto puntual de necesidades, requerimientos y restricciones del proyecto, que se

materializan en un programa arquitectónico, y convertirlo en un conjunto de documentación escrita y gráfica que constituye un entregable para fases posteriores del proyecto madre de construcción.

Debe tomarse en consideración que no es nada infrecuente que la visión del propietario sobre el proyecto y su programa arquitectónico evolucione durante el proceso de conceptualización, lo cual agrega una variable de complejidad adicional al proceso. No es solamente complejo puntualizar el programa arquitectónico, sino que dicho objetivo puede cambiar de lugar y dimensión conforme se valoran las alternativas. El diseño conceptual arquitectónico no cuenta con una estructura de desarrollo que promueva la retroalimentación regular de parte de todos los interesados que puedan tener una influencia relevante sobre el proyecto y que puedan provocar, en etapas posteriores, cambios que generan costos adicionales cada vez mayores en tanto más tardía sea la etapa en que se identifiquen.

Otro factor relevante en la problemática identificada es la generalización en las últimas dos décadas de los sistemas informáticos de Building Information Modelling (BIM). BIM consiste en la generación de modelos digitales tridimensionales de las características físicas y funcionales de lugares e instalaciones, usualmente para efectos de construcción. Están estructurados para facilitar la interacción entre distintos actores del proceso de diseño, facilitar la introducción de información adicional al modelo y verificar las interacciones entre disciplinas. Permite la generación de información bidimensional (planos) directamente del modelo.

Al promover la generación de modelos digitales tridimensionales de las edificaciones de manera más temprana en la etapa de diseño (cosa que antes era tecnológicamente imposible), BIM ha traído hacia el principio del proceso un nivel de complejidad sin antecedentes (Gless, 2020). Este incremento de complejidad no es negativo, ya que permite una verificación temprana de la interacción de las distintas disciplinas involucradas en el proceso de diseño: desde la interacción interna entre los elementos arquitectónicos hasta la consideración de

efectos de confort y climáticos con el entorno, pasando por las tradicionales disciplinas estructurales y electromecánicas, entre muchas otras.

No obstante, la tecnología no ha venido emparejada con una metodología de gestión de las interacciones humanas de mayor complejidad que genera, por lo que la consideración de los métodos ágiles de gestión puede convertirse en una forma de hacer un uso más efectivo de la tecnología disponible, además de permitir una mejor gestión del proceso de diseño como un todo (Gless, 2020, p. 3).

La problemática que se ha analizado consiste en que ni el proceso de diseño conceptual en sí, ni el uso de las nuevas herramientas tecnológicas a disposición, cuentan con una metodología de implementación que guíe la interacción entre los distintos actores, implemente de forma efectiva la tendencia al cambio inherente al proceso y maximice los resultados de un proceso cíclico incremental.

1.3. Justificación del proyecto

La industria del diseño y la construcción son un área de la gestión de proyectos donde se presupone de forma casi automática que solamente los métodos tradicionales predictivos de administración de proyectos son aplicables. De la investigación bibliográfica, se ha determinado que múltiples autores han considerado la posibilidad de cuestionar esta preconcepción, valorando la factibilidad de aplicar métodos ágiles a los proyectos de construcción y han identificado potenciales ventajas, especialmente en la etapa de diseño. Este PFG busca avanzar esta veta de investigación, planteando una metodología específica cuya implementación materialice estas ventajas.

Las etapas tempranas del proceso de diseño arquitectónico suelen presentar dificultades de gestión cuando, con frecuencia, los dueños de los proyectos no tienen claridad de sus necesidades. Adicionalmente, la generalización del uso de BIM ha traído niveles adicionales de complejidad al proceso, sin que se haya visto emparejada con la

implementación de metodologías mejoradas para la gestión de los proyectos. Una metodología que guíe la ejecución de ciclos creativos y de retroalimentación permitiría maximizar la eficiencia de estas etapas.

A pesar de que es difícil establecer una magnitud específica, es generalmente aceptado que el costo de gestionar cambios en la etapa de diseño es considerablemente menor que hacerlo en etapas posteriores, y se considera que el costo de implementar un cambio incrementa progresivamente con cada etapa del proceso, incluso las etapas tardías del diseño. En consecuencia, la ejecución eficiente y efectiva de las etapas tempranas de conceptualización es vital para minimizar los costos por cambios.

La investigación bibliográfica realizada no ha identificado que ninguno de los autores haya desarrollado una propuesta metodológica y generado los artefactos y descripciones de roles necesarios para su implementación en procesos de diseño. Por lo tanto, se ha considerado que existe la oportunidad de generar dicho desarrollo, fundamentado en que ya diversas investigaciones han concluido que las características del proceso de diseño arquitectónico son conducentes a la obtención de beneficios a partir de su emparejamiento con los métodos ágiles de gestión.

La metodología propuesta tiene el potencial de crear valor para las organizaciones y firmas de arquitectura que la implementen, así como para sus clientes y la sociedad en su conjunto. Para los diseñadores, la ventaja más importante reside en la mejora de la eficiencia del proceso de diseño, a través de la maximización de la capacidad del equipo de identificar y retroalimentar las mejoras en el alcance del proyecto. De la misma manera que para la producción de software en su momento, la metodología tiene la capacidad de enfocar a los equipos de diseño en generar mejoras progresivas, frecuentes y coordinadas en el desarrollo del concepto. Esto es, naturalmente, un beneficio también para el cliente, quien además tiene

la oportunidad de participar con mayor frecuencia en la construcción y valoración de todos los elementos del diseño.

Como corolario, el cliente también recibe como beneficio una mejora en la gestión del costo del proyecto, conforme se logren identificar los cambios y mejoras de la forma más temprana posible. La construcción conjunta y cercana del programa arquitectónico la propuesta de diseño permite una valoración detallada de todos los factores relevantes, asegurando potenciar el cumplimiento de la mayor cantidad de objetivos posibles del proyecto. Finalmente, resulta necesario recalcar que, al incorporar ciclos específicos de gestión de sostenibilidad y resiliencia, podrá mejorar el desempeño de los proyectos en estas materias, lo cual es beneficioso no solamente para los involucrados directos del proyecto, sino para la sociedad en general.

1.4. Objetivo general

Diseñar una metodología de aplicación de métodos ágiles de gestión de proyectos, para ser utilizada en procesos de diseño conceptual de arquitectura, con el fin de promover una mayor y más oportuna participación de los interesados, con un mejor entendimiento de la naturaleza cíclica del proceso.

1.5. Objetivos específicos

1. Revisar la literatura relevante para establecer definiciones puntuales sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión de las fases relevantes de los procesos de diseño conceptual de arquitectura.
2. Construir una matriz de relacionamiento de involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las fases del proceso de diseño conceptual de arquitectura, para compararlos directamente con las funciones de los roles y artefactos propios de los métodos ágiles.

3. Elaborar la propuesta de metodología de gestión como una descripción explícita de desempeño de cada rol, uso de cada artefacto y realización de los eventos, para permitir su implementación en procesos de diseño conceptual de arquitectura.
4. Aplicar la metodología a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad.

2. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo presenta en primera instancia las características propias de las firmas de diseño arquitectónico, que se constituyen en los potenciales usuarios primarios de la metodología que se investiga. De seguido se presenta un repaso por la teoría de administración de proyectos, para proporcionar el marco general de la actividad relevante, desarrollando así los principios, dominios y áreas de conocimiento que la componen. Adicionalmente, se detallan los distintos ciclos de vida de los proyectos y las diferencias entre los proyectos predictivos y adaptativos, lo cual reviste especial importancia en una investigación dirigida al replanteamiento del paradigma de gestión del proceso de diseño arquitectónico.

Más adelante se hace un mayor desarrollo de la problemática actual y la oportunidad en estudio, así como de las investigaciones previas que se identificaron al respecto en la investigación bibliográfica. Por último, se plantean algunos aspectos teóricos igualmente relacionados con el tema de investigación, como son las características detalladas del proceso de diseño arquitectónico y de los métodos ágiles de gestión (en particular el marco de trabajo denominado *Scrum*) y la herramienta tecnológica denominada Building Information Modelling (BIM).

2.1. Marco institucional

2.1.1. Antecedentes de la investigación

La presente investigación se ha desarrollado en el contexto de la industria de la construcción, y específicamente en el marco de las actividades del diseño arquitectónico de los proyectos. La industria de la construcción tiene el objetivo fundamental de satisfacer las necesidades de espacio físico de propietarios que desean realizar una actividad. Ahora bien, cada caso es un universo en sí mismo, cosa que advierte el Instituto Estadounidense de Arquitectos (AIA, por sus siglas en inglés):

Cada situación de proyecto es diferente. Cada una presenta requerimientos, limitaciones, retos y oportunidades diferentes, así como conjuntos únicos de contextos culturales, ambientales, tecnológicos y estéticos. El diseño trae a la superficie las consideraciones mayores inherentes a la situación. Es tanto un proceso de búsqueda como de solución de problemas. (2016, p. 344)

Este amplio universo en el cual se tiene que resolver el problema arquitectónico (es decir, la definición específica de la instalación a construir) debe ampliarse aún más para considerar la permanente circunstancia de la volatilidad del programa arquitectónico (es decir, el listado de necesidades espaciales del propietario). Es raro que el programa arquitectónico esté bien definido de previo al inicio del proceso de diseño, e incluso si aparentemente lo está, es normal que varíe durante el proceso. Arthur Gensler, fundador de la firma de arquitectura más grande del mundo, lo plantea entre sus principios de trabajo, hablándole a los profesionales en arquitectura:

Muchos proveedores de servicio se dedican a intentar mostrarle al cliente lo excepcionales que son en lo que hacen. Terminan monopolizando el protagonismo y dejando sin vida la habilidad del cliente para explicar el problema existente. Esto es francamente tonto. Demuéstreles respeto a sus clientes. Son inteligentes. Han construido negocios. Si lo llaman para que los ayude a resolver un problema, use eso como su punto de partida. Escúchelos. Intente entender lo que realmente necesitan. Luego, puede compartir sus historias y casos para resolver su problema particular. (2015, p. 226)

El valor producido por el diseño es co-creado. Usted, su equipo y el cliente están todos involucrados. (2015, p. 245)

El tamaño no importa cuando se trata de expandir el conocimiento de su cliente. Ya sea usted un profesional independiente o una firma global, debe contribuir al conocimiento

de su cliente. (...) Esta es una calle de dos vías. Mis clientes siempre han sido mis mejores profesores. Los clientes también expanden su mundo. (2015, p. 262)

Estos principios se citan de manera extensiva porque brindan una perspectiva de la industria de la construcción – y en particular del diseño arquitectónico – que es fundamental en el planteamiento en que se ha basado la presente investigación. Una perspectiva según la cual el verdadero “poder del diseño” (Gensler, 2015, p. 242) se obtiene mediante un proceso de generación conjunta entre el equipo del propietario y el equipo diseñador; donde se descarta la posibilidad de que el conocimiento o las instrucciones fluyan unidireccionalmente, y son sustituidos por un diálogo productivo.

Así se entiende que la AIA plantee que el proceso de diseño implica una búsqueda de problemas. La responsabilidad del profesional en arquitectura no es recibir el listado de necesidades del propietario y materializarlo en un diseño. Tampoco es informar al propietario del programa arquitectónico ideal. Su responsabilidad es dirigir, con su conocimiento y experiencia, un proceso estructurado en el cual el arquitecto escuche atentamente los planteamientos iniciales del cliente, luego le informe de las múltiples formas en que se podrían resolver sus necesidades y el equipo decida, en conjunto, y usualmente de forma iterativa, el contenido del programa arquitectónico, y la solución del problema arquitectónico, en ese orden.

2.1.2. Misión y visión

La visión de una firma de arquitectura es una temática muy propia de sí misma, difícil de caracterizar desde una perspectiva de industria como la que se ha planteado en la presente investigación. Algunas firmas tendrán el objetivo de permanecer pequeñas y enfocadas a clientes específicos o de un tipo en particular. Otras querrán crecer a dimensiones gigantes que les permitan operar en todos los mercados. Otras querrán enfocarse en el futuro, trabajar en tecnología y proyectarse al espacio.

En términos de industria, no obstante, sí resulta posible plantear una misión que pueda ser apropiada por toda firma. Se propone que, para cualquier arquitecto, su misión sea formar un conjunto saludable y creciente de relaciones de servicios de diseño con clientes de todo tamaño que permitan el desarrollo de una actividad rentable para la firma y satisfactoria para sus miembros; lograda a través de la constante actualización tecnológica y sobre todo de una vocación por el servicio y la cuidadosa consideración de las necesidades del cliente.

Este planteamiento se caracteriza por cierto grado de simplicidad –desprendimiento de la propia imagen quizás– que se deriva de los planteamientos de Gensler (2015). Para él, el egocentrismo que caracteriza a muchas firmas de arquitectura medianas y grandes, centradas en el brillo de marca asociado a un apellido en particular, genera una serie de riesgos indeseables en la actividad del arquitecto. Los propietarios de los proyectos no deben volar hacia el arquitecto como abejones de mayo, cegados por su intensa luz. Ello es una receta para la insatisfacción de los clientes, especialmente los que tengan más claras sus propias expectativas del producto. También hace muy difícil la proyección del éxito de la firma más allá de la vida productiva de su fundador.

Esa misión se divide en tres elementos básicos. Generar relaciones saludables y crecientes es el primero porque sin eso no hay actividad. Los clientes deben ser tratados con respeto, sin despreciar sus necesidades más pequeñas, integrados en el proceso, y convertidos en relaciones de largo plazo, que tengan el potencial de traer más trabajo, propio, y por referencia a otros. El segundo es el desarrollo de una actividad rentable. Gensler lo plantea con claridad:

En el mundo del diseño y la arquitectura, la mayoría de los profesionales se incomodan al discutir sobre dinero. Pocas, si es que alguna, escuelas de arquitectura o diseño integran clases básicas de negocios en su currículum. Lo mismo es cierto para muchas otras escuelas de servicios profesionales. El resultado es un mundo lleno de gente

talentosa que lucha por sobrevivir. Independientemente de su sector de servicios, es esencial ser inteligente con el dinero. (2015, p. 185)

Por último, la actividad debe ser satisfactoria para sus miembros, y eso se refiere a todos, no solamente al protagonista egocéntrico al que ya se ha hecho referencia. Todos los participantes del proceso, en particular todos los miembros de la firma de arquitectura (dibujantes, técnicos, arquitecto principal, diseñadores asistentes), los consultores de ingeniería y el propietario y su equipo de trabajo. Deben tener la oportunidad de sentir la satisfacción de haber encontrado una solución conjunta que represente una excelente respuesta a las necesidades del propietario, y haber disfrutado el proceso. Ello lleva de regreso al primer punto, la creación de más y mejores relaciones duraderas con todos los actores involucrados.

2.1.3. Estructura organizativa

La estructura organizativa de las firmas de arquitectura es muy variable. Son muy frecuentes los arquitectos que trabajan por sí solos, incorporando a otros profesionales o dibujantes en el proceso según sea necesario. También existen firmas de arquitectura de todas las dimensiones, desde asociaciones de pocos profesionales con algún apoyo técnico y alcance local hasta firmas con miles de profesionales y oficinas en todo el mundo. Esta investigación se dirige, en principio, hacia las firmas de mayor tamaño. No obstante, el tamaño de la firma no es determinante, sino la naturaleza de los proyectos que se desarrollen, en virtud de la complejidad de las necesidades que se deben satisfacer. La metodología que se propone está planteada para las situaciones en que la definición del programa de necesidades es un proceso inherentemente complejo y que presentará variación y progresión con el tiempo, lo cual usualmente está asociado a firmas con mayor cantidad de miembros.

Es importante recalcar que la estructura organizativa de las firmas exitosas de consultoría (incluyendo las de arquitectura) suele ser muy adaptable y matricial. La naturaleza de los proyectos que se acometen, su variabilidad en tamaño, tipo y alcance requiere de la

firma un grado de adaptabilidad importante para poder responder de forma efectiva. En consecuencia, se parte del supuesto de que la estructura organizacional de la firma permita la conformación según necesidad de equipos de diversas dimensiones y experiencia, acordes a los requerimientos puntuales de cada proyecto.

2.1.4. Productos y servicios que ofrece

Las firmas de arquitectura de mayor tamaño usualmente tienen la habilidad de proveer servicios en una variedad de especialidades. Los tres servicios más básicos son el diseño del edificio (usualmente denominado simplemente el diseño arquitectónico), el diseño de interiores y el diseño de paisajismo. La mayoría de los proyectos pueden recibir los primeros dos. El tercero es aplicable en zonas no urbanas y en jardines, parques, áreas de recreo y terrazas elevadas. La gama de servicios puede ser, no obstante, mucho más amplia. Se prestan servicios de diseño urbano (enfocados en el espectro amplio de pueblos y ciudades), diseño de fachadas, diseño de imagen y marca, diseño de productos digitales, etc.

El servicio de diseño arquitectónico básico comprende desde la identificación de las necesidades del propietario y las restricciones del contexto hasta el desarrollo de documentos de construcción, que son el conjunto de documentos gráficos (usualmente planos y modelos digitales) y narrativos (usualmente especificaciones) que el propietario requiere para proporcionar a una empresa constructora que pueda presupuestar y ejecutar el proyecto. En la sección 2.3.3.1 se proporciona un desarrollo más detallado de este proceso en función de los requerimientos de la presente investigación, dado que el enfoque primario que se utilizará se basa en este servicio, aunque la metodología resultante puede ser aplicable a los demás.

Los servicios de diseño interior y diseño de paisajismo son similares en su alcance, ya que de la misma manera inician con la identificación de necesidades y concluyen con la generación de documentos de construcción. No obstante, están enfocados en productos distintos; el diseño interior genera la información necesaria para una detallada conformación

interna de cada espacio en términos de acabados y mobiliario fijo y móvil, mientras que el diseño de paisajismo busca un objetivo similar, pero para los espacios exteriores a la edificación, en términos de plantas y mobiliario exterior. En todos los casos, el alcance requerido por el propietario puede ser menor, y detenerse en fases previas a los documentos de construcción. Esto sucede en circunstancias donde el propietario está interesado únicamente en valorar la factibilidad de una idea, para lo cual puede ser necesario solamente un nivel de desarrollo esquemático.

2.2. Teoría de Administración de Proyectos

2.2.1. Principios de la dirección de proyectos

La versión más reciente del Estándar para la Dirección de Proyectos establece la existencia de doce principios de la dirección de proyectos que constituyen las “pautas fundamentales” que “proporcionan orientación (...) para navegar la complejidad” de los proyectos (PMI, 2021, pp 21-22), los cuales se describen a continuación:

- a) Ser un administrador diligente, respetuoso y cuidadoso. La administración del proyecto requiere el compromiso con pautas internas y externas a la organización, las cuales deben respetarse por medio de comportamientos íntegros, y una aplicación de cuidado en las labores de tal grado que fomente la confiabilidad de parte de los diversos involucrados en el proceso. Asimismo, la administración debe mantener siempre una visión de alto nivel, que considere las interrelaciones del proyecto con todos los ámbitos de interés de la organización que lo promueve y de la sociedad en la que se encuentra inmerso. En la presente investigación se ha buscado la generación de una metodología que promueva la participación integral de todos los interesados del proyecto en su fase de desarrollo conceptual. Así se promueve una consideración integral y

transparente de las necesidades generadas por el proyecto, y el uso responsable de los recursos de los interesados y de la sociedad como un todo.

- b) Crear un entorno colaborativo del equipo de proyecto. Busca reconocer que los equipos de trabajo son los que realmente producen los entregables. En consecuencia, es necesario que se promueva la consideración de la variabilidad en los aspectos organizacionales, profesionales y culturales, de tal forma que se logre no solamente la generación de entregables, sino que ello suceda en un marco de trabajo colaborativo, lo cual requiere la consideración de las necesidades de aprendizaje, desarrollo e interacción de todos los miembros. La metodología que se ha propuesto en la presente investigación busca la conformación de equipos de trabajo según la lógica planteada por los métodos ágiles de gestión, en los que se toman las medidas necesarias para promover equipos colaborativos de alto desempeño, con la participación de miembros internos y externos a la organización, buscando no solamente el mejor resultado para el proyecto sino la generación de condiciones tendientes al bienestar de todos los participantes.
- c) Involucrarse eficazmente con los interesados. Promueve el entendimiento de los interesados como actores determinantes en el desempeño del proyecto, y en consecuencia de la necesidad de identificarlos e interactuar con ellos de manera oportuna y productiva, para maximizar la entrega de valor. La metodología que se desarrolla tiene este principio como uno de sus objetivos fundamentales, ya que se busca una participación amplia de los interesados externos a la organización en el proceso de conceptualización arquitectónica, precisamente con el objetivo de lograr que los resultados tempranos del proceso de diseño

sean del más alto valor, evitando de esta manera las modificaciones de alto costo que representan los cambios en fases posteriores del proceso.

- d) Enfocarse en el valor. “El valor es la cualidad, importancia o utilidad de algo” (PMI, 2021, p. 35). La maximización del valor requiere su medición regular a lo largo de la gestión del proyecto, ya sea que este haya sido definido de manera cualitativa o cuantitativa. El equipo de proyecto debe permanecer vigilante y enfocado en el valor, para evitar los esfuerzos y actividades que no lo generen y que consecuentemente distraen los recursos del proyecto. La presente investigación ha buscado emparejar una situación caracterizada por dificultades comunicativas y de definición, como es la etapa de conceptualización arquitectónica, con un método de gestión que se utiliza en otra industria con el objetivo de identificar de manera eficiente e iterativa los componentes de proyecto que son más susceptibles de generar valor en el corto plazo.
- e) Reconocer, evaluar y responder a las interacciones del sistema. La administración de proyectos es por naturaleza una actividad dinámica, que gestiona de forma simultánea diversos “dominios de actividad, interdependientes e interactuantes” (PMI, 2021, p. 37). No puede perder de vista los cambios que ocurren de forma constante en los componentes del proyecto, y debe más bien preverlos proactivamente y tomar acciones para minimizar los efectos negativos y fomentar el aprovechamiento del valor extra que puedan presentar. La presente investigación parte del entendimiento de que la fase del proceso de diseño estudiada es altamente dinámica y conlleva decisiones cambiantes frecuentes producto de nuevas variables que son introducidas al proceso por los distintos interesados internos y externos a la organización. En consecuencia, la

metodología se ha diseñado tomando este aspecto como premisa fundamental, con el objetivo de aprovechar las oportunidades que presenta.

- f) Demostrar comportamientos de liderazgo. La comprensión del liderazgo como la toma de decisiones oportunas para el beneficio de la motivación del equipo, la interacción con los interesados y la consideración holística de los parámetros del proyecto es una necesidad básica para su avance efectivo. Esto se opone a un entendimiento del liderazgo como simple autoridad, o a la decisión irresponsable que no toma en cuenta los riesgos y dificultades del contexto. La metodología que se ha planteado busca establecer un marco de acción bien definido para el alcance de los objetivos de la definición conceptual arquitectónica. De esta manera, cada uno de los involucrados en el proceso conoce con anticipación los distintos pasos a seguir, y se definen los tomadores de decisión que deben considerar los parámetros relevantes para promover un avance efectivo para la generación de los entregables en las condiciones esperadas para los miembros del equipo.
- g) Adaptar en función del contexto. La administración de proyectos debe reconocer que cada proyecto es un universo en sí mismo (AIA, 2015). En consecuencia, el proyecto no puede ejecutarse en el vacío, y debe afianzarse sobre la consideración explícita, proactiva e iterativa de las características de ese contexto. El planteamiento de un método ágil de gestión para la presente investigación pretende precisamente plantear el uso de una metodología que reconoce la necesidad de explorar regularmente el contexto (desde las perspectivas del propietario hasta el amplio contexto social en que se desarrolla el proyecto), como un proceso necesario para la maximización el valor del entregable.

- h) Incorporar la calidad en los procesos y los entregables. La gestión del proyecto debe contar con una clara definición de calidad, es decir, de criterios de aceptación, para cada uno de los entregables que generará, de acuerdo con las expectativas de los interesados. No hacerlo es una forma garantizada de perder el enfoque en el valor. La presente investigación se ha planteado considerando que existe un alto potencial de maximizar valor en el diseño conceptual de arquitectura implementando un paralelo con los procesos de gestión de desarrollo de software, de manera que los interesados puedan definir de manera temprana, en una forma estructurada, sus expectativas con respecto de los diversos componentes del diseño, y con esa base plantear una serie de criterios de aceptación que puedan documentarse temprano en el proceso.
- i) Navegar en la complejidad. La complejidad debe reconocerse como un aspecto inherente a las actividades humanas y no puede ser controlada. No obstante, debe ser incorporada en la actividad del equipo, el cual “puede modificar sus actividades para abordar los impactos que se presentan como resultado” (PMI, 2021, p. 50). El planteamiento de adoptar una metodología ágil para el diseño conceptual arquitectónico reconoce desde el principio la existencia de una complejidad inherente en el problema arquitectónico, y al mismo tiempo la conveniencia de acometerla tan temprano en el proceso como sea posible, mientras su naturaleza es de carácter conceptual y los potenciales impactos tengan menores implicaciones de costo.
- j) Optimizar las respuestas a los riesgos. Los riesgos de un proyecto, que pueden tener consecuencias negativas o positivas, deben evaluarse desde el principio y reevaluarse consistentemente conforme se avanza en las etapas del proyecto. Las respuestas a los riesgos deben planificarse, dimensionadas según su

relevancia y costo, y coordinadas con los interesados relevantes, asignando su vigilancia a un propietario responsable. En la presente investigación se ha identificado la correlación entre la gestión ágil del proceso de diseño conceptual y la identificación de riesgos, especialmente de cara a la generación de un registro priorizado de respuesta y asignación a responsables para las etapas posteriores del proceso, como uno de los entregables de las primeras etapas de desarrollo del proyecto.

- k) Adoptar la adaptabilidad y la resiliencia. La adaptabilidad y la resiliencia son aspectos que cada día crecen en relevancia, especialmente por la evidencia creciente de los futuros cambios en el contexto ambiental en que deberán desempeñarse los proyecto, y del alto costo que para los propietarios representa la baja adaptabilidad. La presente investigación reconoce que ni el propietario ni su arquitecto pueden conocer con anticipación las variaciones contextuales y operativas que enfrentará un proyecto. Por ese motivo, se ha planteado la ejecución de una fase de evaluación del diseño desde la perspectiva de la adaptabilidad y la resiliencia, para que los interesados puedan discutir el grado más conveniente de previsión que pueda incorporarse en el proyecto con estos objetivos.
- l) Permitir el cambio para lograr el estado futuro previsto. Los proyectos son generadores de cambio por naturaleza. Las personas y los equipos de trabajo operativos suelen ser aversos al cambio. En consecuencia, la administración del proyecto, en conjunto con los interesados, debe tomar las acciones necesarias para promover el entendimiento de los beneficios del cambio planteado por el proyecto y promover su aceptación. El involucramiento de todos los interesados en este aspecto es fundamental, ya que la oposición de los involucrados puede

ser suficiente para evitar que el proyecto supere la etapa de diseño. Dado que la presente investigación trata precisamente de las primeras fases del proceso de diseño, desde esta perspectiva se ha enfocado en promover el entendimiento más claro posible de los objetivos y componentes del diseño que se generará. En la medida en que estos se documenten y comprendan adecuadamente por parte del equipo de proyecto, serán mejor implementados y considerarán las necesidades de los involucrados para promover la menor oposición al cambio. Asimismo, generarán información valiosa para alimentar el proceso posterior de gestión del cambio.

2.2.2. Dominios de desempeño del proyecto

Los dominios de desempeño del proyecto son “grupos de actividades relacionadas (...), áreas de énfasis interactivas, interrelacionadas e interdependientes que funcionan al unísono para conseguir los resultados deseados del proyecto” (PMI, 2021, p. 7). Los dominios constituyen áreas en las cuales el equipo de proyecto debe desempeñarse de forma simultánea, asignando responsabilidades en diversos dominios a varios miembros del equipo, no necesariamente de una forma biunívoca. Lo fundamental reside en asegurar que cada uno de los dominios reciba la atención relevante según la dimensión y el alcance del proyecto en particular, y que se identifique y acometan las interacciones entre los dominios que se identifican en el proceso, como fuentes de retroalimentación positiva. La versión más reciente de la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyecto establece la existencia de ocho dominios, que se describen a continuación:

- a) Interesados. La identificación y gestión oportuna de los interesados promueve la consideración de todas las restricciones, supuestos, oportunidades y riesgos que surgen de todas las interacciones con actores internos y externos a la organización que pueden tener poder de decisión o interés en el desarrollo del

proyecto. La presente investigación reconoce la importancia de una identificación temprana de interesados en el proceso de diseño, empezando con el propietario y considerando consultorías de diseño especializadas y autoridades reguladoras, para promover una identificación temprana de necesidades y sus criterios de aceptación asociados.

- b) Equipo. Este dominio se enfoca directamente en la implementación del principio de creación de entorno colaborativo. Dada la importancia del equipo de proyecto en la generación de entregables de valor, la gestión del proyecto debe tomar acciones de forma proactiva para promover que el equipo pueda desempeñarse con un alto rendimiento. La metodología que se ha planteado busca la generación de altos rendimientos en el proceso de diseño conceptual, por medio del planteamiento de una metodología estructurada que permita un conocimiento previo por parte de todos los miembros del equipo de las expectativas sobre su labor y su desempeño. Esto no elimina la necesidad de que la gestión del proyecto propiamente dicha deba, como en cualquier proyecto, permanecer vigilante de las necesidades de motivación, organización y desarrollo de los equipos de trabajo.
- c) Enfoque de desarrollo y del ciclo de vida. Este dominio reconoce que las características diversas de los proyectos implican la necesidad de identificar de manera temprana una estrategia para su desarrollo que sea compatible con su naturaleza, su dimensión y las restricciones impuestas por el contexto. En el marco de la presente investigación, se ha reducido al ámbito de selección estratégica, ya que se ha puntualizado el uso de métodos de gestión ágiles para una etapa previamente definida de los proyectos. No obstante, se reconoce que aún en estas circunstancias los proyectos presentan gran variabilidad, en su

tipología y dimensión, y consecuentemente se ha tomado en consideración la valoración de estrategias aplicables.

- d) Planificación. Este dominio es un complemento inmediato de la definición estratégica, en el entendido de que una vez generada debe materializarse a través de una documentación explícita de la forma en que se desarrollará, la forma en que se le dará seguimiento y, por ende, la forma en que se asegurará la generación oportuna de los entregables. El planteamiento de una metodología de gestión ágil en la presente investigación implica un enfoque distinto del planteamiento clásicamente predictivo del proceso de planificación, más no significa su abandono. Constituye una estrategia distinta para permitir la internalización de ciertos grados de incertidumbre en la definición de los entregables en etapas tempranas, permitiendo al mismo tiempo plantear una cadencia clara que se respeta en procesos de desarrollo iterativos y que permiten dimensionar el proceso para beneficio de todos los interesados.
- e) Trabajo del proyecto. Este es previsiblemente uno de los dominios más amplios, ya que consiste en la ejecución de las actividades necesarias para la propia generación de los entregables, incluyendo aspectos como la gestión de recursos y adquisiciones, así como la gestión del aprendizaje y la mejora. Dentro de los procesos a los cuales se enfoca la presente investigación, los entregables normalmente consisten en documentación del programa arquitectónico de diversas formas, que pueden incluir desde narrativas de historias de usuario hasta representaciones tridimensionales de los espacios. Para gestionar la generación de estos entregables, se plantea el uso de una versión adaptada de los métodos de gestión ágiles, los cuales proponen una forma específica de

organización para la generación del trabajo de manera iterativa y que permite una revisión regular y efectiva del progreso.

- f) Entrega. Este dominio se enfoca en el aseguramiento de la generación de los entregables en línea con las expectativas de los interesados. Con este objetivo, comprende desde la recopilación de alcances y la definición de la estructura de desglose del trabajo hasta el establecimiento de los criterios de aceptación. Las actividades propias de este dominio también constituyen parte integral del planteamiento de los métodos de gestión ágiles, en los cuales se plantea de formas específicas la manera en que se descubre y documenta el alcance a lo largo del proceso, en conjunto con los criterios de aceptación. El uso de estos métodos ha buscado aprovechar que su planteamiento ha sido generado con el objetivo de lidiar con grados mayores de incertidumbre y variabilidad que los esperados en procesos de naturaleza predictiva.
- g) Medición. Las actividades del dominio de la medición buscan que el proyecto cuente con los datos necesarios para la oportuna toma de decisiones con respecto de aspectos como el desempeño de la ejecución, la calidad de los entregables y los parámetros de gestión del proyecto. La presente investigación ha tomado en cuenta este dominio en la definición de los procedimientos y artefactos propios de la metodología, en alineamiento con los planteamientos propios de los métodos ágiles de gestión, dado que ningún proyecto puede ser exitoso sin un conocimiento claro del estado de las métricas de gestión.
- h) Incertidumbre. Todos los proyectos enfrentan grados menores o mayores de incertidumbre, dependiendo de su naturaleza, tamaño y contexto. La incertidumbre debe ser administrada, por medio de la identificación oportuna de los riesgos de eventos negativos o positivos para el desempeño global del

proyecto. Como se ha planteado previamente, el tipo de proyectos que son el objeto de la presente investigación se caracterizan por un tipo particular de incertidumbre relacionada principalmente con la definición del alcance. En consecuencia, en la hipótesis se planteó la posibilidad de que los métodos de gestión ágiles, con su forma particular de gestionar la incertidumbre de alcance, sean un instrumento de gran utilidad para una administración exitosa de los procesos de diseño conceptual.

2.2.3. Proyectos predictivos, proyectos adaptativos y proyectos híbridos

El PMI define el enfoque de desarrollo como “el medio utilizado para crear y desarrollar el producto, servicio o resultado durante el ciclo de vida del proyecto” (2021, p. 35). Hay múltiples potenciales enfoques de desarrollo, dado que corresponden a diversas combinaciones de visiones, procedimientos y herramientas por medio de las cuales se desarrolla la gestión del proyecto. No obstante, el PMI plantea dos tipologías básicas, denominadas predictiva y adaptativa, existiendo además la posibilidad de puntos intermedios entre ellas, clasificadas como enfoques híbridos.

El enfoque de desarrollo predictivo “es útil cuando los requisitos del proyecto y del producto pueden definirse, recopilarse y analizarse al comienzo del proyecto” (PMI, 2021, p. 35). Son aplicables a proyectos donde se puede contar, a priori, con un alto nivel de claridad y certeza respecto del alcance del proyecto y consecuentemente su costo, entre otros aspectos. Este enfoque se utiliza en circunstancias donde no pueden aceptarse niveles altos de incertidumbre o cambio, como aquellos en los cuales la generación de los entregables implica altas inversiones. En estas situaciones, los involucrados (especialmente los propietarios) esperan contar con niveles detallados de planificación desde el principio, que permitan una programación de los recursos necesarios con anticipación, y se busca evitar que se generen

cambios en el proceso que podrían tener graves implicaciones en la posibilidad de cumplir las metas generales de costo, alcance, calidad, sostenibilidad y duración, entre otras.

El enfoque de desarrollo adaptativo es útil “cuando los requisitos están sujetos a un alto nivel de incertidumbre y volatilidad y es probable que cambien a lo largo del proyecto” (PMI, 2021, p. 38). Los enfoques adaptativos utilizan esquemas de trabajo iterativos o incrementales para el desarrollo simultáneo de la comprensión del alcance del proyecto y de la generación de los entregables. Su origen histórico reside en la industria de la programación de computadoras, donde el costo más importante del proceso es el tiempo de los miembros del equipo de proyecto y los niveles de inversión son considerablemente inferiores a los que caracterizan a los proyectos ejecutados con enfoque predictivo, permitiendo por ende una mayor disposición de la organización a soportar incertidumbre y cambio. El trabajo se ejecuta en ciclos cortos de alta frecuencia (usualmente pocas semanas) donde cada ciclo implica una revisión de la planificación, retroalimentación del equipo y reasignación de tareas y prioridades. De esta manera el equipo de trabajo puede adaptarse regularmente a los descubrimientos más recientes sobre el alcance a generar en el proyecto.

Los enfoques de desarrollo híbridos son aquellos que combinan características de los enfoques predictivo y adaptativo. Se utilizan en proyectos constituidos por componentes o módulos de trabajo que presentan diferencias en sus características y que por ende pueden ser ejecutados por medio de diversos enfoques.

La presente investigación busca determinar la factibilidad de implementar un enfoque de desarrollo adaptativo al desarrollo de diseños conceptuales de arquitectura, en las etapas tempranas del proceso de diseño para un proyecto de construcción. Para estos efectos se ha conceptualizado al diseño conceptual como un proyecto en sí mismo, que tiene un conjunto de entregables bien definidos correspondientes a documentaciones de la programación y del planteamiento inicial de solución de las adyacencias entre los espacios del inmueble a

construir. Desde esta perspectiva de alcance limitado, el enfoque utilizado es adaptativo. Alternativamente, puede entenderse la investigación como limitada a una etapa temprana de un proyecto que finaliza con la construcción del inmueble, en cuyo caso el enfoque podría clasificarse como híbrido. De cualquier forma, el enfoque a aplicar en la etapa para cual se ha conducido la investigación es de carácter adaptativo puro.

2.2.4. Administración, dirección o gerencia de proyectos

El PMI define la dirección de proyectos como la “aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo” (2021, p. 4). Por su parte, la Unión Europea ha desarrollado su propia metodología de gestión de proyectos, dentro de la cual define la gestión de proyectos como “el conjunto de actividades de planificación, organización, obtención, supervisión y gestión de los recursos y el trabajo necesarios para alcanzar las metas y objetivos específicos de los proyectos de manera eficaz y eficiente” (UE, 2021, p. 7). Estas dos fuentes presentan un enfoque divergente con respecto de las metodologías que proponen para la implementación de la administración de proyectos.

La Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos del PMI ha evolucionado a lo largo del tiempo, de una manera tal que no constituye una metodología en sí, sino un cuerpo de conocimiento amplio que puede ser aplicado a diversos enfoques de desarrollo metodológicos de proyectos, que pueden tomar diversas formas y materializarse como ciclos de vida muy diversos. El PMI ha reconocido que la diversidad del universo de los proyectos es muy amplia, y que la propuesta de una metodología no es practicable, sino que cada director de proyecto debe estar suficientemente equipado y contar con la experiencia necesaria para plantear una estrategia de gestión, dentro de la cual deben aplicarse, en la medida en que sea necesario y conveniente, cada uno de los dominios de desempeño desarrollados por la Guía.

La Unión Europea por su parte desarrolló recientemente su propia metodología de gestión de proyectos, denominada PM². Esta metodología tiene el objetivo de “permitir a los Directores de Proyecto (DP) ofrecer soluciones y beneficios a sus organizaciones mediante una gestión eficaz a lo largo del ciclo de vida de su proyecto (...) teniendo en cuenta las necesidades de los proyectos e instituciones de la Unión Europea, pero es transferible a los proyectos de cualquier organización” (UE, 2021, p. 1). Esta metodología tiene como objetivo la simplicidad y, a diferencia de la Guía del PMI, se estructura en la definición de fases del proyecto y las actividades de cada fase. Cada fase desarrolla las actividades necesarias (que el PMI podría en su momento haber llamado procesos), brindando los conocimientos necesarios para maximizar la posibilidad de cumplir con los objetivos del proyecto. Al final, tanto la Guía del PMI como el PM² se conceptualizan en base a esquemas de desarrollo predictivos, y presentan esquemas de adaptación metodológica para la implementación alternativa de esquemas de desarrollo adaptativos o híbridos.

Independientemente de la fuente de guía que se utilice para la gestión de proyectos, la habilidad fundamental que debe demostrar el Director de Proyecto es su capacidad de seleccionar para cada proyecto el esquema de desarrollo más adecuado para sus circunstancias, y de tomar la determinación de aplicar parcial o totalmente las recomendaciones y conocimientos descritos dentro de las guías metodológicas, en función de la complejidad y las necesidades particulares del proyecto en cuestión. Estas son las habilidades de carácter estratégico del Director. Una vez tomadas estas decisiones, recae sobre él, y progresivamente sobre su equipo de apoyo, el desarrollo de cada una de las actividades o procesos relevantes, con base en las mejores prácticas identificadas en las mismas guías metodológicas, siempre con el objetivo de promover la generación de entregables que satisfagan las expectativas de los interesados.

2.2.5. Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos

El concepto de áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos se deriva de la versión anterior a la actual de la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017a). La sexta edición de la Guía plantea la existencia de 10 áreas de conocimiento, las cuales están integradas por 49 procesos que describen el universo de actividades que debían desarrollarse durante la administración de un proyecto. La aplicabilidad y complejidad de cada uno de los procesos en un proyecto en particular debía ser valorada por el Director del Proyecto dependiendo de su naturaleza y dimensión. En la Tabla 1, se muestra la estructura de todas las áreas de conocimiento y sus procesos asociados.

En la séptima edición de la Guía (PMI, 2021), las áreas de conocimiento han sido asociadas con el concepto de dominios de desempeño, de los cuales se plantean ocho, que plantean una forma novedosa de agrupar las distintas habilidades y consideraciones que deben implementarse para una gestión exitosa. La asociación de las áreas de conocimiento con los dominios de desempeño tuvo los siguientes resultados, que no buscan ser exhaustivos:

- a) Integración. El área de integración, que buscaba plantear una visión holística de todas las demás áreas, ha sido subsumida por el dominio de enfoque de desarrollo y ciclo de vida, desde el cual se plantea la estrategia general de gestión del proyecto.
- b) Alcance. El área de alcance ha pasado a formar parte de los dominios de planificación y entrega.
- c) Cronograma. El área de cronograma ha pasado a formar parte del dominio de planificación.
- d) Costos. El área de costos ha pasado a formar parte del dominio de planificación.
- e) Calidad. El área de calidad ha pasado a formar parte de dominio de entrega.

- f) Recursos. El área de recursos ha visto la mayor dispersión. Desde la perspectiva principalmente de recursos físicos y financieros, ha pasado a formar parte de los dominios de planificación y trabajo. Por otro lado, el dominio de equipo se ha creado para dar la prevalencia que corresponde a la gestión de los recursos humanos.
- g) Comunicaciones. El área de comunicaciones ha pasado a formar parte de los dominios de interesados, trabajo y equipo.
- h) El área de riesgos se ha transformado en el dominio de incertidumbre.
- i) El área de adquisiciones ha pasado a formar parte del dominio de trabajo.
- j) El área de interesados se ha transformado en el dominio de interesados.

El único dominio que no ha sido mencionado hasta ahora es el de medición, ya que todas las áreas de conocimiento incluyen procesos de medición (originalmente denominados monitoreo), de forma tal que resulta ser un dominio derivado de todas las áreas de conocimiento. Se presenta una situación similar con los procesos de planificación.

Tabla 1

Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos

Área de conocimiento para la gestión del proyecto	Procesos de inicio	Procesos de planificación	Procesos de Ejecución	Procesos de Monitoreo y Control	Procesos de Cierre
Integración	•Desarrollar el acta de constitución del proyecto	•Desarrollar el plan para la dirección del proyecto	•Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto. •Gestionar el conocimiento del proyecto.	•Monitorear y controlar el trabajo del proyecto. •Realizar el control integrado de cambios.	•Cerrar el proyecto o fase.
Alcance		•Planificar la gestión del alcance. •Recopilar requisitos. •Definir el alcance. •Crear la EDT.		•Validar el alcance. •Controlar el alcance.	
Cronograma		•Planificar la gestión del cronograma. •Definir las actividades. •Secuenciar las actividades. •Estimar la duración de las actividades. •Desarrollar el cronograma.		•Controlar el cronograma.	
Costos		•Planificar la gestión de los costos. •Estimar los costos. •Determinar el presupuesto.		•Controlar los costos.	
Calidad		•Planificar la gestión de la calidad.	•Gestionar la calidad.	•Controlar la calidad.	
Recursos		•Planificar la gestión de recursos. •Estimar los recursos de las actividades.	•Adquirir recursos. •Desarrollar el equipo. •Dirigir el equipo.	•Controlar los recursos.	
Comunicaciones		•Planificar la gestión de las comunicaciones	•Gestionar las comunicaciones.	•Monitorear las comunicaciones.	

Tabla 1 (continúa)*Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos*

Área de conocimiento para la gestión del proyecto	Procesos de inicio	Procesos de planificación	Procesos de Ejecución	Procesos de Monitoreo y Control	Procesos de Cierre
Riesgos		<ul style="list-style-type: none"> •Planificar la gestión de los riesgos. •Identificar los riesgos. •Realizar el análisis cualitativo de riesgos. •Realizar el análisis cuantitativo de riesgos. •Planificar la respuesta a los riesgos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Implementar la respuesta a los riesgos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Monitorear los riesgos. 	
Adquisiciones		<ul style="list-style-type: none"> •Planificar la gestión de las adquisiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> •Efectuar las adquisiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> •Controlar las adquisiciones. 	
Interesados	<ul style="list-style-type: none"> •Identificar a los interesados 	<ul style="list-style-type: none"> •Planificar el involucramiento de los interesados. 	<ul style="list-style-type: none"> •Gestionar la participación de los interesados. 	<ul style="list-style-type: none"> •Monitorear el involucramiento de los interesados. 	

Nota: Elaboración propia con datos de Guía del PMBOK (p.25), por PMI, 2017a.

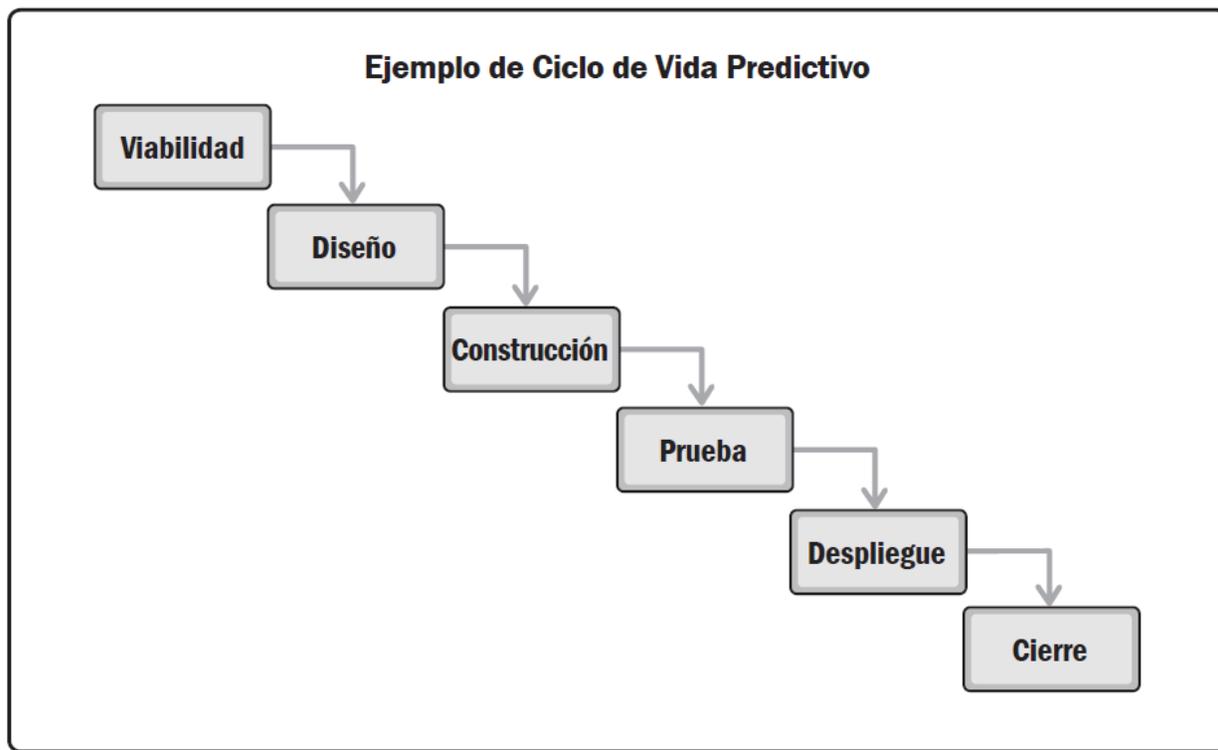
2.2.6. Ciclos de vida de los proyectos

Según la versión más reciente de la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, el ciclo de vida de un proyecto es la “serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión” (PMI, 2021, p. 33), mientras que una fase de un proyecto es un “conjunto de actividades del proyecto relacionadas lógicamente que culmina con la finalización de uno o más entregables” (PMI, 2021, p. 33). El PMI plantea la existencia de seis tipos de fases: verificación de la viabilidad del proyecto, diseño, construcción, prueba, despliegue en uso para la materialización de beneficios y cierre. La secuencia de las fases del ciclo de vida de un proyecto en particular se correlaciona directamente con su enfoque de desarrollo, según los

tipos descritos en la sección 2.2.3. En la Figura 1 y la Figura 2 se muestran dos ejemplos de ciclo de vida, propios de los enfoques de desarrollo predictivo y adaptativo incremental.

Figura 1

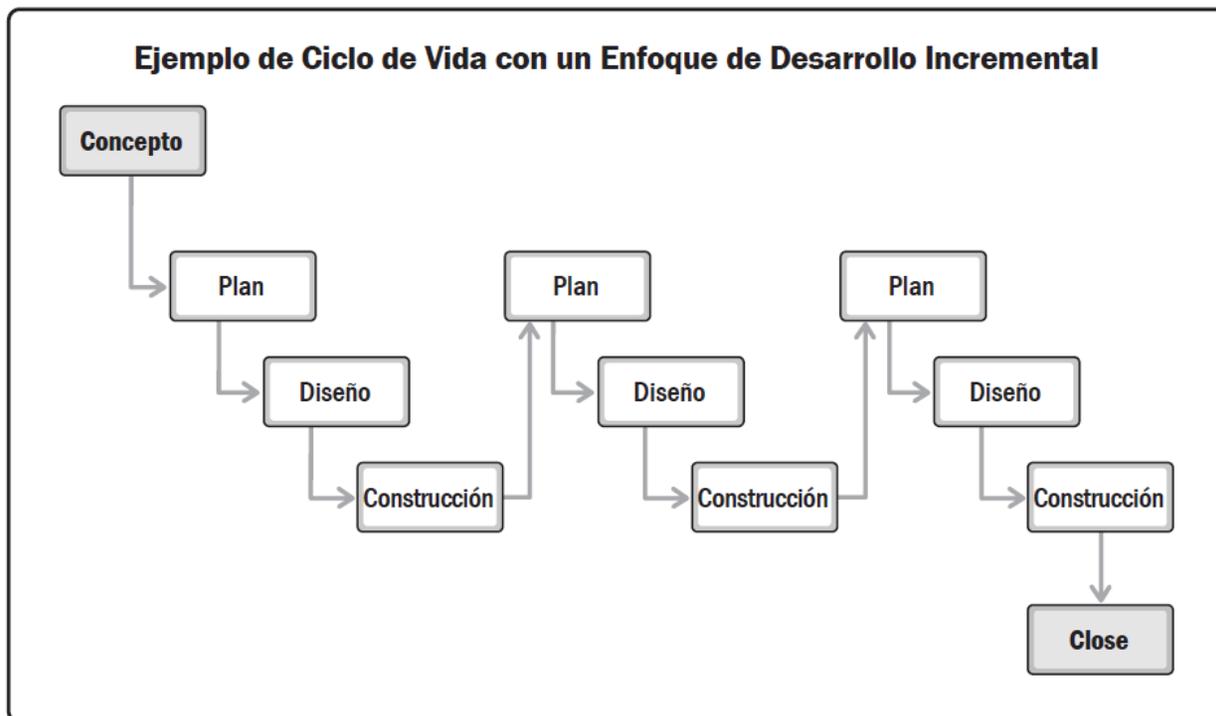
Ejemplo de ciclo de vida predictivo



Nota: Fases componentes del ciclo de vida predictivo. Tomado de Guía del PMBOK (p.43), por PMI, 2021.

Figura 2

Ejemplo de ciclo de vida adaptativo incremental



Nota: Fases componentes del ciclo de vida adaptativo incremental. Tomado de Guía del PMBOK (p.44), por PMI, 2022.

En el marco de la metodología de dirección de proyectos PM² desarrollada por la Unión Europea, el ciclo de proyecto es único y está compuesto por cinco fases que se describen a continuación:

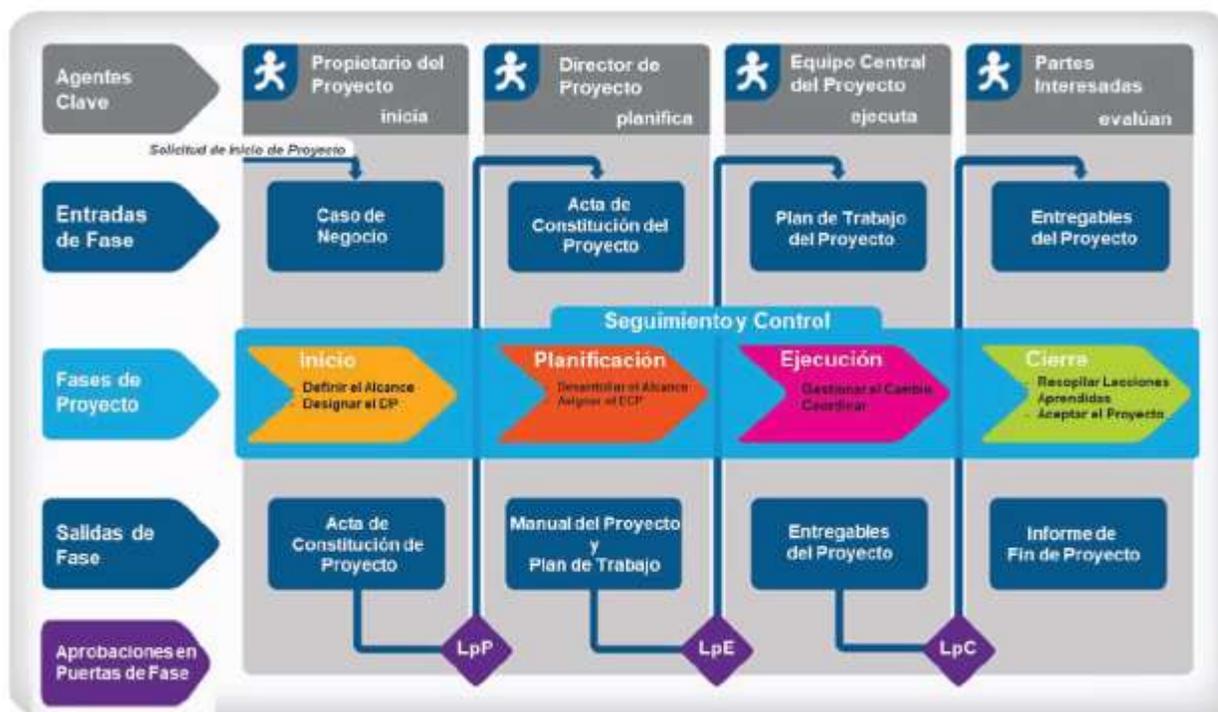
- a) Inicio, donde se crea el caso de negocio y se definen el alcance y los resultados esperados.
- b) Planificación, donde se asigna el denominado equipo central del proyecto, se desarrolla el alcance y se planifica su ejecución.
- c) Ejecución, donde se producen los entregables.

- d) Cierre, donde se logra la aceptación formal del proyecto y se documenta su progreso, las lecciones aprendidas y recomendaciones y se finiquita administrativamente.
- e) Seguimiento y control, que consiste en una fase superpuesta a todas las demás, en la que se supervisa todo el trabajo y las actividades de gestión para brindar retroalimentación e identificar acciones correctivas.

En la Figura 3 y la Figura 4 se pueden observar el ciclo de vida básico de la metodología PM², así como la conceptualización del mismo ciclo de vida desde la perspectiva de su aplicación en el marco de los métodos ágiles de gestión.

Figura 3

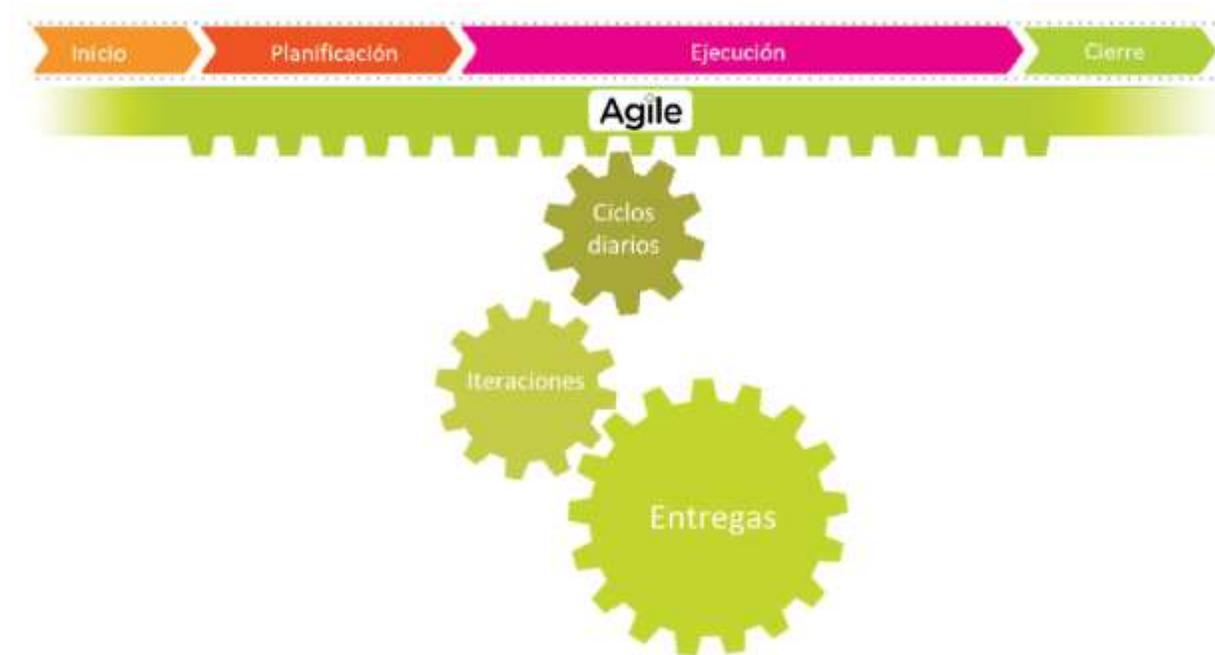
Ciclo de vida básico de la metodología PM²



Nota: Fases componentes del ciclo de vida de la metodología PM². Tomado de Metodología de Gestión de Proyectos PM² (p. 18), por UE, 2021.

Figura 4

Ciclo de vida de la metodología PM² en el marco de los métodos ágiles



Nota: Correlación entre las fases de la metodología PM² y los procesos de gestión ágiles.

Tomado de Metodología de Gestión de Proyectos PM² (p. A-105), por UE, 2021.

Los proyectos de diseño y construcción están caracterizados por enfoques de desarrollo y ciclos de vida predictivos, de acuerdo con lo mostrado en la Figura para el marco de conocimiento PMI y en la Figura 3 para la metodología PM². Los altos niveles de inversión propios de los proyectos de construcción y una fuerte adversidad al riesgo y al cambio hacen que sea casi invariable la aplicación de este tipo de estrategias.

En la presente investigación se ha planteado la hipótesis de que la etapa temprana (conceptual) de la fase de diseño puede desarrollarse de manera eficiente y exitosa a través de la aplicación de un ciclo de vida propio del enfoque de desarrollo adaptativo, como se muestra en la Figura 5. En este tipo de ciclo, se inicia con una identificación de la visión global del proyecto y de sus entregables, que es mucho más general que una declaración final de

alcance. Luego se producen múltiples iteraciones de trabajo y en cada una de ellas se desarrollan procesos de retroalimentación del equipo de trabajo, identificación de aspectos faltantes o pendientes, priorización del trabajo por ejecutar, asignación a los miembros del equipo, ejecución dentro de un lapso predeterminado y presentación de resultados a un conjunto clave de interesados. Con cada ciclo se logra un mayor desarrollo de los entregables hasta que se identifica que el alcance desarrollado es satisfactorio y los entregables cumplen los criterios de aceptación preestablecidos. De esta manera, este ciclo de vida permite el descubrimiento progresivo del alcance del proyecto por parte del equipo de trabajo en conjunto con el propietario y sus representantes.

Figura 5

Ciclo de vida de enfoque de desarrollo adaptativo



Nota: Estructura global del ciclo de vida adaptativo. Tomado de la Guía del PMBOK (p. 45), por PMI, 2021.

2.2.7. Estrategia empresarial, portafolios, programas, proyectos

La estrategia empresarial, también denominada administración estratégica, “ha sido considerada un aspecto fundamental en el éxito o fallo de firmas” (Guerras-Martín et ál., 2014, p. 70). Los autores plantean que la gestión de la estrategia empresarial es un campo de investigación y desarrollo relativamente reciente con sus orígenes en la década de 1960, y que ha evolucionado como un proceso doble pendular para identificar los factores de éxito, en el cual el enfoque ha variado entre los aspectos internos y externos a las firmas, y entre los aspectos macro y los aspectos micro. A la fecha, indica, la tendencia es más dar prevalencia a factores internos y de relevancia para toda la firma, sin que ello represente un abandono de la consideración de los efectos generados por los factores externos y por el comportamiento de grupos o individuos dentro de la firma.

David propone que la administración estratégica es “el arte y la ciencia de formular, implementar y evaluar las decisiones multidisciplinarias que permiten que una empresa alcance sus objetivos” (2013, p. 5). En virtud de dicha definición, considera que la administración estratégica es el proceso mediante el cual se logra la conjunción de las actividades operativas de todos los componentes de la empresa, desde la producción hasta las finanzas y los recursos humanos, para lograr que sus actividades se enfoquen hacia objetivos comunes que sean aquellos planteados por la dirección superior de la empresa y tendientes hacia su crecimiento, desarrollo y sostenibilidad en el largo plazo.

Ambos autores plantean la existencia de un amplio espectro de factores determinantes para el éxito de las empresas, desde su contexto y hacia su interior, donde participan tanto su conceptualización global como las distintas actividades y disciplinas que la componen. La administración estratégica es, entonces, el proceso por medio del cual un director de orquesta (que puede ser colegiado) logra un desempeño armónico de todos sus subordinados, para lograr el éxito general de la operación.

Como parte de la conceptualización organizativa de la empresa, el PMI (2017a) plantea la existencia de dos tipos fundamentalmente de actividades: las operaciones y los proyectos. Las operaciones se ocupan “de la producción continua de bienes y/o servicios” (PMI, 2017a, p. 16), mientras que un proyecto es “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (PMI, 2017a, p.4). En consecuencia, la diferencia crítica entre los proyectos y las operaciones es su duración, que en el segundo caso es indefinida, y la unicidad del resultado, que solamente caracteriza al proyecto.

La gestión de los proyectos y de las operaciones es inherentemente distinta, en virtud de sus diferencias. No obstante, deben administrarse como componentes de una misma organización. Por este motivo, el PMI plantea la existencia de distintos niveles de gestión dentro de las organizaciones, denominados programas y portafolios. Un proyecto puede gestionarse de forma completamente independiente, o bien dentro de un programa. Un programa se utiliza cuando son “necesarios múltiples proyectos a fin de lograr un conjunto de metas y objetivos” para la organización, “cuya gestión se realiza de manera coordinada para obtener beneficios que no se obtendrían si se gestionaran de forma individual” (PMI, 2017a, p. 11). Un portafolio, por su parte, es una herramienta de gestión de más alto nivel que el programa, utilizada “para dirigir de manera eficaz múltiples (...) proyectos, programas, portafolios subsidiarios y operaciones gestionados como un grupo para alcanzar objetivos estratégicos” (PMI, 2017a, p. 11).

La metodología propuesta como resultado de la presente investigación resulta aplicable al nivel de proyectos, dado que se ha conceptualizado para gestionar las etapas iniciales de proyectos de diseño y construcción de edificaciones. No se ha buscado la generación de herramientas para la gestión conjunta de diversos proyectos o de múltiples programas y operaciones, por lo que no debería ser implementada a estos niveles sin el correspondiente análisis de su aplicabilidad según las circunstancias particulares del caso.

2.3. Otra teoría propia del tema de interés

2.3.1. Situación actual del problema u oportunidad en estudio

El desarrollo de las etapas de diseño conceptual de proyectos arquitectónicos no cuenta con una estructuración que promueva una evaluación regular por parte de todos los interesados de su progreso. El diseño conceptual se caracteriza por ser un proceso de descubrimiento conjunto entre el propietario, su equipo de apoyo, el arquitecto, su equipo de diseño y un conjunto de consultores técnicos. El objetivo de esta fase, como se planteó en la sección 2.1.1, es que el arquitecto dirija un proceso efectivo de exploración con el propietario y el resto del equipo para identificar el programa arquitectónico, es decir, las necesidades, requerimientos y restricciones del proyecto, y convertirlo en un conjunto de documentación escrita y gráfica que constituye un entregable para fases posteriores del proyecto madre de construcción. Este proceso se caracteriza por un nivel inicial alto de incertidumbre, y por requerir altos grados y frecuencias de interacción y retroalimentación entre todas las partes.

Al no existir un proceso estructurado, cada arquitecto y cada firma aplica su propio proceso, que puede ser menos efectivo para obtener los resultados esperados. En esas circunstancias, se aumenta la probabilidad de que se descubran necesidades de cambio más adelante en el proceso, cuyo costo de implementación sea mayor (debido a la etapa en que se identifican), o bien que no se implementen del todo por el costo asociado. Esta última consecuencia implica que las partes acepten una disminución de los beneficios potenciales del proyecto por el simple hecho de que las acciones necesarias para su materialización no fueron identificadas en la etapa del proyecto en la que resultaba factible y conveniente.

2.3.2. Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio

La investigación bibliográfica realizada ha mostrado que una diversidad de investigadores ha identificado la posibilidad de aplicar métodos ágiles de gestión de proyectos en la industria de la construcción. Sus motivaciones son variables. Al Behairi (2016) plantea la

conveniencia de “identificar las similitudes y comprender las diferencias llevando a un mejor cruce de buenas prácticas entre las dos metodologías”, haciendo referencia a los enfoques predictivos y adaptativos. Ekström et ál. (2016) consideraron conveniente identificar “si el proceso de diseño podría llevarse a cabo de una forma más eficiente aplicando la gestión ágil de proyectos”. Gless et ál. (2020) han determinado lo siguiente:

Para mejorar la construcción, es necesario preguntarse sobre el lugar de la coordinación en el proceso. (...) Hemos identificado problemas de comunicación, cohesión de grupo y satisfacción de las necesidades del cliente en el uso de tecnología BIM. Lo que resulta en un clima de falta de confianza entre los actores del proyecto y rigidiza la coordinación. (...) Nuestra hipótesis es que la inserción de prácticas ágiles en las actividades de diseño (...) mejorará la calidad del proyecto arquitectónico. De hecho, los métodos ágiles se enfocan en construir confianza entre todos los actores de diseño (incluyendo al cliente) (2020, pp. 3-4).

Qaravi (2018) también exploró los potenciales beneficios de la interacción entre los métodos ágiles y el uso generalizado de la tecnología BIM hoy en día. Moriel (2017) argumenta que la industria de la construcción se ha quedado rezagada en la exploración de nuevos esquemas de gestión a pesar de que diversos aspectos de los proyectos, como el costeo y la programación, podrían beneficiarse de las ventajas que pueden encontrarse en las metodologías ágiles. Johansson, por su parte, considera que:

La creación de una forma más flexible y adaptable de proceder con la fase de planificación y diseño puede generar más comunicación entre los diferentes actores de un proyecto. Con suerte, esto dará como resultado un prototipo y un diseño más precisos, que todos los actores hayan acordado. Un prototipo con menos errores antes de que comience la producción reducirá los riesgos de cambios costosos durante la fase de producción (2012, p. 2).

Owen *et al.* (2006) hicieron un análisis detallado de los beneficios que los proyectos en la industria de las tecnologías de la información han derivado de la aplicación de los métodos ágiles, considerando que algunos de esos beneficios ya probados en la experiencia deberían ser trasladables a la industria a la construcción. Luego valoraron conceptualmente su aplicación a las diversas etapas del proyecto de construcción, definidas como pre-diseño, diseño y construcción.

Sakikhales *et al.* argumentan que “la etapa temprana del diseño es la etapa más crucial para lograr objetivos de sostenibilidad porque es cuando se toman las mayores decisiones de diseño que afectan el desempeño de sostenibilidad” (2017, p. 1). En consecuencia, consideran crítico para la mejora del desempeño de los proyectos en este ámbito (de la mayor importancia actual) que la conceptualización del diseño atraviese por tantas iteraciones y valoraciones como sea posible, de tal manera que puedan explorarse tantas oportunidades de maximizar los indicadores de sostenibilidad como sea posible. Consideran que este objetivo puede verse beneficiado por la aplicación de métodos ágiles de gestión.

Los autores concluyen que existe compatibilidad entre el proceso de diseño conceptual arquitectónico, con su inherente necesidad de evolución progresiva e iterativa y de descubrimiento conjunto de alcance, y los métodos ágiles de gestión, que son la base de la hipótesis de investigación del presente trabajo. La mayoría de los autores que han investigado esta potencial relación por las motivaciones previamente descritas, concluyen que existen múltiples beneficios que pueden derivarse de su aplicación, especialmente en la etapa de diseño. La mayoría planean la existencia de obstáculos importantes para asociar los métodos ágiles de gestión al proceso de construcción propiamente dicho.

2.3.3. Otra teoría relacionada con el tema en estudio

2.3.3.1. Componentes y fases del proceso de diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico propiamente dicho, entendido como el servicio básico descrito en la sección 2.1.4, tiene múltiples ramas de especialización según el mercado. Hay especialización en el diseño de espacios de oficinas, residenciales, comerciales, de salud, deportivos, educativos, de transporte y muchas otras posibilidades. De mayor interés para la presente investigación, es que en todos los mercados las firmas deben prestar atención a una variedad de aspectos o componentes, que no deben entenderse como servicios independientes. Metz (2022) les llama contexto, uso, organización, forma y materialidad. Los equipos de trabajo deben estar conformados de manera que puedan atenderse los efectos derivados de la consideración de todos estos aspectos, por lo que existen múltiples consideraciones e interacciones que generan un sinnúmero de potenciales soluciones al problema arquitectónico.

En virtud de su complejidad, el proceso de diseño suele dividirse en varias fases, en las cuales se incrementa progresivamente el nivel de detalle y al mismo tiempo se reduce el grado de flexibilidad. El Instituto Estadounidense de Arquitectura define una fase de pre-diseño (en la cual se recopila información que será la base para las etapas posteriores), seguida de tres fases denominadas diseño esquemático, desarrollo del diseño y planos constructivos.

El Reglamento para la contratación de servicios de consultoría en ingeniería y arquitectura del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (2019) también plantea la existencia de una fase previa al diseño (donde se prestan los servicios de estudios preliminares y estudios técnicos) y luego dos fases de diseño denominadas anteproyecto y planos y especificaciones técnicas. En la práctica, lo que suele entenderse como el anteproyecto es más detallado que el producto de la etapa de diseño esquemático, pero no tanto como el producto de la etapa de desarrollo del diseño.

La definición específica del alcance (en términos de fases) del proceso de diseño que pueda ser de interés para la presente investigación no es un aspecto crítico. El proceso de diseño conceptual está comprendido en la fase esquemática del Instituto, y en la fase de anteproyecto del Colegio. El grado de alcance que se desee acometer en cada proyecto en particular dependerá de sus propias circunstancias, lo cual se ha tomado en consideración en el planteamiento de la metodología propuesta.

2.3.3.2. Métodos ágiles de gestión de proyectos

Los métodos ágiles de gestión incluyen diversas metodologías específicas para la gestión de los proyectos, asociadas con los enfoques de desarrollo adaptativos, cuya conceptualización se ha desarrollado con el objetivo de que puedan internalizar altas tendencias al cambio y descubrimiento progresivo del alcance, y maximizar los beneficios y el valor que un proyecto puede generar en estas circunstancias. El PMI indica que “los líderes del pensamiento en la industria del software formalizaron el movimiento de ágil en 2001 con la publicación del Manifiesto para el Desarrollo Ágil de Software” (2017b, p. 8), con valores fundamentales que se resumen en la Figura 6.

Figura 6

Los cuatro valores del Manifiesto de Ágil.

Estamos descubriendo mejores maneras de desarrollar el software, haciéndolo y ayudando a otros a hacerlo. Mediante este trabajo hemos llegado a valorar:

- Individuos e interacciones** más que procesos y herramientas
- Software que funcione** más que documentación completa
- Colaboración con el cliente** más que negociación del contrato
- Respondiendo al cambio** más que seguir un plan

Es decir, mientras que hay valor en los elementos a la derecha, valoramos más los elementos a la izquierda.

Nota: Descripción de los valores originales de los métodos ágiles. Tomado de la Guía Práctica de Ágil (p. 8), por PMI (2017b).

Los valores de los métodos ágiles reflejan una clara prioridad del producto sobre el proceso, en términos de la gestión del proyecto. Surgen de la incertidumbre inherente a los procesos de desarrollo de software, donde la expectativa original del cliente puede ser muy diferente al producto final del proyecto, como resultado del descubrimiento progresivo de posibilidades durante el proyecto, así como la interacción con distintas restricciones impuestas por el contexto. El surgimiento de los métodos ágiles en la industria del software también se debe en buena medida al relativo bajo costo de implementación de cambios durante las etapas iniciales de desarrollo del producto, dado que sus efectos se limitan al costo del tiempo de los programadores, que es relativamente bajo cuando se le compara con los costos de inversión de proyectos de construcción, por ejemplo.

Los dos antecedentes de mayor relevancia de los métodos ágiles son los métodos Lean y Kanban, que son en realidad métodos de producción, y que surgieron muchas décadas antes

que el Manifiesto de Ágil. Una vez desarrollada la conceptualización del Manifiesto, han surgido otras metodologías específicas de agilidad, desarrolladas para aplicación en ambientes más o menos específicos.

Uno de los métodos ágiles más generalizados es *Scrum* (PMI, 2017b, p. 80). *Scrum* es un enfoque conceptual adaptativo también desarrollado originalmente para la industria del software, en el cual un equipo de trabajo es guiado por un *Scrum Master*, a través de un ciclo de vida iterativo para el que se definen una serie de instrumentos (denominados artefactos) y reuniones (o eventos) diseñados para promover la auto-gestión del equipo, la retroalimentación frecuente de los interesados y el replanteamiento y priorización regular del alcance. Su amplio uso en diversas industrias ha generado experiencia y documentación abundante sobre su aplicación, y se han desarrollado incluso esquemas de aplicación a proyectos de gran envergadura, dado que la conceptualización original de *Scrum* lo limitaba a equipos de desarrollo de pequeña magnitud (en principio menos de 10 personas) lo que a su vez limitaba la dimensión de los proyectos a los que era aplicable.

2.3.3.3. *Scrum*: roles, eventos y artefactos

Con el objetivo de plantear una propuesta de implementación metodológica para un proceso de desarrollo de diseño arquitectónico ágil, resulta necesario analizar la forma en que se ejecutan los procesos ágiles en el marco de otras disciplinas, con base en sus principios fundamentales. Para esto debe tomarse en consideración que, al plantearse los principios de ágil en 2001, los diecisiete desarrolladores de software allí presentes identificaron los factores en común que caracterizaban a sus metodologías preexistentes y que permitían la obtención de los beneficios particulares que generan. En consecuencia, los principios de ágil no son implementables directamente a un proceso, porque se limitan a plantear la naturaleza del concepto; debe explorarse para ello alguna de las múltiples metodologías existentes. Para esto y en función de los objetivos de la presente investigación, también es de importancia procurar

el uso de una metodología cercana a los orígenes del concepto, por lo que se ha escogido utilizar como base *Scrum*, que se trata de un marco de trabajo que dio sustento a la redacción de los principios de ágil, surgida desde inicios de la década de 1990 (Rigby *et al.*, 2016).

La Guía de *Scrum* es un documento muy conciso, redactado por sus creadores con un enfoque práctico hacia la ejecución propia de la sencillez y el principio de resultados por sobre la documentación que caracterizan a los métodos ágiles. Se estructura en la descripción de la teoría básica del proceso, y el desarrollo de los roles de equipo, eventos y artefactos que constituyen el fundamento del marco de trabajo. Como se detalla más adelante, constituye la base de la metodología planteada en la presente investigación. Para efectos de consistencia y claridad, en el desarrollo de la propuesta se conserva la misma terminología de la versión en inglés de la Guía de *Scrum* (por las mismas razones de consistencia y familiaridad por las que la Guía en español conserva los términos en inglés). Tanto en esta sección como en la descripción de la metodología propuesta, esta terminología se escribe con mayúsculas y en itálica.

La Guía de *Scrum* (Schwaber & Sutherland, 2020) proporciona una descripción especialmente concisa del proceso que correlaciona a todos sus componentes:

Scrum requiere un *Scrum Master* para fomentar un entorno donde:

1. Un *Product Owner* ordena el trabajo de un problema complejo en un *Product Backlog*.
2. El *Scrum Team* convierte una selección del trabajo en un *Increment* de valor durante un *Sprint*.
3. El *Scrum Team* y sus interesados inspeccionan los resultados y se adaptan para el próximo *Sprint*.
4. Repita. (Schwaber & Sutherland, 2020, p. 3)

La literatura relacionada con los métodos ágiles contiene frecuentes advertencias sobre su implementación con respecto de dos variables en particular. La primera de ellas se refiere a la actitud y los valores de los miembros de los equipos de trabajo, y la segunda se refiere a las condiciones organizacionales que rodean a dichos equipos. Tanto los miembros de los equipos como sus organizaciones deben desarrollar la capacidad de trabajar en un marco ágil que, por definición, fomenta la independencia de criterio y el empoderamiento y evita la definición de procedimientos detallados de trabajo para permitir la adaptabilidad de los equipos a las circunstancias de los proyectos. En consecuencia, organizaciones y miembros del equipo no pueden llanamente empezar a aplicar metodologías ágiles, sino que deben progresivamente desarrollar sus capacidades al efecto. Esta investigación no se dedica a analizar el proceso de implementación, el desarrollo de habilidades blandas en los miembros de los equipos o la adaptación de la gestión organizacional requerida (existe abundante literatura al respecto); se concentra en la naturaleza de los roles y el uso de los eventos y artefactos que se describen a continuación, en el marco de un proyecto de diseño arquitectónico.

Los primeros componentes de *Scrum* que procede analizar son los roles dispuestos para los actores involucrados en el proceso. “La unidad fundamental de *Scrum* es un pequeño equipo de personas, un *Scrum Team*” (Schwaber & Sutherland, 2020, p. 5). El *Scrum Team* está compuesto por solamente tres roles, y es de gran importancia considerar que no implica ningún tipo de jerarquía entre sus miembros, más allá de las responsabilidades descritas a continuación:

1. **Product Owner.** Es el responsable de asegurar la maximización del valor entregado. Hace esto mediante la selección y priorización de los elementos del *Product Backlog*, decisiones que deben ser respetadas por todo el *Scrum Team* y la organización.

2. **Scrum Master.** Es responsable de velar por la implementación del marco de trabajo Scrum, sin distorsiones, apoyando al equipo para comprobar que los roles se desempeñen, los eventos sucedan y los artefactos se usen de acuerdo con el marco.
3. **Developers.** Son los profesionales encargados del desarrollo del trabajo según la priorización establecida en el *Product Backlog*. Son responsables de organizar su propio trabajo mediante la creación y seguimiento del *Sprint Backlog*. El *Product Owner* y el *Scrum Master* pueden desempeñarse como *Developers*.

El trabajo desarrollado por los involucrados que cumplen los distintos roles se ve puntuado por una serie de eventos que deben ejecutarse con regularidad en una secuencia iterativa de períodos de trabajo denominados *Sprints*. “Los *Sprints* son el corazón de *Scrum*, donde las ideas se convierten en valor.” (Schwaber & Sutherland, 2020, p. 7). Aunque la Guía los clasifica como eventos, resulta de mayor utilidad entenderlos como la cadencia básica de desarrollo del trabajo. En *Scrum*, a la inversa de los procesos de planificación tradicionales, los tiempos del proyecto no se adaptan a la duración prevista de las tareas. Por el contrario, se escoge una duración predeterminada de trabajo iterativo (la duración del *Sprint*) menor o igual a un mes. Las tareas se descomponen en elementos de trabajo que se priorizan en el *Product Backlog* y se seleccionan para su ejecución durante el *Sprint*. Cada *Sprint* contiene una serie de eventos, que por definición son actividades conjuntas del *Scrum Team* solamente (la Guía evita llamarlas “reuniones”), excepto el *Sprint Review*:

1. **Sprint Planning.** Es el evento inicial de cada *Sprint*, con una duración típica de ocho horas para *Sprints* de un mes. En él se tratan varios temas necesarios para establecer el trabajo que se llevará a cabo durante el *Sprint*. El *Scrum Team* elabora el *Objetivo del Sprint*, que manifiesta el valor que el trabajo que se hará representa para los involucrados. Asimismo, se identifican los elementos del *Product Backlog* que se pueden ejecutar en el *Sprint* y los *Increments* que, a través de los elementos

de trabajo escogidos, pueden lograrse durante el *Sprint* con correcto alineamiento a la *Definición de Terminado*.

2. **Daily Scrum.** Es un evento que se lleva a cabo a diario durante el *Sprint*, con una duración típica de 15 minutos, e idealmente a la misma hora y en el mismo lugar. En él se realiza una revisión del plan de ejecución del día, y se ajusta dicho plan conforme el *Scrum Team* considere necesario hacerlo.
3. **Sprint Review.** Es el penúltimo evento de cada *Sprint*, con una duración típica de cuatro horas para *Sprints* de un mes. Involucra a otros interesados en el proyecto más allá del *Scrum Team*, con el objetivo de inspeccionar el resultado del *Sprint*, evaluar el progreso hacia el *Objetivo del Producto* y ajustar el *Product Backlog* según sea necesario a través de *Product Owner*.
4. **Sprint Retrospective.** Es el último evento de cada *Sprint*, con una duración típica de tres horas para *Sprints* de un mes. Tiene el objetivo de revisar la calidad y efectividad del *Scrum Team*, concentrándose en las personas y sus interacciones, más que en el producto como tal.

Finalmente, *Scrum* utiliza tres artefactos para documentar la planificación del trabajo que genera el *Scrum Team*, con el objetivo central de maximizar la transparencia del proceso para todos los involucrados. De esta forma, se promueve que las interacciones entre los *Developers* durante el proceso de desarrollo, y especialmente los análisis conjuntos que se realizan durante los eventos estén caracterizados por una alta efectividad en virtud del profundo grado de conocimiento que todos los *Developers* deben tener de su contenido. Cada artefacto está asociado a su vez a un *Compromiso*, lo que permite una medición clara del grado de cumplimiento del trabajo con los objetivos inicialmente trazados.

1. **Product Backlog.** Es la única lista ordenada de paquetes de trabajo que se requieren para el desarrollo del producto. Evoluciona constantemente, conforme el

propio proceso de desarrollo permite al *Scrum Team* comprender y definir de forma más precisa la dimensión de los paquetes que efectivamente pueden completarse en el marco de un *Sprint*.

El *Compromiso del Product Backlog* es el *Objetivo del Producto*, que “describe un estado futuro del producto que pueda servir como un objetivo para que el *Scrum Team* planifique” (Schwaber & Sutherland, 2020, p. 11). La estructuración evolutiva del *Product Backlog* debe hacerse siempre con *Objetivo del Producto* como guía de largo plazo.

2. ***Sprint Backlog***. Es la única lista ordenada de paquetes de trabajo que se desarrollarán en un *Sprint*. De ser necesario, puede evolucionar durante el *Sprint*, conforme el propio proceso de desarrollo permite al *Scrum Team* comprender y definir de forma más precisa lo que puede o no completarse en ese lapso.

El *Compromiso del Sprint Backlog* es el *Objetivo del Sprint*, que se define durante el *Sprint Planning* para que permanezca como guía para el *Scrum Team* de cualquier proceso de evolución del *Sprint Backlog*.

3. ***Increment***. Un *Increment* es un conjunto de paquetes de trabajo que constituye “un peldaño concreto hacia el *Objetivo del Producto*” (Schwaber & Sutherland, 2020, p. 12). Un *Sprint* puede planificarse para generar más de un *Increment*.

El *Compromiso del Increment* es la *Definición de Terminado*. La *Definición de Terminado* debe contener todas las métricas de calidad que deban evaluarse para asegurar que un *Increment* pueda considerarse completo. En consecuencia, para que un *Increment* pueda ser presentado en un *Sprint Review*, debe cumplir con la *Definición de Terminado*. En caso contrario, debe regresar al *Product Backlog*.

2.3.3.4. Building Information Modelling

Building Information Modelling (BIM) es la generación de modelos digitales tridimensionales de las características físicas y funcionales de lugares e instalaciones, usualmente para efectos de construcción. Están estructurados para facilitar la interacción entre distintos actores del proceso de diseño, facilitar la introducción de información adicional al modelo y verificar las interacciones entre disciplinas. Permite la generación de información bidimensional (planos) directamente del modelo. Esta tecnología inició su desarrollo desde la década de 1970, pero su aplicación se ha generalizado a partir de la década del 2000.

Al promover la generación de modelos digitales tridimensionales de las edificaciones de manera más temprana en la etapa de diseño (cosa que antes era tecnológicamente imposible), BIM ha traído hacia el principio del proceso un nivel de complejidad sin antecedentes (Gless, 2020). Este incremento de complejidad no es negativo, ya que permite una verificación temprana de la interacción de las distintas disciplinas involucradas en el proceso de diseño: desde la interacción interna entre los elementos arquitectónicos hasta la consideración de efectos de confort y climáticos con el entorno, pasando por las tradicionales disciplinas estructurales y electromecánicas, entre muchas otras.

No obstante, la tecnología no ha venido emparejada con una metodología de gestión de las interacciones humanas de mayor complejidad que genera, por lo que la consideración de los métodos ágiles de gestión puede convertirse en una forma de hacer un uso más efectivo de la tecnología disponible, además de permitir una mejor gestión del proceso de diseño como un todo (Gless, 2020, p. 3).

3. MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico consiste en la recopilación de las metodologías utilizadas para llevar a cabo el trabajo de investigación, con el objetivo de evaluar la hipótesis planteada. En consecuencia, plantea el marco general usado para el desarrollo del presente trabajo, y describe las fuentes de información que se utilizaron para brindar sustento teórico y fáctico a las distintas temáticas investigadas, los métodos de investigación utilizados para la exploración de las fuentes de información y su uso para la generación de la propuesta metodológica, y las herramientas investigativas y de análisis que sirvieron de instrumento para su materialización.

Adicionalmente, se plantean los supuestos y restricciones identificados para cada parte del proceso, y se detallan los entregables generados. Cada uno de los aspectos descritos se desarrollan puntualmente para cada objetivo específico de la investigación.

3.1. Fuentes de información

Cuando se realiza la revisión de la literatura debe de ser de forma selectiva y dinámica, debido a que continuamente están surgiendo publicaciones acerca de los avances en distintos campos del conocimiento humano en torno a un tema determinado. Una fuente de información es todo aquello que proporciona datos para reconstruir hechos y las bases del conocimiento. Las fuentes de información son un instrumento para el conocimiento, la búsqueda y el acceso a la información. Se encuentran diferentes fuentes de información, dependiendo del nivel de búsqueda (Maranto et ál, 2015).

3.1.1. Fuentes primarias

Este tipo de fuentes contienen información original, es decir, de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Contienen información directa antes de ser interpretada, o evaluado por otra persona. Las principales fuentes de información primaria son los libros (los que no procesan información de fuentes primarias), monografías, publicaciones periódicas, documentos oficiales o informe técnicos de instituciones

públicas o privadas, tesis (las que no procesan información de fuentes primarias y generan sus propias ideas, conceptos, teorías y resultados novedosos), trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, artículos periodísticos, videos documentales, foros.

Las fuentes primarias usadas en este proyecto consistieron en el juicio de experto de arquitectos y otros profesionales dedicados a la gestión de procesos de diseño arquitectónico, para recabar directamente sus opiniones y recomendaciones a considerar en la ejecución de los objetivos de la investigación.

3.1.2. Fuentes secundarias

Este tipo de fuentes son las que ya han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria. Ejemplos pueden ser libros de texto, diccionarios, enciclopedias, algunos artículos de revista que no sean fuente primaria, historias, análisis de fuentes primarias, comentarios, críticas, otros.

Las fuentes secundarias usadas en este proyecto consistieron en publicaciones del Instituto Estadounidense de Arquitectura y del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, así como otros textos asociados y complementarios, como Gensler (2015) y Metz (2022). Se hizo uso extensivo de las publicaciones del PMI, incluyendo las Guías de Fundamentos para la Dirección de Proyectos en sus versiones sexta (PMI, 2017a) y séptima (PMI, 2021) así como la Guía Práctica de Ágil (PMI, 2017b) y, también, la Guía de *Scrum* (Schwaber et ál. 2020). Finalmente, se identificaron aproximadamente doce artículos y trabajos finales de graduación en los cuales se trató, a nivel exploratorio y desde diversas perspectivas detalladas en la sección anterior, la potencial correlación planteada en la hipótesis del presente trabajo de investigación.

El resumen de las fuentes de información que se utilizaron en este proyecto se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2

Fuentes de información utilizadas

Objetivos	Fuentes de información	
	Primarias	Secundarias
1. Realizar una revisión de literatura relevante para establecer definiciones puntuales sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión de las fases relevantes de los procesos de diseño conceptual de arquitectura.	Juicio de experto de arquitectos y gestores de proyectos de diseño, dada la importancia de identificar claramente todos los componentes del proceso según su experiencia práctica.	Publicaciones del Instituto Estadounidense de Arquitectura y del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, así como otros textos asociados y complementarios, como Gensler (2015) y Metz (2022). Estas fuentes proporcionaron el marco teórico de los procesos de diseño conceptual, y la manera en que se les concibe en diversos mercados.
2. Construir una matriz de relacionamiento de involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las fases del proceso de diseño conceptual de arquitectura, para compararlos directamente con las funciones de los roles y artefactos propios de los métodos ágiles.	Juicio de experto de arquitectos y gestores de proyectos de diseño, para entender las relaciones entre todos los aspectos críticos identificados, y para determinar las relaciones causales que deben tomarse en cuenta en el planteamiento metodológico.	Publicaciones del Instituto Estadounidense de Arquitectura y del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, así como otros textos asociados y complementarios, como Gensler (2015) y Metz (2022). Las Guías de Fundamentos para la Dirección de Proyectos en sus versiones sexta (PMI, 2017a) y séptima (PMI, 2021) así como la Guía Práctica de Ágil (PMI, 2017b) y la Guía de <i>Scrum</i> (Schwaber et ál. 2020). Aparte de los relacionamientos identificados por los expertos en la práctica, es también vital explorar los planteados por las fuentes generales de la práctica de la gestión de proyectos, para complementar aspectos que podrían no ser parte de la práctica habitual.
3. Elaborar la propuesta de metodología de gestión como una descripción explícita de desempeño de cada rol y uso de cada artefacto, para permitir su implementación en	Juicio de experto de arquitectos y gestores de proyectos de diseño, para validar las conclusiones obtenidas del proceso de relacionamiento y la manera en que se propuso su consideración	Las Guías de Fundamentos para la Dirección de Proyectos en sus versiones sexta (PMI, 2017a) y séptima (PMI, 2021) así como la Guía Práctica de Ágil (PMI, 2017b) y la Guía de <i>Scrum</i> (Schwaber et

Objetivos	Fuentes de información	
procesos de diseño conceptual de arquitectura.	en la metodología.	ál. 2020). Estas guías para la gestión de proyectos brindan los componentes básicos de la estructura metodológica que se adaptó a las circunstancias particulares del proceso de diseño.
4. Aplicar la metodología a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad.	Juicio de experto de arquitectos y gestores de proyectos de diseño, para identificar consideraciones potencialmente imprevistas en el proceso de aplicación particular.	Las Guías de Fundamentos para la Dirección de Proyectos en sus versiones sexta (PMI, 2017a) y séptima (PMI, 2021) así como la Guía Práctica de Ágil (PMI, 2017b) y la Guía de <i>Scrum</i> (Schwaber et ál. 2020). Estas guías para la gestión de proyectos brindan alertas sobre consideraciones importantes en el proceso de implementación que podrían haber sido dadas por alto.

Nota: Elaboración propia.

3.2. Métodos de investigación

3.2.1. Método analítico

El método analítico es “proceso cognoscitivo que consiste en descomponer un objeto de estudio mediante la separación de cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual” (Morán et ál. 2010, p. 12). El análisis consiste luego en la observación de las causas, la naturaleza y los efectos de cada una de las partes identificadas. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

3.2.2. Método sintético

El método sintético es un proceso de razonamiento que “consiste en integrar los componentes dispersos de un objeto de estudio para estudiarlos en su totalidad” (Morán et ál. 2010, p. 12). En otras palabras, la síntesis es un procedimiento mental en el cual, dada la

observación de elementos constituyentes de una temática, aunque no se encuentren evidentemente relacionados desde un principio, se les asocia de forma holística para lograr una comprensión cabal de la esencia del todo.

3.2.3. Método inductivo

El método inductivo consiste en el uso del “razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación sea de carácter general” (Morán et ál. 2010, p. 12). Dado que la presente investigación consistió en la generación de una propuesta metodológica, el uso del método inductivo es básico dado que se debe considerar la evidencia presentada por el análisis de proceso en la identificación de partes para considerar todos los posibles escenarios en la generación del procedimiento que debe poder utilizarse en diversidad de circunstancias en el futuro.

En la Tabla 3, se pueden apreciar los métodos de investigación utilizados para el desarrollo de los objetivos definidos para este proyecto.

Tabla 3

Métodos de investigación utilizados

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico	Método sintético	Método inductivo
1. Realizar una revisión de literatura relevante para establecer definiciones puntuales sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión de las fases relevantes de los procesos de diseño conceptual de arquitectura.	Se identificó el universo de aspectos relevantes para la consideración de la hipótesis planteada.	No aplica.	No aplica.
2. Construir una matriz de relacionamiento de involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las	No aplica.	Establecidas las partes del proceso de diseño conceptual arquitectónico que	No aplica.

Objetivos		Métodos de Investigación	
fases del proceso de diseño conceptual de arquitectura, para compararlos directamente con las funciones de los roles y artefactos propios de los métodos ágiles.		deben tomarse en consideración en su gestión, se identificaron las relaciones existentes entre ellos	
3. Elaborar la propuesta de metodología de gestión como una descripción explícita de desempeño de cada rol y uso de cada artefacto, para permitir su implementación en procesos de diseño conceptual de arquitectura.	No aplica.	No aplica.	A partir de las características de los procesos y la información disponible sobre sus circunstancias, se produjo una propuesta general de aplicación metodológica.
4. Aplicar la metodología a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad.	En una aplicación del método analítico-sintético, un ejemplo particular de aplicación fue descompuesto en sus partes, analizado de cara a la metodología planteada y se sintetizaron las conclusiones acerca de la aplicabilidad de la generalización metodológica.		No aplica.

Nota: Elaboración propia.

3.3. Herramientas

A lo largo de la sexta versión de la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, el PMI propone una serie de herramientas para la implementación de todos los procesos de las áreas de conocimiento. Algunas herramientas son aplicables en cada circunstancia. El PMI proporciona un resumen general de grupos de herramientas y técnicas, clasificadas en seis categorías: técnicas de recopilación, análisis y representación de datos, técnicas para la toma de decisiones, habilidades de comunicación y habilidades interpersonales y de equipo (PMI, 2017a, p. 686). En la Tabla 4, se muestran las herramientas utilizadas para cada objetivo propuesto.

Tabla 4*Herramientas utilizadas*

Objetivos	Herramientas
1. Realizar una revisión de literatura relevante para establecer definiciones puntuales sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión de las fases relevantes de los procesos de diseño conceptual de arquitectura.	Entrevistas, para considerar la experiencia de profesionales en la ejecución de estos procesos. Tormenta de ideas, para tomar en cuenta diversas posibles estructuras y componentes de los procesos. Investigación bibliográfica, para contar con una base teórica sobre la materia. Análisis de documentos, para identificar las valoraciones hechas por fuentes diversas sobre el tema.
2. Construir una matriz de relacionamiento de involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las fases del proceso de diseño conceptual de arquitectura, para compararlos directamente con las funciones de los roles y artefactos propios de los métodos ágiles.	Entrevistas, para tomar en cuenta las consideraciones prácticas de personas experimentadas en el proceso. Análisis de causa-raíz, para determinar las causalidades que llevan a la participación de actores diversos y de la priorización de sus consideraciones. Análisis de interesados, para identificar a los diversos actores relevantes del proceso. Análisis de escenarios, para considerar las posibles rutas por las cuales el diseño puede ocurrir dependiendo de las circunstancias. Mapeo mental, para construir inicialmente la matriz de relacionamiento.
3. Elaborar la propuesta de metodología de gestión como una descripción explícita de desempeño de cada rol y uso de cada artefacto, para permitir su implementación en procesos de diseño conceptual de arquitectura.	Simulación, para construir potenciales escenarios que podrían presentarse en distintos procesos de diseño. Análisis de escenarios, para que la propuesta metodológica pueda tomar en cuenta los distintos escenarios de avance del proceso. Análisis de documentos, para contar con la base teórica acerca del funcionamiento de los métodos ágiles. Mapeo mental, para la construcción inicial de la propuesta metodológica con su secuencia de pasos.
4. Aplicar la metodología a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad.	Entrevistas, para la identificación de un caso práctico útil y conveniente para la simulación. Simulación, para construir el caso de aplicación. Análisis de causa-raíz, para identificar los aspectos que en el caso de aplicación habrían llevado a los distintos actores a tomar las decisiones tomadas. Análisis de documentos, para contar con la base real de la información existente del caso.

Nota: Elaboración propia.

3.4. Supuestos y restricciones

Los supuestos son condiciones que se asume que se presentarán durante un proceso o proyecto, sin que se tenga certeza de que así sea. Las restricciones son limitaciones impuestas por las circunstancias al desarrollo de una investigación. Los supuestos y restricciones propios de la presente investigación, y su relación con los objetivos del proyecto final de graduación, se ilustran en la Tabla 5, a continuación.

Tabla 5

Supuestos y restricciones

Objetivos	Supuestos	Restricciones
1. Realizar una revisión de literatura relevante para establecer definiciones puntuales sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión de las fases relevantes de los procesos de diseño conceptual de arquitectura.	<p>Se tendrá acceso a literatura que describa en detalle tanto la naturaleza general de los procesos de diseño arquitectónico, como la estructura de los métodos ágiles de gestión de proyectos y otras materias de interés, como la aplicación de herramientas tecnológicas en el proceso.</p> <p>Se dispondrá de expertos que puedan servir como puntos de consulta para valorar posibilidades y confirmar supuestos durante la investigación y el planteamiento de la propuesta.</p>	<p>El tiempo máximo de elaboración del PFG es de cuatro meses.</p> <p>No se incluirán en el análisis las actividades propias de diseño de las ingenierías asociadas al proceso global de diseño, aunque sí se valorará la participación de dichos consultores como interesados del proceso.</p>
2. Construir una matriz de relacionamiento de involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las fases del proceso de diseño conceptual de arquitectura, para compararlos directamente con las funciones de los roles y artefactos propios de los métodos ágiles.	<p>Se tendrá acceso a literatura que describa en detalle con respecto de todos los aspectos previamente planteados, las relaciones de dependencia causal entre actores e instrumentos.</p> <p>Se dispondrá de expertos que puedan servir como puntos de consulta para valorar posibilidades y confirmar supuestos durante la investigación y el planteamiento de la propuesta.</p>	<p>No se incluirán en el análisis las actividades propias de diseño de las ingenierías asociadas al proceso global de diseño, aunque sí se valorará la participación de dichos consultores como interesados del proceso.</p> <p>No se incluirán en el análisis las etapas tardías del proceso de diseño, en particular, la elaboración de planos constructivos.</p>

Objetivos	Supuestos	Restricciones
3. Elaborar la propuesta de metodología de gestión como una descripción explícita de desempeño de cada rol y uso de cada artefacto, para permitir su implementación en procesos de diseño conceptual de arquitectura.	Se dispondrá de diversos ejemplos de procesos de diseño conceptual arquitectónico ejecutados previamente que puedan servir como fuentes de información para el planteamiento de la metodología.	No se incluirán en el análisis las actividades propias de diseño de las ingenierías asociadas al proceso global de diseño, aunque sí se valorará la participación de dichos consultores como interesados del proceso. No se incluirán en el análisis las etapas tardías del proceso de diseño, en particular, la elaboración de planos constructivos.
4. Aplicar la metodología a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad.	Se dispondrá de diversos ejemplos de procesos de diseño conceptual arquitectónico ejecutados previamente que puedan servir como ejemplos a considerar en la aplicación metodológica a un caso en particular ilustrativo.	Para la aplicación de la metodología a un caso de diseño típico, no se plantea realizarlo en una actividad de diseño activa, sino como un replanteamiento de un proceso previo.

Nota: Elaboración propia.

3.5. Entregables

Un entregable es “cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto” (PMI, 2017a, p.708). En el caso del proyecto de investigación en curso, los entregables consisten en los diversos capítulos del desarrollo del trabajo final de graduación, los cuales se constituyen en entregables de fase, al ir materializando los resultados planteados en los objetivos específicos y que a su vez construyen progresivamente el entregable general, que es el documento completo. En la Tabla 6, se definen los entregables para cada objetivo propuesto.

Tabla 6*Entregables*

Objetivos	Entregables
1. Realizar una revisión de literatura relevante para establecer definiciones puntuales sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión de las fases relevantes de los procesos de diseño conceptual de arquitectura.	Documento con el resumen de la revisión de literatura y la información extraída de entrevistas a profesionales donde se identifiquen los componentes clave de las fases relevantes del proceso de diseño, así como los interesados que deban ser considerados para asegurar su éxito y eficiencia.
2. Construir una matriz de relacionamiento de involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las fases del proceso de diseño conceptual de arquitectura, para compararlos directamente con las funciones de los roles y artefactos propios de los métodos ágiles.	Documento que muestre y explique narrativamente la identificación de relaciones causales y de dependencia entre las fases y componentes del proceso de diseño conceptual. Adicionalmente deberá presentar una comparación directa con los roles y artefactos propuestos en un método ágil, para identificar las coincidencias y las consideraciones que deban tenerse en su proceso de adaptación.
3. Elaborar la propuesta de metodología de gestión como una descripción explícita de desempeño de cada rol y uso de cada artefacto, para permitir su implementación en procesos de diseño conceptual de arquitectura.	Documento metodológico que muestre cada uno de los artefactos propuestos, describa las responsabilidades de cada rol y explique el objetivo y procedimiento de cada evento del proceso de gestión.
4. Aplicar la metodología a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad.	Documento que evidencie la aplicación de la metodología a un caso de diseño en particular, especialmente mediante la demostración de los artefactos utilizados en el proceso y describa narrativamente las actividades desarrolladas por los roles.

Nota: Elaboración propia.

4. DESARROLLO

Se presenta en este capítulo el desarrollo del cuerpo principal de la investigación, organizado en concordancia con los objetivos específicos planteados en el primer capítulo. Primero se describen las definiciones puntuales sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión de las fases relevantes de los procesos de diseño conceptual de arquitectura, derivadas de la revisión bibliográfica. Luego se plantean las interrelaciones entre involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las fases del proceso de diseño conceptual de arquitectura, y se comparan con los roles y artefactos propios de los métodos ágiles.

Sobre la base planteada en las secciones anteriores se logra hacer el planteamiento completo de la propuesta de metodología de gestión, incluyendo el desempeño de cada rol, el uso de cada artefacto y la realización de los eventos, para permitir su implementación en procesos de diseño conceptual de arquitectura. Finalmente, se aplica la metodología propuesta a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad.

4.1. Revisión de literatura

4.1.1. Definiciones atinentes al proceso de diseño arquitectónico

Para proporcionar su introducción a la Guía Práctica de Ágil, el PMI plantea una serie de ejemplos sobre trabajos definibles con el objetivo de explicar por oposición lo que constituye el trabajo de alta incertidumbre. Indica que “La producción de un automóvil, un electrodoméstico o una vivienda, después de completar el diseño, son ejemplos de trabajos definibles” (2017b, p.7). En su argumentación, todos esos ejemplos son apropiados para el uso de métodos predictivos de gestión, en virtud de que son bien comprendidos y su proceso de desarrollo estará caracterizado por niveles bajos de incertidumbre y riesgo. Notablemente, el autor se vio compelido a aclarar que el trabajo definible se limita a la construcción de la vivienda, y, presumiblemente, la producción del automóvil y el electrodoméstico, y no incluye los

respectivos procesos de diseño. El diseño puede ser, consecuentemente, trabajo de alta incertidumbre:

Dos de los roles primarios del arquitecto son actuar como asesor del cliente y administrar un proceso complejo de muchos años. Este proceso frecuentemente inicia con estudios que evalúan el alcance del proyecto, definen su factibilidad, analizan sitios potenciales, establecen un cronograma general para las tareas que deben realizarse para completar el proyecto, y proveen la información que el cliente necesita para tomar la decisión sobre proceder. Una vez que el proyecto procede, el arquitecto es frecuentemente responsable de administrar un gran equipo que debe definir el proyecto, desarrollar un diseño adecuado que esté dentro del presupuesto del cliente, navegar un proceso público de aprobación de complejidad creciente y administrar una fase de construcción cada vez más compleja (AIA, 2016, p.273).

En la definición anterior del rol de arquitecto llama la atención el grado de avance que debe alcanzar el proceso de conceptualización del proyecto antes de que mencione la posibilidad de que el cliente tome una decisión sobre proceder. Y aún después de ese punto, se hace referencia a la necesidad de definir el proyecto. Todos los pasos previos a ese punto están revestidos de inherente incertidumbre, ya que son parte de alguna de dos vetas de trabajo principales de carácter difuso: la investigación de las necesidades y deseos del cliente, y la comparación de diversas alternativas de solución contra una limitada disponibilidad de recursos. Mientras más grande y complejo sea el proyecto, será más difícil prever con exactitud todas las temáticas que deberán evaluarse, y los posibles resultados de dichas exploraciones. Conforme se estructura una o varias posibles soluciones, tampoco es posible prever todas las potenciales reacciones del cliente y su equipo, que pueden provocar cambios sustanciales en el proceso. Estas características del proceso de diseño resultan equiparables a los procesos de desarrollo de software que llevaron a la creación de los métodos ágiles.

Para comprender adecuadamente la complejidad (y consecuentemente la incertidumbre) asociada al proceso de diseño, es importante explorar las fases del desarrollo de un proyecto, y de manera complementaria los factores que afectan el desarrollo de dichas fases, especialmente aquellas más relacionadas con el diseño.

4.1.1.1. Fases en la vida del proyecto de construcción

El AIA (2017b, p. 275) define doce fases en la vida de un proyecto de construcción, enfocadas en la naturaleza de las actividades que tienen que ser ejecutadas por el cliente y sus consultores y contratistas. En el marco de la normativa costarricense, el CFIA (2019, p.5) define una estructura de solamente tres fases, donde solamente la primera está enfocada en el proceso de diseño e incluye cuatro servicios de consultoría considerados como obligatorios. En la Tabla 7 se muestra una correlación entre ambas estructuras; se muestra adicionalmente a los cuatro servicios obligatorios del CFIA el servicio de asesoría para los procesos de contratación de obra para completar la secuencia lógica.

Tabla 7

Correlación entre fases de la vida del proyecto de construcción planteadas por la AIA y el CFIA

AIA	CFIA
1. La idea	
2. Planificación estratégica	
3. Análisis de factibilidad y evaluación de necesidades del mercado	
4. Selección y organización del equipo de proyecto	I.a. Estudios preliminares
5. Programación y pre-diseño	
6. Diseño esquemático	
7. Obtención de aprobaciones públicas y del cliente y/o financiamiento, pre-mercadeo y ventas	I.b. Anteproyecto
8. Desarrollo del diseño	
9. Documentos de construcción	I.c. Planos y especificaciones técnicas I.d. Estimación global de costos
10. Selección de los equipos de construcción y equipamiento	I.e. Asesoría para los procesos de contratación de obra

11. Construcción e instalación de equipos	II. Organización y ejecución de obra
12. Ocupación y cierre del proyecto	III. Operación y gestión del mantenimiento

Nota: Elaboración propia.

La etapa de diseño, desde la perspectiva de la AIA, comprende desde la fase 2 (planificación estratégica) hasta la fase 8 (desarrollo del diseño). Esto corresponde con los servicios de estudios preliminares y anteproyecto del CFIA. La correlación mostrada en la tabla es imperfecta, naturalmente, y se elaboró con el objetivo de aclarar que la conceptualización de los servicios en la práctica costarricense es muy amplia, por lo que resulta necesario puntualizar en mayor grado el servicio de consultoría que con mayor utilidad podría ser acometido con metodologías ágiles. La segregación de fases de la AIA es de gran utilidad con este objetivo. Entre otras dificultades con la correlación, está una diferencia en el alcance habitual de las etapas 8 (desarrollo del diseño) y I.b. (anteproyecto), donde esta última se suele caracterizar por una menor elaboración de entregables que en la práctica estadounidense. No obstante, no corresponde la etapa I.b. con la etapa 6 (diseño esquemático), ya que el involucramiento de consultores de ingeniería en la etapa de diseño esquemático suele ser limitada. Tampoco suele ser posible acometer la etapa 7 (en particular los permisos) durante la etapa I.b. Cada proyecto y cada jurisdicción presenta sus condiciones particulares, aspecto que debe siempre tenerse en mente para una evaluación de esta naturaleza.

El arquitecto y el equipo de consultores que normalmente dirige (ingenieros en diversas disciplinas y consultores en seguridad, acústica, fuego y muchas más especialidades según la naturaleza y dimensión del proyecto) tienen grados diversos de involucramiento en cada una de las fases del proyecto, dependiendo, entre otras cosas, del grado de experiencia previa e independencia del cliente, especialmente en las fases 2 a 4. En el caso de la fase 8, el desarrollo del diseño se enfoca en “el refinamiento y coordinación necesarias para que (...) las decisiones hechas durante el diseño esquemático sean resueltas a una escala que minimice la

posibilidad de modificaciones mayores durante la fase de documentos de construcción” (AIA, 2017b, p.350).

En resumen, son las fases 5 (programación y pre-diseño) y 6 (diseño esquemático) las que constituyen el corazón de la conceptualización del diseño arquitectónico. La propuesta que se desarrolla en el presente trabajo se concentra sobre esas dos fases. Las fases anteriores son de carácter más preparatorio y la fase 8 es para desarrollo del nivel de detalle de la propuesta. La propuesta metodológica podría ser de utilidad en esas fases del proceso, aspecto que tendría que evaluarse según las circunstancias de cada caso. Las actividades propias de las fases 9 en adelante ya no deben estar caracterizadas por un alto grado de incertidumbre precisamente por haber completado el proceso de desarrollo del diseño, y son por su naturaleza candidatas a procesos de gestión predictiva.

La fase de programación y pre-diseño consiste en “traducir la información de mercado, los objetivos del propietario, las normas estatales y locales y otros insumos en el programa arquitectónico y el concepto inicial” (AIA, 2017b, p. 279). Es de la mayor importancia que el diseñador participe en una adecuada definición conjunta con el cliente del programa arquitectónico (es decir, un entendimiento sobre la cantidad y dimensión de los espacios requeridos por el proyecto) dado que está en una mejor posición para informar al cliente de los requerimientos de espacio y áreas de apoyo para cada necesidad. Esta definición puede verse afectada por múltiples factores que influyen el proceso de diseño, como las consideraciones normativas o las estrategias de sostenibilidad. El cálculo preliminar de áreas que se genera con el programa arquitectónico puede ser un factor determinante en la decisión del cliente de proceder con el proyecto, ya que permite una evaluación de su potencial costo.

La fase de diseño esquemático es aquella donde se “desarrolla el diseño conceptual básico para todos los componentes del proyecto” (AIA, 2017b, p. 279). Asume, en la estructura de la AIA, que se ha logrado de previo la clara definición del programa arquitectónico y por

ende resulta posible seguir con iteraciones del diseño cada vez más detalladas (esquemático, desarrollo y documentos constructivos). No obstante, en realidad el proceso suele ser menos lineal, ya que “requisitos de programa que evolucionan, realidades presupuestarias, un mejor conocimiento de las consideraciones de sitio y muchos otros factores hacen necesario regresar y modificar pasos previos” (AIA, 2017b, p. 279). En consecuencia, el proceso no es lineal y debe tener consideraciones multifactoriales, generando la incertidumbre planteada indirectamente por el PMI.

4.1.1.2. Factores que influyen el proceso de diseño

En la Tabla 8 se resumen una serie de factores que pueden tener efectos de gran importancia en la conceptualización del diseño, y que se convertirán en elementos por ser gestionados en la propuesta metodológica que se desarrolla. Todos estos factores se afectan los unos a los otros y pueden ser influenciados por múltiples interesados en el proceso de diseño. En consecuencia, son una de las razones más importantes que generan la incertidumbre en el proceso, lo que justifica su consideración puntual en la propuesta.

Tabla 8

Factores que influyen el proceso de diseño

Factor	Relevancia
1. Programa	El programa resume un acuerdo entre el cliente y el diseñador (o una instrucción del primero al segundo) sobre lo que contendrá su edificación. Mientras menos exhaustiva haya sido su análisis, mayor riesgo se conserva de cambios en el proceso.
2. Comunidad	El entorno de interesados que convivirán en el futuro con el proyecto tiene la capacidad de influenciar el grado de éxito que se tenga en la ejecución de las etapas finales del proyecto. En consecuencia, es prudente valorar sus perspectivas desde etapas tempranas.
3. Códigos y normas	De forma similar a la comunidad, los códigos y normas tienen el potencial de entorpecer los procesos de aprobación de un diseño. Ningún profesional en diseño puede darse el lujo de ignorar los requerimientos en este sentido, ya que los funcionarios públicos responsables de su vigilancia tienen un poder importante sobre

	las posibilidades de éxito del proyecto.
4. Localización y clima	La evaluación de sitios en que podría ubicarse el proyecto requiere la consideración de múltiples elementos (configuración, topografía, geotecnia, insolación, temperatura, sombra y muchos otros) que resultan determinantes en la toma de decisiones de diseño.
5. Contexto	El diseño debe responder a su entorno, para lo cual se presentan múltiples alternativas desde la integración hasta la diferenciación. Asimismo, con frecuencia deben tomarse en consideración efectos de adyacencia y la integración de estructuras existentes.
6. Técnica constructiva	La configuración, estrategia constructiva y la selección de materiales de todos los componentes del edificio debe considerar las prácticas, capacidades, experiencia y disponibilidad propias del entorno del proyecto, así como considerar su propia influencia en la disponibilidad de espacio y la flexibilidad hacia el futuro.
7. Sostenibilidad	Los diseños no pueden darse el lujo de ignorar la necesidad social de reducir (e incluso revertir) el impacto de la industria de la construcción sobre el ambiente. Las medidas de promoción de la sostenibilidad, o la regeneración, son hoy en día un factor crítico en todo proceso de diseño.
8. Diseño basado en evidencia	Un diseño no debe ser una ocurrencia. El proceso de diseño arquitectónico tiene un componente artístico, pero no debe conceptualizarse como una obra de arte. El resultado tiene efectos duraderos sobre múltiples actores y la sociedad, y por tanto las decisiones que se toman deben estar adecuadamente basadas en datos.
9. Factores especiales	Cada diseño puede enfrentarse a circunstancias especiales, como el crecimiento del trabajo híbrido, o cambios importantes en los costos de la energía, que introducen requerimientos puntuales que se posicionan como indicadores claves de éxito.
10. Costo	El costo y el cronograma son dos factores clásicos de la gestión de proyectos que no por ello resultan menos importantes. Las decisiones tomadas en el proceso de diseño impactarán ambos factores, lo que debe siempre contrastarse con la capacidad y las expectativas del cliente.
11. Cronograma	
12. Cliente	El cliente, como promotor del proyecto, toma las decisiones finales sobre las alternativas que el diseñador plantee para la atención de todos los factores indicados. En consecuencia, su consideración oportuna como interesado es crítica, y especialmente otorgarle la síntesis necesaria de la información del proceso para evitar malas decisiones y reprocesos.

Nota: Elaboración propia con base en el Manual de Práctica Profesional, pp. 345 a 346, por AIA (2017b).

4.1.1.3. Involucrados y prácticas actuales

La elaboración de las fases de programación y diseño esquemático descritas incluye a diversos involucrados, que cambian sustancialmente dependiendo de la dimensión y naturaleza

del proyecto. En el caso particular de las consultorías de ingeniería, el grado de variabilidad puede ser mayor, dependiendo de las características del proyecto y los aspectos que deban considerarse. Un ejemplo puntual son los requerimientos de aislamiento de radiaciones en espacios que manejan sistemas de irradiación, como las habitaciones de hospitales que albergan equipos de rayos X. La participación de un consultor especialista en protección de estos espacios depende del grado de experiencia de los actores generalistas del equipo (empezando por el arquitecto), y puede no ser necesaria en estas etapas. Para los efectos de la identificación de involucrados que se presenta a continuación, se ha hecho una valoración general de los requerimientos más comunes a la mayor parte de proyectos de dimensión importante, pero que no revisten ese tipo de especialidad, ya que se considera que es la tipología de proyectos en los cuales la metodología propuesta reviste mayor valor. En casos donde la complejidad sea mayor, debe siempre evaluarse la incorporación oportuna de miembros adicionales.

La programación y conceptualización del proyecto normalmente incorpora a los distintos involucrados que se detallan en la Tabla 9 a continuación. En la tabla no se han segregado los múltiples roles tradicionales que pueden existir a lo interno de una oficina de arquitectura o de un consultor de ingeniería (diseñadores en jefe, arquitectos o ingenieros principales, dibujantes, técnicos, etc.). Esto se debe a que, como norma general, se considera que los participantes en eventuales equipos de ágil deberían ser “especialistas generalizados”, es decir, profesionales con “tanto una especialidad central como una amplia experiencia a través de múltiples habilidades, en lugar de una sola especialización” (PMI, 2017b, p. 42). En otras palabras, no se espera que los equipos estén conformados por grandes grupos (ni siquiera múltiples miembros necesariamente) de cada organización, sino profesionales de alto nivel y amplia experiencia, que puedan dedicarse 100% al proyecto y tomar un rol de producción y no solamente dirección dentro de su disciplina.

Tabla 9*Involucrados en el proceso de programación y diseño conceptual*

Involucrado	Participación	Etapa de programac.	Etapa de diseño
1. Cliente	En su carácter de promotor y encargado del financiamiento del proyecto, toma las decisiones finales sobre las alternativas que el diseñador plantee.	X	X
2. Consultores especializados del cliente	El cliente puede preferir contar con consultores especializados para asesorarlo en su relación con el equipo de diseño, el proyecto o ambos. Estos consultores pueden ser desde un gerente de proyecto hasta asesores financieros, consultores de programación o asesores de mercado.	X	X
3. Arquitecto	Se encarga de la dirección del equipo de diseño, así como la generación integral de la propuesta conceptual de diseño. Asimismo, es el involucrado mejor posicionado para asesorar al cliente en materia de programación.	X	X
4. Consultor civil	Se encarga del diseño de movimiento de tierras, las redes de servicios públicos desde el punto de conexión externo hasta las edificaciones, pavimentos y áreas de circulación vehicular externa.		X
5. Consultor estructural	Se encarga de la definición del concepto estructural, y la valoración de las adaptaciones necesarias según las necesidades del concepto. Facilita la evaluación de la factibilidad de ejecución del concepto en función de la situación geotécnica y las prácticas constructivas.		X
6. Consultor electromecánico	Se encarga de la definición de los conceptos electromecánicos, relacionados con múltiples redes de servicios internos a las edificaciones. Facilita la evaluación de la factibilidad de ejecución del concepto en función de las demandas de servicios y el equipamiento requerido. Apoya la toma de decisiones en materia de seguridad humana.		X
7. Consultores especializados de ingeniería	Otros tipos de consultores pueden ser necesarios dependiendo de las características propias del proyecto, especialmente cuando la conceptualización de sus respectivos sistemas pueda influenciar de manera importante la solución global.		X
8. Consultor de sostenibilidad	Los proyectos de mayor dimensión y aquellos que persiguen certificaciones de sostenibilidad (LEED, Carbono Neutral, FITWEL, etc.) requieren de consultores especializados que brinden una perspectiva evaluativa de las estrategias de todas las disciplinas de diseño, de forma que el proceso tenga un enfoque claro hacia los objetivos en la materia.	X	X
8. Gestor normativo	Un especialista en requisitos normativos para la obtención de permisos de construcción es un	X	X

	miembro clave del equipo de diseño desde el principio, ya que tiene el potencial de evitar la toma de decisiones que pueden generar conflictos posteriores en puntos avanzados del proceso de ejecución.	
9. Encargados institucionales de permisos	Como norma general, en Costa Rica no es posible involucrar responsables institucionales en etapas tempranas. No obstante, en otras jurisdicciones puede ser conveniente o incluso necesaria su participación temprana como involucrados de consulta, para validar las apreciaciones del gestor normativo.	X

Nota: Elaboración propia.

Como norma general, la práctica actual suele implicar un involucramiento de los primeros tres interesados listados en la Tabla 9 en las etapas de programación y diseño. Una vez que un diseño conceptual inicial se ha ejecutado a un nivel preliminar, en ocasiones se involucra de manera temprana a otros consultores para emitir opiniones al respecto. La propuesta de metodología que se desarrolla en las siguientes secciones, busca una participación más activa de los distintos interesados según las X mostradas en las dos columnas de la derecha de la Tabla 9, funcionando como un equipo ágil.

4.1.2. Síntesis de beneficios de los métodos ágiles

Los métodos ágiles de gestión de proyectos están basados teóricamente en una estructura de cuatro valores y doce principios. Los cuatro valores se mostraron en la Figura 6. Los doce principios se detallan en la Figura 7. De su lectura resulta evidente la facilidad con que pueden correlacionarse con las etapas 5 y 6 del proceso de diseño conceptual descrito en la sección anterior, así como la conveniencia, tanto para el equipo de diseño como para el cliente, de aplicarlos. En la misma forma en que “estos principios se han extendido desde entonces a muchos otros sectores” (PMI, 2017b, p. 10), en el caso de interés, el único cambio necesario es la referencia a un “diseño conceptual que satisface los requerimientos del proyecto” en donde los principios hablan de “software que funciona” o “software funcional”.

Figura 7

Los doce principios detrás del Manifiesto de Ágil.

- 1.** Nuestra máxima prioridad es satisfacer al cliente mediante la entrega temprana y continua de software con valor.
- 2.** Los cambios a los requerimientos son bienvenidos, incluso en etapas avanzadas del desarrollo. Los procesos ágiles aprovechan el cambio para lograr la ventaja competitiva del cliente.
- 3.** Entregar software funcional con frecuencia, desde un par de semanas a un par de meses, con preferencia por la escala de tiempo más corta.
- 4.** El negocio y los desarrolladores deben trabajar en conjunto todos los días durante todo el proyecto.
- 5.** Construir proyectos alrededor de individuos motivados. Darles el entorno y el apoyo que necesiten, y confiar en ellos para hacer el trabajo.
- 6.** El método más eficiente y eficaz de transmitir información a un equipo de desarrollo, y dentro de él, es la conversación cara a cara.
- 7.** El software que funciona es la medida principal del progreso.
- 8.** Los procesos ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los patrocinadores, desarrolladores y usuarios deberían poder mantener un ritmo constante en forma indefinida.
- 9.** La atención continua a la excelencia técnica y el buen diseño mejora la agilidad.
- 10.** La simplicidad (el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado) es esencial.
- 11.** Las mejores arquitecturas, requerimientos y diseños surgen de equipos auto-organizados.
- 12.** A intervalos regulares, el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo, para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia.

Nota: Descripción de los doce principios detrás de los métodos ágiles. Tomado de la Guía Práctica de Ágil (p. 9), por PMI (2017b).

El paradigma de los enfoques ágiles consiste en avanzar en la creación de un producto final a través de un proceso iterativo de ciclos cortos, en cada uno de los cuales se genera un

entregable parcial y funcional, que pueda evaluarse en el marco del equipo ampliado de proyecto, constituido por los mismos diseñadores y otros interesados, incluyendo al cliente. De esta forma se maximiza y se vuelve más frecuente la retroalimentación sobre el equipo de diseño, y este puede reaccionar de manera más eficiente a la consideración de factores adicionales:

Al construir un pequeño incremento y luego probarlo y revisarlo, el equipo puede explorar la incertidumbre a bajo costo en un corto tiempo, reducir el riesgo y maximizar la entrega de valor de negocio. Esta incertidumbre puede estar centrada en la idoneidad y los requisitos (¿se está construyendo el producto correcto?); la viabilidad técnica y el desempeño (¿puede este producto ser construido de esta manera?); o el proceso y las personas (¿es esta una manera efectiva para que el equipo trabaje?). Estas tres características – la especificación del producto, la capacidad de producción y la idoneidad del proceso – suelen presentar elementos de alta incertidumbre. (PMI, 2017b, p. 30).

Los beneficios de la aplicación de métodos ágiles en los proyectos que tienen las características necesarias para hacerlo posible son múltiples y se resumen a continuación:

1. Proceso. Como se indicó anteriormente, el beneficio fundamental reside en la naturaleza de los métodos ágiles. Por su carácter iterativo e incremental, permiten explorar la viabilidad de entregables parciales en ciclos cortos, maximizando la adaptación del producto a frecuente retroalimentación de los involucrados.
2. Adaptabilidad. No existe un único método ágil preestablecido, sino que su estructura es adaptable a las necesidades particulares del proyecto y el equipo, siendo posible ajustar tanto el aspecto incremental como la frecuencia de los ciclos y otras consideraciones. Además, existen alternativas para su

escalamiento a proyectos grandes que superen la capacidad de trabajo de un equipo.

3. **Mentalidad.** La implementación de los métodos ágiles, al igual que cualquier otra metodología de trabajo, requiere capacitación y práctica por parte del equipo. Pero una vez que se ha logrado, los equipos adquieren el hábito de trabajar de forma ágil, generando resultados evaluables con frecuencia y concentrándose en el valor. Al mismo tiempo, en el equipo debe implementarse el liderazgo del servicio, que permite una búsqueda más directa de resultados de valor, así como el crecimiento de la eficiencia todo el equipo y el desarrollo de sus miembros.
4. **Integración.** El requerimiento estructural de los equipos de ágil implica un grado de integración entre los miembros (que puede involucrar también a actores fuera del diseñador arquitectónico principal) superior a lo usual, facilitando la superación de silos organizacionales.
5. **Mejora.** El componente de las retrospectivas y de la interacción permanente entre todos los miembros del equipo se fundamenta en el objetivo de generar un beneficio de mejora constante de su eficiencia, que viene en beneficio del propio equipo y de la entrega de valor al cliente.
6. **Progreso.** La mayoría de los clientes aprecian observar progreso frecuente en la elaboración de los entregables del proyecto. Para el equipo también es de gran utilidad mantener un ritmo de trabajo en el cual el cliente permanezca satisfecho con el avance y enterado de las consideraciones que provocan los cambios y ajustes en el producto.

4.2. Interrelaciones entre involucrados y herramientas

4.2.1. Herramientas tecnológicas actuales

En la sección anterior se exploraron a profundidad las características, pasos e involucrados del proceso de diseño arquitectónico. Un elemento adicional que debe tomarse en consideración son las herramientas que se utilizan en dicho proceso.

4.2.1.1. Videotelefonía y teletrabajo

Antes de analizar las herramientas propias de las profesiones directamente involucradas en el proceso de diseño arquitectónico, es fundamental hacer referencia a la disponibilidad actual del trabajo remoto (o teletrabajo) y su combinación con la universal disponibilidad de la videotelefonía. Aunque la videotelefonía es un concepto desarrollado desde finales del siglo XIX y con implementaciones iniciales analógicas desde la década de 1930, para la década de 1990 los servicios digitales continuaban siendo de alto costo y baja accesibilidad para la mayoría de los usuarios, y las implementaciones más frecuentes eran para usos corporativos, siendo sistemas dedicados instalados de forma fija en salas de reuniones.

A partir de la década del 2000, el progreso en la capacidad de internet, las computadoras personales y los teléfonos portátiles permitió la masificación de la videotelefonía, al punto de que para la década siguiente prácticamente toda computadora y teléfono portátil inteligente tenía capacidades de videotelefonía (Senft, 2020). La pandemia de Covid-19, entre 2020 y 2023, provocó un incremento significativo en el uso de la videotelefonía, en conjunto con el efecto de masificación del trabajo remoto, dados los riesgos inherentes a la congregación de personas en espacios de trabajo. Hoy en día, todas las organizaciones (especialmente sus departamentos basados en trabajo de oficina) continúan debatiéndose con respecto del balance adecuado entre trabajo presencial y trabajo remoto, y el uso concomitante de la videotelefonía.

Las circunstancias actuales del teletrabajo y la videotelefonía son relevantes ya que uno de los supuestos básicos que han predominado a lo largo del tiempo en la ejecución de proyectos con metodologías ágiles ha sido la co-localización del equipo. Se asume, en principio, que el equipo trabaja junto en una sala común, o bien en cubículos u oficinas con acceso a una sala común. No obstante, se ha entendido que si el equipo no comparte la misma ubicación “el equipo decide qué tanto de su lugar de trabajo es virtual y qué tanto es físico. Tecnologías tales como el uso compartido de documentos, las videoconferencias y otras herramientas de colaboración virtual ayudan a las personas a cooperar remotamente” (PMI, 2017b). Esta dicotomía es un reflejo directo del dilema aún irresoluto que enfrentan todas las organizaciones hoy en día, entre determinar el mayor o menor grado de eficiencia y colaboración de sus equipos según su ubicación geográfica.

En la práctica de la arquitectura y el diseño de proyectos de construcción, las firmas más grandes de arquitectura e ingeniería, con alcance mundial, habitualmente colaboran entre sí y entre sus oficinas en distintas ubicaciones de un mismo país o de todo el planeta según sea necesario. Normalmente, el grado de dispersión de los equipos se incrementa mientras más grande y complejo sea el proyecto en cuestión, lo cual genera las necesidades técnicas y al mismo tiempo habilita las condiciones financieras necesarias para la participación de expertos que pueden estar ubicados en diversos lugares del planeta, e incluso en constante movimiento.

La ubicación física de los miembros con la experiencia adecuada requerida por el equipo ágil para el diseño arquitectónico debe evaluarse en función de cada proyecto, para que, tal y como lo indica el PMI, el mismo equipo determine el grado y forma de colaboración que se utilizará tanto para el desarrollo del trabajo como para la realización de los eventos correspondientes.

4.2.1.2. Herramientas profesionales

El diseño conceptual en arquitectura puede ejecutarse con una multiplicidad de herramientas –manuales o digitales– disponibles para el profesional. La escogencia de la herramienta depende en buena medida de la experiencia previa del profesional, lo cual suele dirigir su preferencia personal, así como de la consideración de las capacidades de la herramienta comparadas con los requerimientos y características del proyecto.

Las fases tempranas del diseño están imbuidas de un carácter creativo e iterativo, que al mismo tiempo deben incorporar la valoración de criterios de desempeño primarios como, para citar un ejemplo básico, el cumplimiento con el requerimiento de área del cliente. Estas fases son críticas en el diseño, ya que definen el tono y la dirección de todo el proyecto, aprovechando (y al mismo tiempo reduciendo) los amplios grados de libertad disponibles inicialmente a los diseñadores. En consecuencia, una herramienta manual clásica como un papel, un lápiz y un borrador, siguen siendo un punto de partida común.

El carácter artístico del punto de partida anterior debe rápidamente balancearse con una creciente necesidad de tecnificar el proceso de diseño, que toma fuerza con rapidez muchas partes del planeta. La manifestación más ubicua de dicha tecnificación es el modelado de información de construcción (más conocido por sus siglas en inglés, BIM). Desde una perspectiva básica, el BIM permite a los distintos participantes del proceso de diseño integrar en un solo modelo tridimensional toda la información constructiva del proyecto. Su objetivo es la generación de un modelo digital tridimensional de todos los componentes del proyecto. Este objetivo contrasta intensamente con la práctica tradicional de documentar el proyecto a través de planos bidimensionales, donde solamente podía comunicarse la visión del diseñador de la manifestación del proyecto en un corte o una vista de este, sin absoluta certeza de que fuera fidedigna de todas las interacciones derivadas de todos los componentes de la edificación. Al dibujar el proyecto en tres dimensiones, en lugar de dos, se elimina, en teoría, esta visión

simplificada del proyecto y se hace mucho más factible la detección de problemas de interacción entre los distintos componentes.

La implementación de BIM ha demostrado ser un reto desde al menos tres perspectivas:

- Generación de capacidad en los profesionales de las firmas de diseño, tanto desde el uso de las herramientas a nivel individual, como desde la perspectiva de generar una coordinación productiva con los demás involucrados del proceso.
- Definición del objetivo de la implementación de BIM, que puede reducirse a la detección de conflictos físicos, o puede servir para alimentar un proceso de inspección de obra más interactivo con el diseño original, e incluso para la documentación del resultado real de construcción. Aquí es frecuente cierto grado de confusión en el establecimiento de requerimientos por parte de los clientes, que pueden solicitar la ejecución de trabajo BIM sin realmente saber con qué objetivo.
- Relacionado con el punto anterior, el establecimiento del nivel adecuado de modelación, ya que la posibilidad de modelar en un espacio tridimensional infinito puede provocar la tentación de incorporar niveles de detalle que solamente aumentan la complejidad sin incrementar la utilidad del modelo.

Hoy es difícil argumentar contra el uso de BIM en la documentación del diseño de los proyectos. Como mínimo, la modelación en tercera dimensión para promover la detección de conflictos físicos en el marco de la necesidad de incrementar la eficiencia en el uso del espacio se ha vuelto fundamental en proyectos de cierta dimensión. En Costa Rica, los desarrolladores, diseñadores y consultores de mayor dimensión han desarrollado ya las habilidades requeridas para trabajar con BIM, aunque su uso no podría considerarse generalizado ni a nivel de todo el mercado, ni a nivel de todos sus posibles usos en el proceso global de diseño y construcción.

En consecuencia, para el diseñador existe una presión de trasladar el proceso hacia herramientas BIM tan temprano como sea posible:

La cantidad de trabajo de diseño y modelado está en efecto trasladándose aguas arriba en la fase de diseño. Al pasar de diseño 2D a diseño 3D (y más), la cantidad de trabajo también se incrementa y se mueve aguas arriba [...]. Se vuelve obligatorio pensar en más detalle acerca del modelado de objetos.

Al traer más trabajo y más complejidad aguas arriba, la tecnología BIM provoca más tareas y más procesos de toma de decisiones y fuerza a los diseñadores a generar más coordinación más temprano. Estos cambios están transformando el proceso colaborativo, con más información a ser compartida más temprano entre involucrados. BIM presenta el problema de la complejidad, pero también crea una necesidad de intercambios entre interesados (Gless, 2020, p. 4).

En esta realidad, el arquitecto puede utilizar diversas herramientas para el desarrollo de su concepto inicial, y esas herramientas no generarán efectos importantes en el proceso subsiguiente, dado que es más probable que su uso se limite al arquitecto. Este se ve cada vez más rápidamente obligado a trasladar el diseño a una herramienta BIM, que se ha convertido en el estándar por excelencia para permitir la incorporación de otros miembros –ya sean otros arquitectos o consultores en ingeniería– al desarrollo del proceso de diseño. Una manifestación de esto es una necesidad del equipo de diseño de acordar tan temprano como sea posible el denominado plan de ejecución BIM (o BEP por sus siglas en inglés). El BEP provee la guía sobre cómo será implementado el modelo BIM, en qué software, de qué forma se administrará y utilizará durante las distintas fases del proyecto. Aunque el BEP puede contener diversos niveles de detalle, su componente más importante es la definición de estándares y protocolos que deben utilizarse para introducir información al modelo y modificarla, con el objetivo de

evitar efectos negativos sobre el trabajo de los demás miembros del equipo, y favorecer la compatibilidad de su trabajo.

La gestión de proyectos de diseño a través de BEPs ha generado un fenómeno de desarrollo espontáneo de trabajo cuasi-ágil. Dado que el software permite a múltiples colaboradores editar porciones separadas de un modelo integrado, resulta naturalmente necesario revisar los cambios que los demás miembros del equipo introducen regularmente para evitar avances disociados. En consecuencia, los equipos BIM frecuentemente han adoptado el hábito de generar una cadencia de actualización y revisión conjunta del modelo, ya que se ha identificado la conveniencia de que todos los involucrados hagan una pausa al mismo tiempo para valorar conjuntamente el avance del proceso. Esto es inherentemente una táctica ágil, y esta investigación considera que es una manifestación natural de la conveniencia de la metodología vista desde una perspectiva más global. Al mismo tiempo, genera la oportunidad de usar un hábito que se ha ido desarrollando asociada a cierto nivel de experiencia en el uso de BIM, que facilitaría la implementación de una metodología ágil de amplia perspectiva.

4.2.2. Matriz de relacionamiento

Para analizar la participación en el proceso de los diversos actores involucrados, se ha estructurado una matriz de relacionamiento con los roles de *Scrum* que se muestra en la Tabla 10. Con respecto de los involucrados desarrollados en la Tabla 9, se ha segregado al gerente de proyecto del cliente de sus otros potenciales consultores (como, por ejemplo, consultores en programación, en mercado inmobiliario, o financieros, o bien miembros de su equipo que brinden información sobre los requerimientos del diseño). Asimismo, se ha incluido a un actor adicional denominado *Scrum Master*, dado que no es un actor usual en los procesos de diseño, pero es un rol fundamental en el adecuado desarrollo de métodos ágiles. Finalmente, para

evitar innecesaria complejidad, se han integrado todos los consultores de diseño de ingeniería como un único actor.

Tabla 10

Matriz de relacionamiento de roles.

Actor	<i>Product Owner</i>	<i>Scrum Master</i>	<i>Developer</i>	Involucrado externo
Ciente				X
Gerente de Proyecto				X
Consultores del cliente			o	X
Arquitecto	X		X	
<i>Scrum Master</i>		X	o	
Consultor de sostenibilidad			X	
Gestor normativo			X	
Consultores de diseño			X	
Encargados institucionales				X

Nota: Elaboración propia. El símbolo “X” indica una correlación definitiva, mientras que el símbolo “o” indica una correlación potencial.

La Tabla 10 es un primer componente fundamental en la definición de la metodología que se propone en esta investigación, ya que inicia el proceso de relacionar los conceptos del diseño arquitectónico con los conceptos del marco de trabajo *Scrum*. Se propone la existencia de cuatro involucrados externos (o grupos, dependiendo de su configuración real). Se incluye a los encargados institucionales relacionados con procesos de permisos, ya que son actores de la mayor relevancia en las jurisprudencias donde esa circunstancia sea factible.

Por otro lado, se propone que un miembro del equipo de arquitectura es la persona correcta para desempeñarse como *Product Owner*. En el caso de los diseños de edificaciones, el rol de coordinación general de los equipos recae en el arquitecto, ya que es el profesional llamado a generar la conceptualización global del mismo y asegurar que esa conceptualización general se respete dentro del proceso natural de evolución del diseño. En el marco de la metodología propuesta, se resalta el rol colaborativo de todos los miembros del equipo – incluyendo los consultores de ingeniería– en la generación y desarrollo global del concepto, aunque se entiende que el arquitecto debe conservar ese rol de coordinación. Dependiendo de la dimensión del proyecto, es de esperar que el rol del arquitecto pueda ser desempeñado por una o varias personas, que incluso podrían tener diversas especialidades de diseño. La persona que se desempeñe como *Product Owner* no necesariamente tiene que ser el diseñador principal, quien posiblemente podría dedicarse mejor a un rol puramente creativo (en condición de *Developer*), sino que podría ser un miembro del equipo de arquitectura más enfocado a una perspectiva de gestión de proyecto.

Como se mencionaba de previo, se incorpora dentro de los actores al *Scrum Master*. En el análisis comparativo de los roles tradicionales y los roles de *Scrum*, no se ha observado una concordancia evidente, por lo que se considera apropiada la participación de un experto en el marco de trabajo que proporcione una perspectiva externa, hasta tanto alguno de los miembros del equipo de arquitectura haya desarrollado dicha habilidad, en cuyo caso podría llegar a participar activamente como *Developer* de forma complementaria.

Finalmente, el resto del *Scrum Team* estaría conformado por el consultor de sostenibilidad, el gestor normativo y el equipo de consultores de diseño. Estos tres actores pueden existir o no dependiendo de la naturaleza y dimensión del proyecto. Dado que se prevé que la implementación de este método sea más aplicable a proyectos de mediana a gran dimensión, es previsible que entre los requerimientos y objetivos del cliente se encuentren

medidas de mejora de la sostenibilidad, resiliencia y/o capacidad regenerativa del proyecto (algo que, por ejemplo, se ha vuelto la norma en proyectos de mediana o gran dimensión para clientes públicos). Por la misma razón, es lógico esperar la participación de una persona especializada en asegurar el cumplimiento de la normativa para asegurar un proceso fluido por las aprobaciones de permisos de construcción. De estar presentes estos dos actores, como se indicó en la Tabla 9, su participación debería incorporarse desde las etapas más tempranas de conceptualización, ya que permiten la toma de decisiones clave certeras desde el inicio del proceso.

Para este análisis de relacionamiento entre el proceso habitual de diseño y el marco de trabajo *Scrum*, no resulta necesario analizar también la correlación de los actores con los eventos y artefactos, ya que la participación de los diversos miembros del *Scrum Team* en los eventos y artefactos está bien definida por el marco de trabajo, y no se ha identificado la necesidad de proponer ajustes al respecto a la estructura base. Con respecto del uso de la tecnología para el trabajo de los *Developers*, resulta natural pensar que BIM será la plataforma central para la gestión de la información del diseño, por su preponderancia en el proceso actual ya descrita. No obstante, no puede ser la única herramienta, especialmente en los casos en que el equipo se integre a funcionar de manera ágil desde la etapa de programación, ya que no es de utilidad para etapas tan tempranas. Tampoco será la herramienta que se utilice para la gestión propia de los artefactos de *Scrum*. En la siguiente sección se detalla la forma en que se visualiza la evolución en el tiempo de la conformación del *Scrum Team* esbozada en la Tabla 10, así como el uso que hará de eventos y artefactos para la elaboración progresiva del diseño.

4.3. Metodología propuesta

El marco de trabajo planteado en la Guía de *Scrum* “no aborda las actividades para gestionar el ciclo de vida completo del proyecto” (UE, 2022, p. 11). A su vez, la Guía Práctica de Ágil (PMI, 2017b) es un documento dedicado a explicar la estructura de principios de las metodologías ágiles y tampoco tiene el objetivo de cubrir los pormenores de su implementación en proyectos específicos. Por lo tanto, aunque ambos documentos son fundamentales para la comprensión adecuada de la teoría de las metodologías ágiles y de *Scrum* en particular, para plantear una implementación metodológica es necesario ahondar más en el detalle de proceso. Con ese objetivo, la propuesta descrita más adelante mantiene de forma integral los principios planteados en el marco de trabajo de *Scrum*, adicionándole la descripción de algunas actividades relevantes a realizar antes y después de la ejecución de los pasos propios de la secuencia de *Sprints*. Las actividades anteriores son de carácter preparatorio, y las actividades posteriores buscan un buen cierre del proceso. De esta forma, además, se logra una descripción más puntual de las acciones que se proponen por parte de todos los involucrados en el proceso. Con este objetivo, se han utilizado como referencia para la elaboración de la propuesta dos fuentes complementarias: una implementación de carácter teórico pero más detallado, correspondiente a la versión ágil de la metodología de gestión de proyectos PM² de la Unión Europea (UE, 2022) y otra implementación de carácter práctico, utilizada como procedimiento general de desarrollo por una empresa multinacional de implementación de software y basada en *Scrum* (Anaplan, 2023).

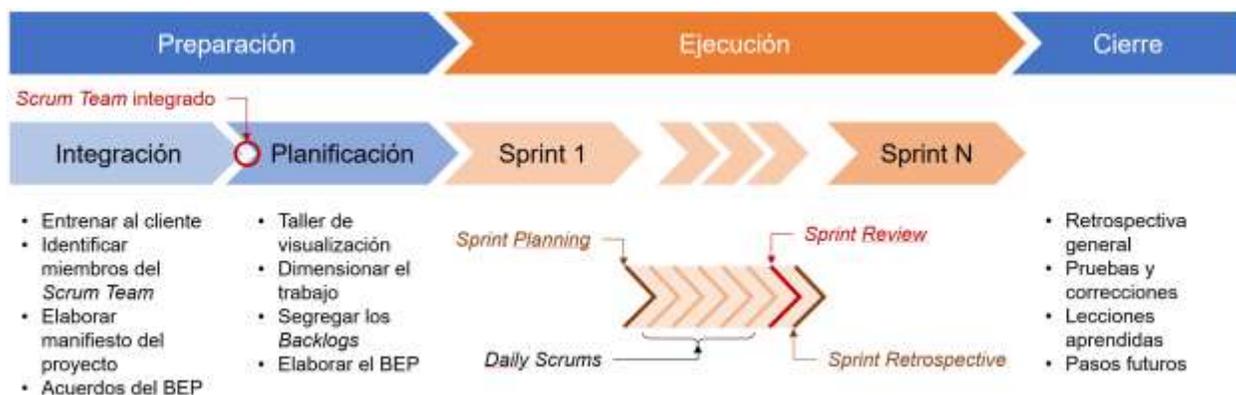
Como norma general, en la presente sección y siguientes, la nomenclatura que se utiliza corresponde a los mismos términos propios de *Scrum* que ya fueron detallados en el Marco Teórico para facilitar la comprensión de los planteamientos, y de la misma manera se muestran todos con mayúscula e itálicas. Debe tomarse en consideración, para implementaciones específicas, que la nomenclatura utilizada para la descripción del trabajo y los participantes en

los procesos de diseño puede ser un factor crítico para facilitar el entendimiento adecuado por parte de los involucrados. Un ejemplo sencillo en este sentido se evidenció en la sección 4.1.1.1, referente a la nomenclatura de las fases del proceso de diseño. Los términos ‘anteproyecto’, ‘diseño esquemático’, ‘proyecto ejecutivo’ y muchos otros representan cosas distintas en lugares distintos, y la falta de familiaridad puede naturalmente provocar animadversión. Incluso el uso de nomenclatura en inglés puede ser contraproducente en mercados no angloparlantes. Este tipo de dificultades (que son habituales para las firmas multinacionales de arquitectura) no deben tomarse a la ligera; la implementación de esta metodología requiere que el encargado (o el *Scrum Master*) valore la utilidad de sustituir la terminología según lo considere necesario para facilitar la identificación de los interesados internos y externos con el proceso y reducir el grado de impacto del cambio.

La Figura 8 muestra un diagrama de la metodología propuesta, que se divide en tres fases: Preparación, Ejecución y Cierre. Uno de los aspectos del ciclo de vida del proyecto que no están cubiertos explícitamente por el marco de trabajo de *Scrum* son las actividades que deben realizarse para preparar el trabajo que debe llevar a cabo el *Scrum Team* durante los *Sprints*. A pesar de ello, son componentes primordiales del proceso. Debe tomarse en consideración que uno de los principios de ágil establece que es prioritario responder al cambio por encima de seguir un plan (PMI, 2017b). Eso no significa que la ejecución ágil no requiera ningún tipo de planificación. Por el contrario, la planificación del trabajo del *Scrum Team* es uno de los componentes de su propio trabajo que se ejecuta en cada *Sprint*, y la característica clave de ágil es la forma en que la planificación se ajusta a las circunstancias del avance, así como la capacidad del equipo de autorregular dicha planificación.

Figura 8

Diagrama de la propuesta metodológica



Nota: Elaboración propia.

La fase de Preparación incluye dos subfases. La primera, denominada Integración, incluye varias actividades de corta duración, enfocadas en la conformación del *Scrum Team* y el alineamiento de expectativas a lo interno del equipo y con el Cliente. La segunda, denominada Planificación, incluye las actividades necesarias para conformar el *Product Backlog* y generar los *Compromisos*, de manera que sea posible la evaluación progresiva de los resultados generados durante la fase de Ejecución, que sigue una estructura de trabajo fiel a *Scrum*. Finalmente, la fase de Cierre consiste en un conjunto de actividades necesarias para derivar lecciones globales de la fase de Ejecución, y establecer parámetros de trabajo para etapas futuras del proyecto. El contenido y actividades de cada fase se describen a continuación.

4.3.1. Fase de Preparación

4.3.1.1. Subfase de Integración

La subfase de Integración tiene el objetivo de asegurar una adecuada conformación del *Scrum Team* y alinear las expectativas de los miembros del equipo y el Cliente. Se asume que de previo al inicio del proceso el arquitecto ha derivado de sus conversaciones iniciales con el

Cliente una dimensión potencial del proyecto y sus características más generales, que le han permitido establecer una relación comercial con él y además con los consultores necesarios para la ejecución del trabajo. En consecuencia, se entiende que el arquitecto se encuentra en capacidad de proponer una conformación del *Scrum Team*, en línea con el análisis detallado en la sección anterior. En la Tabla 9 se han planteado los consultores que regularmente podrían estar involucrados en la ejecución del diseño, con sus respectivas áreas de actividad. La definición por parte del arquitecto de la conformación específica del *Scrum Team* dependerá de las características del proyecto, y podría requerir más o menos consultores en diversas especialidades.

Contando con la propuesta de conformación del *Scrum Team*, se debe llevar a cabo una reunión de arranque del proyecto con el Cliente, que será el elemento detonador de todas las actividades del proceso. Es de la mayor importancia que desde la reunión de arranque el Cliente se constituya en parte activa del proceso, y que se fomente su participación constante en todas las fases y actividades a realizar. El Cliente debe compartir con el *Scrum Team* el compromiso para lograr el éxito del proyecto. La reunión de arranque debe ser dirigida por el arquitecto en su carácter de *Product Owner*, pero no requiere la participación integral del *Scrum Team* aún, y debe aprovecharse para la discusión de las siguientes temáticas.

1. *Iniciar el entrenamiento del Cliente.* Resulta necesario lograr que el Cliente y su equipo alcancen un entendimiento adecuado de la metodología que se utilizará en el proceso. Esto puede consistir desde una pequeña explicación conceptual del tipo de actividades a realizar y el funcionamiento del *Scrum Team*, hasta una sesión de trabajo más extendida donde se elabore en mayor detalle la naturaleza de cada rol, evento y artefacto.
2. *Identificar miembros del Scrum Team proporcionados por el Cliente.* Como se muestra en la Tabla 10, se identificaron tres tipos de involucrados desde el lado del

Cliente que tienen rol de involucrados externos. No obstante, en algunas circunstancias es posible que resulte conveniente incorporar a uno o varios consultores aportados por el Cliente como parte del equipo. Estos pueden ser desde expertos en la operación de los espacios a diseñar, hasta expertos en el diseño de componentes específicos, como equipo especializado. Debe tomarse en consideración que en principio este no es un escenario ideal, especialmente si los miembros del *Scrum Team* ya han desarrollado habilidades en trabajo ágil, pero puede resultar estrictamente necesario para permitir el desarrollo del trabajo. De cualquier manera, siempre constituye la responsabilidad del *Scrum Master* asegurarse de que el trabajo se ejecute en alineamiento con la metodología que se propone y que los diversos actores involucrados estén debidamente capacitados para interactuar productivamente con el resto del equipo.

3. *Iniciar la elaboración del manifiesto del proyecto.* El manifiesto del proyecto es una declaración del propósito del trabajo, donde se establece lo que el *Scrum Team* desea diseñar, desarrollada bajo el liderazgo del *Product Owner*, pero con la aceptación explícita del Cliente y del resto del equipo. Debe dar inicio a la creación del *Objetivo de Producto*, que más adelante se incorporará al *Product Backlog* como su compromiso (Anaplan, 2023). En la subfase de Planificación se finaliza la elaboración del manifiesto incorporando otros elementos relevantes.
4. *Acordar el desarrollo del BEP.* Dada la expectativa de que el *Scrum Team* trabaje colaborativamente sobre la base de un modelo BIM, resulta necesario el establecimiento de las normas que regirán el uso y desarrollo del modelo. En consecuencia, el *Scrum Team* debe contar con un BEP elaborado de cara al proceso de trabajo ágil. Debe derivarse del manifiesto del proyecto, reflejarlo, y respetar los valores de ágil mostrados en la Figura 6, especialmente el primero y el

cuarto. En consecuencia, es de gran importancia que el BEP sea un documento de gran sencillez y claridad, dirigido hacia facilitar las interacciones entre los diferentes miembros del equipo, en lugar de establecer innumerables reglas de nomenclatura y documentación que más bien dificulten la exploración de soluciones.

5. *Otras labores administrativas relevantes.* Esto incluye todas las demás temáticas propias de una reunión de inicio no necesariamente relacionadas con la metodología de trabajo, desde la presentación de todos los miembros del equipo, el análisis de condiciones y limitaciones existentes en el sitio del proyecto, el alineamiento de protocolos de comunicación y la discusión de procedimientos de facturación y pago, entre otros.

Una vez realizada la reunión de arranque, la subfase de Integración debe concluir con la conformación del *Scrum Team* con todos sus integrantes, con la aceptación y activa participación del Cliente, y bajo un manifiesto de proyecto que sirva como guía básica para todas las labores a realizarse en el futuro.

4.3.1.2. Subfase de Planificación

La subfase de Integración busca un entendimiento general de todos los involucrados de la naturaleza del proceso y sus componentes. Una vez que eso se ha logrado, es necesario acometer varias actividades de planificación del trabajo antes de empezar a diseñar. El punto de transición entre las subfases de Integración y Planificación es la conformación definitiva del *Scrum Team*. En las actividades de la subfase de Planificación, es de gran relevancia la participación de todo el equipo, para empezar a garantizar la transparencia fundamental del proceso ágil. Las actividades obligatorias se describen a continuación, aunque no se puede descartar que otras sean identificadas por el *Product Owner* según las circunstancias particulares del proyecto.

a. Taller de visualización

La claridad y precisión en la elaboración del manifiesto del proyecto son necesarias para asegurar que el equipo cuente con una guía global a lo largo del proceso. Por lo tanto, es conveniente generar un espacio para discutir su contenido inicial con el *Scrum Team* y el Cliente en conjunto. De ser necesario, se harán los ajustes respectivos a los planteamientos iniciales. El objetivo del taller de visualización, no obstante, es precisamente fomentar una visión unificada del *Objetivo del Producto*. Esto se logrará mediante una discusión sistemática de los distintos parámetros de medición del desempeño que el equipo pueda identificar y que se incorporarán al manifiesto para que permitan la verificación regular, en cada *Sprint*, del avance logrado para alcanzarlo. Cuando estos parámetros sean cuantificables, deberán establecerse los valores objetivo. Como parte de la elaboración del manifiesto del proyecto se debe valorar la inclusión de parámetros de al menos las siguientes áreas:

- i. *Propósito del proyecto.* ¿Cuáles son los objetivos del Cliente? ¿Deben manifestarse como dimensiones y tipos de áreas? ¿O bien como potencialidad de ingresos por alquiler, o como ahorros al trasladarse de otras instalaciones?
- ii. *Experiencia del usuario.* ¿De qué forma usarán los distintos usuarios los espacios a diseñar, y cómo deben ser sus experiencias en las diversas circunstancias en las que se encuentren en el edificio?
- iii. *Sostenibilidad y desarrollo regenerativo.* ¿Qué componentes de desempeño social o ambiental se desean considerar como parte del proyecto? ¿Se medirá su implementación a través de algún programa de certificación?
- iv. *Costo del proyecto.* ¿Cuál es el presupuesto aceptable para la ejecución ulterior del proyecto? Para esto es prudente incorporar a un involucrado externo (idealmente un consultor del Cliente que no sea parte de *Scrum Team*) que pueda brindar

criterio independiente en cada *Sprint*, conforme se va generando más información del proyecto y se puedan obtener estimaciones progresivamente más precisas.

Una herramienta frecuentemente utilizada en las metodologías ágiles para la documentación de los requerimientos del Cliente son las llamadas historias de usuario. En el marco de las cuatro áreas indicadas de previo, las historias son de particular utilidad para documentar los requerimientos de las primeras dos, aunque pueden ser utilizadas en todos los casos dependiendo de las circunstancias. Las historias de usuario son expresiones narrativas de experiencia con cuatro componentes (Anaplan, 2023):

- i. *Un título.*
- ii. *Una descripción.* Sigue una estructura predeterminada en la que el usuario (ficticio o no) declara cuatro aspectos: su condición, su necesidad, su objetivo y cualquier información adicional. Por ejemplo: “Como huésped del hotel, deseo que la puerta de mi habitación se encuentre lejos de los elevadores, para evitar el ruido que produce la circulación de personas”, o bien “Como operador de la bodega, necesito contar con una grúa pórtica de 20T, porque una porción importante de la mercadería no puede ser transportada por medio de montacargas”.
- iii. *El nivel de criticidad de la historia.* Este se puede clasificar de diversas maneras (imprescindible, necesario, deseable, posible).
- iv. *Un criterio de aceptación.* Por ejemplo: “Los ruidos generados por el elevador no deben poder escucharse dentro de la habitación con la puerta cerrada”, o bien “Debo poder bajar una bomba de un camión plataforma desde cinco metros fuera de la puerta de la bodega y movilizarla adentro sin usar más equipo que la grúa pórtica”.

La colección de historias de usuario puede generarse en el taller de visualización, o bien en sesiones separadas, complementarias o como tarea independiente de diversos involucrados

para luego discutirse en estas sesiones. Estas pasan a formar parte del manifiesto del proyecto y a su vez son el elemento básico del proceso de planificación de los *Sprints*.

b. Dimensionar el trabajo

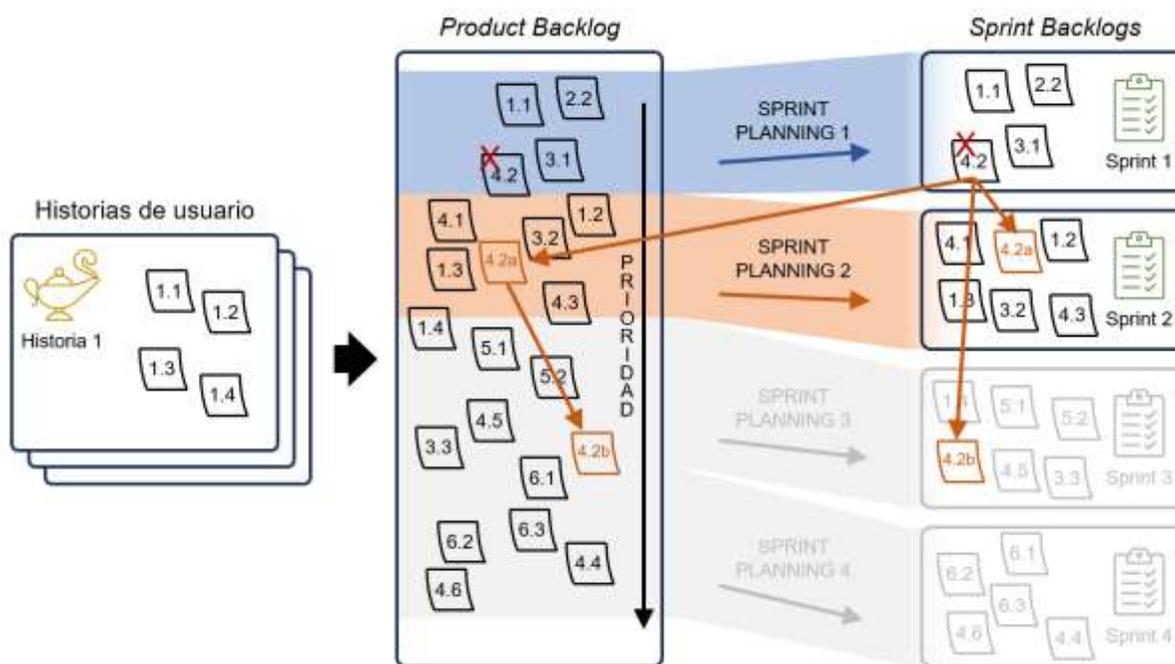
La planificación de los *Sprints* consiste en la definición de los elementos de trabajo que podrán ser acometidos en el proyecto. Para poder hacer esto, es necesario primero descomponer los requerimientos de alto nivel planteados en el manifiesto del proyecto (a través de las historias de usuario) en elementos discretos que, en la siguiente fase, serán asignados a los *Sprints*. El *Product Owner* debe analizar las historias de usuario para priorizarlas de acuerdo con el grado de afectación que generan a la estructura global del proyecto, para atender primero aquellas que puedan afectar más componentes del diseño. Luego, el *Scrum Team* debe convertir las historias en elementos de trabajo que refinará con regularidad durante el proyecto para hacerlos “más pequeños y precisos (...) para agregar detalles, como una descripción, orden y tamaño” (Schwaber & Sutherland, 2020, p. 11). El listado priorizado de elementos de trabajo derivados de las historias de usuario se denomina *Product Backlog*. El refinamiento de sus elementos es una actividad continua durante el proyecto.

La Figura 9 ejemplifica el ciclo de vida del *Product Backlog* y la forma en que progresivamente sirve de base para que el *Scrum Team* genere los *Sprint Backlogs* para cada *Sprint*. Inicialmente, las historias de usuario alimentan los elementos de trabajo que constituyen el *Product Backlog* de manera priorizada. En el primer *Sprint Planning*, a realizarse en la fase de Ejecución, se asignarán los elementos por ejecutar al primer *Sprint Backlog*. En este ejemplo, al finalizar el *Sprint 1* el elemento 4.2 no logró satisfacer la *Definición de Terminado*, y el *Scrum Team* determinó que era demasiado complejo. Por lo tanto, toma la decisión de refinarlo en dos elementos nuevos. En la *Sprint Planning* del *Sprint 2*, el *Scrum Team* debe nuevamente considerar la capacidad productiva del equipo y la priorización asignada a los elementos en el *Product Backlog*, para elaborar el segundo *Sprint Backlog*. La priorización de

los elementos del Product Backlog deberá seguir considerando la clasificación de criticidad de las respectivas historias de usuario, y los efectos de cascada que las decisiones requeridas para cada elemento de trabajo hayan tenido en los *Sprints* pasados sobre los elementos subsiguientes.

Figura 9

Evolución del backlog



Nota: Elaboración propia.

Aunque no se desarrolla desde el inicio la planificación de todos los *Sprints*, el *Scrum Team* debe colaborar en esta subfase para dimensionar la totalidad del trabajo a realizar. La duración de los *Sprints* debe ser proporcional a la dimensión del proyecto, con duraciones menores (1-2 semanas) para proyectos más pequeños y duraciones mayores (3-4 semanas) para proyectos de mayor dimensión. Para definir la cantidad de *Sprints* necesarios para realizar

el trabajo, es necesario hacer un dimensionamiento de la duración estimada de cada uno de los elementos de trabajo.

Otra herramienta usual de las metodologías ágiles, al igual de las historias de usuario, son las técnicas de estimación, como, por ejemplo, el denominado póquer de planificación. El nombre se refiere al juego de cartas, y se basa en el reconocimiento del hecho de que la estimación de tiempo para la ejecución de este tipo de tareas no es una labor inherentemente certera. Consecuentemente, en las metodologías ágiles se presenta la necesidad de aplicar técnicas de estimación que permitan al *Scrum Team* ponderar las distintas opiniones de sus miembros con respecto de la duración prevista para las tareas y lograr acuerdos al respecto que permitan estimar la cantidad de elementos de trabajo que podrían ejecutarse en cada *Sprint*. Para los efectos de la presente investigación no es relevante proponer técnicas de estimación específicas, ya que estas pueden encontrarse en la literatura y son fácilmente adaptables de forma directa. No obstante, debe reconocerse que dicho proceso reviste una gran importancia por su efecto en el dimensionamiento global del trabajo, y en consecuencia requiere un proceso ejecutado con cuidado y con el involucramiento de todo el *Scrum Team*, ya que una certera estimación de las duraciones es crítica para evitar que el proceso se desvíe considerablemente de la planificación original durante la fase de ejecución.

Independientemente de la técnica de estimación utilizada, siempre debe tomarse en consideración que el objetivo global del proceso es permitir la asignación de múltiples elementos de trabajo al *Scrum Team* en cada *Sprint*. La magnitud de un elemento de trabajo no debe ser tal que su esfuerzo estimado sea, por ejemplo, el equivalente a varios miembros del equipo durante el tiempo correspondiente a un *Sprint* y medio. Ese elemento de trabajo debe ser refinado en elementos de menor dimensión. En otras palabras, un elemento de trabajo no puede corresponder a, por ejemplo, 'ejecutar el dimensionamiento estructural del proyecto'. Ese no es un elemento adecuado por dos razones: está demasiado enfocado en el trabajo de un

miembro del equipo, por lo que no fomenta el trabajo colaborativo, y además implica un planteamiento de alcance que aborda la totalidad del proyecto, por lo que no pareciera adecuado para permitir la entrega incremental de valor durante los *Sprints*. Hacer este tipo de valoraciones y ajustes en el proceso es una de las labores fundamentales del *Scrum Master*, especialmente cuando los equipos no han tenido experiencia con este tipo de metodologías. Los elementos de trabajo se deben derivar directamente de las necesidades planteadas en las historias de usuario, para que estén enfocadas en los planteamientos originales del cliente, y no en la segregación clásica del trabajo de diseño.

Una vez que se cuenta con las estimaciones de duración de las tareas, se buscará balancear la composición del *Scrum Team* completo, y la cantidad y duración de los *Sprints* de forma tal que haya correspondencia entre la capacidad productiva del equipo y la cantidad de trabajo por realizar. Por ejemplo, asúmase que el *Scrum Team* incluye dos modeladores estructurales, que los elementos de trabajo asignables a ellos suman una estimación total de 1100 horas, y que los *Sprints* se planifican para una duración de tres semanas cada uno. En ese caso, la capacidad por Sprint sería de 240 horas (partiendo de una capacidad de 40 horas semanales por modelador por tres semanas) y se requerirían cinco *Sprints* para completar el trabajo. Los elementos de trabajo deberán priorizarse más adelante de tal forma que la asignación a cada *Sprint* genere demandas de trabajo inferiores a la capacidad del *Scrum Team*.

c. Elaborar el BEP-ágil

La elaboración de un Plan de Ejecución BIM es una labor con un alto contenido técnico, idealmente acometida por un profesional especialista en BIM. El BEP es un documento que se debe enfocar en:

- Definir el proceso de ejecución del modelado y gestión de información del proyecto.

- Especificar los procedimientos de intercambio de información, con sus responsables respectivos.
- Establecer la infraestructura tecnológica y las competencias que tiene el Proveedor para el desarrollo del modelado de información en el proyecto.

Con esto, se facilita la gestión de la entrega de información del proyecto. (Soto et ál, 2021, p. 35).

La definición de alcance del BEP citada de previo muestra que su contenido está muy relacionado con la estrategia de implementación del proyecto. Es una declaración metodológica, desde una perspectiva eminentemente tecnológica. En consecuencia, debe encontrarse supeditada a la definición metodológica global del proceso de ejecución del proyecto y su elaboración debe tomar dicha circunstancia en consideración. Es usual que las firmas de arquitectura de dimensiones medianas y grandes cuenten con versiones genéricas de BEP que se ajustan a sus normas y hábitos operativos y que se valoran y completan en el marco de cada proyecto.

El uso de BIM en el marco de una metodología ágil requerirá cierto grado de replanteamiento de la lógica del BEP genérico, e incluso potencialmente cierto grado de simplificación. Esta reevaluación de la estrategia BIM debe realizarse primero como una labor de preparación de la firma de diseño para la implementación de metodologías ágiles, sin que necesariamente llegue a ser contradictoria con las políticas internas de gestión de la información. Luego, en el marco de la subfase de Planificación de cada proyecto, podrá usarse la versión genérica de BEP-ágil, para facilitar la elaboración del documento definitivo necesario.

Debe tomarse en consideración que el BEP clásico suele contener definiciones que se extienden a la etapa de elaboración de planos, e incluso durante y después de la construcción, para asegurar la continuidad de los procedimientos allí acordados de cara a las necesidades particulares del proyecto y del cliente. En particular, suele contener algún grado de detalle

sobre la planificación de las actividades que se realizarán en las diversas etapas del diseño, así como las reuniones que el equipo de diseño llevará a cabo para efectos de coordinación. Este contenido es razonable desde el punto de vista de un proceso llevado adelante mediante metodologías predictivas, pero no es compatible con una metodología ágil. Por ese motivo, el BEP-ágil que se propone corresponde a un subconjunto del BEP clásico, excluyendo los componentes de planificación predictiva, pero que permita claridad para todo el Scrum Team sobre la estrategia BIM desde el punto de vista tecnológico. Una vez que el proyecto avance a etapas posteriores que se gestionen de forma predictiva, el BEP podrá complementarse con información adicional según resulte necesario.

4.3.2. Fase de Ejecución

Una vez ejecutadas de manera satisfactoria las actividades propias de la fase de Preparación, es posible llevar a cabo la fase de Ejecución en línea con *Scrum*. A continuación, se repasarán los eventos y artefactos de *Scrum*, pero a diferencia de la descripción genérica hecha en el Marco Teórico, se indica su aplicación en el marco de la metodología propuesta y en función del avance del proceso. Por último, en la sección siguiente se proporciona un ejemplo de aplicación práctica en el campo de la arquitectura para facilitar la comprensión puntual de la lógica del proceso.

Uno de los conceptos primordiales que debe tenerse en mente de forma permanente para entender la propuesta es que, dado que los *Scrum Teams* están compuestos idealmente por “especialistas generalizados” (PMI, 2017b, p. 42), deben estar “estructurados y empoderados por la organización para gestionar su propio trabajo” (Schwaber & Sutherland, 2020, p. 6). Entonces, la planificación del trabajo no la hace el *Product Owner* (ni ningún otro involucrado) para que el *Scrum Team* la siga como si fueran obreros en una línea de producción. La planificación del trabajo es una de las tareas propias del mismo *Scrum Team* en su conjunto: “Los *Scrum Teams* son multifuncionales, lo que significa que los miembros tienen

todas las habilidades necesarias para crear valor en cada *Sprint*. También se autogestionan, lo que significa que deciden internamente quién hace qué, cuándo y cómo” (Schwaber & Sutherland, 2020, p. 6).

Cada *Sprint* tendrá la duración estándar definida durante la subfase de Planificación. Al inicio de cada *Sprint*, el primer evento a realizar es el *Sprint Planning*. En este evento, el equipo acordará el contenido del *Sprint Backlog*. Para ello, revisará el contenido del *Product Backlog* y tomará en consideración los *Increments* ya generados en *Sprints* anteriores. En el *Sprint Backlog* se debe documentar el *Objetivo del Sprint*, entendido como una expresión narrativa concisa que describa el subconjunto del *Objetivo del Producto* que se transformará en un *Increment* de valor suficientemente terminado como para poder presentarlo al Cliente y otros interesados al final del *Sprint* para su valoración. Se documenta adicionalmente la selección de elementos de trabajo que, en función de su priorización en el *Product Backlog*, corresponda acometer en el *Sprint* que da inicio, como se ilustró en la Figura 9. En caso necesario, el *Scrum Team* debe aprovechar el evento para realizar modificaciones al contenido o la priorización del *Product Backlog*. También, se establece cualquier planificación o segregación adicional de tareas que se considere necesaria para facilitar la ejecución del trabajo durante el *Sprint*. Finalmente, se documenta la *Definición de Terminado* del *Increment* (o los *Increments*) planificados para el *Sprint*.

Una vez que inicia el trabajo de diseño por medio de la ejecución de los elementos de trabajo identificados para el *Sprint*, cada día debe iniciar con un *Daily Scrum*. Este evento es una sesión conjunta de muy corta duración –idealmente alrededor de 15 minutos– que debe realizarse en la misma ubicación (o por el mismo medio), a la misma hora y con todos los integrantes del *Scrum Team*. La consistencia en todas estas características es de gran importancia para asegurar que el *Daily Scrum* se convierta en un hábito. El *Scrum Master* debe además asegurar que, aparte del establecimiento del hábito, el equipo se dedique de manera

eficiente a materializar el objetivo simple del *Daily Scrum*: identificar las acciones y correcciones necesarias para que el trabajo del día siguiente se dedique exclusivamente a avanzar de manera efectiva el objetivo del *Sprint* previamente acordado. Una estructura usual para este tipo de reuniones consiste en que cada miembro del equipo describa en un minuto sus tareas para el día y los obstáculos que observa para poder ejecutarlas, promoviendo de esta manera dos resultados: que el equipo pueda valorar el alineamiento de esas tareas tanto con el objetivo general como con el estado de situación actual, y acordar los ajustes necesarios en el trabajo de todo el *Scrum Team* para lograr la eliminación de los obstáculos identificados.

El *Sprint* concluye cuando lo establezca su duración predeterminada. Naturalmente, el *Scrum Team* tiene la potestad de concluirlo antes de tiempo si resulta imposible avanzar con la ejecución de más trabajo. No tiene la potestad de extenderlo, dado que la cadencia es uno de los objetivos básicos del proceso. El propósito de dicha cadencia es que, al finalizar cada *Sprint*, el equipo debe aprovechar la oportunidad para revisar el trabajo ejecutado a lo interno y con los demás involucrados del proyecto, y tomar decisiones para realizar ajustes donde lo considere necesario. El *Sprint Review* es el evento donde se materializan dichos objetivos. En él, el *Scrum Team* presentará con las herramientas que considere apropiado el resultado de su trabajo (entendido como los *Increments* que alcanzaron sus *Definiciones de Terminado* y el grado de cumplimiento del *Objetivo del Sprint*) a los involucrados externos y valorará con ellos el grado de avance logrado en el cumplimiento del *Objetivo del Producto*, así como los cambios que se hayan producido en el entorno del proyecto. Como se indicó con anterioridad, este es también el momento ideal para que un consultor independiente del Cliente presente una evaluación del costo estimado del proyecto en función de información que debe haber sido proporcionada con anticipación por el *Scrum Team*. Esta evaluación podría identificar la necesidad u oportunidad de incluir nuevos requerimientos por parte del cliente, o ajustes o adiciones a las historias de usuario, que impliquen una reconfiguración del *Product Backlog*. Si

en el *Sprint Review* se determina que algunos elementos del *Sprint Backlog* no pudieron ser completados en función de la *Definición de Terminado*, estos deben regresar al *Product Backlog* para su reconsideración futura.

El *Sprint Review* es una evaluación del alcance logrado respecto del *Objetivo del Producto*. Una vez realizado, se lleva a cabo el último evento de cada *Sprint*, que se denomina *Sprint Retrospective*. Este evento debe abandonar la perspectiva del alcance logrado y concentrarse en el funcionamiento del equipo. La segregación del *Sprint Review* y el *Sprint Retrospective* como dos revisiones separadas es de gran relevancia para permitir enfocar la discusión del equipo en cada una de las aristas claves para asegurar el éxito en la obtención del *Objetivo del Producto*: el ¿qué? y el ¿cómo?, por separado. Todos los ajustes que se identifiquen como necesarios con respecto de las prácticas de comunicación, reunión, transmisión de información, gestión de la información, cumplimiento con el BEP, respeto, transparencia y otros en el marco del proyecto, deben ser acordados y acometidos de inmediato, de cara a promover un mayor desempeño en el siguiente *Sprint*.

4.3.3. Fase de Cierre

La fase de Cierre se alcanza en el momento en que transcurre la duración prevista de la cantidad prevista de *Sprints* de todo el proyecto. Esto debe corresponder con la ejecución satisfactoria (en función de las respectivas *Definiciones de Terminado*) de la mayoría de los elementos de trabajo asociados a la mayoría de *Increments* planificados por el *Scrum Team* a lo largo del proceso. El uso de la palabra 'mayoría' en la descripción anterior es muy relevante, ya que refleja la naturaleza cambiante que se espera administrar con la metodología propuesta, a diferencia de las metodologías tradicionales. Es posible que durante el proceso se determine que algunos de los elementos de trabajo originalmente planteados no era procentes u oportunos. También es posible que se hayan introducido nuevos elementos de trabajo al proceso. El proceso de autogestión del trabajo del *Scrum Team* en conjunto con la cercana

participación del Cliente y demás involucrados en el proyecto debe absorber los cambios que se identifiquen conforme las circunstancias permitan identificarlos.

El Cliente tendrá una diversidad de oportunidades (formalmente, como mínimo, una al final de cada *Sprint*) para plantear cambios en sus requerimientos con respecto del proyecto, y el *Scrum Team* deberá progresivamente tomar las acciones necesarias para ajustar la planificación del trabajo para tomarlas en consideración. Asimismo, el equipo cuenta regularmente con las oportunidades necesarias para identificar la necesidad de cambios en el trabajo por la incertidumbre inherente al proceso. De nuevo, estas oportunidades se presentan formalmente al menos una vez al final de cada *Sprint*, pero el *Scrum Team* tendrá la capacidad de identificar la necesidad de realizar ajustes en cualquier momento, para evitar el desperdicio de tiempo. Esto podría significar un incremento o disminución en la cantidad de elementos de trabajo así como una reasignación de dichos elementos de un *Sprint* a otro. Normalmente, como se ha indicado, no se espera que signifique ni la extensión de la duración de ningún *Sprint* ni un aumento en la cantidad global de *Sprints* del proyecto aunque ambos son posibles. En el caso de que la autogestión del proceso identifique un crecimiento en la cantidad de tiempo necesario para lograr el *Objetivo del Producto*, es preferible retrasar la llegada de la fase de Cierre incrementando la cantidad de *Sprints* del proyecto, que aumentando su duración, siempre con el objetivo de mantener la cadencia.

a. Retrospectiva general

La retrospectiva general es un evento adicional que debe realizarse en la fase de Cierre con todo el *Scrum Team*, que tiene dos objetivos primordiales que se resumen a continuación:

- i. *Lecciones aprendidas*. Al igual que las *Sprint Retrospectives*, en la retrospectiva general el equipo debe analizar y documentar el aprendizaje obtenido por todos los miembros durante el proyecto. Este aprendizaje puede estar relacionado tanto con los pormenores de la ejecución del proyecto y el aprendizaje técnico

relacionado, como con el funcionamiento del equipo y de la metodología utilizada. Ambas vetas deben ser exploradas a profundidad y acordarse acciones para expandir el aprendizaje a todos los profesionales relevantes del equipo o de las firmas asociadas, así como para la mejora de los procedimientos de trabajo y de esta misma metodología o de su implementación particular.

- ii. *Pasos futuros.* Una vez finalizada la etapa de diseño conceptual o esquemático desarrollada con la presente metodología, el Cliente deberá tomar la determinación sobre continuar con el desarrollo de planos constructivos, u otras etapas intermedias del proyecto. El *Scrum Team* deberá documentar sus conclusiones con respecto de acciones que deban implementarse y consideraciones para las etapas subsiguientes del proyecto.

b. Pruebas y correcciones

Finalmente, en la fase de cierre deberán implementarse los procesos de revisión, pruebas y valoración de los entregables finales que hayan sido acordados con el Cliente. La revisión progresiva de los *Increments* es uno de los componentes fundamentales de la cadencia del proceso. No obstante, una vez que se ha logrado completar el *Objetivo del Producto*, el *Scrum Team* deberá documentar el cumplimiento con los parámetros de desempeño incorporados en el manifiesto del proyecto, y someter dicho cumplimiento a verificación del Cliente. Como es habitual en los procesos regulares de diseño, el Cliente hará una serie de valoraciones finales al respecto, las cuales deberán ser implementadas como correcciones por parte del *Scrum Team*, o bien incorporadas como consideraciones para pasos futuros según sus características.

4.4. Ejemplo de aplicación

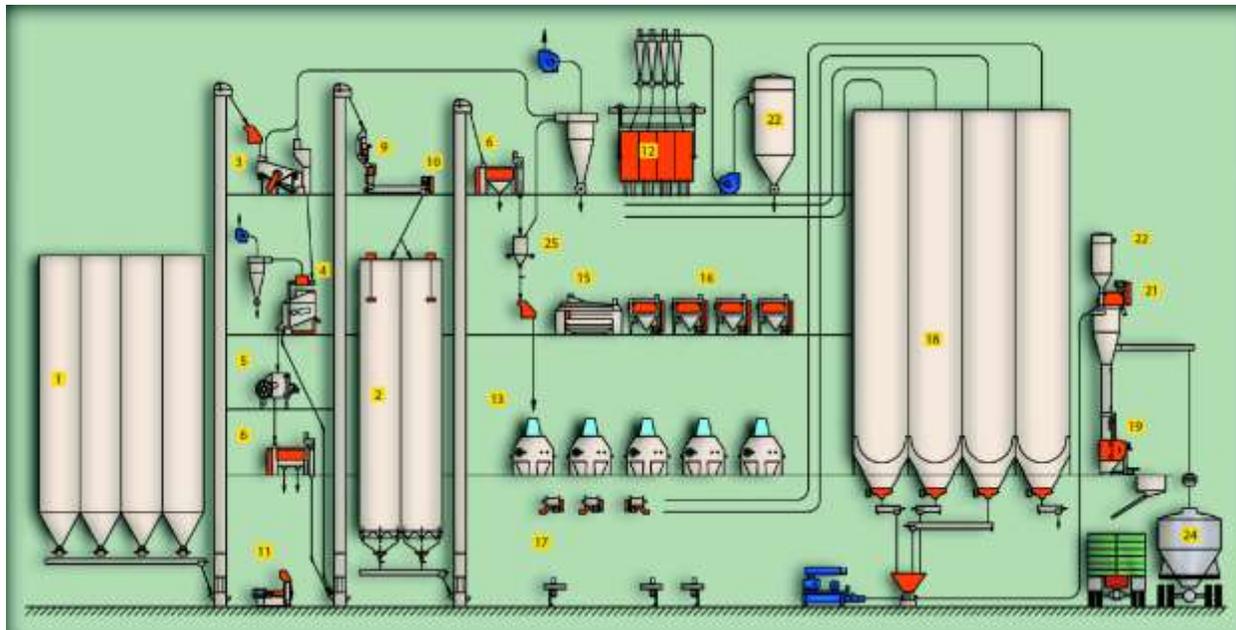
4.4.1. Descripción de caso

Se ha escogido evaluar la aplicabilidad de la metodología a través de su implementación en un caso de diseño hipotético. El proyecto de diseño consiste en la elaboración del diseño esquemático de una planta nueva de manufactura de harina de trigo de alta capacidad. Los proyectos de diseño industrial se caracterizan por altos niveles de complejidad técnica y operativa, que requieren la satisfacción de requerimientos provenientes de múltiples involucrados del proceso, usualmente actores internos al cliente principal. La participación temprana de un equipo de diseño integrado y colaborativo, mediante una metodología de trabajo ágil, puede ayudar a resolver las propuestas iniciales de diseño de forma eficiente, tomando en consideración cambios y ajustes necesarios surgidos del propio proceso de diseño y de interacción con los interesados con rapidez.

Las plantas de molienda de trigo son instalaciones destinadas a albergar una serie de procesos de manufactura y logística que requieren desplazamientos de los insumos tanto verticales como horizontales. Esta característica, aplicable especialmente a plantas de alta capacidad, las diferencia de la mayoría de los procesos de producción industrial (que son mayoritariamente horizontales) e introduce variables adicionales al proceso de diseño. La Figura 10 es un diagrama del flujo de producción de harina de trigo, en el cual se puede observar el uso que la gravedad que se hace en distintos puntos del proceso, lo cual provoca la verticalidad de la planta de manufactura. Se muestra de forma complementaria una imagen externa de una instalación de molienda en la Figura 10, para referencia.

Figura 10

Disposición diagramática de proceso de producción de harina de trigo



Nota: Tomado de Prillwitz (s.f.).

La presencia de silos de almacenamiento en diversos puntos del proceso (silos de materia prima – punto 1 en el diagrama, silos de limpia – punto 2 y silos de producto terminado – punto 18) son un factor determinante en la verticalidad. No obstante, el proceso de manufactura propiamente también hace un uso extensivo de la gravedad. En primera instancia la materia prima debe superar diversos procesos de limpieza y clasificación (puntos 3 a 6, 9 y 10) para extraer polvo e impurezas, clasificar el grano por tamaño y densidad y acondicionarlo para la molienda, luego de lo cual es almacenado en los silos de limpia.

Figura 11

Ejemplo de edificio de molienda de trigo en planta de alta capacidad



Nota: Tomado de Pressana Group (s.f.).

El proceso de molienda también tiene carácter vertical, como se muestra en el centro de la Figura 10. Los molinos son el corazón del proceso, también llamadas bancos de cilindros porque muelen pasando el producto entre cilindros metálicos rotativos horizontales (punto 13). No obstante, se operan adicionalmente una serie de máquinas para separar, cernir, clasificar y limpiar el producto molido (puntos 12, 15, 16, 17 y 22). Una vez que la materia prima ha atravesado un ciclo vertical desde arriba (punto 25) hacia abajo, el resultado de la molienda es una variedad de calibres de partículas, que contienen desde polvo hasta cáscara, incluyendo harinas con distintos niveles de finura, algunas de las cuales quedan además adheridas a componentes más gruesos. En consecuencia, el producto vuelve a ser elevado para ser

pasado por recolectores de polvo y cernidoras (puntos 22 y 12) que clasifican y entregan a silos de producto terminado, reintroducen producto al proceso de molienda o desechan lo correspondiente. Luego del almacenamiento en silos de producto terminado, este suele elevarse nuevamente, para alimentar tres procesos potenciales: entrega de producto a granel a camiones de tolva, empaclado de producto para venta al detalle y alimentación de procesos secundarios de manufactura (como la producción de mezclas preparadas para horneado), donde la harina pasa a ser la materia prima.

El cliente, un fabricante consolidado de harinas, es propietario de una instalación de gran edad y requiere aumentar su capacidad de producción, sustituir el equipo de mediana capacidad con que cuenta actualmente, y cambiar la ubicación de su planta de producción, que ha sido rodeada progresivamente de construcciones residenciales y comerciales en las afueras de la ciudad. Ha adquirido un terreno bien ubicado según sus necesidades logísticas para estos efectos, y ha contactado a un arquitecto con experiencia en diseño de instalaciones industriales, con quien ha discutido ya los primeros parámetros y ha llegado a un acuerdo comercial. En virtud de sus propios compromisos ambientales corporativos, ha decidido buscar una certificación LEED para el proyecto.

4.4.2. Fase de Preparación

4.4.2.1. Subfase de Integración

Con base en el entendimiento alcanzado en conjunto por el cliente y el arquitecto sobre la labor a realizar, el arquitecto analiza el contenido de la Tabla 9 y decide la siguiente conformación preliminar del *Scrum Team*. A partir de ahora, para efectos del presente ejemplo, se denominará *Product Owner* al arquitecto.

Tabla 11

Conformación propuesta de Scrum Team

Miembro	Participación	Rol Scrum
1. Arquitecto	Se encarga de maximizar el valor entregado a través de la generación integral de la propuesta conceptual de diseño. Con su experiencia previa en proyectos similares, es el involucrado mejor posicionado para asesorar al cliente en materia de programación.	<i>Product Owner</i>
2. Scrum Master	Es responsable de velar por la implementación del marco de trabajo Scrum, sin distorsiones, apoyando al equipo para comprobar que los roles se desempeñen, los eventos sucedan y los artefactos se usen de acuerdo con el marco.	<i>Scrum Master</i>
3. Gestor normativo	Un especialista en requisitos normativos para la obtención de permisos de construcción. Es responsable de verificar la implementación de decisiones de diseño que eviten conflictos posteriores en puntos avanzados del proceso de ejecución.	<i>Developer</i>
4. Coordinador BIM	Especialista en la gestión de herramientas de diseño colaborativo BIM, se encarga de asegurar el cumplimiento del BEP y de apoyar a todo el <i>Scrum Team</i> con sus tareas de modelado.	<i>Developer</i>
5. Consultor civil	Se encarga del diseño de movimiento de tierras, las redes de servicios públicos desde el punto de conexión externo hasta las edificaciones, pavimentos y áreas de circulación vehicular externa.	<i>Developer</i>
6. Consultor estructural	Se encarga de la definición del concepto estructural, y la valoración de las adaptaciones necesarias según las necesidades del concepto. Facilita la evaluación de la factibilidad de ejecución del concepto en función de la situación geotécnica y las prácticas constructivas.	<i>Developer</i>
7. Consultor electromecánico	Se encarga de la definición de los conceptos electromecánicos, relacionados con múltiples redes de servicios internos a las edificaciones. Facilita la evaluación de la factibilidad de ejecución del concepto en función de las demandas de servicios y el equipamiento requerido.	<i>Developer</i>
8. Consultor de sostenibilidad	Se encarga de brindar una perspectiva evaluativa de las estrategias de todas las disciplinas de diseño, de forma que el proceso de diseño implemente medidas que permitan prever una calificación alineada con el nivel de certificación esperado	<i>Developer</i>
9. Consultor de producción (proporcionado por el cliente)	Se encarga de asegurar que el diseño siga las expectativas derivadas de las necesidades del proceso de producción que el cliente prevé para el nuevo edificio. Tiene experiencia previa con las necesidades del cliente y contactos directos con los proveedores más relevantes de equipo.	<i>Developer</i>

Nota: Elaboración propia.

En virtud de que el *Product Owner* ha logrado plantear de forma temprana una conformación completa del *Scrum Team*, acuerda con el cliente la realización de la reunión de arranque del proyecto para la cual plantea la siguiente agenda. En cada punto, se explican adicionalmente los objetivos del *Product Owner* para la discusión.

- a. *Presentación de involucrados del proceso de parte del cliente y miembros del Scrum Team.* El objetivo es promover la familiaridad de todos los participantes en el proceso de diseño y provocar la generación de una matriz de contactos.
- b. *Explicación del proceso de trabajo del Scrum Team, con especial énfasis en la interacción del proceso con el cliente.* El objetivo es entender el grado de familiaridad del cliente con procesos de tipo ágil y, en caso de necesitarse, plantear una oportunidad separada para explicar en detalle el proceso.
- c. *Confirmación de la participación del consultor de producción por parte del cliente en el Scrum Team.* El objetivo es asegurar que la conformación del Scrum Team incluya a un actor crítico para evitar a diario desvíos en el alineamiento con las necesidades del cliente. Debe asegurarse que cualquier estrategia de colocación del equipo para efectos de trabajo, sea parcial o total, pueda ser cumplida igualmente por este miembro.
- d. *Preparación para la elaboración del manifiesto del proyecto.* El objetivo es promover la comprensión sobre la necesidad de elaborar de forma conjunta el manifiesto del proyecto, explicando sus componentes, de forma que el cliente pueda analizarlos de previo a la realización del taller de visualización.
- e. *Acordar el desarrollo del BEP.* El objetivo consiste en identificar potenciales necesidades puntuales del cliente respecto a la estrategia BIM del proyecto. Algunos clientes cuentan con políticas o planes BIM ya elaborados que deben ser respetados por cada nuevo proyecto. Cuando esto no sucede, el *Product Owner* puede ofrecer el uso de un BEP propio genérico, adaptado según necesidades específicas del proyecto.

f. *Discusión de otros temas administrativos y puntos planteados por el cliente.*

Para promover la participación del cliente en el proceso y concluir exitosamente la subfase de Integración, se logra acordar en la reunión de arranque que la conformación propuesta del *Scrum Team* es adecuada para el proyecto, incluyendo la participación del consultor de producción de parte del cliente. Asimismo, se disponen 10 minutos de la llamada a la discusión del *Objetivo de Producto*, en su carácter de elemento de mayor importancia del manifiesto de proyecto, y se acuerda preliminarmente lo siguiente: “Elaborar un diseño esquemático de una planta certificada LEED capaz de procesar 450 toneladas diarias de trigo con una huella máxima de 1400 m² para la torre principal”.

4.4.2.2. Subfase de Planificación

Una vez acordada la conformación del *Scrum Team* con el cliente, se da inicio a la subfase de planificación con la programación de las actividades relevantes, que se describen a continuación.

a. Taller de visualización

El *Scrum Team* y el cliente se reúnen en una sesión presencial para desarrollar el taller de visualización. Para esto, el cliente se ha hecho acompañar de sus encargados de la gestión comercial de la empresa, así como los líderes operativos de la planta de trigo existente. Para valorar los distintos parámetros que se detallaron en la metodología, el cliente acepta utilizar la herramienta de historias de usuario, y se dedican tres horas de discusión a la generación de todas aquellas derivadas del entendimiento de necesidades de los actores presentes, de las cuales se muestran algunos ejemplos en la Figura 12:

Figura 12

Ejemplos de historias de usuario aplicables al proyecto

Título	1. Accesibilidad de equipos
Descripción	Como responsable del comisionamiento y mantenimiento de equipos, deseo que la torre cuente con un elevador de carga capaz de transportar todos los equipos que serán instalados.
Criticidad	Alta
Criterio de aceptación	El elevador de carga tendrá dimensiones internas y capacidad de peso superiores al equipo más grande previsto para instalación.

Título	2. Capacidad de la bodega
Descripción	Como operador de la bodega de producto terminado, necesito que la altura de los puntos bajos del techo sea de al menos 14 metros libres, y que el piso permita el almacenamiento vertical con soluciones modulares.
Criticidad	Alta
Criterio de aceptación	La altura mínima interna será de 14 metros, y el piso tendrá la capacidad de carga relevante, con una planicidad mínima de FF=35 y nivelación FL=30.

Título	3. Servicios para trabajadores
Descripción	Como trabajador de la planta, deseo contar con un espacio que me permita cambiarme al inicio y fin de mi turno, guardar mis cosas, y calentar mi comida, comer, lavar mis utensilios y descansar durante mis tiempos de descanso.
Criticidad	Alta
Criterio de aceptación	La planta contará con un espacio de cambio y lockers con capacidad adecuada para cada cambio de turno, un comedor con refrigeradores, microondas y espacio de lavado con capacidad adecuada para cada turno y espacios de descanso dedicados.

Título	4. Imagen corporativa
Descripción	Como encargado de mercadeo, deseo que su carácter vertical se pueda aprovechar para brindar una imagen de solidez y dimensión de la operación corporativa.
Criticidad	Media
Criterio de aceptación	La torre principal debe estar dispuesta de forma que se planteen dos propuestas de comunicación visual de las cuales al menos una sea aceptable para el cliente.

Título	5. Certificación LEED
Descripción	Como dueño de la planta, deseo que la misma pueda ser certificada LEED Silver, para que se alinee con la política corporativa de protección al medio ambiente.
Criticidad	Media
Criterio de aceptación	En el diseño de la planta deberán implementarse estrategias que permitan la obtención de un puntaje LEED BD+C de al menos 55.

Título	6. Acceso a visitantes
Descripción	Como visitante de la planta, deseo poder observar las partes más interesantes del proceso de producción desde espacios seguros, con bajo ruido y además poder aprovechar la altura de la torre para disfrutar de la vista circundante.
Criticidad	Baja
Criterio de aceptación	Se valorará la integración de un circuito de visita que permita la brindar recorridos seguros y con baja exposición al ruido de las zonas de mayor interés, incluyendo las vistas superiores del edificio.

Nota: Elaboración propia.

Una vez que se agotan las ideas de historias de usuario de todos los participantes de la sesión, se lleva a cabo una rápida clasificación y revisión de estas con respecto de las categorías de parámetros planteadas en la sección 4.3.1.2, y se identifica que las historias se concentraron en los parámetros asociados a experiencias de los distintos usuarios y la sostenibilidad del proyecto. Por lo tanto, se toma la decisión de revisar en mayor detalle el *Objetivo del Producto* previamente elaborado y se expande para integrar varios componentes adicionales. Se acuerda el siguiente texto:

“Elaborar un modelo tridimensional esquemático y un documento de bases de diseño para una planta de molienda de trigo que cumpla con las siguientes características:

- Tener capacidad para procesar 450 toneladas diarias de trigo.
- Ocupar una huella máxima de 1400 m² para la torre principal.
- Contar con una bodega de almacenaje con capacidad para tres días de producción.
- Representar un costo de inversión de construcción no superior a \$20 millones.”

Como puede observarse, se sustituye la palabra “diseño” por “modelo tridimensional esquemático y un documento de bases de diseño”, ya que la integración del cliente al proceso de planteamiento de objetivos y análisis del proceso futuro le ha permitido entender que no es conveniente enfocar el proceso en la generación de planos, sino que las intenciones del diseño esquemático pueden ser mucho mejor expresadas y evaluadas por todos los interesados directamente a través del modelo BIM. De manera complementaria, se acuerda la conveniencia de documentar las bases del diseño para que complementen al modelo tridimensional como una referencia de las decisiones tomadas en la implementación del diseño esquemático. Asimismo, se elimina la referencia a la certificación LEED, que fue incorporada en una de las historias de usuario.

Entre otros elementos adicionales del *Objetivo de Producto*, se agrega también la necesidad de controlar el eventual costo de construcción del proyecto. Se acuerda con el cliente que este contratará a un experto en presupuestos para que brinde un criterio independiente sobre el potencial costo del diseño una vez después de cada *Sprint Review*. Por último, se acuerda que este *Objetivo del Producto* y las historias generadas constituyen el manifiesto del proyecto completo para dar inicio al proceso de diseño.

b. Dimensionar el trabajo

Con base en las historias de usuario y el *Objetivo del Producto* acordados con el cliente, el *Scrum Team* cuenta con la información necesaria para plantear una primera composición del *Product Backlog*. En primera instancia, se cuenta con el listado básico de historias de usuario generadas en la sesión de visualización como se muestra en la Figura 13, que no cuentan aún con un adecuado ordenamiento ni segregación en elementos de trabajo:

Figura 13

Historias de usuario generadas en la sesión de visualización

Item	Historia de usuario	Elemento de trabajo	Prioridad
1	Accesibilidad de equipos		Alta
2	Capacidad de la bodega		Alta
3	Servicios para trabajadores		Alta
4	Imagen corporativa		Media
5	Certificación LEED		Media
6	Acceso a visitantes		Baja
7	Sistema para pesaje y control de camiones		Alta
8	Estación de entrega de producto terminado a granel		Alta
9	Estación de entrega de producto terminado empacado		Alta
10	Espacio para estacionamiento de pesados		Media
11	Panel de eléctrico		Alta

Nota: Elaboración propia.

El *Product Owner* procede a analizar las historias de usuario. Para ordenarlas y priorizarlas, debe considerar el grado de afectación que cada una pueda tener sobre la estructura global del proyecto. En términos instrumentales, el *Product Owner* tiene a su disposición una variedad de herramientas comerciales de software, cuyo uso es conveniente dado que es importante permitir una ágil interacción de todos los miembros del *Scrum Team* con el contenido del *Product Backlog*, su priorización y los *Sprint Backlogs* que de allí se derivan. No debe perderse de vista que la transparencia de la información del proyecto entre los miembros del *Scrum Team* es una de las premisas fundamentales del marco de trabajo. No obstante, para los efectos del presente ejemplo se mostrarán los backlogs de forma conceptual, en lugar de implementados en una solución comercial de gestión. Hecha la primera de priorización, el *Product Owner* obtiene el resultado mostrado en la Figura 14. En este caso, ha tomado la decisión de priorizar las historias de usuario cuya satisfacción tendrá un efecto sobre la disposición física de la planta, tanto a nivel interno como externo. De esta forma busca que, en el primer *Sprint*, se puedan atender estas historias y concluirlo con una primera distribución general de la planta que resulte tan satisfactoria y duradera como sea posible a lo largo del proceso de diseño. Este *Product Backlog* primigenio será uno de los insumos básicos para la planificación del primer *Sprint*.

Figura 14*Primera versión del Product Backlog*

Item	Historia de usuario	Elemento de trabajo	Prioridad
15	Diagrama general de producción		Alta
23	Oficinas administrativas		Alta
2	Capacidad de la bodega		Alta
3	Servicios para trabajadores		Alta
7	Sistema para pesaje y control de camiones		Alta
8	Estación de entrega de producto terminado a granel		Alta
9	Estación de entrega de producto terminado empacado		Alta
21	Accesibilidad de silos		Media
10	Espacio para estacionamiento de pesados		Media
1	Accesibilidad de equipos		Alta
11	Respaldo eléctrico		Alta
5	Certificación LEED		Media
4	Imagen corporativa		Media
6	Acceso a visitantes		Baja

Nota: Elaboración propia.

Teniendo una perspectiva clara sobre la dimensión de la labor por delante del *Scrum Team*, y en función de su experiencia previa, el *Product Owner* acuerda con el cliente la ejecución de cuatro *Sprints* de cuatro semanas cada uno, para el desarrollo de las actividades necesarias para resolver las historias de usuario planteadas.

c. Elaborar el BEP-ágil

Como indica el *Objetivo de Producto*, uno de los acuerdos tomados en la sesión de visualización fue concentrar el proceso de diseño conceptual y esquemático en la elaboración de un modelo BIM y un documento de bases de diseño, en lugar de la generación de cualquier tipo de planos. Esta decisión se toma dado que el cliente es una corporación de gran dimensión que ha desarrollado proyectos de manufactura usando la metodología BIM previamente, y cuenta con modelos desarrollados de otras dos plantas de reciente construcción. Utiliza esos modelos para complementar la información disponible para efectos de mantenimiento y

operación de las plantas, y ha tomado la decisión de estandarizar la generación de modelos futuros para asegurarse que eventualmente las expansiones o modificaciones a las plantas puedan ser ejecutadas con mayor facilidad y certeza sobre la disposición de todos los sistemas.

En consecuencia, resulta de gran importancia el desarrollo de un BEP que guíe al *Scrum Team* en la elaboración del modelo, de cara a los objetivos planteados para su uso en las etapas futuras del proyecto. En línea con los procedimientos normales para la elaboración de un BEP, se procede al intercambio de información con el involucrado responsable de la coordinación de procesos BIM por parte del cliente, de forma que en un trabajo conjunto con el *Product Owner* y el *Coordinador BIM* del *Scrum Team*, se procede a la elaboración y acuerdo del BEP-ágil, que está basado en la plantilla BEP-ágil que ha desarrollado el arquitecto para efectos de la aplicación de esta metodología, con base en su plantilla BEP regular. En el Anexo 5, se incluye el BEP-ágil completo acordado para su aplicación en el proyecto.

4.4.3. Fase de Ejecución

4.4.3.1. Primer *Sprint*

En línea con el marco de trabajo *Scrum*, el *Scrum Team* se reúne presencialmente para realizar, bajo la guía del *Product Owner* (desde el punto de vista técnico) y el *Scrum Master* (desde el punto de vista del proceso), su primera *Sprint Planning*. Para ella se ha dispuesto un espacio de un día completo. En esta sesión:

- Se analizará el *Product Backlog* para realizar un primer refinamiento de las historias de usuario con mayor prioridad.
- Se identificará cualquier necesidad de cambio de prioridad en las historias de usuario y sus elementos de trabajo.
- Se definirá el *Objetivo del Sprint*.

- Se acordarán las que serán incorporadas en el primer *Sprint* y los *Increments* que se generarán de esa manera.
- Se establecerán las *Definiciones de Terminado* de los *Increments* acordados.

Durante el *Sprint Planning*, el *Scrum Team* toma la decisión de aprovechar el primer *Sprint* para el planteamiento conceptual del proyecto, con el objetivo de verificarlo con el cliente y asegurar que satisfaga las necesidades que prevé, antes de iniciar el proceso de modelado BIM. En consecuencia, el equipo toma la decisión de establecer el siguiente *Objetivo del Sprint*: “Establecer la zonificación general del proyecto, con base en las necesidades y requerimientos de carácter global”. En consonancia con dicho objetivo, se proponen completar los siguientes *Increments*, con las correspondientes *Definiciones de Terminado*:

1. *Documentar las bases del diseño (BOD) en materia de programación, adyacencias y propuestas conceptuales de sistemas de ingeniería.* Estará terminado cuando se hayan documentado las necesidades de espacios funcionales del proyecto, en términos de áreas de cada una, otros requisitos especiales aplicables, requisitos de adyacencia, así como una descripción conceptual de las soluciones de ingeniería que se aplicarán en cada una de las disciplinas involucradas.
2. *Establecer la zonificación tridimensional del edificio.* Estará terminado cuando se identifiquen todos los espacios funcionales requeridos, se ubiquen dentro del edificio, de tal forma que cumplan con los requerimientos de dimensión y adyacencia documentados en el BOD.
3. *Establecer la zonificación del terreno.* Estará terminado cuando se identifiquen las huellas de todos los componentes del proyecto, ubicadas dentro del terreno, de tal forma que cumplan con los requerimientos de dimensión y adyacencia aplicables.

Establecido el marco general de objetivos del *Sprint*, el *Scrum Team* analiza las historias de usuario priorizadas por el *Product Owner* y toma la decisión de cambiar la prioridad de algunas para que los elementos de trabajo a acometer coincidan con los *Increments* planteados. Las historias de usuario se reordenan y se refinan en elementos de trabajo, con el resultado que se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Elementos de trabajo priorizados para el primer Sprint

Item	Historia de usuario	Elemento de trabajo	Prioridad
15.1	Diagrama general de producción	Segregar actividades por piso y establecer adyacencias.	Alta
15.2	Diagrama general de producción	Elaborar diagrama de flujo de producción primaria.	Alta
15.3	Diagrama general de producción	Proponer número, dimensión y posicionamiento de silos.	Alta
15.4	Diagrama general de producción	Proponer ubicación y dimensión de núcleos verticales de circulación y sistemas.	Alta
15.5	Diagrama general de producción	Obtener especificaciones y demandas de equipos de producción.	Alta
15.6	Diagrama general de producción	Proponer diagramas conceptuales de sistemas principales.	Alta
1.1	Accesibilidad de equipos	Identificar equipos de dimensiones críticas.	Alta
1.2	Accesibilidad de equipos	Proponer logística de acceso para servicio, investigar opciones disponibles.	Alta
2.1	Capacidad de la bodega	Establecer requerimientos funcionales y flujos esperados.	Alta
2.2	Capacidad de la bodega	Proponer dimensiones en planta y establecer adyacencias.	Alta
3.1	Servicios para trabajadores	Establecer requerimientos funcionales, cantidades de personal y turnos esperados.	Alta
3.2	Servicios para trabajadores	Proponer programa y establecer adyacencias.	Alta
23.1	Oficinas administrativas	Establecer requerimientos funcionales y cantidades de personal esperadas.	Alta
23.2	Oficinas administrativas	Proponer programa y establecer adyacencias.	Alta
10.1	Espacio para	Establecer flujos esperados y comportamiento típico	Alta

Nota: Elaboración propia.

Una vez completado el refinamiento de las historias más prioritarias del *Product Backlog*, el *Scrum Team* procede a un ejercicio de póquer de planificación para dimensionar el esfuerzo requerido para completar los elementos de trabajo priorizados. Se identifican los elementos de trabajo asociados a los *Increments* acordados y se comprueba que el equipo considera factible completarlos dentro del plazo de cuatro semanas asignado al *Sprint*. Por último, los elementos de trabajo se asignan a los *Developers* responsables de su ejecución. Finalizada la *Sprint Planning*, el *Scrum Team* puede empezar a trabajar en la ejecución de los elementos de trabajo seleccionados y asignados, al día siguiente de la *Sprint Planning*.

Al día siguiente, como parte del *Daily Scrum*, el consultor de producción del cliente, que es uno de los *Developers*, indica que una de sus labores para el día consiste en la atención del elemento de trabajo 10.1, correspondiente al establecimiento de los flujos de tránsito de vehículos pesados dentro de la planta y reconoce que eso no se encuentra dentro de su experiencia, ya que su dedicación usual corresponde a la actividad interna de la planta. No obstante, tiene un contacto dentro de la estructura organizacional de cliente que conoce ese tipo de datos típicos, por lo que informa que lo contactará para eliminar este obstáculo para completar el elemento de trabajo. Los demás *Developers* reportan sus actividades planeadas y resuelven con efectividad dos obstáculos adicionales identificados.

Conforme avanza el tiempo del *Sprint*, el *Scrum Team* identifica que el esfuerzo requerido para ejecutar los elementos de trabajo asociados al ítem 15 (Diagrama general de producción – una historia de usuario donde el cliente indicó que, como productor de harina, necesita que la disposición de la planta se ajuste a su estructura general de producción para satisfacer las necesidades de disposición del equipo especializado de manufactura), es superior al estimado en la *Sprint Planning*. Asimismo, el contacto del consultor de producción del cliente no ha podido proporcionar la información correspondiente a los flujos de vehículos

pesados y otros aspectos relevantes para la determinación de las dinámicas de flujo en el terreno. En consecuencia, el *Scrum Team* se reúne para analizar estas situaciones y toma de decisión de reasignar recursos a los *Increments* 1 y 2, reduciendo la prioridad del *Increment* 3 para el presente *Sprint*.

Una vez transcurrida la duración prevista del *Sprint*, el *Product Owner* coordina, en conjunto con el *Scrum Master*, la ejecución del *Sprint Review* en conjunto con los involucrados relevantes del cliente. En la medida de lo posible, se procura que los asistentes sean las mismas personas que participaron en el taller de visualización, para fomentar la continuidad en la participación de los interesados en el proceso general. Adicionalmente, se incorpora al consultor de costos del cliente. El evento se desarrolla de acuerdo con la siguiente agenda:

- El *Product Owner* presenta la estructura y priorización del *Product Backlog*, haciendo un resumen del proceso del *Sprint Planning*, contrapuesto con los resultados que el *Scrum Team* considera haber logrado en función de los *Increments* y *Definiciones de Terminado* generadas. El equipo considera que ha logrado completar los *Increments* 1 y 2, e informa al cliente sobre los faltantes de información que aún no se logran subsanar para poder acometer el *Increment* 3.
- El *Scrum Team* presenta al cliente el BOD generado, explicando la información recabada, así como los diagramas de zonificación generados para el *Increment* 2.
- El *Product Owner* abre un espacio para que el cliente y demás interesados valoren la posibilidad de cambios en los requerimientos, en función del conocimiento sobre el proyecto desarrollado durante el proceso. Se identifican dos puntos en este sentido:

- El cliente ha reevaluado sus necesidades de almacenaje en la bodega principal, comunicando que requiere que el espacio se incremente para permitir un inventario de cinco días de producción en lugar de tres.
- El cliente informa que están en proceso de negociaciones con un posible comprador de harina a granel de gran dimensión, pero las políticas corporativas de este último requieren que los proveedores demuestren su compromiso con el ambiente de diversas maneras. Una de ellas es la existencia de certificaciones LEED Gold en las plantas de producción, por lo cual el puntaje de certificación mínimo requerido se incrementa de 55 a 65.
- El *Product Owner* le recuerda al cliente la importancia de que la verificación del costo potencial del proyecto con base en la información generada en el *Sprint* se realice con prontitud, para permitir los ajustes que se requieran en el proceso.
- Como último punto, se vuelven a revisar las historias de usuario y elementos de trabajo remanentes en el *Product Backlog* y se discute la prioridad actualmente asignada, así como potenciales ajustes requeridos.

Como último evento del *Sprint*, se lleva a cabo la *Sprint Retrospective*. Este evento, como se ha indicado con anterioridad, debe enfocarse en el proceso y no en los productos del *Sprint*. Es una actividad interna del *Scrum Team*, enfocada en resaltar aspectos positivos del funcionamiento del proceso, así como identificar oportunidades de mejora en la interacción del grupo. Existen distintas estrategias para llevarla a cabo y cada equipo (y especialmente cada *Scrum Master*) debe valorar los beneficios y desventajas de cada una, en función de las circunstancias de cada equipo. Una estrategia consiste en llevar a cabo una lluvia de ideas sobre fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) del grupo, aunque esto puede provocar la impresión de ser un ejercicio muy teórico y alejado del funcionamiento real

del grupo. Una alternativa más sencilla y práctica, consiste en brindar a cada uno de los miembros el espacio para identificar prácticas positivas en el funcionamiento del grupo, y aspectos de pueden mejorar. Esto se fomenta promoviendo que el grupo clasifique ideas dentro de tres categorías: prácticas a seguir haciendo, prácticas a empezar a hacer y prácticas por dejar de hacer (ver Figura 16).

Para favorecer la introspección y la mejora de la dinámica general, el *Scrum Master* debe dirigir la conversación de forma que asegure que las ideas y comentarios emitidos por el grupo se enfoquen en las prácticas y hábitos formados por el equipo, y evitar concentrarse tanto en las acciones de personas específicas como en las características de los productos del *Sprint*. El *Scrum Master* será responsable de favorecer el seguimiento a los acuerdos generados de este ejercicio y promover su implementación efectiva a la brevedad posible.

Figura 16

Ejemplo de pizarra de Sprint Retrospective



Nota: Tomado de Palminio, D. (2018).

4.4.3.2. *Sprints* posteriores

Los *Sprints* posteriores seguirán la misma estructura del primero, ejecutando la misma secuencia de actividades desde el *Sprint Planning* hasta el *Sprint Retrospective*, considerando para ello los insumos obtenidos del cliente en las sucesivas *Sprint Reviews* así como en cualesquiera eventos adicionales que el *Scrum Team*, con su capacidad de autogestión y la guía del *Scrum Master*, decida necesario implementar.

En virtud de la naturaleza del marco de trabajo *Scrum*, en principio el proyecto concluye una vez que transcurren las duraciones de los *Sprints* originalmente planteados, y una vez que se logra el *Objetivo de Producto*. Naturalmente, estas dos circunstancias no necesariamente están alineadas por definición. En consecuencia, el *Scrum Team* y en particular el *Product Owner* deben permanecer siempre vigilantes de la correlación entre ambos factores, y promover la discusión con el cliente en el marco de los *Sprint Reviews*, para determinar cualquier modificación que se considere necesaria. En particular, el *Scrum Team* tiene la potestad de plantear *Sprints* adicionales de ser necesario para lograr el *Objetivo de Producto*.

4.4.4. Fase de Cierre

Una vez que la revisión general de progreso hacia el *Objetivo de Producto* determina su cumplimiento sustancial en la última *Sprint Review* realizada, el *Scrum Team* se reúne para realizar la retrospectiva general. Como se indicó en la sección 4.3.3, la sesión tiene dos objetivos primordiales en el marco de la presente metodología:

- *Lecciones aprendidas*. El *Product Owner* y el *Scrum Master* dirigen una conversación para capturar lecciones tanto técnicas como de proceso. Durante la discusión de aprendizajes técnicos, se obtienen resultados como los siguientes:
 - Al plantear el área de la bodega de producto terminado, es importante considerar ineficiencias en la colocación y traslado del producto,

considerando que el aprovechamiento del espacio no debe asumirse al 100%. El cliente puede tener experiencia en niveles típicos de eficiencia dentro de su propia operación.

- Debe consultarse al cliente tan temprano como sea posible en el proceso de diseño sobre la existencia de normas de diseño propias de él o bien derivadas de actores asociados como aseguradoras, para evitar que el equipo de diseño deba implementar normas previamente desconocidas una vez iniciado el proceso.

Por otro lado, durante la discusión sobre aspectos de proceso, se obtienen resultados como los siguientes:

- Aunque la cadencia de los *Sprint Reviews* resultó apropiada para la complejidad del proyecto, el equipo debe mantener comunicación constante con los involucrados de proceso del cliente responsables de la definición de aspectos específicos, para asegurar la consideración temprana de sus requerimientos.
- El *Scrum Team* suele regularmente desvirtuar la naturaleza de los *Daily Scrums*. Aunque se ha corregido la práctica regularmente, resulta difícil evitar que se generen discusiones de diseño. Se debe plantear una propuesta de estructura de los *Daily Scrums* que favorezca la concentración de los *Developers* en su objetivo real, incluyendo posiblemente la redacción previa de cada participación.
- El modelo BIM fue una herramienta suficiente y adecuada para mostrar al cliente el diseño esquemático y permitir su discusión a fondo, evitando así la generación de planos en estas etapas del diseño. Es importante prestar atención a la clasificación de elementos o zonas del proyecto por

medio de colores; la implementación de esta estrategia facilitó considerablemente los análisis conjuntos.

- *Pasos futuros.* De previo a la sesión de cierre de la etapa esquemática del proyecto con el cliente, el *Scrum Team* documenta adicionalmente aspectos relevantes que deberán tomarse en consideración para desarrollar el diseño del proyecto en las etapas subsiguientes. Se identifican aspectos como los siguientes:
 - El cliente desconoce si el distribuidor eléctrico local tendrá capacidad para proveerle el voltaje requerido para la operación de la planta. Debe obtenerse respuesta para esta consulta ya hecha, dado que genera una potencial afectación de espacio en el dimensionamiento de un eventual banco de transformadores.
 - Dado que la planta está ubicada adyacente a uno de los mayores compradores de harina del cliente, se ha discutido la posibilidad de instalar una tubería de trasiego de harina por vacío entre las dos instalaciones para evitar el uso de camiones. Las negociaciones al respecto no han finalizado y deben concluirse para determinar la presencia y características del sistema.
 - Se ha identificado que la normativa interna del cliente presenta un requerimiento de instalaciones de tratamiento de agua potable, aunque se ha identificado que la calidad del agua disponible desde la red pública es suficiente para las necesidades propias del proyecto. No ha sido posible a la fecha obtener una aprobación formal de parte del cliente para evitar la inclusión en el diseño de los equipos de tratamiento de agua.

Por último, se lleva a cabo la sesión de cierre de fase con el cliente, en la cual se discuten los puntos derivados de la revisión de pasos futuros por parte del *Scrum Team*, se analizan cualesquiera observaciones adicionales que el cliente pueda tener con respecto de los *Increments* mostrados durante el proceso y se acuerdan las acciones a tomar para el desarrollo futuro del proyecto.

5. CONCLUSIONES

5.1. Sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión

- a. La revisión de la literatura evidencia que el alcance de las etapas iniciales del proceso de diseño arquitectónico es variable en función de prácticas y convenciones profesionales cambiantes entre zonas geográficas, y no se caracteriza por tener una estructuración predeterminada de proceso por ser etapas con un alto grado de incertidumbre sobre la naturaleza del trabajo a desarrollar. Por este motivo son conceptualmente aplicables para el uso de métodos de gestión ágil.
- b. Los autores consultados describen la existencia de una incertidumbre inherente a las etapas iniciales del diseño arquitectónico que se deriva de la participación de múltiples involucrados en el proceso, tanto desde el lado del cliente como desde el lado del equipo de diseño. Asimismo, es resultado de una cantidad importante de factores que afectan la toma de decisiones respecto de las posibles soluciones a implementar para la satisfacción de las necesidades del cliente, lo que provoca la frecuente necesidad de visitar decisiones previas y analizar posibilidades alternativas.
- c. Se identificó que, en la evolución de los métodos de gestión ágil, múltiples líderes de la industria de programación de software identificaron los aspectos en común de varias metodologías que evolucionaron por separado por varias décadas, para lograr formas más eficientes de responder a necesidades sin clara definición inicial y requerimientos cambiantes de sus clientes. Así identificaron la conveniencia de prescindir de los métodos predictivos, que no responden adecuadamente a situaciones con alta incertidumbre.

- d. De la investigación bibliográfica se concluye que la posibilidad de aplicar los métodos ágiles de gestión al diseño arquitectónico ha sido identificada por múltiples autores, sin que se haya identificado una metodología planteada específicamente al efecto.

5.2. Sobre el relacionamiento del diseño y los métodos ágiles

- e. La evaluación de los involucrados del proceso de diseño conceptual en arquitectura en función de los roles planteados por el marco de trabajo *Scrum* evidencia un paralelismo útil para su implementación. El rol del arquitecto como líder del equipo de diseño es compatible con el rol de *Product Owner*, mientras que el resto de los involucrados usuales pueden participar en el proceso en calidad de *Developers*. No se identificaron dificultades para la aplicación de los artefactos y eventos propios de *Scrum* a dicho proceso.
- f. El diseño arquitectónico ha venido evolucionando a lo largo de la última década para incorporar el uso de tecnologías de modelado colaborativo BIM. Esta circunstancia facilita la implementación de un esquema de trabajo colaborativo en tiempo real, lo cual se alinea a los objetivos del marco de trabajo *Scrum*. El uso de esta herramienta tecnológica se está convirtiendo en un requisito para la elaboración de los diseños, y al mismo tiempo resulta ser un facilitador para la colaboración ágil.

5.3. Sobre la elaboración de la propuesta metodológica

- g. Una vez hecho el contraste de los involucrados, objetivos y necesidades propias de las etapas tempranas del diseño arquitectónico con los roles, eventos y artefactos del marco de trabajo *Scrum*, se logró generar una propuesta metodológica consistente y completa, cuya implementación es posible para la gestión de proyectos, especialmente de mediana y gran escala.
- h. Se identificó que la implementación del marco de trabajo *Scrum* a nivel de metodología de trabajo requiere la identificación puntual de aspectos preparatorios y

de cierre que no están referidos específicamente en la base documental del marco. En consecuencia, la propuesta metodológica planteada incluye la referencia de actividades iniciales y finales que se desarrollan para promover que el proceso pueda tener un alto grado de efectividad.

5.4. Sobre la aplicación práctica de la propuesta metodológica

- i. El ejemplo de aplicación desarrollado evidencia que es posible aplicar la metodología a casos específicos de diseño conceptual y esquemático. Esto no significa que la metodología sea apropiada para cualquier circunstancia de diseño, especialmente dependiendo de la disposición del cliente al respecto, pero se confirma que las necesidades de un cliente pueden expresarse en función de historias de usuario, que pueden descomponerse y asignarse a *Backlogs* y a los respectivos *Developers*, y que se les puede atacar con el procedimiento propio del marco de trabajo *Scrum*.
- j. La implementación de la metodología propuesta requerirá la superación de curvas de aprendizaje a nivel interno de las firmas de arquitectura e ingeniería involucradas en el proceso. Esto incluye el entrenamiento del personal en los principios y procedimientos del marco de trabajo, la modificación de normas formales o implícitas de funcionamiento organizacional, la selección de herramientas de software y la elaboración de instrumentos documentales.

6. RECOMENDACIONES

6.1. Sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión

- a. Resulta pertinente investigar en mayor grado posibles paralelismos entre las características de otras etapas del proceso de diseño arquitectónico (e incluso de la construcción) y los métodos ágiles de gestión. Algunos autores consultados argumentan la posibilidad de aplicarlos a etapas o procesos particulares de la construcción, o bien en ciertos tipos de proyectos con altos grados de incertidumbre.

6.2. Sobre el relacionamiento del diseño y los métodos ágiles

- b. La evaluación de las necesidades propias del proceso ha llevado a la recomendación de valorar la incorporación de miembros clave del equipo de trabajo del cliente dentro del *Scrum Team*, dependiendo de las circunstancias propias de cada proyecto, con el objetivo de favorecer la exploración de soluciones alternativas en función de los requerimientos.
- c. La implementación de la metodología planteada en cualquier firma requiere necesariamente un ejercicio detallado de introspección sobre las condiciones en las cuales trabajará el personal involucrado, para buscar una mejor correlación entre dichas condiciones y los supuestos básicos de los métodos de gestión ágiles. La industria del diseño arquitectónico está fuertemente permeada por las metodologías de gestión predictivas, en buena medida por su cercana asociación con la industria de la construcción. En consecuencia, la implementación requiere, en primera instancia, el reconocimiento sobre la necesidad de evolución en las expectativas organizacionales sobre la forma de ejecutar el trabajo, el grado de independencia del personal y su capacidad de autogestión.

6.3. Sobre la elaboración de la propuesta metodológica

- d. La metodología propuesta en la presente investigación se desarrolló evitando distorsionar el marco de trabajo *Scrum*, para mantener su integralidad ya probada a través de décadas de evolución. No obstante, esta propuesta metodológica, como cualquier otra, debe evaluarse y mejorarse en el marco de su aplicación continuada y sistemática tanto a nivel de firma como a nivel de industria. En esos marcos, se recomienda evaluar la incorporación o sustitución de componentes de otros marcos de trabajo ágiles u otras fuentes, que puedan incrementar su capacidad de facilitar a los arquitectos e ingenieros la gestión de los proyectos de diseño.

6.4. Sobre la aplicación práctica de la propuesta metodológica

- e. Se recomienda que la implementación de esta metodología se haga de la mano con una valoración de los métodos de medición de avance propios de cada firma. Los involucrados en estos procesos usualmente provienen de empresas separadas, especializadas en sus respectivas disciplinas de diseño (como diversas ramas de la ingeniería, por ejemplo), que firman contratos de servicios entre sí, con el objetivo final de permitir al arquitecto la satisfacción de su propio compromiso contractual con el cliente. Esta cadena de relaciones contractuales se suele convertir en una cascada de traslado de información: primero del cliente al arquitecto, luego del arquitecto a los ingenieros y luego en la dirección inversa conforme los diseños van adquiriendo forma. De esta manera, la medición del avance suele hacerse en función del cumplimiento de entregas parciales de avance entre los distintos involucrados. Para la implementación de la metodología planteada, la estructura contractual tendrá que promover que los equipos trabajen colocalizados, de forma colaborativa, y con avance simultáneo en lugar de secuencial. Así, la medición del avance tendría que hacerse de forma global para el equipo, debidamente alineada al desempeño

satisfactorio de los roles de cada actor en el marco de trabajo *Scrum*, y de su capacidad de producir los resultados esperados en cada *Sprint*.

- f. La metodología planteada implica el uso de procedimientos de trabajo colaborativos mucho más intensos y cercanos que los usualmente esperados en la industria. En consecuencia, el ejercicio introspectivo mencionado en la recomendación anterior se debe extender también a los socios de ingeniería que participarán en el proceso. Todos los miembros del eventual *Scrum Team* (y sus estructuras organizacionales), deben comprender, aceptar y apoyar la lógica del proceso para que este tenga una alta probabilidad de éxito.
- g. Finalmente, la oportunidad de implementar la metodología en el marco de proyectos específicos requiere también la sensibilización de los respectivos clientes. Esta necesidad se convierte en un reto particular en proyectos de gran tamaño, donde los clientes pueden igualmente estar acostumbrados a los procesos de gestión predictiva. Es importante evaluar con los potenciales clientes sus posibles experiencias previas para determinar si han identificado las mismas oportunidades para la aplicación de un método de gestión alternativo. Como se indica en el desarrollo de la investigación, la participación regular y activa del cliente en el proceso es clave para su éxito.

7. VALIDACIÓN DEL TRABAJO EN EL CAMPO DEL DESARROLLO REGENERATIVO Y/O SOSTENIBLE

7.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son el componente central de la denominada Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en el año 2015, como un plan a ser implementado por “todos los países y partes interesadas mediante una alianza de colaboración”, “en favor de las personas, el planeta y la prosperidad”, teniendo también por objetivo “fortalecer la paz universal” (ONU, 2015, p. 2). La Agenda es la expresión documentada de una de las metas más ambiciosas que la humanidad haya podido plantearse a sí misma, de forma coordinada. Busca ser el marco director de un actuar conjunto de todos los países, para “poner fin a la pobreza y el hambre en todas sus formas (...), proteger el planeta contra la degradación (...) y velar por que todos los seres humanos puedan disfrutar de una vida próspera y plena” (ONU, 2015, p. 2).

Está por demás decir que la amplitud de los objetivos trazados por la Agenda 2030 requiere la implementación de miles de acciones por parte de todos los países, todas ellas de gran complejidad y costo, así como la creación de niveles de coordinación y cooperación nunca vistos. El progreso ha sido difícil. Los ciclos políticos aumentan y disminuyen los niveles de compromiso. Constantemente los nuevos datos científicos parecen demostrar mayor insuficiencia tanto de las promesas como de los verdaderos avances logrados. Los costos económicos derivados de análisis puramente financieros parecen dificultar la justificación de las acciones necesarias en un mundo obsesionado con el desempeño de indicadores monetarios.

A pesar de las dificultades, la Agenda 2030 cumple un rol fundamental por el simple hecho de existir. Demuestra la capacidad de la humanidad de reconocer como un todo sus retos, y proponerse la necesidad de replantear el rumbo en diversas materias. Sirve como una guía de alto nivel para el actuar de los gobiernos y las sociedades, como en su momento (y

hasta hoy) lo hizo la Declaración Universal de los Derechos Humanos. El progreso es lento, pero su sola presencia debe ser fuente de esperanza y persistencia.

Los 17 ODS abarcan prácticamente todo el ámbito de la actividad humana. Ninguna acción o industria en particular puede afectarlos a todos. Cada sector y cada actor debe más bien identificar los objetivos que tenga capacidad de impactar, y proponerse un curso de acción al efecto. La industria de la construcción, en tanto es una de las industrias cuyos productos son insumos básicos para toda la actividad humana, puede ser relevante en la mayoría de los objetivos. Pero desde la perspectiva pura de su actividad, está especialmente relacionada con los siguientes:

- “Objetivo 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación”.
- “Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”.
- “Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”. (ONU, 2015, p. 16)

Conforme se ha avanzado en la implementación de los ODS, se han desarrollado metodologías específicas mediante las cuales se logran definir métricas puntuales que dirigen los proyectos y las actividades humanas en la dirección correcta. En el caso de la construcción, se manifiestan como programas de certificación, como el sistema Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), implementado por el U.S. Green Building Council. El sistema LEED, como muchos otros similares, proporciona métricas que permiten evaluar un diseño o una construcción para determinar el grado de aplicación de estrategias que mejoran la sostenibilidad y la resiliencia de la edificación. Como lo argumentan Sakikhales et ál. (2017), el uso de métodos ágiles de gestión de proyectos en la etapa de diseño, permitirán la mejora en el desempeño de los proyectos en estos ámbitos, en tanto se maximice la cantidad de

iteraciones a que se someta el diseño, de manera que se valore la mayor cantidad posible de alternativas que implementen estrategias para la mejora de las métricas.

7.2. Análisis P5

Green Project Management (GPM) es una organización enfocada en “el fomento de la ciudadanía global a través de la promoción de proyectos sostenibles” (GPM, 2019, p. v). Para cumplir con este objetivo, publica el Estándar P5 de GPM para la Sostenibilidad en la Dirección de Proyectos, “para proporcionar un mayor enfoque en el valor compartido para que los directores de proyectos puedan abordar los desafíos globales” (GPM, 2019, p. v). Con base en el Estándar, se ha realizado el análisis de impacto P5 correspondiente a la presente investigación, el cual se muestra en la Figura 17 a continuación.

Figura 17

Análisis de impacto P5

Categoría P5		Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Respuesta Propuesta	Puntaje del Impacto	
Subcategoría	Elemento				Antes	Después
2.1 Impactos del Producto						
2.1.2	Vida útil del producto	Las necesidades de uso del espacio cambian en el tiempo.	Los cambios imprevistos en las necesidades reducen el tiempo durante el cual el inmueble puede ser útil.	Consideración temprana de usos alternativos, complementarios y sustitutivos.	2	5
2.1.3	Mantenimiento del producto	Deterioro de todas las partes del inmueble.	El mantenimiento consume progresivamente más recursos y puede llegar a ser inefectivo.	Consideración temprana de alternativas de materiales que simplifiquen el mantenimiento.	2	4
2.2 Impacto de los Procesos (de Gestión de Proyectos)						
2.2.1	Eficacia de los procesos del proyecto	Necesidades cambiantes por parte del propietario.	El proyecto avanza sin tomar en consideración cambios en el programa arquitectónico, lo cual incrementa el costo de atenderlos.	Ejecución de múltiples ciclos rápidos de revisión del programa.	1	5
2.2.2	Eficiencia de los procesos del proyecto	Incertidumbre sobre el programa y otros requerimientos.	Los requerimientos surten efecto en el diseño de forma tardía, lo cual incrementa el costo de atenderlos.	Ejecución de múltiples ciclos rápidos de revisión de requerimientos.	1	5
3 Impacto a las Personas (Sociales)						
3.1 Prácticas Laborales y Trabajo Decente						
3.1.5	Aprendizaje organizacional	Errores en la ejecución del diseño.	Repetición de errores cometidos en otros proyectos, que podrían no identificarse.	Incorporación al proyecto de un proceso de documentación y revisión de lecciones aprendidas.	1	5
3.2 Sociedad y Consumidores						
3.2.1	Apoyo de la comunidad	Actores de la comunidad no involucrados en el proyecto.	Oposición a la construcción del inmueble.	Consideración de actores relevantes como interesados en el proyecto.	2	4

Categoría P5		Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Respuesta Propuesta	Puntaje del Impacto	
Subcategoría	Elemento				Antes	Después
3.2.2	Cumplimiento de políticas públicas	Requerimientos establecidos en reglamentos no son considerados.	Dificultades y costos adicionales para la obtención de permisos.	Inclusión de la verificación de aspectos normativos en los ciclos de revisión.	1	5
3.2.3	Protección para pueblos indígenas y tribales	Actores de pueblos indígenas no involucrados en el proyecto.	Oposición a la construcción del inmueble, que en caso de pueblos indígenas puede ser insuperable por ley.	Consideración de actores relevantes como interesados en el proyecto.	1	5
3.2.4	Salud y seguridad del consumidor	Requerimientos establecidos en reglamentos y otras normas no son considerados.	Efectos nocivos en la salud y la seguridad de los usuarios del inmueble.	Inclusión de la verificación de aspectos normativos en los ciclos de revisión.	1	5
3.3 Derechos Humanos						
3.3.1	No discriminación	Necesidades diversas de grupos de usuarios.	El proyecto no atiende necesidades diversas o bien impide el uso por parte de grupos específicos.	Consideración temprana de aspectos de diversidad, equidad e inclusión.	1	5
4 Impactos al Planeta (Ambiental)						
4.1 Transporte						
4.1.1	Adquisición local	Selección de materiales de orígenes lejanos.	Incremento de las emisiones asociadas a la construcción del inmueble.	Consideración temprana de alternativas de procesos y materialidad.	1	5
4.1.4	Logística	Selección de materiales con cadenas de suministro complejas.	Incremento de las emisiones asociadas a la construcción del inmueble.	Consideración temprana de alternativas de procesos y materialidad.	1	5
4.2 Energía						
4.2.1	Consumo de energía	Componentes del inmueble con ineficiencias energéticas.	Incremento en el consumo de energía del inmueble en el tiempo.	Consideración temprana de alternativas de materialidad y sistemas.	1	5
4.2.2	Emisiones de CO ₂	Incorporación de procesos con altos niveles de emisiones.	Incremento en la emisión de CO ₂ durante el proceso de ejecución del inmueble.	Consideración temprana de alternativas de materialidad y sistemas.	1	5

Categoría P5		Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Respuesta Propuesta	Puntaje del Impacto	
Subcategoría	Elemento				Antes	Después
4.2.3	Retorno de energía limpia	Oportunidades desaprovechadas para la generación de energía propia.	Incremento en el consumo de fuentes de energía externas.	Consideración temprana de oportunidades de generación interna.	2	4
4.3 Tierra, Agua y Aire						
4.3.1	Diversidad biológica	Uso indiscriminado del espacio disponible para el inmueble.	Incremento en el impacto del proceso de ejecución.	Consideración temprana de alternativas de ubicación y de procesos de construcción.	1	4
4.3.2	Calidad del agua y del aire	Disposición indiscriminada de efluentes.	Incremento en el impacto del inmueble construido.	Valoración de escenarios para disminución y tratamiento de efluentes.	2	4
4.3.3	Consumo de agua	Componentes del inmueble con ineficiencias en consumo de agua.	Incremento en el consumo de agua del inmueble en el tiempo.	Consideración temprana de alternativas de materialidad y sistemas.	1	5
4.3.4	Desplazamiento del agua sanitaria	Disposición indiscriminada de efluentes.	Incremento en el impacto del inmueble construido.	Valoración de escenarios para disminución y tratamiento de efluentes.	2	4
4.4 Consumo						
4.4.1	Reciclaje y reuso	Generación indiscriminada de residuos no reutilizables.	Incremento en los volúmenes de residuos generados por el inmueble.	Consideración de alternativas de uso y gestión de residuos.	1	5
4.4.2	Disposición	Fin de ciclo de vida del inmueble no considerada en el diseño.	La disposición del inmueble al final de su ciclo de vida genera materiales problemáticos para su disposición segura.	Valoración del ciclo de vida completo entre las consideraciones de diseño.	2	4
4.4.3	Contaminación y polución	Disposición indiscriminada de emisiones.	Incremento en el impacto del inmueble construido.	Valoración de escenarios para disminución y tratamiento de emisiones.	2	4
4.4.4	Generación de residuos	Generación indiscriminada de residuos no reutilizables.	Incremento en los volúmenes de residuos generados por el inmueble.	Consideración de alternativas de uso y gestión de residuos.	1	5

Categoría P5		Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Respuesta Propuesta	Puntaje del Impacto	
Subcategoría	Elemento				Antes	Después
5 Impactos a la Prosperidad (Económicos)						
5.1 Análisis del Caso de Negocio						
5.1.2	Valor presente	Atención tardía o imposible de necesidades de cambio identificadas como resultado de todos los factores anteriores.	Aumento de los costos de atención de los cambios y disminución de los beneficios potenciales del inmueble dado que se vuelve prohibitivo el costo de implementar las acciones en etapas tardías.	Valoración temprana de múltiples alternativas de diseño que tomen en consideración todos los aspectos relevantes para mejorar el desempeño en impactos del producto, de los procesos, a las personas, y al ambiente.	1	5
5.1.4	Retorno sobre la inversión					
5.1.5	Relación Beneficio-Costo					
5.1.6	Tasa interna de retorno					
5.2 Agilidad del Negocio						
5.2.1	Flexibilidad/ opcionalidad	Menor capacidad del diseño de atender necesidades cambiantes.	Pérdida del valor del inmueble para el negocio en el tiempo.	Consideración temprana de usos alternativos, complementarios o sustitutos.	2	4
5.3 Estimulación Económica						
5.3.1	Impacto económico local	Selección de materiales de orígenes lejanos.	Incremento de las emisiones asociadas a la construcción del inmueble.	Consideración temprana de alternativas de procesos y materialidad.	1	5

Nota: Elaboración propia.

7.3. Dimensiones del desarrollo regenerativo

El desarrollo regenerativo es un planteamiento que parte del entendido de la insuficiencia del concepto de desarrollo sostenible en que se fundamenta la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Considera que la humanidad no ha tenido la capacidad de progresar con los preceptos y objetivos del desarrollo sostenible desde su origen con la velocidad y eficiencia necesarias, y que hemos llegado a un punto en la evolución de nuestros patrones de consumo y emisión que hace imposible la conservación de la capacidad productiva del planeta y nuestra supervivencia con la simple idea de volver esos patrones “sostenibles” en el tiempo. En consecuencia, se vuelve necesario implementar una estrategia holística que integra seis dimensiones, y cuyo objetivo es la reversión en el crecimiento de los patrones de consumo y deterioro, hasta que sean compatibles con la capacidad de regeneración de la Tierra. (Müller, s.f.).

De seguido, se mencionan cuatro de las seis dimensiones del desarrollo regenerativo según Müller (s.f., p. 1), en las cuales se ha considerado que pueden plantearse formas en las cuales pueden ser beneficiadas como resultado de la aplicación de la metodología propuesta:

1. Ambiental: “Regeneración de ambientes funcionales, donde producimos y conservamos, maximizando la función ecosistémica”. La metodología propone espacios y procesos en los cuales pueden considerarse escenarios en el diseño de los productos que maximicen su desempeño en métricas ya existentes de sostenibilidad y resiliencia. De forma adicional, pueden implementarse métricas relacionadas con la regeneración de espacios asociados.
2. Social: “Fortalecimiento social mediante organización y desarrollo comunal, para lidiar con la adaptación al cambio climático y reducir patrones de consumo suntuosos”. El análisis extensivo de alcance cambiante que permite la metodología puede ser el soporte para que los actores involucrados identifiquen

de manera oportuna consideraciones en la estrategia y el diseño del inmueble que permitan una mayor integración de la comunidad en los espacios, y mejorar su resiliencia de cara a la adaptación al cambio climático.

3. Cultural: “Conservación y valoración de la cultura viviente que es el vínculo necesario para la vida en comunidad, donde el conocimiento local, los valores y las tradiciones se comparten en familia, con amigos y la comunidad como un todo, dando sentido a esos términos”. El ciclo de vida propuesto para la gestión de los proyectos de diseño arquitectónico permite una consideración puntual de la cultura local y su expresión amplia y clara en las características del inmueble a desarrollar, desde su materialidad, pasando por su propuesta estructural y de interacción con el entorno, y hasta su diseño interno, donde pueden incorporarse tantos elementos como sean del interés del propietario y según la interacción con los actores interesados que se identifiquen.
4. Espiritual: “Promover estructuras espirituales y de valores basadas en la ética, la transparencia y el bienestar global para permitir que la humanidad viva en paz consigo misma y la Madre Tierra”. La definición del programa arquitectónico y de los requerimientos del propietario puede conllevar un análisis de la interacción del inmueble con la naturaleza, y la forma en que permite o promueve el contacto de sus ocupantes con ella. Asimismo, puede identificarse la oportunidad de espacios que fomenten las interacciones sociales, el descanso y la meditación, y que tomen en consideración las necesidades de crecimiento y desarrollo de los usuarios directos e indirectos del inmueble.

Las dos dimensiones restantes son la económica (“Un nuevo paradigma de desarrollo económico donde la gente importa más que los mercados y el dinero, medido de acuerdo al bienestar de los humanos y todas las formas de vida”) y la política (“Repensar y rediseñar

estructuras políticas actuales para que reflejen democracia realmente participativa sin la influencia del dinero y el poder y especialmente promoviendo visión y acciones de largo plazo que busquen vidas y felicidad incrementadas y no solo ingreso neto”, (Müller, s.f., p. 1)). Los planteamientos propios de estas dimensiones tienen un carácter más amplio relacionado con el funcionamiento de la sociedad como un todo, y por lo tanto se considera poco probable que puedan ser implementadas a través de procesos de diseño arquitectónico. No obstante, la futura evolución de las dimensiones económica y política puede más bien influir fuertemente la forma en que se conceptualizan las edificaciones. La metodología, por su naturaleza adaptativa, está en capacidad de absorber la evolución de estos principios de acción de la sociedad y los requerimientos modificados o novedosos que pueda introducir en el futuro.

LISTA DE REFERENCIAS

- Al Behairi, T.A. (2016, 13 de mayo). *AGISTRUCT, improved model for agile construction project management* [ponencia]. PMI® Global Congress 2016 – EMEA, Barcelona, España.
<https://www.pmi.org/learning/library/agistruct-agile-construction-project-management-10180>
- Anaplan (2023, 3 de setiembre). *The Anaplan Way – On Demand* [curso en línea].
<https://learning.anaplan.com/course/view.php?id=1239>
- The American Institute of Architects (2016). *The Architecture Student's Handbook of Professional Practice*. Wiley.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2019, 20 de agosto). *Reglamento para la contratación de servicios de consultoría en ingeniería y arquitectura*. La Gaceta nº 155.
<https://cfia.or.cr/legal/archivos/Reglamento-de-Consultoria-2020.pdf>
- David, F.R. (2013). *Conceptos de administración estratégica* (V. del Carmen, A. Ramírez, E. Montserrat y H. d'Borneville, trad.). Pearson.
- Ekström, A. y Pettersson, E. (2016). *Agile project management in the design stage* [tesis de maestría, Instituto Real de Tecnología]. Portal DiVA. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:952122/FULLTEXT01.pdf>
- Elton, C. (2018, 1 de julio). Scope patrol: scope creep is on the rise as stakeholder expectations increase. *PM Network*, 32(7), 38-45. <https://www.pmi.org/learning/library/scope-creep-rising-11308>
- Gensler, A. (2015). *Art's principles*. Wilson Lafferty.
- Gless, H.J., Halin, G. y Hanser, D. (2020, 16 de abril). *Towards a BIM-Agile method in architectural design assessment of a pedagogical experiment* [ponencia]. 35th CIB W78 2018 Conference: IT in Design, Construction and Management, Chicago, Estados Unidos. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02544377>

- Green Project Management (2019). *El Estándar P5™ de GPM para la Sostenibilidad en la Dirección de Proyectos*. GPM. <https://www.greenprojectmanagement.org/gpm-standards/the-p5-standard-for-sustainability-in-project-management>
- Guerras-Martín, L.Á., Madhok, A. y Montoro-Sánchez, Á. (2014, 4 de marzo). The evolution of strategic management research: Recent trends and current directions. *Business Research Quarterly*, 17, 69-76.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2340943614000188>
- Hobbs, B. y Petit, Y. (2017). *Agile approaches on large projects in large organizations*. Project Management Institute. <https://www.pmi.org/learning/academic-research/agile-approaches-on-large-projects-in-large-organizations>
- Iqbal, S. (2015, 10 de octubre). *Leading construction industry to lean-agile (LeAgile) project management* [ponencia]. PMI® Global Congress 2015 – EMEA, Londres, Inglaterra.
https://www.researchgate.net/publication/284355155_Leading_Construction_Industry_to_Lean-Agile_LeAgile_Project_Management
- Johansson, M.Y. (2012). *Agile project management in the construction industry - An inquiry of the opportunities in construction projects* [tesis de maestría, Instituto Real de Tecnología]. Portal DiVA. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:531980/FULLTEXT01.pdf>
- Karapetyan, S. (s.f.). Product Backlog Perfection: 3 Examples of Backlogs Done Right. Consultado el 12 de noviembre de 2023. <https://theproductmanager.com/topics/product-backlog-examples/>
- Maranto, M. y González, M.E. (2015, febrero). Fuentes de información.
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>
- Metz, T. (2022). *Building Meaning*. Routledge.

- Ministerio de Hacienda y Función Pública (s.f.). *BEP Plan de Ejecución BIM 4.0*. Consultado el 12 de noviembre de 2023, https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/b011b057-f9af-46f9-8aad-8099e0adfde4/DOC20220215140054C19+ANEXO+IX+BEP+4__0.pdf?MOD=AJPERES
- Morán, G. y Alvarado, D.G. (2010). *Métodos de investigación*. Pearson.
- Moriel, R.S. (2017, 20 de febrero). *Feasibility in applying agile project management methodologies to building design and construction industry* [tesis de grado, Universidad de Ciencia y Tecnología de Harrisburg]. Digital Commons Harrisburg. https://digitalcommons.harrisburgu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=pmgt_dandt
- Müller, E. (s.f.). Regenerative development, the way forward to saving our civilization. https://ucipfg.com/Repositorio/GSPM/manuales/Regenerative_development_EM.pdf
- Organización de las Naciones Unidas (2015, 21 de octubre). Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015. ONU. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=S
- Owen, R., Koskela, L., Henrich, G. y Codinhoto, R. (2006, julio). Is Agile Project Management Applicable to Construction? *Proceedings IGLC-14*, 51-66. <http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25965/>
- Palminio, D. (2018). Agilidad en Ingeniería de Software. Consultado el 19 de noviembre de 2023. <https://agilismoeningenieriadesoftware.blogspot.com/2018/07/retrospectiva-segunda-retrospectiva.html>
- Pressana Group (s.f.). *Pressana Flour Mills Pvt Ltd*. Consultado el 11 de noviembre de 2023. <https://www.pressanagroup.com/flour-mill.php>

- Prillwitz (s.f.). *Description of the process of milling or grinding wheat and maize to obtain flour and meal*. Consultado el 14 de octubre de 2023. <https://en.prillwitzgroup.com/maize-and-wheat-flour-mills/>
- Project Management Institute (2017a). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. PMI. <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>
- Project Management Institute (2017b). *Guía práctica de ágil*. PMI. <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/practice-guides/agile>
- Project Management Institute (2021). *El estándar para la dirección de proyectos y guía de fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. PMI. <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>
- Qaravi, R. (2018, 20 de julio). *Agile project management within the BIM based common data environment* [tesis de maestría, Universidad de Ciencias Aplicadas de Berlín]. Portal Theseus. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/152927/CD-Master%20Thesis-18.07.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rigby, D., Sutherland, J. y Takeuchi, H. (2016, 20 de abril). *The Secret History of Agile Innovation*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2016/04/the-secret-history-of-agile-innovation>
- Sakikhales, M.H. y Stravoravdis, S. (2017, abril). Using agile project management for improved building performance. *Building Information Modelling, Building Performance, Design and Smart Construction*, 65-78. https://www.researchgate.net/publication/315864563_Using_Agile_Project_Management_and_BIM_for_Improved_Building_Performance
- Schwaber, K. y Sutherland, J. (2020, noviembre). *La Guía de Scrum*. (L. Salazar y M. López, trad.). <https://scrumguides.org/download.html>

Senft, T. M. (2023, 18 de julio). *Videoconferencing*. Encyclopedia Britannica.

<https://www.britannica.com/technology/videoconferencing>

Soto, C., Manríquez, S y Godoy, P. (2021). *Estándar BIM para proyectos públicos* (Versión 1.1).

Planbim. <https://planbim.cl/documentos/estandar-bim-para-proyectos-publicos/>

Straçusser, G. (2015, 10 de octubre). *Agile project management concepts applied to*

construction and other non-IT fields [ponencia]. PMI® Global Congress – North America,

Orlando, Estados Unidos. [https://www.pmi.org/learning/library/agile-software-applied-to-](https://www.pmi.org/learning/library/agile-software-applied-to-construction-9931)

[construction-9931](https://www.pmi.org/learning/library/agile-software-applied-to-construction-9931)

Unión Europea (2021). *La Guía de la Metodología de Gestión de Proyectos PM² 3.0.1*. Oficina

de Publicaciones de la Comisión Europea. [https://www.pm2alliance.eu/wp-](https://www.pm2alliance.eu/wp-content/uploads/2021/08/Guia.Metodologia.PM%C2%B2.Guide_.v3.0.Espagnol.Spanish)

[content/uploads/2021/08/Guia.Metodologia.PM%C2%B2.Guide_.v3.0.Espagnol.Spanish](https://www.pm2alliance.eu/wp-content/uploads/2021/08/Guia.Metodologia.PM%C2%B2.Guide_.v3.0.Espagnol.Spanish)

[.Translation.ES_.v3.0.1.pdf](https://www.pm2alliance.eu/wp-content/uploads/2021/08/Guia.Metodologia.PM%C2%B2.Guide_.v3.0.Espagnol.Spanish)

Unión Europea (2022). *Guía PM2-Ágil 3.0.1*. Oficina de Publicaciones de la Comisión Europea.

[https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ed85debf-decc-11eb-895a-](https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ed85debf-decc-11eb-895a-01aa75ed71a1/language-en)

[01aa75ed71a1/language-en](https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ed85debf-decc-11eb-895a-01aa75ed71a1/language-en)

ANEXOS

Anexo 1: Acta (Chárter) del PFG**ACTA DE LA PROPUESTA DE
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)**

1. Nombre del (de la) estudiante

Mauricio González Quesada

2. Nombre del PFG

Propuesta de metodología para la aplicación de métodos ágiles en proyectos de diseño arquitectónico conceptual.

3. Área temática del sector o actividad

Arquitectura

4. Firma de la persona estudiante

--

5. Nombre de la persona docente SG

Álvaro Mara Leitón

6. Firma de la persona docente



7. Fecha de la aprobación del Acta:

9 julio 2022

8. Fecha de inicio y fin del proyecto

16 de mayo de 2022

11 de diciembre de 2023

9. Pregunta de investigación

¿Cómo pueden estructurarse los roles y los artefactos de los métodos ágiles de gestión de proyectos para permitir su aplicación exitosa en proyectos de diseño arquitectónico conceptual?

10. Hipótesis de investigación

Es posible aplicar el proceso iterativo de gestión de proyectos de los métodos ágiles a la producción de diseños arquitectónicos a nivel conceptual.

11. Objetivo general

Diseñar una metodología de aplicación de métodos ágiles de gestión de proyectos, para ser utilizada en procesos de diseño conceptual de arquitectura, con el fin de promover una mayor y más oportuna participación de los interesados, con un mejor entendimiento de la naturaleza cíclica del proceso.

12. Objetivos específicos

1. Realizar una revisión de literatura relevante para establecer definiciones puntuales sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión de las fases relevantes de los procesos de diseño conceptual de arquitectura.
2. Construir una matriz de relacionamiento de involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las fases del proceso de diseño conceptual de arquitectura, para compararlos directamente con las funciones de los roles y artefactos propios de los métodos ágiles.
3. Elaborar la propuesta de metodología de gestión como una descripción explícita de desempeño de cada rol y uso de cada artefacto, para permitir su implementación en procesos de diseño conceptual de arquitectura.
4. Aplicar la metodología a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad.

13. Justificación del PFG

1. Las etapas tempranas del proceso de diseño arquitectónico suelen presentar dificultades de gestión cuando, con frecuencia, los dueños de los proyectos no tienen claridad de sus necesidades. Una metodología que guíe la ejecución de ciclos creativos y de retroalimentación permitiría maximizar la eficiencia de estas

etapas.

2. La industria del diseño y la construcción son un área de la gestión de proyectos donde se presupone de forma casi automática que solamente los métodos tradicionales predictivos de administración de proyectos son aplicables. De la investigación bibliográfica, se ha determinado que múltiples autores han considerado la posibilidad de cuestionar esta preconcepción, valorando la factibilidad de aplicar métodos ágiles a los proyectos de construcción y han identificado potenciales ventajas, especialmente en la etapa de diseño. Este PFG busca avanzar esta veta de investigación, planteando una metodología específica cuya implementación materialice estas ventajas.
3. A pesar de que es difícil establecer una magnitud específica, es generalmente aceptado que el costo de gestionar cambios en la etapa de diseño es considerablemente menor que hacerlo en etapas posteriores, y se considera que el costo de implementar un cambio incrementa progresivamente con cada etapa del proceso, incluso las etapas tardías del diseño. En consecuencia, la ejecución eficiente y efectiva de las etapas tempranas de conceptualización es vital para minimizar los costos por cambios.

14. Estructura de desglose de trabajo (EDT). En forma tabular, que describa el entregable principal y los secundarios -productos o servicios que generará el PFG-.

1. Proyecto Final de Graduación
 - 1.1. Seminario de Graduación
 - 1.1.1. Entregables
 - 1.1.1.1. Charter y Anexo EDT
 - 1.1.1.2. Anexo investigación bibliográfica
 - 1.1.1.3. Marco teórico
 - 1.1.1.4. Marco metodológico
 - 1.1.1.5. Introducción
 - 1.1.1.6. Validación desarrollo regenerativo
 - 1.1.1.7. Anexo cronograma
 - 1.1.1.8. Resumen ejecutivo, abstract e índices
 - 1.1.2. Aprobación SG
 - 1.2. Tutoría de Desarrollo
 - 1.2.1. Tutor
 - 1.2.1.1. Asignación
 - 1.2.1.2. Comunicación
 - 1.2.2. Desarrollo
 - 1.2.2.1. Ajustes a trabajos del PFG del SG
 - 1.2.2.2. Avances
 - 1.3. Lectores
 - 1.3.1. Solicitud de asignación
 - 1.3.1.1. Asignación
 - 1.3.1.2. Comunicación de asignación

1.3.1.3. Envío PFG a lectores
1.3.2. Trabajo de lectores
1.3.2.1. Lector 1
1.3.2.2. Lector 2
1.4. Tutorías de Ajuste
1.4.1. Informe de Revisión y Corrección a lectores
1.4.2. PFG corregido enviado a lectores
1.4.3. Segunda revisión de lectores
1.5. Evaluación
1.5.1. Aprobación de lectores
1.5.2. Calificación del Tribunal Examinador

15. Presupuesto del PFG

Suscripción a Microsoft 365:	60,000
Traslados a oficina:	16,000
Tiempo de expertos para consultas:	504,000
Materiales y misceláneos:	10,000
Contingencia (15%):	88,500
Total:	678,500

16. Supuestos de la planeación y elaboración del PFG

1.	Se contará con un tiempo disponible para trabajar en la investigación de al menos 10 horas a la semana.
2.	Se dispondrá de diversos ejemplos de procesos de diseño conceptual arquitectónico ejecutados previamente que puedan servir como fuentes de información para el planteamiento de la metodología.
3.	Se tendrá acceso a literatura que describa en detalle tanto la naturaleza general de los procesos de diseño arquitectónico, como la estructura de los métodos ágiles de gestión de proyectos y otras materias de interés, como la aplicación de herramientas tecnológicas en el proceso.
4.	Se dispondrá de expertos que puedan servir como puntos de consulta para valorar posibilidades y confirmar supuestos durante la investigación y el planteamiento de la propuesta.

17. Restricciones del PFG

1.	El tiempo máximo de elaboración del PFG es de cuatro meses.
2.	No se incluirán en el análisis las actividades propias de diseño de las ingenierías asociadas al proceso global de diseño, aunque sí se valorará la participación de dichos consultores como interesados del proceso.

3. No se incluirán en el análisis las etapas tardías del proceso de diseño, en particular, la elaboración de planos constructivos.
4. Para la aplicación de la metodología a un caso de diseño típico, no se plantea realizarlo en una actividad de diseño activa, sino como un replanteamiento de un proceso previo.

18. Descripción de riesgos de la elaboración del PFG

1. Si no se logra demostrar la hipótesis, debido a que se confirme la necesidad de gestión predictiva en el proceso de diseño, puede volverse imposible finalizar el PFG de forma exitosa.
2. Si no resulta posible dedicar suficiente tiempo al desarrollo del PFG, debido a compromisos laborales u otros inconvenientes, puede volverse necesario gestionar replanteamientos en el cronograma de implementación.
3. Si no se logran identificar casos útiles de estudio, debido a problemas de colaboración por parte de los colegas encargados de los procesos, puede ser necesario identificar fuentes alternativas de ejemplos.
4. Si durante la aplicación de la metodología propuesta a un ejemplo típico de diseño se encuentran dificultades, debido a que la metodología no pueda compatibilizarse con las circunstancias particulares del ejemplo escogido, puede ser necesario replantear la propuesta metodológica.

19. Principales hitos del PFG

Los hitos están relacionados con los entregables de segundo nivel (entregables) y tercer nivel (cuentas de control) de la EDT del punto 14 de esta Acta. A su vez, los entregables están relacionados con los objetivos específicos (en el caso del PFG incluir los tiempos de revisión de la tutoría y de la lectoría.)

Entregable	Fecha estimada de finalización
1.1. Seminario de Graduación	10 Jul 2022
1.1.1. Entregables	3 Jul 2022
1.1.2. Aprobación SG	10 Jul 2022
1.2. Tutoría de Desarrollo	8 Oct 2023
1.2.1. Tutor	4 Jul 2023
1.2.2. Desarrollo	8 Oct 2023
1.3. Lectores	29 Oct 2023
1.3.1. Solicitud de asignación	16 Oct 2023
1.3.2. Trabajo de lectores	29 Oct 2023
1.4. Tutorías de Ajuste	3 Dic 2023
1.4.1. Informe de Revisión y Corrección a lectores	5 Nov 2023
1.4.2. PFG corregido enviado a lectores	19 Nov 2023
1.4.3. Segunda revisión de lectores	3 Dic 2023
1.5. Evaluación	11 Dic 2023
1.5.1. Aprobación de lectores	4 Dic 2023

20. Marco teórico

20.1 Estado de la cuestión

El diseño conceptual arquitectónico no cuenta con una estructura de desarrollo que promueva la retroalimentación regular de parte de todos los interesados que puedan tener una influencia relevante sobre el proyecto y que puedan provocar, en etapas posteriores, cambios que generan costos adicionales cada vez mayores en tanto más tardía sea la etapa en que se identifiquen.

Diversos autores han evaluado la posibilidad de aplicar métodos de gestión ágil en la industria de la construcción, con diversos objetivos y resultados. Algunos consideran que la aplicación de métodos ágiles puede permitir una aceleración de la ejecución de los proyectos, mientras que otros consideran que los métodos ágiles pueden ser compatibles con los niveles de incertidumbre que caracterizan a la industria de la construcción. El resultado más frecuente es que los autores identifican potenciales beneficios de la aplicación de métodos ágiles en la etapa de diseño, y no en la etapa de construcción.

La investigación bibliográfica realizada no ha identificado que ninguno de los autores haya desarrollado una propuesta metodológica y generado los artefactos y descripciones de roles necesarios para su implementación en procesos de diseño. Por lo tanto, se ha considerado que existe la oportunidad de generar dicho desarrollo, fundamentado en que ya diversas investigaciones han concluido que las características del proceso de diseño arquitectónico son conducentes a la obtención de beneficios a partir de su emparejamiento con los métodos ágiles de gestión.

20.2 Marco conceptual básico

Diseño conceptual arquitectónico: es la parte inicial del proceso de diseño arquitectónico, que se caracteriza por ser un proceso de descubrimiento conjunto entre el propietario, su equipo de apoyo, el arquitecto, su equipo de diseño y un conjunto de consultores técnicos. El arquitecto debe dirigir un proceso efectivo de exploración con el propietario y el resto del equipo para identificar el programa arquitectónico, es decir, las necesidades, requerimientos y restricciones del proyecto, y convertirlo en un conjunto de documentación escrita y gráfica que constituye un entregable para fases posteriores del proyecto madre de construcción.

Building Information Modelling (BIM): es la generación de modelos digitales tridimensionales de las características físicas y funcionales de lugares e instalaciones, usualmente para efectos de construcción. Están estructurados para facilitar la interacción entre distintos actores del proceso de diseño, facilitar la introducción de información adicional al modelo y verificar las interacciones entre disciplinas. Permite la generación de información bidimensional (planos) directamente del modelo.

Enfoque conceptual adaptativo: Método utilizado para crear y desarrollar el producto,

servicio o resultado de un proyecto, caracterizado por un ciclo de vida iterativo e incremental, donde el producto evoluciona en función de la retroalimentación de los interesados.

Métodos ágiles de gestión: incluyen diversas metodologías específicas para la gestión de los proyectos, asociadas con los enfoques de desarrollo adaptativos, cuya conceptualización se ha desarrollado con el objetivo de que puedan internalizar altas tendencias al cambio y descubrimiento progresivo del alcance, y maximizar los beneficios y el valor que un proyecto puede generar en estas circunstancias.

Scrum: es un enfoque conceptual adaptativo desarrollado originalmente para la industria del software, en el cual un equipo de trabajo es guiado por un *Scrum Master*, a través de un ciclo de vida iterativo para el que se definen una serie de instrumentos (denominados artefactos) y reuniones (o eventos) diseñados para promover la auto-gestión del equipo, la retroalimentación frecuente de los interesados y el replanteamiento y priorización regular del alcance.

21. Marco metodológico

Objetivo	Nombre del entregable	Fuentes de información	Método de investigación	Herramientas	Restricciones
1. Realizar una revisión de literatura relevante para establecer definiciones puntuales sobre el alcance, involucrados y prácticas actuales de gestión de las fases relevantes de los procesos de diseño conceptual de arquitectura.	Capítulo de identificación de componentes del diseño conceptual	Juicio de experto de arquitectos y gestores de proyectos de diseño. Publicaciones del Instituto Estadounidense de Arquitectura y del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, así como otros textos asociados y complementarios, como Gensler (2015) y Metz (2022).	Método analítico Se identifica el universo de aspectos relevantes para la consideración de la hipótesis planteada.	Entrevistas Tormenta de ideas Investigación bibliográfica Análisis de documentos	El tiempo máximo de elaboración del PFG es de cuatro meses. No se incluirán en el análisis las actividades propias de diseño de las ingenierías asociadas al proceso global de diseño, aunque sí se valorará la participación de dichos consultores como interesados del proceso.
2. Construir una matriz de relacionamiento de involucrados, objetivos, instrumentos y herramientas tecnológicas de las fases del proceso de diseño conceptual de arquitectura, para compararlos directamente con las funciones de los roles y artefactos propios de los métodos ágiles.	Capítulo de relacionamiento con los métodos ágiles	Juicio de experto de arquitectos y gestores de proyectos de diseño. Publicaciones del Instituto Estadounidense de Arquitectura y del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, así como otros textos asociados y complementarios, como Gensler (2015) y Metz (2022). Las Guías de Fundamentos para la Dirección de Proyectos en sus versiones sexta (PMI, 2017a) y séptima (PMI, 2021) así como la	Método sintético Establecidas las partes del proceso de diseño conceptual arquitectónico que deben tomarse en consideración en su gestión, se identifican las relaciones existentes entre ellos.	Entrevistas Análisis de causa-raíz Análisis de interesados Análisis de escenarios Mapeo mental	No se incluirán en el análisis las actividades propias de diseño de las ingenierías asociadas al proceso global de diseño, aunque sí se valorará la participación de dichos consultores como interesados del proceso. No se incluirán en el análisis las etapas tardías del proceso de diseño, en particular, la elaboración de planos constructivos.

Objetivo	Nombre del entregable	Fuentes de información	Método de investigación	Herramientas	Restricciones
		Guía Práctica de Ágil (PMI, 2017b) y la Guía de <i>Scrum</i> (Schwaber et ál. 2020).			
3. Elaborar la propuesta de metodología de gestión como una descripción explícita de desempeño de cada rol y uso de cada artefacto, para permitir su implementación en procesos de diseño conceptual de arquitectura.	Capítulo de propuesta metodológica	Juicio de experto de arquitectos y gestores de proyectos de diseño. Las Guías de Fundamentos para la Dirección de Proyectos en sus versiones sexta (PMI, 2017a) y séptima (PMI, 2021) así como la Guía Práctica de Ágil (PMI, 2017b) y la Guía de <i>Scrum</i> (Schwaber et ál. 2020).	Método inductivo. A partir de las características de los procesos y la información disponible sobre sus circunstancias, se produjo una propuesta general de aplicación metodológica.	Simulación Análisis de escenarios Análisis de documentos Mapeo mental	No se incluirán en el análisis las actividades propias de diseño de las ingenierías asociadas al proceso global de diseño, aunque sí se valorará la participación de dichos consultores como interesados del proceso. No se incluirán en el análisis las etapas tardías del proceso de diseño, en particular, la elaboración de planos constructivos
4. Aplicar la metodología a un ejemplo de diseño típico, para demostrar su funcionalidad.	Capítulo de ejemplo de aplicación	Juicio de experto de arquitectos y gestores de proyectos de diseño. Las Guías de Fundamentos para la Dirección de Proyectos en sus versiones sexta (PMI, 2017a) y séptima (PMI, 2021) así como la Guía Práctica de Ágil (PMI, 2017b) y la Guía de <i>Scrum</i> (Schwaber et ál. 2020).	Método analítico-sintético. Un ejemplo particular de aplicación es descompuesto en sus partes, analizado de cara a la metodología planteada y se sintetizan las conclusiones acerca de la aplicabilidad de la generalización metodológica.	Entrevistas Simulación Análisis de causa-raíz Análisis de documentos	Para la aplicación de la metodología a un caso de diseño típico, no se plantea realizarlo en una actividad de diseño activa, sino como un replanteamiento de un proceso previo.

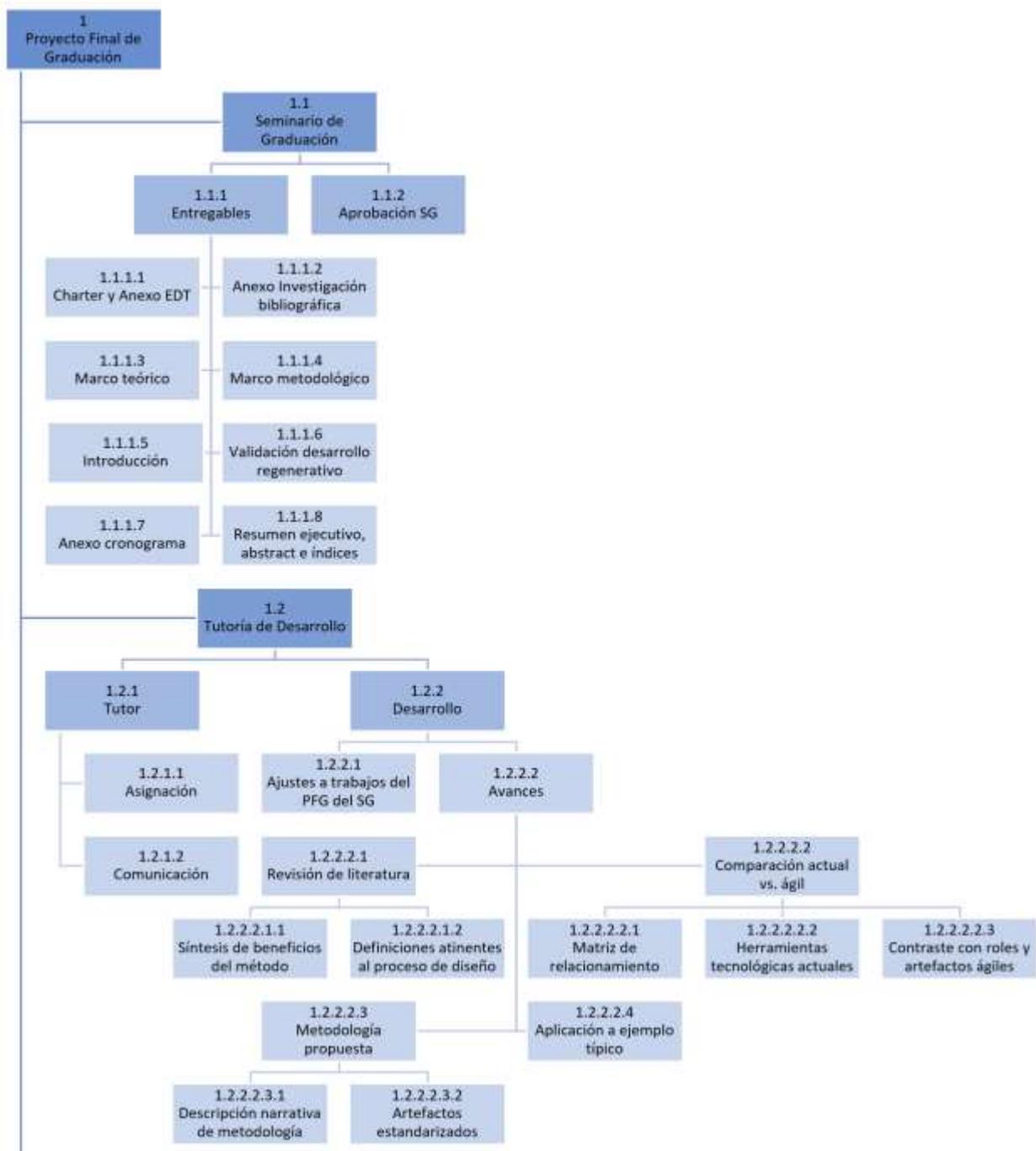
22. Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y desarrollo sostenible

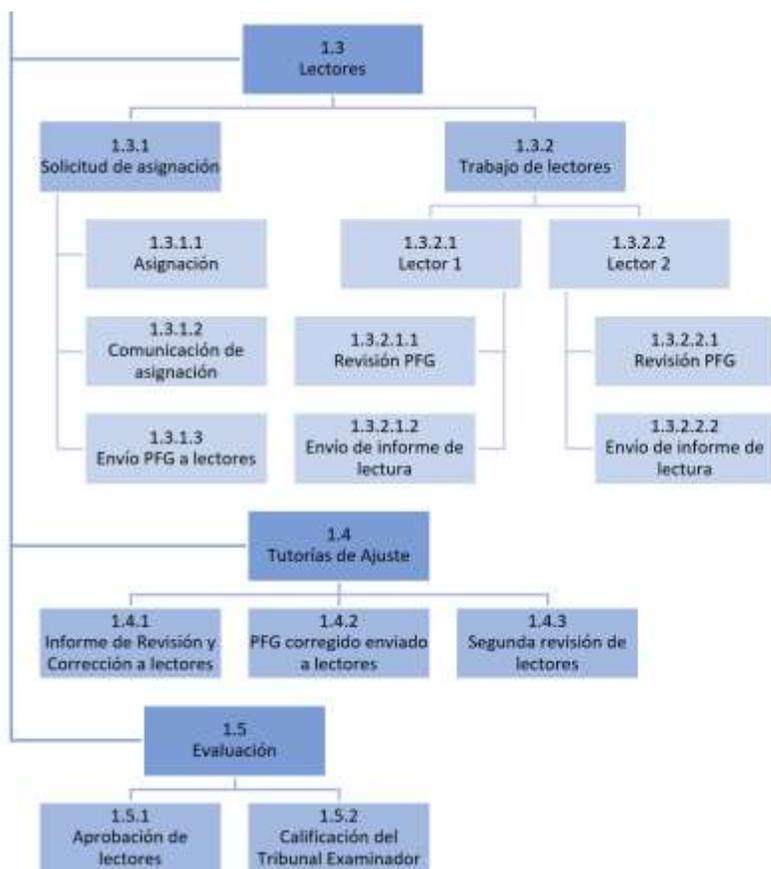
El PFG propuesto tiene el potencial de impactar especialmente los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) números 9, 11 y 13, relacionados con la construcción de infraestructura resiliente, lograr que las ciudades sean inclusivas, seguras y sostenibles y adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático. Aunque los proyectos de construcción tienen el potencial de impactar muchos otros aspectos dependiendo del uso y la conceptualización que les brinden sus propietarios y equipos de diseño, estos tres objetivos están directamente relacionados con la actividad de diseño y la metodología les brinda espacios específicos para su consideración y análisis, con base en normas y métricas ya existentes.

Esta conclusión respecto de los ODS puede trasladarse al análisis a través de la metodología P5. La metodología de diseño propuesta puede favorecer la reducción de impactos y maximización de beneficios en todas las dimensiones, ya que puede reducir los impactos del producto y de los procesos y prevenir o reducir la generación de impactos directos hacia las personas, el planeta y la prosperidad. Esto resulta del análisis oportuno de alternativas de diseño con una aplicación consciente de valoraciones en todas estas dimensiones.

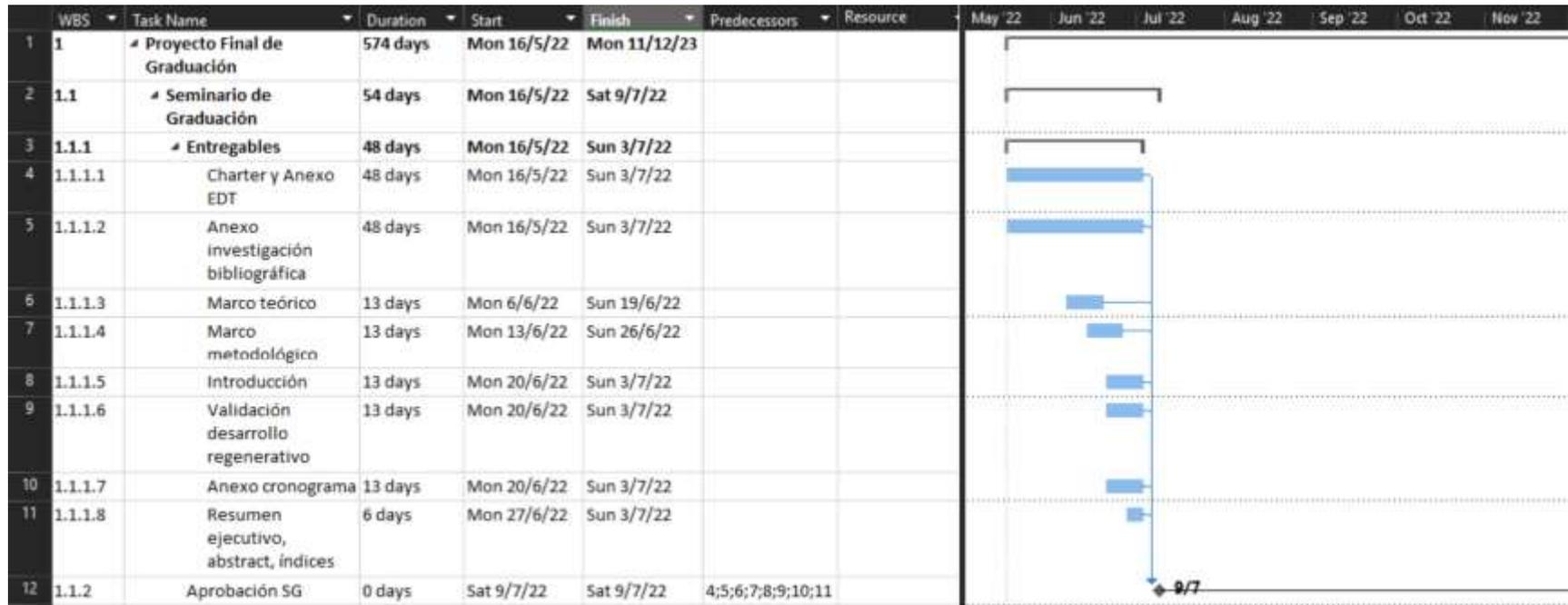
En materia de desarrollo regenerativo, que va un gran paso más allá de las consideraciones básicas de sostenibilidad y resiliencia, la metodología propuesta brinda el espacio necesario para que el propietario del proyecto y el equipo de diseño introduzcan de manera temprana consideraciones que mejoren el desempeño del inmueble, especialmente en las dimensiones ambiental, social, cultural y espiritual.

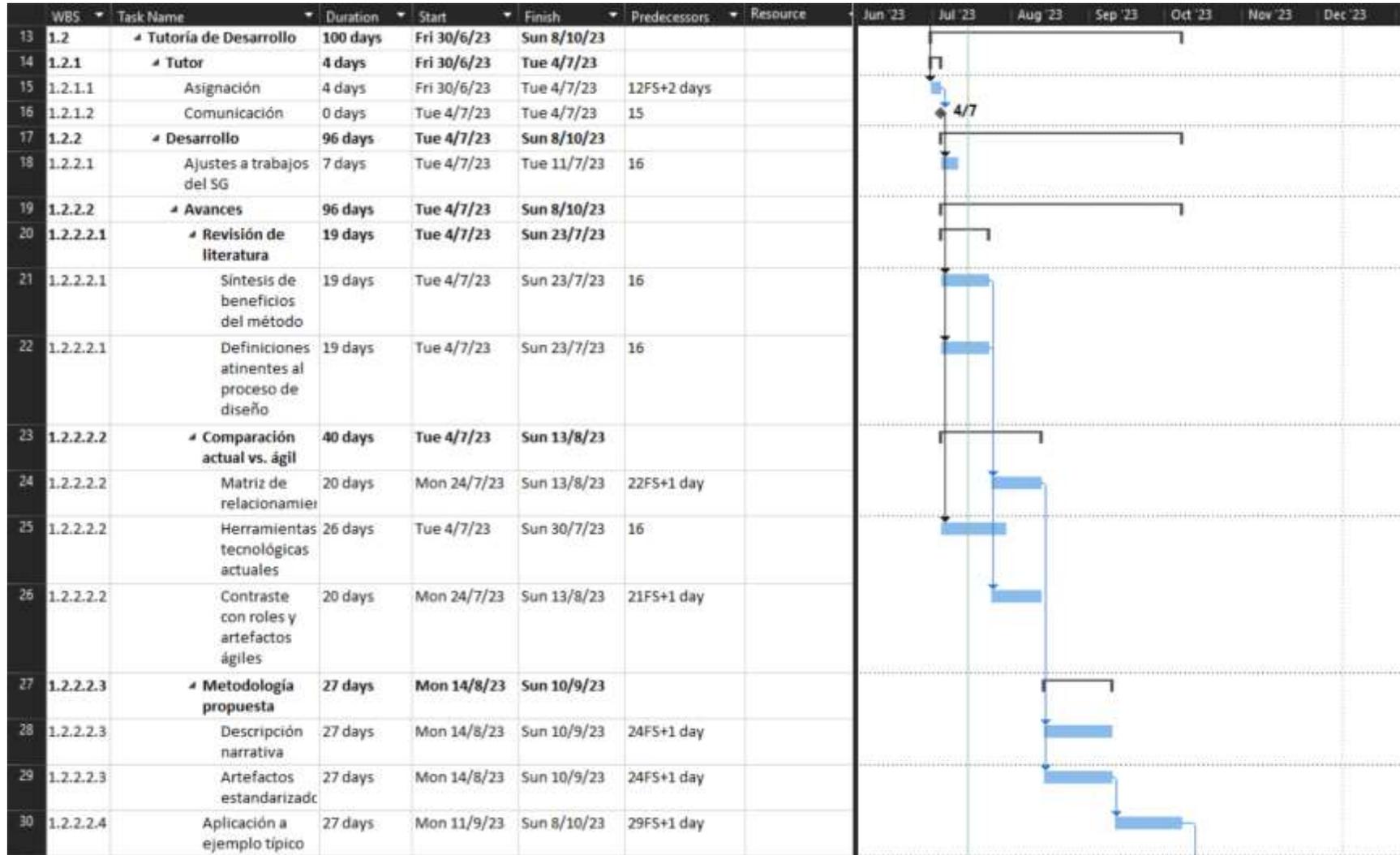
Anexo 2: EDT del PFG





Anexo 3: Cronograma del PFG







Anexo 4: Investigación bibliográfica preliminar

Se realizó una investigación bibliográfica concentrada en la identificación de fuentes que interconectarán el uso de métodos ágiles de gestión de proyectos con las disciplinas de diseño arquitectónico, diseño de ingenierías y construcción de forma general. No fue posible identificar una propuesta metodológica de aplicación de métodos ágiles del proceso de diseño arquitectónico.

En la investigación bibliográfica se identificaron una serie de análisis sobre la factibilidad de aplicar los métodos ágiles al proceso de construcción, o de diseño y construcción. De manera general, los autores identifican paralelos de importancia entre el proceso de desarrollo de software (la génesis de los métodos ágiles) y los procesos de diseño, y arriban a la conclusión de que existen potenciales beneficios en la gestión de estos últimos a través de métodos ágiles. Por el contrario, se identificaron diversas posiciones de parte de los autores con respecto de la factibilidad de aplicarlos al proceso constructivo como tal; usualmente la aplicación que se recomienda es, como máximo, híbrida.

Adicionalmente, se identificó una veta de investigación respecto de la correlación que puede existir entre los métodos ágiles y los sistemas de Administración de Información de Construcción (BIM, por las siglas en inglés de *Building Information Management*). Esto también se ramifica hacia los beneficios que se pueden obtener en mejoras en el desempeño funcional de las edificaciones.

Las referencias identificadas son las siguientes:

Al Behairi, T.A. (2016, 13 de mayo). *AGISTRUCT, improved model for agile construction project management* [ponencia]. PMI® Global Congress 2016 – EMEA, Barcelona, España.
<https://www.pmi.org/learning/library/agistruct-agile-construction-project-management-10180>

Al Behairi argumenta que existe la oportunidad de entrelazar los métodos ágiles con la ejecución de proyectos de construcción. Propone un modelo empírico al efecto, denominado AGISTRUCT, verificable por observación y experiencia, según indica, mediante el cual compara los diversos artefactos de la administración de proyectos de construcción con los artefactos propios de los métodos ágiles. Aunque estas asociaciones son cuestionables en el marco de la construcción (como lo argumentan otros autores), constituyen una referencia de gran utilidad en el marco del análisis propio del presente trabajo de graduación, limitado a la actividad de diseño.

The American Institute of Architects (2016). *The Architecture Student's Handbook of Professional Practice*. Wiley.

Dada la naturaleza de la temática por investigar, es fundamental contar con una referencia general que pueda brindar el contexto teórico y práctico de la práctica de la arquitectura y de todos sus componentes y procesos. El Instituto Estadounidense de Arquitectos es la agrupación de profesionales en arquitectura de más amplio alcance en los Estados Unidos, cuenta con aproximadamente 100,000 miembros profesionales y tiene como objetivo el desarrollo de la profesión. El Handbook es una referencia dirigida a facilitar a los estudiantes y profesionales jóvenes en arquitectura a comprender la complejidad de su industria y su profesión, tratando desde materias relacionadas con la vida y la práctica profesional, al inicio y desarrollo de una firma consultora y aspectos prácticos de desarrollo de proyectos, normativa y gestión contractual.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2019, 20 de agosto). *Reglamento para la contratación de servicios de consultoría en ingeniería y arquitectura*. La Gaceta nº 155. <https://cfia.or.cr/legal/archivos/Reglamento-de-Consultoria-2020.pdf>

El reglamento de consultoría del Colegio Federado es la fuente normativa que establece las fases de los procesos de consultoría de servicios de arquitectura e ingeniería en

Costa Rica. Aunque estas fases no necesariamente concuerdan con las fases definidas en otras jurisdicciones, las cuales dependen de la práctica y la regulación locales, al ser esta investigación realizada en Costa Rica debe tomarse en consideración específicamente la referencia normativa nacional.

Ekström, A. y Pettersson, E. (2016). *Agile project management in the design stage* [tesis de maestría, Instituto Real de Tecnología]. Portal DiVA. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:952122/FULLTEXT01.pdf>

Ekström y Petterson consideran que la ventaja de asociar los métodos ágiles con la etapa de diseño reside en que en dicha etapa se tiene una mayor posibilidad práctica (y menor costo) de implementar cambios en el alcance del proyecto. La tesis se concentra en realizar una valoración cualitativa e investigativa sobre este planteamiento, y llega a la conclusión de que la hipótesis es correcta, sin plantear una metodología para su implementación. Plantean que una avenida de investigación adecuada es la determinación de las acciones específicas que los gerentes de proyecto pueden tomar para implementar los métodos ágiles en la etapa de diseño.

Elton, C. (2018, 1 de julio). Scope patrol: scope creep is on the rise as stakeholder expectations increase. *PM Network*, 32(7), 38-45. <https://www.pmi.org/learning/library/scope-creep-rising-11308>

Elton plantea la existencia de una problemática creciente de cambios incrementales de alcance en los proyectos, tanto de construcción como de otras naturalezas. Propone medidas que los gerentes de proyecto (incluyendo aquellos que trabajan con métodos ágiles) pueden tomar para evitar esta expansión descontrolada del alcance. Para el caso de los métodos ágiles, plantea la necesidad de comprender que su apertura al cambio no significa que deban aceptar todo lo que se plantee, y que deben tomarse medidas positivas para establecer límites desde el principio.

Gensler, A. (2015). *Art's principles*. Wilson Lafferty.

Gensler fue el fundador de la firma de arquitectura más grande del mundo, y sus principios de gestión del proceso de diseño fueron instrumentales en llevar a la firma a la posición de liderazgo en que se encuentra en la industria. El libro describe los elementos filosóficos de la administración de una firma y sus proyectos, de la gestión de los equipos de trabajo y de los interesados, particularmente los clientes directos, que son de gran interés en el planteamiento de una metodología para la definición temprana de las características de un proyecto.

Gless, H.J., Halin, G. y Hanser, D (2020, 16 de abril). *Towards a BIM-Agile method in architectural design assessment of a pedagogical experiment* [ponencia]. 35th CIB W78 2018 Conference: IT in Design, Construction and Management, Chicago, Estados Unidos. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02544377>

Gless, Halin y Hanser reportan los resultados de un experimento realizado con estudiantes de arquitectura en Francia, en el marco de la generalización de los métodos de administración de información de edificios (BIM, por las siglas en inglés de *Building Information Management*), para evaluar su hipótesis de que los métodos ágiles pueden generar sinergia con la tecnología BIM. El experimento validó la hipótesis; los estudiantes consideraron que los métodos ágiles fueron beneficiosos para la colaboración y la integración de BIM en el proceso de diseño arquitectónico.

Hobbs, B. y Petit, Y. (2017). *Agile approaches on large projects in large organizations*. Project Management Institute. <https://www.pmi.org/learning/academic-research/agile-approaches-on-large-projects-in-large-organizations>

En este libro de texto publicado por el PMI, Hobbs y Petit desarrollan una investigación sobre la implementación de los métodos ágiles en organizaciones grandes, más allá de su zona de confort original, que consiste en equipos pequeños co-localizados. Estas

valoraciones son de gran importancia para el presente trabajo de graduación. Aunque las etapas tempranas de los procesos de diseño arquitectónico suelen tener el mayor grado de independencia con respecto de otras disciplinas, al mismo tiempo resulta de gran utilidad la participación temprana de miembros del equipo ampliado de diseño (como las ingenierías) para prever necesidades y restricciones para el desarrollo del diseño.

Iqbal, S. (2015, 10 de octubre). *Leading construction industry to lean-agile (LeAgile) project management* [ponencia]. PMI® Global Congress 2015 – EMEA, Londres, Inglaterra. https://www.researchgate.net/publication/284355155_Leading_Construction_Industry_to_Lean-Agile_LeAgile_Project_Management

Iqbal considera que la industria de la construcción debe considerar la implementación tanto de metodologías Lean como métodos ágiles, por lo que plantea un marco de gestión combinado que denomina LeAgile. Identifica los elementos conceptuales y prácticos que ambas metodologías comparten en común y analiza su aplicabilidad a las actividades de construcción, sin plantear una metodología específica.

Johansson, M.Y. (2012). *Agile project management in the construction industry - An inquiry of the opportunities in construction projects* [tesis de maestría, Instituto Real de Tecnología]. Portal DiVA. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:531980/FULLTEXT01.pdf>

Johansson investigó las oportunidades existentes para la implementación de métodos ágiles en la fase de diseño de proyectos de construcción. Con este objetivo, hace un extensivo desarrollo de las fases y tipologías de los procesos de diseño y construcción, así como de los aspectos propios de la administración de proyectos que caracterizan a esta industria y que contribuyen al objeto de análisis en el marco de evaluación de la metodología propuesta en el presente trabajo de graduación. Asimismo, realiza un

desarrollo de gran utilidad sobre las bases conceptuales y la práctica de los métodos ágiles. Desarrolla incluso un análisis teórico sobre los modelos de cambio organizacional que podrían ser de interés en la aplicación de una nueva metodología. En consecuencia, esta referencia es de gran utilidad tanto por la base teórica compilada por el autor como porque concluye, de sus hallazgos empíricos, la conveniencia de aplicar métodos ágiles en el proceso de diseño, y además plantea una serie de consideraciones a tomar en cuenta en el planteamiento de metodologías específicas de aplicación.

Maranto, M. y González, M.E. (2015, febrero). Fuentes de información.

<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>

Este artículo desarrolla las características de las distintas fuentes de información que se utilizan en los procesos de investigación como el presente.

Metz, T. (2022). *Building Meaning*. Routledge.

Este libro es una recopilación de los elementos que deben considerarse en el proceso de conceptualización de un edificio. Proporciona descripciones de carácter práctico de los aspectos de las edificaciones que deben tomarse en consideración conforme se da forma a la propuesta inicial de diseño, y que deben permear todo el proceso de desarrollo del diseño de allí en adelante. Este contenido es de interés fundamental para guiar la definición de los pasos a seguir (y posiblemente la cantidad mínima de ciclos a implementar) en la generación de la propuesta de metodología ágil que se busca.

Morán, G. y Alvarado, D.G. (2010). *Métodos de investigación*. Pearson.

Este libro desarrolla las características del proceso general de investigación que se utiliza para el desarrollo de conocimiento a través de la investigación, y proporciona el análisis de los distintos métodos que predominan en la búsqueda del conocimiento.

Moriel, R.S. (2017, 20 de febrero). *Feasibility in applying agile project management*

methodologies to building design and construction industry [tesis de grado, Universidad de Ciencia y Tecnología de Harrisburg]. Digital Commons Harrisburg.

https://digitalcommons.harrisburgu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=pmgt_dandt

Moriel analizó la factibilidad de implementar métodos ágiles en la gestión de proyectos de construcción. Su análisis se concentra en los obstáculos para la implementación dentro de las organizaciones de construcción, así como las potenciales soluciones a dichos retos. Realiza una descripción detallada del proceso de diseño arquitectónico y construcción y sus distintas fases, en búsqueda de aspectos del proceso de puedan verse beneficiados de la implementación de métodos ágiles. Interesantemente, identifica un mayor potencial de implementación en las etapas tardías, durante la producción de documentos de construcción y la administración de la construcción. Luego analiza las características de las metodologías tradicionales y ágiles, y al integrar sus análisis genera una propuesta conceptual que denomina *Scrum* híbrido, a la que adiciona incluso componentes de Kanban. Aunque esta propuesta híbrida es conceptual y compleja al mismo tiempo, ya que incorpora aspectos de distintos métodos sin desarrollarlos en gran detalle, el análisis realizado es de gran utilidad en la valoración de una implementación más llana de una metodología ágil limitada a la etapa de diseño.

Owen, R., Koskela, L., Henrich, G. y Codinhoto, R. (2006, julio). Is Agile Project Management Applicable to Construction? *Proceedings IGLC-14*, 51-66.

<http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25965/>

Owen *et al.* hacen un análisis de la evolución histórica de los métodos ágiles de gestión de proyectos, con el objetivo de diferenciarlos específicamente de la producción ágil y la producción lean, e incluso de la construcción LeAgile. Luego exploran las características

básicas de los métodos ágiles, y se valoran subjetivamente en función de su potencial aplicabilidad para las etapas de diseño y construcción. Llegan a la conclusión de que existe potencial en las etapas de pre-diseño y diseño, con retos importantes para su aplicación en la etapa propia de construcción.

Project Management Institute (2017). *Guía práctica de ágil*. Project Management Institute.

<https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/practice-guides/agile>

La Guía Práctica de Ágil del PMI constituye una referencia fundamental para el proceso de análisis propuesto, ya que constituye una de las bases conceptuales del funcionamiento de los métodos ágiles, siendo fundamental para asegurar que el planteamiento metodológico que se realiza cumpla con las características deseadas (y probadas) de los métodos ágiles evitando así tanto como sea posible la incertidumbre respecto de la integridad de la metodología que se propone.

Qaravi, R. (2018, 20 de julio). *Agile project management within the BIM based common data environment* [tesis de maestría, Universidad de Ciencias Aplicadas de Berlín]. Portal Theseus. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/152927/CD-Master%20Thesis-18.07.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Qaravi analizó las similitudes entre los métodos ágiles de gestión de proyectos y las que él llama metodologías de gestión de proyectos BIM. De esa forma, busca proponer un marco de trabajo que denomina Síntesis *Scrum* BIM. Los planteamientos de Qaravi contienen una serie de conceptos aplicados de maneras que difieren de aquellas utilizadas a lo largo de la maestría. No obstante, su análisis resulta de interés en particular por la consideración de la integración de las herramientas tecnológicas que a la fecha se utilizan en los procesos de diseño.

Sakikhales, M.H. y Stravoravdis, S. (2017, abril). Using agile project management for improved building performance. *Building Information Modelling, Building Performance, Design and*

Smart Construction, 65-78.

https://www.researchgate.net/publication/315864563_Using_Agile_Project_Management_and_BIM_for_Improved_Building_Performance

Sakikhales y Stravoravdis argumentan, al igual que otros autores, que la etapa de diseño de un proyecto de construcción es la adecuada para identificar las necesidades de cambios en el alcance, dados los bajos costos comparativos con las etapas posteriores. Indican que ello incluye particularmente las decisiones que impactan el desempeño del edificio, desde el punto de vista de la sostenibilidad. Sugieren que una forma de permitir decisiones más efectivas en este sentido es explorar tantas alternativas de diseño como sea posible, hasta identificar la óptima. En consecuencia, proponen que la implementación de métodos ágiles es una forma de promover este tipo de comportamiento de parte de los equipos de diseño, y adicionalmente plantean la relación simbiótica que en este sentido se puede derivar también de la aplicación de BIM.

Schwaber, K. y Sutherland, J. (2020, noviembre). *La Guía de Scrum*. (L. Salazar y M. López, trad.). <https://scrumguides.org/download.html>

Scrum es una de las metodologías ágiles de más amplia aplicación. Aunque su origen es la industria del software, ha sido trasladada y adaptada para aplicarse en una gran diversidad de industrias, por lo que se cuenta con experiencia y documentación sobre sus beneficios y retos. Se han desarrollado también formas para aplicarla a proyectos que sobrepasan la capacidad de los equipos de desarrollo que promueve, que para efectos de agilidad sugiere limitar a un máximo de 10 personas. En consecuencia, existe un amplio conocimiento sobre su aplicación que facilitará su consideración como base para la prueba de la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación.

Straçusser, G. (2015, 10 de octubre). *Agile project management concepts applied to construction and other non-IT fields* [ponencia]. PMI® Global Congress – North America, Orlando, Estados Unidos. <https://www.pmi.org/learning/library/agile-software-applied-to-construction-9931>

Straçusser desarrolla los conceptos prácticos de los métodos ágiles con un enfoque genérico, disociado del mundo de la tecnología de la información. De esa forma, habilita una valoración acerca de la forma en que estos conceptos pueden calzar dentro de proyectos con gestión que él llama tradicional, en otras áreas de práctica. Uno de los casos de estudio del autor es la construcción, y se plantean ejemplos específicos de la forma en que los fundamentos ágiles fueron aplicados en el marco de la construcción a un ejemplo de proyecto de alta complejidad.

Aunque ninguna de las referencias muestra una metodología específica para aplicar un método ágil al proceso de diseño, se identificaron varias que argumentan una multiplicidad de beneficios y motivos que sugieren el desarrollo de este concepto. En consecuencia, se arribó a la conclusión de que la bibliografía disponible sugiere que el estado del conocimiento en la materia apoya la exploración de una implementación como la propuesta en el presente trabajo final de graduación.

Anexo 5: BEP-ágil para el ejemplo de aplicación

De seguido se plantea el BEP-ágil para el ejemplo de aplicación detallado en la sección 4.4.2.2. Se ha basado en un ejemplo obtenido de la Plataforma de Contratación del Sector Público del Ministerio de Hacienda y Función Pública del gobierno español (s.f.). En virtud de la necesidad de simplificación inherente a promover la interoperabilidad entre el concepto del BEP y el marco de trabajo *Scrum*, es necesario omitir una parte de la información contenida en un plan típico, y especialmente en un ejemplo de aplicación extensivamente desarrollado como el usado como base en este caso, propio de casos de diseño de alta complejidad. No obstante, se conservan la mayoría de las secciones, dado que se considera que el BEP-ágil debe funcionar como un tipo de Pre-BEP (término habitualmente utilizado en la industria para referirse a un BEP modelo) avanzado, que contenga la información técnica imprescindible para el proceso de modelado temprano de las etapas conceptual y esquemática que se cubre con la presente metodología y al mismo tiempo brinde al *Scrum Team* un panorama claro de los objetivos a largo plazo del proceso BIM. Luego, una vez que el proyecto cuente con las aprobaciones relevantes para continuar hacia la elaboración de documentos de construcción y etapas posteriores, el BEP-ágil debería incorporar la información adicional necesaria para transformarse en un BEP completo para la gestión predictiva del resto del proceso.

Plan de Ejecución BIM Ágil

Planta de Producción de Harina de Trigo

I. INTRODUCCIÓN

Este documento se ha realizado para dar respuesta y establecer un entendimiento claro a cada uno de los capítulos establecidos en el Requerimiento de Información del Cliente (EIR). De esta manera, se registran los objetivos planteados, el alcance, las responsabilidades, la estructura, las estrategias de intercambio de información y los procesos necesarios para la correcta adopción de la metodología BIM en el proyecto de *Planta de Producción de Harina de Trigo*.

II. HISTÓRICO DE REVISIONES

Tabla II – Histórico de revisiones

VERSIÓN	FECHA	RESPONSABLE	MOTIVO DE LA MODIFICACIÓN
0.0	08/06/2020	XXX	Pre-BEP
1.0	25/09/2023	XXX	Primera versión del BEP-ágil

III. ESTRATEGIA Y GESTIÓN

En este capítulo se identificarán y resumirán los objetivos del cliente para el desarrollo de la metodología BIM en el proyecto. Por otro lado, se recogerá los datos de los principales agentes BIM asociados al proyecto, así como las fases del mismo.

III.a. Información del proyecto

Tabla III.a – Información de proyecto

CLIENTE	XXX
PROJECT MANAGER	XXX
NOMBRE DE PROYECTO	Planta de Producción de Harina de Trigo
DIRECCIÓN	XXX

III.b. Fases de proyecto

Tabla III.b – Información de proyecto

FASE DE PROYECTO	FECHA DE ENTREGA	OBSERVACIONES
DISEÑO ESQUEMÁTICO	XXX	
ANTEPROYECTO	XXX	
DOCUMENTOS DE CONSTRUCCIÓN	XXX	
PROYECTO DE EJECUCIÓN	Según contrato	
AS-BUILT	Según contrato	

III.c. Roles y datos de contacto

En la siguiente tabla se recogen los datos de contacto de los principales agentes BIM que pertenecen a cada uno de los equipos que participan en la elaboración del proyecto.

Tabla III.c – Lista de roles y contactos

COMPANÍA	NOMBRE	ROL	CORREO
XXX	XXX	Propietario	XXX
XXX	XXX	Gerente de Proyecto	XXX
XXX	XXX	Ciente BIM	XXX
XXX	XXX	Product Owner	XXX
XXX	XXX	Scrum Master	XXX
XXX	XXX	Coordinador BIM	XXX
XXX	XXX	Modelador civil	XXX
XXX	XXX	Modelador estructural	XXX
XXX	XXX	Modelador electromecánico	XXX

III.d. Objetivos del BIM

En la siguiente tabla se recogen todos los objetivos marcados en el EIR para la correcta implementación del BIM en el proyecto, así como su relación con los usos BIM propuestos:

Tabla III.d – Objetivos BIM

PRIORIDAD (1/2/3)	DESCRIPCIÓN DE OBJETIVOS	POTENCIALES USOS BIM
	1 - Comunicación	
1	1.1 - Utilizar el modelo como fuente principal de información para la toma de decisiones.	Modelado de las condiciones existentes / Estimación de coste/ Planificación 4D / Revisión de diseño / Autoría de diseño / Coordinación 3D / Modelo de registro
1	1.2 - Establecer un entorno de trabajo colaborativo que agilice la comunicación entre los equipos.	
1	1.3 - Generar y mantener un modelo accesible a todos los agentes implicados, incluyendo al personal no especializado en BIM.	
	2 – Gestión de la información	
1	2.1 - Implementar un sistema de identificación de elementos común que permita gestionar la información de un modo eficaz.	Modelado de las condiciones existentes / Planificación 4D / Revisión de diseño / Autoría de diseño / Coordinación 3D / Modelo de registro / Planificación de mantenimiento / Gestión de espacios
1	2.2 - Estructurar la información del modelo de manera que se posibilite la gestión del proyecto fuera del software de modelado.	
2	2.3 - Utilizar el modelo para realizar estudios de optimización de áreas y espacios en el programa funcional del edificio.	
1	2.4 - Identificar la información de proyecto que no se obtiene del modelo y establecer un método de control para evitar duplicidades.	
1	2.5 - Generar documentación gráfica (planos) utilizando como base de datos principal el modelo; a excepción de detalles constructivos.	
	3 – Diseño (3D) y coordinación	

1	3.1- Realizar tomas de datos que permitan obtener un modelo digital del estado actual con precisión milimétrica (escaneado láser)	Modelado de las condiciones existentes / Estimación de coste / Planificación 4D / Revisión de diseño / Autoría de diseño / Análisis estructural / Análisis instalaciones / Coordinación 3D / Gestión de espacios
1	3.2 - Generar una única base de datos de proyecto cuya representación gráfica sea un modelo tridimensional.	
1	3.3 - Establecer un sistema de control de interferencias para alcanzar una coordinación espacial de proyecto óptima previa a su ejecución.	
1	3.4 - Generar y mantener un modelo federado que sirva como punto común de revisión y comunicación entre los diferentes equipos del proyecto.	
2	3.5 - Generar infografías enfocadas a la explotación comercial del edificio y su proceso constructivo.	
1	3.6 - Utilizar el modelo tridimensional para llevar a cabo revisiones de diseño que agilicen el trabajo de todas las partes implicadas.	
1	3.7 – Utilizar el modelo tridimensional como base para software de cálculo de estructura e instalaciones.	
1	3.8 – Implementar en el modelo los requisitos de diseño de certificaciones medioambientales.	
4 - Planificación y gestión de la ejecución		
1	4.1 - Analizar las posibles soluciones constructivas, presentar propuestas que las optimicen y facilitar su comprensión al equipo de obra.	Planificación 4D / Coordinación 3D / Modelo de registro
1	4.2 - Comunicar la previsión de los trabajos de ejecución, de forma periódica, durante la fase de obra.	
1	4.3 - Actualizar el modelo llevando a cabo un registro preciso de la obra ejecutada.	
5 - Medición y coste		
1	5.1 - Disponer de un modelo ordenado que posibilite la extracción de determinadas mediciones en caso de ser necesario.	Modelado de las condiciones existentes / Estimación de coste / Planificación 4D
6 - Análisis y optimización de sistemas		
2	6.1 - Creación de espacios tridimensionales durante la fase de diseño que posibilite la ejecución de análisis con herramientas especializadas.	Modelado de las condiciones existentes / Planificación 4D / Revisión de diseño
7 - Cierre, operación y mantenimiento		
1	7.1 - Generar y entregar a la propiedad un modelo de registro de obra ejecutada en el momento de finalizar los trabajos de ejecución.	Modelado de las condiciones existentes / Planificación 4D / Modelo de registro / Planificación de mantenimiento / Gestión de activos / Gestión de espacios
1	7.2 - Disponer de un modelo ordenado y codificado en base a un estándar de Operación y Mantenimiento útil para el cliente.	

III.e. Usos BIM

Los usos BIM marcados en la siguiente tabla, son requeridos por el proyecto para responder de manera correcta a las necesidades establecidas por el cliente en el EIR.

Tabla III.e – Usos BIM

PLANIFICACIÓN		DISEÑO		CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
	Modelado de las condiciones existentes		Modelado de las condiciones existentes		Modelado de las condiciones existentes		Modelado de las condiciones existentes
X	Estimación de coste (Medición y presupuesto)	X	Estimación de coste (Medición y presupuesto)	X	Estimación de coste (Medición y presupuesto)	X	Estimación de coste (Medición y presupuesto)
X	Planificación 4D (Planificación de obra)	X	Planificación 4D (Planificación de obra)	X	Planificación 4D (Planificación de obra)	X	Planificación 4D (Planificación de obra)
X	Programa funcional	X	Programa funcional				
	Análisis del emplazamiento		Análisis del emplazamiento				
X	Autoría de diseño	X	Autoría de diseño				
X	Revisión de diseño	X	Revisión de diseño				
		X	Análisis estructural				
			Análisis de iluminación				
		X	Análisis energético				
		X	Análisis mecánico				
		X	Otro análisis ing.				
		X	Análisis de sostenibilidad	X	Análisis de sostenibilidad		
			Validación de códigos				
		X	Coordinación 3D	X	Coordinación 3D		
					Planificación de implantación en obra		
					Diseño de sistemas constructivos		
					Fabricación digital		
					Control y planificación 3D		
				X	Modelo de registro (As-Built)	X	Modelo de registro (As-Built)
						X	Planificación de mantenimiento
							Análisis de sistemas del edificio
						X	Gestión de activos
						X	Gestión de espacios

Tabla III.e.1 – Estimación de costos

Breve descripción:
Proceso en el que se utiliza la información de uno o más modelos BIM para extraer las mediciones de componentes y materiales del proyecto a partir de la cual, se realiza el presupuesto del mismo en sus distintas etapas.
Proceso:
<p>Durante el desarrollo de las distintas fases del proyecto, se crearán las necesarias tablas de planificación desde las que se pueda tener acceso de manera clara y precisa a toda aquella información referente a las mediciones de componentes y materiales del proyecto.</p> <p>Estas tablas se irán actualizando en función de cada fase del proyecto para obtener la información acorde al nivel de detalle del modelo que se requiere en la fase en la que se encuentre el proyecto. Estas tablas de planificación / cantidades se utilizarán como base de datos precisas en el momento de realizar el presupuesto de ejecución material final. De esta manera, se obtienen mediciones con un mayor grado de precisión.</p>
Valores potenciales:
<p>Mediciones más precisas. Ahorro de tiempo.</p>

Tabla III.e.2 – Planificación 4D

Breve descripción:
Proceso en el que, a un modelo tridimensional, se le añade la variable del tiempo para planificar eficazmente la secuencia constructiva de un proyecto.
Proceso:
<p>Se elaborará un modelo federado en el cual están los modelos de cada una de las disciplinas que componen el proyecto (Arquitectura, Estructura e Instalaciones). Estos modelos se vincularán entre sí en el programa Autodesk Navisworks, creando así el modelo federado.</p> <p>Una vez tengamos el modelo tridimensional, se importará la planificación de obra de modo que, a cada uno de los componentes que conforman el modelo 3D se le asocia una tarea de la planificación. De esta manera, se puede llevar un control exhaustivo de las fases, ajustando tiempos de acuerdo al modelo. Este modelo se empleará para comprobar y registrar el estado de avance de las obras.</p> <p>Asimismo, pueden visualizarse los avances de los trabajos realizados de forma automática. Con Autodesk Navisworks se pueden generar simulaciones constructivas, lo que se supone una ventaja ya que se puede observar de manera clara y visual errores cometidos en la planificación.</p>
Valores potenciales:
<p>Mejor comprensión de la planificación de obra. Identificación de problemas en la planificación.</p>

Tabla III.e.3 – Programa funcional

Breve descripción:
Proceso en el que se utiliza uno o más modelos BIM para evaluar si el diseño cumple de manera eficiente y exacta con las limitaciones espaciales que se establecen en los requerimientos del proyecto.
Proceso:
El modelo 3D de Revit se desarrollará de tal manera que todos los espacios, habitaciones y áreas construidas brutas se identifiquen correctamente. A tal efecto, se elaborarán tablas de planificación para cada uno de éstos, en las cuáles no solo aparezcan datos dimensionales, sino que además se incluyan datos para su identificación tales como, nivel, uso, etc. De esta manera a través de tablas de planificación se puede comprobar que el diseño cumple con los requerimientos espaciales y funcionales del proyecto.
Valores potenciales:
- Evaluación eficiente y precisa del rendimiento del diseño en base a los requisitos espaciales establecidos por el cliente.

Tabla III.e.4 – Autoría del diseño

Breve descripción:
Proceso en el que se desarrolla un modelo tridimensional de información del proyecto en función de los criterios de diseño del mismo. Estos modelos se dividirán por disciplinas, pudiendo ser uno o varios modelos por disciplina.
Proceso:
Una vez establecido los requisitos del programa funcional, se elaborará, a nivel de Anteproyecto, un modelo tridimensional de la disciplina de Arquitectura. Este modelo, se usará como base para comenzar con la elaboración de los modelos esquemáticos de Estructuras e Instalaciones. Estos modelos, estarán vinculados entre sí desde esta primera fase del proyecto. Una vez aprobados estos modelos iniciales, se procederá a realizar el mismo procedimiento en las fases subsiguientes. En el paso de una fase de proyecto al otro, los modelos se tendrán que modelar / actualizar en función al nivel de detalle asociado a la fase de proyecto. En esta fase, no sólo se elaboran los modelos de las diferentes disciplinas, sino que mediante determinados softwares como puede ser Navisworks, se interrelacionan entre sí con el fin de conseguir un control en la calidad del diseño con acciones como, por ejemplo, el estudio y análisis de interferencias y colisiones entre disciplinas
Valores potenciales:
Mejora en el control de calidad del diseño. Permite una verdadera colaboración entre los diferentes agentes redactores de un proyecto.

Tabla III.e.5 – Revisión del diseño

Breve descripción:
Proceso en el cual las partes interesadas analizan el modelo 3D para la toma de decisiones, revisiones espaciales con el fin de proporcionar mejoras en aspectos relativos al diseño.
Proceso:
Se utilizará el modelo 3D para realizar análisis visuales, mediante recorridos virtuales o puntos de vista estáticos, con el fin de optimizar el diseño.
Valores potenciales:
Incremento de la coordinación y comunicación entre las distintas disciplinas que conforman un proyecto. Se crea un proceso y revisión de diseño más eficiente.

Tabla III.e.6 – Análisis estructural

Breve descripción:
Proceso en el que se usa en el software de cálculo estructural el modelo tridimensional elaborado para el análisis y cálculo de los elementos estructurales del proyecto.
Proceso:
Partiendo de base con el modelo de Arquitectura, éste se vincula en un archivo en blanco con las plantillas y familias optimizadas para archivos de estructuras. Se copian y supervisan niveles, rejillas y todo aquel elemento estructural que pudiera estar modelado en el archivo base de arquitectura. Además, se obtienen del modelo base las coordenadas compartidas. Una vez se realice el modelo previo de estructuras, este se exportará en el formato más adecuado al software de cálculo. Con el análisis y los cálculos realizados, se procederá a volcar los resultados sobre el modelo de estructuras previo, para modificarlo y actualizarlo, creando así el modelo de estructura final.
Valores potenciales:
Ahorro de tiempo y coste al crear modelos adicionales. Interoperabilidad entre los distintos softwares de estándar BIM abierto.

Tabla III.e.7 – Análisis energético, mecánico y otros análisis de instalaciones

Breve descripción:
Proceso en el que se usa en los softwares de cálculo de instalaciones el modelo tridimensional elaborado para el análisis y cálculo de los elementos de instalaciones del proyecto.
Proceso:

Partiendo de base con el modelo de Arquitectura, éste se vincula en un archivo en blanco con las plantillas y familias optimizadas para archivos de instalaciones. Se copian y supervisan niveles, rejillas y todo aquel elemento que pudiera servir de base para el archivo de instalaciones. Además, se obtienen del modelo base las coordenadas compartidas.

Una vez se realice el modelo previo de instalaciones, este se exportará en el formato más adecuado al software de cálculo (para cálculos de clima se usará software de cálculo de cargas térmicas al margen de Revit, para después de esto, usar para agua y aire el motor de cálculo de dimensionamiento de conductos y tubos de Revit mientras que para cálculos de fontanería, saneamiento y electricidad se usarán programas propios desarrollados con la API de Revit).

Con el análisis y los cálculos realizados, se procederá a volcar los resultados sobre el modelo de instalaciones previo, para modificarlo y actualizarlo, creando así el modelo de instalaciones final.

Valores potenciales:

Ahorro de tiempo y coste al crear modelos adicionales.
Interoperabilidad entre los distintos softwares de estándar BIM abierto.

Tabla III.e.8 – Coordinación 3D

Breve descripción:
Proceso en el cual se analiza las interferencias entre las distintas disciplinas que componen un proyecto (arquitectura, estructura e instalaciones) eliminando y solucionando así, en el modelo tridimensional, los principales conflictos, y problemas en obra, del proyecto.
Proceso:
Una vez elaborados los modelos de cada una de las disciplinas en Revit, estos se exportarán y se vincularán en Navisworks creando así el modelo federado. En Navisworks, cada uno de los elementos de los que se compone cada disciplina, serán organizados en sets en función de la realidad constructiva y se les asignará su índice de gravedad (parámetro asignado a cada elemento) de acuerdo a la matriz de interferencias.
Se realizarán las pruebas de detección de colisiones según lo planificado en la matriz de interferencias, en la cual se exponen aquellos análisis que se han de realizar. Una vez realizado la detección de colisiones, se generará un informe con los mismos para proceder a identificarlos y darles solución en cada uno de los modelos de las disciplinas afectadas.
Valores potenciales:
Reducción de conflictos en obra aumentando así la productividad y reduciendo costes. Visualización previa de la construcción en un entorno virtual.

Tabla III.e.9 – Modelo de registro

Breve descripción:
Proceso en el que se representa de manera precisa las condiciones físicas, el entorno y los activos de un proyecto ya ejecutado. Este modelo debe contener la información relacionada con el registro del proyecto y su ejecución de los elementos de arquitectura, estructura e instalaciones.
Proceso:
Este modelo es la culminación del modelado BIM (modelo As Built), creado a partir de los modelos de construcción de cada una de las disciplinas y los modelos de coordinación 3D y 4D. De esta manera, se entrega a la propiedad un modelo acorde a la realidad constructiva con el que se puede realizar una planificación de uso y mantenimiento, gestión de activos o gestión de espacios.
Valores potenciales:
- Proporciona al propietario un modelo más preciso del proyecto construido.

Tabla III.e.10 – Planificación de mantenimiento

Breve descripción:
Proceso mediante el cual se utiliza uno o más modelos de registro (modelo As Built) para desarrollar el plan de mantenimiento del activo durante su ciclo de vida mejorando así el desempeño del activo, reduciendo las reparaciones y los gastos generales.

Tabla III.e.11 – Gestión de activos

Breve descripción:
Proceso en el cual un sistema de gestión organizado está vinculado de manera bidireccional a un modelo de registro (modelo AS Built) para mejorar de manera eficiente el mantenimiento y operación de un activo. Estos modelos se deben mantener, actualizar y operar de manera eficiente para satisfacer las necesidades tanto de la propiedad como de los usuarios.

Tabla III.e.12 – Gestión de espacios

Breve descripción:
Proceso mediante el cual, a través de un modelo de registro (modelo As Built), se administran los espacios y recursos relacionados a éstos dentro de una edificación o infraestructura. Estos modelos BIM permiten al equipo de administración analizar el uso del espacio y planificar posibles cambios.

III.f. Roles y responsabilidades

Con base en los roles indicados en la tabla de datos de contacto, en la presente sección se recogen las responsabilidades más importantes asociada a cada rol en la elaboración de este proyecto y que están definidas en el EIR. Aquellos agentes que desempeñan más de un rol tienen que cumplir con las responsabilidades asignada a cada uno de ellos.

Tabla III.f – Responsabilidades asignadas a cada rol

ROL	RESPONSABILIDADES
Cliente BIM	<ul style="list-style-type: none"> • Define los objetivos y necesidades del cliente • Desarrolla la estrategia BIM a seguir por todo el equipo para satisfacer los objetivos del cliente. • Redacta el EIR. • Evalúa la calidad de los pre-BEPs desarrollados en respuesta al EIR y su adecuación a los requerimientos. • Colabora en el desarrollo del BEP y aprueba su redacción. • Consulta y evalúa la idoneidad del modelo federado. • Aprueba la necesidad de actualización del BEP. • Vela por la consecución de objetivos BIM del cliente. • Evalúa y aprueba la calidad de la información BIM entregada por los equipos. • Establece un criterio de revisión de los modelos mediante la ejecución de auditorías BIM en base a lo establecido en el BEP. • Audita el modelo de acuerdo a los métodos de control establecidos en el BEP.
Product Owner	<ul style="list-style-type: none"> • Aprueba actualizaciones del BEP y determina, junto con el Cliente BIM, la fecha de publicación de una nueva revisión. • Asegura la trazabilidad de la información a lo largo de todas las fases del proyecto. • Asegura que las entregas de información BIM se ejecutan en los plazos indicados, en calidad y forma requerida. • Asegura el archivo de información BIM (copias de seguridad) o designa a la persona encargada de la tarea.
Coordinador BIM	<ul style="list-style-type: none"> • Redacta el BEP y vela por su cumplimiento. • Genera el modelo federado y gestiona su actualización. • Analiza la coordinación de disciplinas sobre el modelo federado y comunica su estado. • Gestiona el registro de cambios sobre el modelo efectuado por los diferentes equipos. • Gestiona y garantiza el cumplimiento del BEP. • Establece y gestiona los canales necesarios para facilitar la comunicación de la información de los modelos con el cliente. • Gestiona la información en plataformas de trabajo colaborativo. • Apoya al equipo para asegurar que la coordinación de trabajo permita que las entregas de información BIM se ejecuten en cada <i>Sprint</i>, en calidad y forma requerida.
Modeladores	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla el modelo en base a los estándares marcados por el Coordinador BIM y recogidos en el BEP. • Conoce las propuestas técnicas de todo el equipo. • Garantiza la coordinación activa con las diferentes disciplinas del <i>Scrum Team</i>. • Analiza los conflictos de coordinación detectados y coordina con el resto de modeladores para su resolución. • Realiza propuestas técnicas que aporten soluciones factibles a los conflictos detectados. • Garantiza la calidad técnica del modelo BIM y de la información generada a partir del mismo.

III.g. Seguridad de la información

El proceso de trabajo colaborativo BIM mediante el desarrollo de modelos tridimensionales centrales y locales, permite tener un mayor control en la seguridad de la información que dichos modelos contienen. Como normal general, en cada fecha de entrega correspondiente a cada fase del proyecto, o cuando fuese requerido, se realizarán archivos de copias de seguridad para su archivado. Para ello, los archivos se abrirán con la opción “Desenlazar de archivo central” para crear así un nuevo archivo independiente listo para ser archivado.

Durante la elaboración de los modelos, diariamente, se crearán archivos locales de los centrales por lo que no es necesario realizar copias de seguridad de manera más asidua, ya que los archivos locales se pueden considerar como una potencial copia de seguridad. En el caso de que un archivo central se corrompiese, se puede volver a crear a partir de un archivo local. Los archivos centrales sólo podrán ser generados, y editados si fuera necesario, por el Coordinador BIM.

Los archivos centrales se alojarán en los servidores, mientras que los archivos locales se guardarán en cada uno de los ordenadores desde donde se trabaje.

Respecto a los servidores, éstos contarán con sistemas antimalware y antivirus cuyas bases de datos estarán actualizadas de modo que de esta forma se asegura la privacidad y seguridad de los archivos almacenados en los servidores.

Cómo plataformas de entorno común de datos se utilizará la plataforma ACC. Esta plataforma asegura la privacidad del almacenamiento de la información ya que sólo podrán tener acceso aquellos usuarios a los que se ha compartido el acceso a la información mediante un usuario, generalmente el correo electrónico, y contraseña.

III.h. MANTENIMIENTO DEL BEP Y CONTROL DE CALIDAD

El mantenimiento del BEP irá asociado al control de calidad de los modelos BIM del proyecto que se aplicará para garantizar el cumplimiento de los estándares BIM definidos, así como la coordinación 3D. De esta manera, como estrategia general de control de calidad de los archivos / modelos se establecen las siguientes acciones a realizar:

- Mantenimiento semanal:
 - Abrir una vez a la semana, preferiblemente los lunes, los archivos con la opción *Revisar* habilitada.
 - Revisar y resolver los avisos o advertencias.
 - Eliminar vistas no utilizadas o redundantes.
 - Limpiar los modelos de elementos no utilizados.
 - Verificación visual de los modelos.
 - Guardar una vez a la semana, preferiblemente los viernes, los archivos centrales con la opción *Compactar* habilitada.
- Mantenimiento quincenal:
 - Realizar revisión de coordinación y comprobación de interferencias.
- Mantenimiento al final de cada *Sprint*:
 - Realizar auditorías de los modelos BIM.
 - Realizar verificación de estándares. Se debe asegurar que los modelos y los elementos de los que se compone esté codificados en función de los estándares acordados.

En base a estas acciones a realizar, así con el desarrollo normal de la metodología, pueden generar la aparición de modificaciones a implementar en el BEP. Estas posibles modificaciones se recogerán y serán comunicadas a todos los agentes intervinientes en el desarrollo del proyecto.

De esta manera, en cada *Sprint* se llevará a cabo un control de los posibles cambios / revisiones a efectuar que se reflejarán, en el caso de ser necesario, en el histórico de revisiones.

IV. ESTRUCTURA DE INFORMACIÓN

IV.a. Level of development (LOD)

LOD (Level of Development / Nivel de Desarrollo) define el nivel de desarrollo de información que tiene cada uno de los elementos que componen un modelo BIM. Según el estándar BIMForum de la AGC (The Associated General Contractors of America, Inc.) los niveles de desarrollo se clasifican de la siguiente manera:

- LOD 100: Los elementos pueden representarse gráficamente en el modelo con un símbolo u otra representación genérica. De esta manera, los elementos no son representaciones geométricas. La información relacionada al elemento puede ser derivada de otros elementos del modelo, considerándose aproximada. Muestra la existencia de un componente, pero no así su forma, tamaño, etc.
- LOD 200: El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema genérico u objeto o conjunto con cantidades aproximadas, tamaño, forma, ubicación y orientación, considerándose así los elementos como marcadores de posición genéricos. La información de los elementos LOD 200 debe ser considerada como aproximada.
- LOD 300: El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema u objeto específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. La información de los elementos del modelo se puede medir directamente desde el modelo. Además, la información no gráfica se puede adjuntar al elemento modelo. En este nivel de desarrollo, se define el origen del proyecto, por lo que los elementos se ubican con precisión respecto a éste.
- LOD 350: El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema u objeto específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación, orientación e interrelación con otros elementos cercanos o adjuntos. Se incluirán elementos tales como soportes y conexiones. La información de los elementos del modelo se puede medir directamente desde el modelo. Además, la información no gráfica se puede adjuntar al elemento modelo.
- LOD 400: El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema u objeto o ensamblaje específico en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación con detalles, fabricación, montaje e información de instalación. Los elementos se modelan con suficiente precisión para la fabricación de los representados. La información de los elementos del modelo se puede medir directamente desde el modelo. Además, la información no gráfica se puede adjuntar al elemento modelo.
- LOD 500: El elemento del modelo es una representación verificada en campo en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. Este nivel de LOD se relaciona con la verificación en obra por lo que no supone una evolución del nivel de desarrollo en cuanto a la definición o nivel de información del elemento. Por esto, LOD 500 es un nivel de desarrollo que no se utiliza.

En la siguiente tabla, creada en base a la tabla recogida en la parte 2 del estándar BIMForum, se establece el nivel de LOD de las agrupaciones de los elementos de un proyecto. El BEP definitivo, se elaborará la tabla detalla en función del nivel de desarrollo de cada uno de los elementos:

IV.b. Información asociada al modelo

En la siguiente tabla, se recogen la respuesta a las necesidades de información establecidas por el cliente en el EIR:

Tabla IV.b.1 – Necesidades de información globales

NECESIDAD	DESCRIPCIÓN
Localización	Cada uno de los elementos podrá ser filtrado, según las necesidades, por cada uno de los parámetros propios de localización (nivel, zona, sistema, etc.)
Clasificación según función	Los elementos que componen el proyecto, estarán agrupados en función la clasificación Unifomat II del American Institute of Architects y la General Services Administration de los EEUU, lo que nos permite estructurar el modelo con una base de datos conocida y compartida por todos los agentes intervinientes en un proyecto, controlar y conocer el contenido de los modelos, planificar y dar pautas para la coordinación y análisis de colisiones de los modelos así como facilitar las revisiones y el seguimiento de los modelos en base a una estructura conocida. Dentro de la clasificación Unifomat II, los elementos se clasificarán según el nivel 3 de detalle que se desarrollará dentro del parámetro de tipo <i>Código de montaje</i> .
Identificación de elemento	Cada objeto del modelo se codificará de tal manera que se identifique en sí mismo por el elemento real al que representa.
Propiedades físicas	Todos los materiales de los cuales están compuesto un elemento del modelo contarán con los datos de sus propiedades físicas más características en el cuadro de gestión de materiales.
Planificación	Durante la elaboración del proyecto, a cada uno de los elementos se le asignará una fase en función del sistema de faseado que se determine con la propiedad. De esta manera, y mediante filtros de fases, se podrá comprobar de manera eficaz los elementos que compone cada una de las fases. Posteriormente, en la fase de ejecución de la obra, se elaborará un modelo 4D en el cuál a cada uno de los elementos del modelo se le asigne una de las tareas de planificación de obra.
Facility Management	Para integrar el Facility Management en el modelo BIM, se integrará el estándar COBie, un estándar internacional para el intercambio de datos de la construcción en fase de operaciones. COBie nos permite codificar los elementos de un modelo de modo que se pueda identificar qué activos existen en un edificio. Los datos de información COBie se exportarán mediante hojas de cálculo.

Tabla IV.b.2 – Nomenclatura de familias del sistema y cargables de Arquitectura.

Esquema	<NombreFuncional>	<Material>	<Descripción>	<Anchura/EspesorTotal>
Ejemplo	T (Tabique)	PYL (Pladur)	Descripción de las capas que componen el muro	Anchura total
Ejemplo	P (Pavimento)	CER (Cerámico)	Descripción de las capas que componen el suelo	Espesor total

Tabla IV.b.3 – Nomenclatura de familias del sistema y cargables de Estructuras.

Esquema	<Tipología/Función>	<Material>	<Descripción>	<Anchura/EspesorTotal>
Ejemplo	L (Losa)	HA (Hormigón armado)	-	Espesor
Ejemplo	M (Muro)	HA (Hormigón armado)	-	Espesor
Ejemplo	WA (Cimentación muros)	HA (Hormigón armado)	-	Dimensiones

Tabla IV.b.4 – Nomenclatura de familias del sistema y cargables de Instalaciones.

Esquema	<Tipología/Función>	<Material>	<Descripción>	<Anchura/EspesorTotal>
Ejemplo	L (Losa)	HA (Hormigón armado)	-	Espesor
Ejemplo	M (Muro)	HA (Hormigón armado)	-	Espesor

Tabla IV.b.5 – Nomenclatura de tipos

Esquema	<Descripción1>	<Descripción2>	<Descripción3>
Ejemplo	800x2050x63	-	-
Ejemplo	900x2100	-	-

IV.c. Hitos y entregables

La ejecución exitosa de la metodología BIM requerirá de un esfuerzo de apoyo entre las distintas disciplinas que componen el proyecto. Por la naturaleza ágil de la fase de diseño esquemático, se seguirá el esquema correspondiente a la metodología implementada. Una vez que el proyecto avance a las fases posteriores, se definirán los hitos, reuniones y entregables aplicables según la programación predictiva que se adopte en ese momento.

IV.d. Estructura de archivos

Con el fin de tener éxito en el desarrollo de la metodología BIM, uno de los aspectos de más importancia es la elaboración de una eficaz base de estructuración de archivos. A continuación, se recoge la propuesta de estructuración establecida en el EIR. Los archivos, en primer lugar, se clasificarán en función de:

- Archivos editables de modelado (EM): Archivos que se han utilizado durante el desarrollo del proyecto en sus distintas fases. En esta organización se incluirán los archivos desarrollados en Revit.
- Auxiliares de editables de modelado (AEM): Archivos que sirven como soporte al normal desarrollo de los archivos editables de modelado (EM) como pueden ser archivo de modelo en el que se incluyan los niveles y las rejillas y que sirva como base de modelado para los archivos de las diferentes disciplinas.
- Archivos de modelo federado (MF): Archivo en el que se vinculan los auxiliares de modelo federado (AMF) para la creación del modelo federado (MF). Estos archivos de modelo federado se crearán en el software Navisworks Manage.
- Auxiliares de modelo federado (AMF): Son los archivos que, exportados desde el archivo nativo de Revit, se vinculan el software necesario para la creación del modelo federado.
- Archivos de información (AI): Son los archivos entregables.
- Auxiliares de información (AAI): Son los archivos comunes al proyecto que aportan una información extra a los archivos de información (I) como puede ser información relativa a la organización del modelo, informes de coordinación 3D, etc.

En segundo lugar, los archivos se organizarán en función de su disciplina o subdisciplina. Así se organizarán los archivos en función de si son archivos que corresponde a la disciplina de Arquitectura, Estructura o Instalaciones.

Puede darse el caso de necesidad de subdividir un modelo en varios modelos, por lo que, en este caso, no solo se organizarían por disciplina sino también por su disciplina. Puede ser el caso de la disciplina de Instalaciones. Los modelos se podrían dividir según la subdisciplina (saneamiento, fontanería, electricidad, etc.)

IV.e. Nomenclatura de archivos

A continuación, se establecen una serie de criterios generales a tener en cuenta en la nomenclatura de archivos:

- Usar sólo letras de la A-Z del alfabeto internacional, guion medio, guion bajo y números de 0-9.
- Usar letras mayúsculas.
- No usar espacios.
- Separar campos por guion bajo, y dentro de cada campo por guion medio.
- La extensión del archivo siempre visible.

Tabla IV.e – Nomenclatura de archivos

Código proyecto	Tipo archivo según organización	Tipo archivo según disciplina	Tipo archivo según subdisciplina	Tipo archivo según subdivisión	Fase de proyecto	Versión programa
C19	EM	ARQ	-	-	PE	Rvt20

- Código proyecto: Código numérico del proyecto C19
- Tipo archivo según organización: Archivo editable de modelado (EM) / Archivo auxiliar de editable de modelado (AEM) / Archivo de modelo federado (MF) / Archivo auxiliar de modelo federado (AMF) / Archivo de información (AI) / Archivo auxiliar de información (AAI)
- Tipo archivo según disciplina: ARQ / EST / MEP
- Tipo archivo según subdisciplina: Por ejemplo, MEC / ELE / FONT / SAN
- Tipo de archivo según subdivisión: En el caso de que los modelos superen los 200 – 250 kb se deberá plantear subdividir el modelo en varios archivos, por ejemplo, BR (bajo rastante) y SR (sobre rasante).
- Fase de proyecto: AP / PB / PE
- Versión del programa: Versión del programa.

IV.f. Información para el mantenimiento de activos

En la gestión de activos en la fase de operaciones y mantenimiento se obtienen, administran y utilizan grandes cantidades de datos complejos y dispares que se almacenan y gestionan en varias plataformas de gestión (GMAO).

Con la implementación del BIM en Facility Management, se consigue un modelo de información centralizado. Para el correcto uso del BIM para FM, se usará en estándar abierto internacional COBie en su versión 2.4.

COBie es un formato de intercambio de información para asegurar la colección de datos desde la fase de diseño y construcción hasta la transferencia de datos para la gestión del FM.

Con las extensiones de COBie para Revit, podemos gestionar y clasificar los espacios del proyecto. Esta gestión de espacios para FM se asocia a las categorías de habitaciones y espacios de Revit.

La principal característica de COBie es que es un modelo de datos que está alineado con el formato de intercambio IFC, permitiendo así una integración más fácil en las herramientas GMAO.

Recomendaciones para la implantación del proyecto BIM en FM:

- Se recomienda la participación del cliente desde el inicio del proceso de elaboración del proyecto para determinar las necesidades de información.

- Se debe prestar especial atención al modelado de la disciplina MEP.
- Los espacios de Revit se modelarán con un criterio y nomenclatura claro con el fin de identificarlos con claridad en el modelo.

V. REQUISITOS TÉCNICOS

V.a. Software

A continuación, se definen los principales software / plugins que se proponen utilizar para la realización del modelo BIM y su coordinación:

Tabla V.a – Software

SOFTWARE / PLUGIN	USOS BIM ADMITIDOS	VERSIÓN	FORMATO ENTREGA
Revit (Software) (Español)	Modelado de las condiciones existentes / Estimación de coste / Programa funcional / Autoría de diseño / Revisión de diseño / Análisis estructural / Análisis energético, mecánico y otros análisis de instalaciones / Modelo de registro / Gestión de activos / Gestión de espacios.	2020	RVT / IFC
Navisworks Manage (Software) (Español)	Planificación 4D / Revisión de diseño / Coordinación 3D	2022	NWC / NWD / IFC
Autocad (Software)		2018	DWG / DXF
CYPECAD (Software)	Análisis estructural	2019.i	IFC
CUBUS (Software)	Análisis estructural	8	
Dialux (Software)	Análisis energético, mecánico y otros análisis de instalaciones		
Carrier (Software)	Análisis energético, mecánico y otros análisis de instalaciones		
HULC (Software)	Análisis energético, mecánico y otros análisis de instalaciones		
BIMcollab ZOOM (Software)	Coordinación 3D	3.3	
Autodesk COBie Extension for Revit (Plugin)	Planificación de mantenimiento / Gestión de activos / Gestión de espacios	7.2.7391.0	
Autodesk Classification Manager for Revit (Plugin)		7.2.7391.0	
IFC2020 (Plugin)		20.1.0	
Codemill IFC Exporter (Plugin)		1.4.0	
Autodesk COBie Extension for Navisworks (Plugin)			
SOFiSTiK Analysis + Design (Plugin)	Análisis estructural	2020	
Importación/Exportación elementos eléctricos Excel (Plugin creado en base a la API de Revit)	Análisis energético, mecánico y otros análisis de instalaciones		

Importar/Exportar elementos BMS a Excel (Plugin creado en base a la API de Revit)	Análisis energético, mecánico y otros análisis de instalaciones		
Importación bandejas eléctricas desde portapapeles (Plugin creado en base a la API de Revit)	Análisis energético, mecánico y otros análisis de instalaciones		
Generación de esquemas eléctricos (Plugin creado en base a la API de Revit)	Análisis energético, mecánico y otros análisis de instalaciones		
BIMCollab BCF Manager (Plugin)	Coordinación 3D	5.3	
BIMCollab BCF Manager for Navisworks (Plugin)	Coordinación 3D	5.3.11.27	
Aconex (Plugin)			

VI. EL MODELO NATIVO

Un modelo nativo es aquel cuyo formato es el original del software donde se ha elaborado la información. Estos son los modelos en los que se desarrolla la información de los modelos BIM. Estos modelos nativos, modelos desarrollados en Revit, se organizarán de la siguiente manera:

Coordenadas: Los archivos tendrán como punto base del proyecto el siguiente en función del modelo de las condiciones existentes “19196_MOD_ALL_STR-FAC_20200107”.

Tabla V.b.1 - Coordenadas

COORDENADAS	
N/S	4475573.7000
E/O	441471.4600
Elev	657.2500
Ángulo a norte real	191.61°

Sistema de vinculación de archivos: El modelo de la disciplina de Arquitectura se elaborará a partir del modelo de las condiciones existentes adquiriendo así, el sistema de coordenadas del mismo. Una vez creado el archivo de Arquitectura, éste se vinculará en un modelo vacío de las disciplinas de Estructuras e Instalaciones con el fin de tener la base de Arquitectura para comenzar con el modelado.

Este proceso de vinculación se desarrollará en primer lugar con la opción habilitada de “Automático – Punto base de proyecto a punto base de proyecto” con la finalidad de tener el mismo punto base de proyecto. Una vez vinculado, se debe adquirir las coordenadas para que los archivos de Estructuras e Instalaciones posean las mismas que el archivo de Arquitectura.

Con el archivo ya vinculado y con las coordenadas adquiridas, se copiarán y supervisarán tanto los niveles como las rejillas.

Una vez realizado este procedimiento, los archivos de modelo de las disciplinas tendrán las mismas coordenadas, por lo que cuando se vinculen entre ellos, se deberá realizar mediante la opción de “Automático – por coordenadas compartidas” ya que son archivos que tendrían el mismo sistema de coordenadas.

Subproyectos: Los subproyectos se configurarán como “No editables”. Los subproyectos de los modelos de las distintas disciplinas serán, en primer lugar, los reflejados en la siguiente tabla:

Tabla V.b.2 – Subproyectos

SUBPROYECTOS	
ARQUITECTURA	
ARQ_EA_CARPINTERÍAS	ARQ_EA_CERRAJERÍAS
ARQ_EA_CUBIERTAS	ARQ_EA_ESCALERAS
ARQ_EA_MEDIANERAS_FACHADAS	ARQ_EA_TABIQUERÍAS
ARQ_EA_TECHOS/MOLDURAS	
ARQ_ER_ASCENSORES	ARQ_ER_CARPINTERÍAS_EXTERIORES
ARQ_ER_CARPINTERÍAS_INTERIORES	ARQ_ER_CERRAJERÍAS
ARQ_ER_CUBIERTAS	ARQ_ER_ESCALERAS
ARQ_ER_FALSOS_TECHOS	ARQ_ER_HABITACIONES
ARQ_ER_MEDIANERAS_FACHADAS	ARQ_ER_MOBILIARIO
ARQ_ER_PLAZAS_APARCAMIENTO	ARQ_ER_SANITARIOS
ARQ_ER_SUELOS_PAVIMENTOS	ARQ_ER_TABIQUES_PARTICIONES_TRASDOSADOS
ARQ_ER_ÁREAS	
EST_EA_GENERAL	EST_ER_GENERAL
GEN_NIVELES	GEN_PLANOS_REFERENCIA
GEN_REJILLAS	GEN_TRABAJO
GEN_VÍNCULOS	
ESTRUCTURAS	
EST_GENERAL	EST_ESCALERAS_ASCENSORES
GEN_NIVELES	GEN_REJILLAS
GEN_VÍNCULOS	
INSTALACIONES	
MEP_IC_CONDENSADOS	MEP_IC_CONDUCTOS
MEP_IC_EQUIPOS	MEP_IC_TUBERÍAS
MEP_IE_ALUMBRADO	MEP_IE_BAJA_TENSIÓN
MEP_IE_FOTOVOLTAICA	MEP_IE_FUERZA
MEP_IE_FUERA/IT_COMUNICACIONES	MEP_IE_MEDIA_TENSIÓN
MEP_IE_RED_TIERRAS	MEP_IM_EQUIPOS
MEP_IM_EXTINCIÓN_INCENDIOS	MEP_IM_FONTANERÍA
MEP_IM_SANEAMIENTO_FECAL	MEP_IM_SANEAMIENTO_PLUVIAL
MEP_IT_COMUNICACIONES	MEP_IT_DETECCIÓN_INCENDIOS
MEP_IT_ICT	MEP_IT_SEGURIDAD
GEN_NIVELES	GEN_REJILLAS
GEN_VÍNCULOS	

Como normal general, los elementos vinculados se colocarán en un subproyecto propio para tener un mayor de control.

En las entregas definitivas, se ha de entregar los modelos nativos desenlazados y sin subproyectos. Por este motivo y para continuar con la estructuración mediante subproyectos, se creará un parámetro compartido "SUBPROYECTO FILTRO" que hará la misma función que los mismos subproyectos. Esta configuración será independiente a la propia configuración de los elementos mediante el estándar UNIFORMAT II.

Como norma general, las vistas de modelo destinadas para publicación no han de tener ningún filtro en función de los subproyectos con el objetivo de que, al entregar los modelos nativos desenlazados y sin subproyectos, estas vistas no se desconfiguren. En el que caso de que sea necesario, se filtrarán a través del parámetro "SUBPROYECTO FILTRO".

Para llevar un mayor control de los elementos que componen el modelo, se crearán un determinado número de vistas, en las cuáles mediante filtros de vista se muestre sólo y exclusivamente lo que pertenece a los subproyectos de las distintas disciplinas/subdisciplinas.

Unidades de medida:

Tabla V.b.3 – Unidades de medida

UNIDADES DE MEDIDA		
DIMENSIÓN	UNIDADES	DECIMALES
Longitud	Metros	2 decimales
Área	Metros cuadrados	2 decimales
Volumen	Metros cúbicos	2 decimales
Ángulo	Grados	2 decimales
Peso	Kilogramos	2 decimales
Pendiente	Porcentaje	2 decimales

Estructura de vistas del modelo: El navegador de Proyecto se organizará según la clasificación en DISCIPLINA / SUBDISCIPLINA / TIPO DE VISTA. Esta configuración divide el navegador de la siguiente manera:

Tabla V.b.4 - Vistas

SUBDISCIPLINA	TIPO DE VISTA
00-TRABAJO	
	TR.00_ " CARPETAS DE TRABAJO"
01-XREF	
	XREF.01_PLANTAS
	XREF.02_ALZADOS
	XREF.03_SECCIONES
	...
02-PUBLICACIÓN	
	PUB.01_PLANTAS
	PUB.02_ALZADOS
	PUB.03_SECCIONES
	...
03-SUBPROYECTOS	
	SUB.01_PLANTAS
	SUB.02_VISTAS_3D
	...

Solo se trabajará en las vistas de 00-TRABAJO. Todas las vistas de trabajo que sean necesarias para el desarrollo del modelo se generarán dentro de esa categoría.

No se deberá trabajar en las vistas de 01-XREF ni en las de 02-PUBLICACIÓN. Estas vistas están destinadas a exportación / publicación. En estas vistas se podrá trabajar siempre y cuando el Coordinador BIM lo indique. Es importante recalcar que para las vistas de estas disciplinas se deberá de asociar plantillas de vista en función de los requerimientos de exportación / publicación.

En los modelos de la disciplina de INSTALACIONES, se podrá reordenar las vistas 02-PUBLICACIÓN según las correspondientes disciplinas, de la siguiente manera:

- 02_IC_CLIMA
- 02_IE_ELEC
- ETC

Las vistas de la subdisciplina 03-SUBPROYECTOS sin vistas de consulta.

Parámetros compartidos: El proyecto contará con archivos de parámetros compartidos (C19_ARQ_PARAMETROS_COMPARTIDOS / C19_EST_PARAMETROS_COMPARTIDOS) que serán gestionados por el Coordinador BIM. Los archivos de modelo de la disciplina instalaciones usarán los parámetros generales del archivo "C19_ARQ_PARAMETROS_COMPARTIDOS". En cada uno de estos grupos de parámetros, se incluirán aquellos parámetros necesarios para el correcto desarrollo del proyecto.

VII. EXPORTACIONES

En este punto se explicará las principales características a tener en cuenta en el proceso de exportación a formato IFC desde Revit. IFC (Industry Foundation Classes) es un modelo de datos estándar y abierto que define las características de los datos relacionados con el diseño, construcción y mantenimiento. Como opción de exportación a IFC se elegirá el formato IFC 2x3 Coordination View 2.0, ya que se trata de la versión certificada por defecto, la más usada y la más compatible con la mayoría de los softwares de formato abierto. Esta opción de exportación se basa en la de IFC 2x3 Coordination View.

En el caso de necesitar modificar el formato de exportación, se recomienda crear uno nuevo en base al formato IFC 2x3 Coordination View 2.0.

A continuación, se recogerán los aspectos más importantes a configurar a la hora de realizar la exportación:

- Antes de exportar un archivo IFC, se ha de comprobar la configuración de exportación. Por defecto algunas de las categorías IFC aparecen como "No exportado".
- Nos aseguraremos el exportador IFC esté actualizado.
- Se recomienda configurar la exportación mediante "Coordenadas compartidas".
- En el caso de modelos compuestos por vínculos, se exportará cada vínculo como un IFC independiente.
- Se deben configurar las entidades y los tipos IFC.
- En el caso de que sea necesario se pueden crear parámetros personalizados (IfcExportAs / IfcExportType / IfcName) para darle una entidad y tipo IFC diferente a cada tipo de familia o ejemplar.
- Intentar utilizar parámetros nativos de IFC. En el que caso de que sea necesario, habría que mapear unos nuevos parámetros.
- Configuración del contorno de espacios en función a su nivel:
 - Nivel 0: No se exportan contornos.
 - Nivel 1: Se incluyen los contornos de habitaciones/espacios para evaluaciones de masa y cantidad.
 - Nivel 2: Se incluyen los contornos de habitaciones/espacios junto con todos los datos necesarios para cálculos de energía o térmicos.
- Exportar elementos de vista de plano en el caso de querer exportar rejillas, textos, etc. Es importante usar correctamente las clases correctas, como por ejemplo IfcGrid para las rejillas. No
- Exportar solo los elementos visibles en la vista. Tener en cuenta los elementos configurados como "No exportado".
- No se recomienda activar la opción de "Exportar conjuntos de propiedades Revit" ya que aumenta el tamaño del archivo con una gran cantidad de información innecesaria.
- La opción "Exportar conjuntos de propiedades comunes de IFC" tiene que estar siempre activa.

Otra de las exportaciones que se realizará desde Revit es la exportación al formato NWC como archivo caché para la creación del modelo federado en Navisworks. Se recomienda la creación de vistas para la exportación a NWC, ya que se exporta aquella información que aparece en la vista. A la hora de exportar desde Revit es importante tener en cuenta los siguientes ajustes:

- Convertir archivos vinculados: Desactivado
- Convertir direcciones URL: Activado
- Convertir formatos CAD vinculados: Desactivado
- Convertir habitación en atributo: Desactivado

- Convertir ID de elementos: Activado
- Convertir luces: Desactivado
- Convertir parámetros de elementos: Todos
- Convertir piezas de construcción: Desactivado
- Convertir propiedades de elemento: Desactivado
- Coordenadas: Compartidas
- Dividir archivo en niveles: Activado
- Exportar: Vista actual
- Exportar geometría de la habitación: Desactivado
- Factor de facetado: 1
- Intentar buscar materiales no encontrados: Activado