



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Politècnica Superior d'Edificació
de Barcelona

MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN DE LA EDIFICACIÓN TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN LEAN – BIM BASADO EN LOS LINEAMIENTOS DEL PMI PARA IMPLEMENTARSE EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS DEL SECTOR SANITARIO EN ECUADOR

Proyectista: Carla Jacqueline Cuñas Cartagena
Directora: Kátia Gaspar Fàbregas
Convocatoria: abril 2022

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo propone un modelo de gestión con el fin de integrar las metodologías Lean Construction y BIM (Building Information Modeling) siguiendo los lineamientos del PMI considerando las áreas de conocimiento que intervienen en el proceso edificatorio, a su vez el modelo cuenta con características particulares para su implementación en empresas constructoras del sector sanitario de Ecuador, ya que, debido a la envergadura de esta tipología, su complejo proceso de construcción y la cantidad de agentes involucrados, para finalizar satisfactoriamente, debe planificarse y gestionarse de manera estructurada y colaborativa todas sus fases cumpliendo normativas y estándares de calidad y salud, de esta manera se analiza la situación actual de la gestión contraponiendo las mejoras y beneficios que incurren en las etapas de un proyecto gracias a la aplicación de las metodologías en conjunto, demostrando ventajas en la planificación, ejecución y seguimiento, mejorando el rendimiento, la productividad y disminuyendo los desperdicios en los procesos constructivos.

El trabajo se plantea en cuatro fases, la primera es la fase de análisis que mediante la búsqueda de información se establecen las interrelaciones entre Bim y Lean, la segunda corresponde a la fase de soporte que define los lineamientos del PMI a seguir para la elaboración del modelo, en este punto también se realiza el estudio de dos proyectos hospitalarios que aplican las mencionadas metodologías en su construcción, la tercera fase es de ejecución que engloba el planteamiento del modelo de gestión detallando los procesos, flujos y vinculaciones de las metodologías en cada una de las áreas de conocimiento y finalmente la fase de resultados en donde se implementa este modelo en un proyecto piloto de estudio.

Palabras clave: Arquitectura Sanitaria, Lean Construction, BIM, Last Planner System, PMI

ABSTRACT

The development of this work proposes a management model in order to integrate the Lean Construction and BIM (Building Information Modeling) methodologies following the guidelines of the PMI considering the areas of knowledge that intervene in the building process, in turn the model has particular characteristics for its implementation in construction companies of the Ecuadorian health sector, since, due to the size of this typology, its complex construction process and the number of agents involved, in order to complete it satisfactorily, it must be planned and managed in a structured and collaborative manner. All its phases complying with quality and health regulations and standards, in this way the current management situation is analyzed by contrasting the improvements and benefits incurred in the stages of a project thanks to the application of the methodologies as a whole, demonstrating advantages in the planning, execution and monitoring, improving the performance, productivity and reducing waste in construction processes.

The work is presented in four phases, the first is the analysis phase that, through the search for information, establishes the interrelationships between Bim and Lean, the second corresponds to the support phase that defines the PMI guidelines to follow for the elaboration of the model, at this point the study of two hospital projects that apply the aforementioned methodologies in their construction is also carried out, the third phase is of execution that includes the approach of the management model detailing the processes, flows and links of the methodologies in each one of the knowledge areas and finally the results phase where this model is implemented in a pilot study project.

Keywords: Sanitary Architecture, Lean Construction, BIM, Last Planner System, PMI

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1	OBJETIVOS	11
1.1.1	Objetivo General	11
1.1.2	Objetivos Específicos.....	11
1.2	JUSTIFICACIÓN	11
1.3	CONTEXTUALIZACIÓN DEL TEMA.....	12
1.3.1	Arquitectura Sanitaria y Hospitalaria.....	12
1.3.2	Sector Sanitario en Ecuador	12
1.3.3	Antecedentes de metodologías aplicadas en la Edificación	14
2	METODOLOGÍA DE TRABAJO	16
3	CONCEPTOS E INTERRELACIONES	17
3.1	BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)	17
3.1.1	Dimensiones BIM.....	17
3.1.2	Ventajas	18
3.1.3	Agentes Intervinientes.....	19
3.1.4	Aplicaciones BIM en Fases del Ciclo de vida de un Proyecto Edificatorio	20
3.1.5	Aplicación BIM en la Fase de Construcción.....	21
3.1.6	Documentos BIM.....	22
3.1.7	Herramientas – Softwares.....	23
3.1.8	Implementación del BIM.....	24
3.2	LEAN CONSTRUCTION	26
3.2.1	Principios.....	27
3.2.2	Desperdicios	28
3.2.3	Herramientas.....	30
3.2.4	Implementación de Lean Construction.....	37
3.3	INTERRELACIONES	38
3.4	METODOLOGÍA PMI	40
3.4.1	Dirección de proyectos.....	40
3.4.2	Grupos de procesos.....	41
3.4.3	Áreas de conocimiento.....	42
3.4.4	Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento.....	43
3.4.5	Gestión de Procesos en la Edificación.....	44
3.4.6	Plan de Dirección del Proyecto	44
4	ANÁLISIS DE CASOS DE ESTUDIO	51
4.1	FILOSOFÍA Y METODOLOGÍA	52

4.1.1	Sistemas IPD.....	52
4.1.2	BIM: para modelado y diseño.....	53
4.1.3	Lean Construction	53
4.2	GESTIÓN Y HERRAMIENTAS	54
4.2.1	Last Planner	54
4.2.2	Gestión de la información.....	55
4.2.3	Gestión de la Producción	56
4.2.4	Gestión de la Seguridad y Salud.....	56
4.3	CASO DE ESTUDIO 1: HOSPITAL UNIVERSITARI GERMANS TRIAS I PUJOL .	56
4.4	CASO DE ESTUDIO 2: HOSPITAL GENERAL DE GRANOLLERS	61
4.5	RESULTADOS OBTENIDOS	66
5	PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE GESTIÓN LEAN – BIM PARA EMPRESAS CONSTRUCTORAS DEL SECTOR SANITARIO	69
5.1	SITUACIÓN ACTUAL.....	69
5.1.1	Funcionamiento de una Empresa Constructora.....	69
5.1.2	Dirección de Proyectos en Empresas Constructoras	71
5.2	MODELO DE GESTIÓN LEAN - BIM	72
5.2.1	Estructura Empresarial.....	72
5.2.2	Metodología.....	74
5.2.3	Herramientas.....	93
6	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN INTEGRADO	95
6.1	PLAN ESTRATÉGICO	95
6.2	PROCESO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN-BIM.....	96
6.3	PROYECTO PILOTO DE ESTUDIO	97
6.4	IMPACTO Y MEJORAS EN LA GESTIÓN	106
6.4.1	Estudio Temporal	106
6.4.2	Estudio Económico.....	108
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
7.1	CONCLUSIONES.....	109
7.2	RECOMENDACIONES	110
8	BIBLIOGRAFÍA.....	112
9	ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 Aplicación de las metodologías en cada etapa del proceso de edificación.....	10
Gráfico 1.2 Estructura y cobertura del Sistema Nacional de Salud en Ecuador.....	14
Gráfico 1.3 Posición de los agentes de la edificación frente a la transformación digital	15
Gráfico 1.4 BIM en Latinoamérica.....	15
Gráfico 2.1 Metodología de trabajo.....	16
Gráfico 3.1 Documentos de la Guía de usuarios Bim.....	17
Gráfico 3.2 Dimensiones BIM	18
Gráfico 3.3 Resultados Encuesta CSCAE sobre implantación de sistemas BIM en España	21
Gráfico 3.4 Productividad en la construcción vs otras industrias en EEUU	26
Gráfico 3.5 Enfoque Tradicional vs Enfoque Lean en la gestión de proyectos.....	27
Gráfico 3.6 Producción no continua vs Flujo continuo.....	28
Gráfico 3.7 Círculo de la improductividad de una empresa.....	29
Gráfico 3.8 Desperdicios en la construcción	30
Gráfico 3.9 Relación entre los niveles de planificación.....	31
Gráfico 3.10 Metodología de Last Planner System.....	32
Gráfico 3.11 Ejemplo de planificación Lookahead.....	33
Gráfico 3.12 Ejemplo de planificación semanal.....	34
Gráfico 3.13 Ejemplo de PPC y Razones de no cumplimiento.....	34
Gráfico 3.14 Proceso Tradicional de Diseño	35
Gráfico 3.15 Proceso Integrado de Diseño	36
Gráfico 3.16 Triadas del LPDS.....	36
Gráfico 3.17 Los 3 ejes para una implantación Lean exitosa a nivel de empresa.....	37
Gráfico 3.18 Conceptualizaciones BIM + LEAN.....	39
Gráfico 3.19 Importancia de la Dirección de Proyectos.....	41
Gráfico 3.20 Grupo de procesos de la dirección de proyectos.....	41
Gráfico 3.21 Ciclo de vida de un proyecto	44
Gráfico 4.1 Organigrama Sistema IPD.....	52
Gráfico 4.2 Proceso fragmentado de contratación	53
Gráfico 4.3 Proceso colaborativo de contratación	53
Gráfico 4.4 Diagrama de flujo del sistema LPS.....	54
Gráfico 4.5 Esquema del proceso de validaciones.....	55
Gráfico 4.6 Vistas del modelo BIM Arquitectura – Hospital Germans Trias i Pujol	57
Gráfico 4.7 Vista modelo BIM MEP – Hospital Germans Trias i Pujol.....	58
Gráfico 4.8 Evolución indicadores de cumplimiento de tareas – Hospital Germans Trias i Pujol.....	59
Gráfico 4.9 Evolución indicadores de producción – Hospital Germans Trias i Pujol	60
Gráfico 4.10 Análisis de incidencias – Hospital Germans Trias i Pujol.....	60
Gráfico 4.11 Vista Fase 1 – EHP Hospital General de Granollers.....	61
Gráfico 4.12 Vista Fase 2 y 3 – EHP Hospital General de Granollers	61
Gráfico 4.13 Vistas del modelo BIM Arquitectura - EHP Hospital General de Granollers.....	63
Gráfico 4.14 Vistas del modelo BIM MEP - EHP Hospital General de Granollers.....	63
Gráfico 4.15 Estructura de información del modelo BIM - EHP Hospital General de Granollers.....	63
Gráfico 4.16 Evolución indicadores de cumplimiento de tareas - EHP Hospital General de Granollers	65
Gráfico 4.17 Evolución indicadores de producción – EHP Hospital General de Granollers.....	65
Gráfico 4.18 Análisis de incidencias – EHP Hospital General de Granollers	66
Gráfico 4.19 Diagrama de Pareto – EHP Hospital General de Granollers	66
Gráfico 5.1 Mapa de procesos de una empresa constructora.....	70
Gráfico 5.2 Estructura Organizativa de una empresa constructora	70
Gráfico 5.3 Factores del modelo de gestión integrado.....	72
Gráfico 5.4 Mapa de procesos adaptado	73
Gráfico 5.5 Estructura Organizativa adaptada.....	73
Gráfico 5.6 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de la Integración.....	76
Gráfico 5.7 Diagrama de flujo del Plan de Gestión del Alcance.....	78

<i>Gráfico 5.8 Diagrama de flujo del Plan de Gestión del Cronograma</i>	80
<i>Gráfico 5.9 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de Costos</i>	82
<i>Gráfico 5.10 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de Calidad</i>	83
<i>Gráfico 5.11 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de los Recursos</i>	85
<i>Gráfico 5.12 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de las Comunicaciones</i>	88
<i>Gráfico 5.13 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de Riesgos</i>	90
<i>Gráfico 5.14 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de las Adquisiciones</i>	92
<i>Gráfico 5.15 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de los Interesados</i>	93
<i>Gráfico 6.1 Plan Estratégico de Implementación</i>	95
<i>Gráfico 6.2 Proceso de Aplicación de la Metodología Lean-Bim</i>	96
<i>Gráfico 6.3 Vista del modelo 3D</i>	97
<i>Gráfico 6.4 Estudio de emplazamiento</i>	98
<i>Gráfico 6.5 Estudio de asoleamiento y volúmetrías</i>	99
<i>Gráfico 6.6 Vistas del modelo 3D</i>	99
<i>Gráfico 6.7 Creación de comentarios y revisiones dentro del modelo 3D</i>	103
<i>Gráfico 6.8 Vista del modelo con el software Navisworks</i>	104
<i>Gráfico 6.9 Cronograma inicial</i>	107
<i>Gráfico 6.10 Cronograma proyectado</i>	107

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1 Número de empresas por tamaño en el sector de la construcción, periodo 2013-2017</i>	13
<i>Tabla 3.1 Agentes intervinientes en la metodología BIM</i>	19
<i>Tabla 3.2 Aplicaciones BIM al ciclo de vida de un proyecto edificatorio</i>	20
<i>Tabla 3.3 Herramientas BIM – Softwares</i>	23
<i>Tabla 3.4 Claves del éxito para implantar Lean Construction</i>	38
<i>Tabla 3.5 Interacción entre los principios Lean y las aplicaciones BIM</i>	39
<i>Tabla 3.6 Interrelaciones y aplicaciones BIM + LEAN</i>	40
<i>Tabla 3.7 Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de conocimientos</i>	43
<i>Tabla 3.8 Fases genéricas en el ciclo de vida de un proyecto edificatorio</i>	44
<i>Tabla 4.1 Recolección de datos - Casos de estudio</i>	51
<i>Tabla 4.2 Indicadores de seguimiento LPS</i>	55
<i>Tabla 4.3 Takt time presentado en la oferta - EHP Hospital General de Granollers</i>	64
<i>Tabla 4.4 Comparativo de características - Casos de estudio</i>	67
<i>Tabla 4.5 Comparativo BIM - Casos de estudio</i>	67
<i>Tabla 4.6 Comparativo LEAN - Casos de estudio</i>	68
<i>Tabla 4.7 Comparativo indicadores - Casos de estudio</i>	68
<i>Tabla 5.1 Procesos en la dirección de proyectos de empresas constructoras</i>	72
<i>Tabla 5.2 Niveles de validaciones para el control de cambios</i>	75
<i>Tabla 5.3 Análisis de procesos – LPS</i>	77
<i>Tabla 5.4 Tiempos de actividades con modelo BIM</i>	79
<i>Tabla 5.5 Indicadores LPS</i>	80
<i>Tabla 5.6 Causas de no cumplimiento (CNC)</i>	80
<i>Tabla 5.7 Árbol de carpetas</i>	86
<i>Tabla 5.8 Niveles de reuniones</i>	87
<i>Tabla 5.9 Listado de entregables - pack comercial</i>	88
<i>Tabla 5.10 Formato Registro y logística de adquisiciones</i>	91
<i>Tabla 5.11 Herramientas del Modelo de Gestión</i>	94
<i>Tabla 6.1 Programa médico arquitectónico</i>	98
<i>Tabla 6.2 Análisis de procesos – LPS</i>	100
<i>Tabla 6.3 Tiempos de ejecución de columnas PB con modelo BIM</i>	101
<i>Tabla 6.4 Tiempos de ejecución de diafragmas PB con modelo BIM</i>	102
<i>Tabla 6.5 Presupuesto final</i>	102
<i>Tabla 6.6 Mediciones mampostería exterior</i>	103
<i>Tabla 6.7 Mediciones mampostería interior</i>	103
<i>Tabla 6.8 Obtención de cantidades y especificaciones técnicas de los elementos</i>	105
<i>Tabla 6.9 Registro y logística de adquisiciones</i>	105
<i>Tabla 6.10 Comparativo de tiempos entre cronogramas</i>	107
<i>Tabla 6.11 Salarios promedio en la construcción</i>	108
<i>Tabla 6.12 Cálculo de Salarios a cuatro meses</i>	108

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 3.1 Ejemplo de sesión de planificación pull de varias fases</i>	<i>33</i>
<i>Fotografía 4.1 Vista del Edificio I-COVID COMPACT - Hospital Germans Trias i Pujol</i>	<i>56</i>
<i>Fotografía 4.2 Proceso constructivo del Edificio I-COVID COMPACT</i>	<i>57</i>
<i>Fotografía 4.3 Proceso constructivo - EHP Hospital General de Granollers.....</i>	<i>62</i>
<i>Fotografía 4.4 Estado actual - EHP Hospital General de Granollers</i>	<i>62</i>

GLOSARIO

APU: Análisis de Precio Unitario

As-Built: Como fue construido, denominación a los planos de obra terminada

BEP: BIM Execution Plan, Plan de Ejecución BIM

BIM: Building Information Modeling

EDT: Estructura de Desglose de Trabajo

GuBIMClass: Sistema de clasificación de elementos de construcción de acuerdo a su función principal dentro de un entorno BIM.

LC: Lean Construction, construcción sin pérdidas

MEP: Acrónimo que significa Mecánico, Eléctrico e Hidráulico, software BIM de Revit

MET: Model Element Table, tabla de elementos modelados, se encuentra en el BEP

Modelo Federado: En BIM es el modelo resultante de la unión de diferentes modelos digitales especializados sean estos de arquitectura, instalaciones, estructura, mobiliario, urbanización, etc.

PMBok: Guía del Project Management Institute

PMI: Project Management Institute

PPC: Porcentaje de Plan Cumplido

Stakeholders: Grupos de interés que pueden influir sobre la consecución de los objetivos de un proyecto.

Takt time: ritmo de producción de las unidades para cumplir con los tiempos demandados por el cliente.

UTE: Unión Temporal de Empresas

1 INTRODUCCIÓN

Siendo la edificación y aún más el sector sanitario propenso a necesitar adaptaciones en obra una vez iniciado el proyecto, debido a requerimientos de sus stakeholders o como respuesta a coyunturas actuales, se propone usar la metodología BIM como herramienta tecnológica para gestionar la información consiguiendo una comunicación efectiva, identificando modificaciones y presentando resultados finales en tiempo real, haciendo que la toma de decisiones sea directa y sin retraso que conjuntamente con Lean Construction optimicen los flujos del proceso.

Para la creación del modelo de gestión se establecerá su estructura basada en los grupos de procesos que rigen en el PMBOK 6ta Edición, dotando un enfoque holístico y pormenorizado de las áreas de conocimiento e implementarlas conjuntamente con el uso del BIM, añadiendo valor agregado con la metodología LC en el proceso constructivo. Siendo sus aplicaciones en cada etapa:

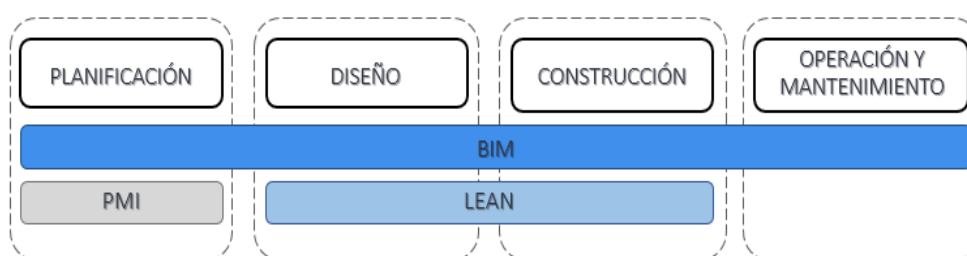


Gráfico 1.1 Aplicación de las metodologías en cada etapa del proceso de edificación
Fuente: Elaboración propia

- Planificación: Dirección de proyectos gestionando los grupos de procesos del PMI en concordancia con los apartados del BEP (Bim Execution Plan)
- Diseño: Generación de un modelo digital centralizado que facilita la comprensión del proyecto total, así como la estimación de costos y tiempos antes de su ejecución, aplicando la filosofía lean se optimiza el proceso para obtener un diseño eficiente.
- Construcción: Uso del modelo digital para establecer fases constructivas, controlar costes y tiempo, obtener cantidades de obra, así como especificaciones de los elementos para emplear una producción LEAN (prefabricación), con ello una planificación colaborativa que brinde calidad tanto en el producto como en el proceso, que genere confianza y transparencia.
- Operación y mantenimiento: Generación de modelos As-Built para la administración, que con un adecuado plan de control se conserva la funcionalidad del edificio, efectuando mantenimientos periódicos preventivos y evitando numerosas intervenciones.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

- a) Establecer la concordancia entre las metodologías LEAN, BIM y PMI para desarrollar un modelo de gestión integrado y su implementación en la dirección de proyectos abarcando las áreas de conocimiento más importantes en el proceso edificatorio y que detalle la metodología y herramientas para la puesta en marcha en empresas constructoras dedicadas al sector sanitario en Ecuador.

1.1.2 Objetivos Específicos

- b) Analizar la situación actual y los cambios que representa la implementación de una metodología LEAN - BIM en empresas constructoras.
- c) Demostrar las mejoras en la gestión de todas las etapas del proyecto (mayor rentabilidad).
- d) Facilitar la introducción progresiva de la metodología BIM en los proyectos de edificación.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Se parte de la necesidad de mejorar la productividad y eficiencia de los procesos constructivos, ya que la edificación es el sector que mayor desperdicio produce frente a otras industrias (Latorre, 2019) no solamente a materiales en exceso se refiere sino también al uso de recursos en procesos innecesarios que no añaden valor, por lo cual se vuelve imperioso un cambio desde un panorama completo, que involucre todas las fases desde su planificación, para ello se han venido adoptando herramientas tecnológicas y técnicas del sector industrial.

Con la filosofía Lean se logrará reducir desperdicios, evitar reelaboraciones y esperas ya que se obtiene una mejora continua de los procesos, por ende, reducción de costos y tiempos. Con el uso de BIM se consigue una mejor comunicación, visualización y comprensión del proyecto, traducidos en productividad y calidad. Se añade valor en el producto entregado gracias a los dos grandes pilares de estas metodologías, la gestión de la información y la gestión de procesos.

La interrelación entre las metodologías Lean Construction y BIM proponen un trabajo colaborativo en la edificación formando una sinergia que logre un salto tecnológico y esta transformación necesaria para el sector en valores de calidad, optimización de recursos y flujos, consiguiendo un impacto positivo en el medio ambiente con una gestión de obra eficiente y sostenible que repercute en la satisfacción del cliente.

1.3 CONTEXTUALIZACIÓN DEL TEMA

1.3.1 Arquitectura Sanitaria y Hospitalaria

La construcción de hospitales, clínicas, y demás establecimientos de salud representan un sector importante a nivel de cada país, que se amolda a los procesos de transformación de la medicina y de la sociedad (Casares, 2012), a los avances tecnológicos y a los parámetros requeridos para dotar a los equipamientos la funcionalidad de acuerdo a los servicios de salud. Los hospitales son considerados, debido a la envergadura de esta tipología, como una de las estructuras más complejas dentro del diseño y proceso de construcción, a esto se suma la cantidad de agentes involucrados, públicos y privados para contribuir con las especificaciones de cada área de la medicina, interviene un equipo interdisciplinario conformado por supuesto, también por médicos para realizar como punto de partida el programa médico arquitectónico (PMA).

1.3.2 Sector Sanitario en Ecuador

La Dirección Nacional de Infraestructura Sanitaria, Equipamiento y Mantenimiento es la responsable de “Diseñar y aplicar los estándares técnicos óptimos de infraestructura y equipamiento sanitario en el Sistema Nacional de Salud.”

Tiene como atribuciones y responsabilidades:¹

- Desarrollar y dar seguimientos a la aplicación de normativa, lineamientos y estándares nacionales para el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura y equipamiento mayor de unidades médicas, observando normas internacionales;
- Elaborar protocolos de mantenimiento predictivo, preventivo, prospectivo y correctivo para unidades de salud en infraestructura y equipamiento;
- Elaborar lineamientos e implementar estudios para el equipamiento hospitalario con sistemas modernos y de alta tecnología;
- Desarrollar lineamientos y estrategias para la adecuada recepción de obras para su aplicación en los niveles desconcentrados;
- Coordinar la generación de estudios de infraestructura y equipamiento del Ministerio de Salud Pública;
- Monitorear la ejecución y avance de obras a nivel nacional, coordinando con los niveles desconcentrados respectivos;
- Elaborar formatos para control de procedimientos dentro del desarrollo de los contratos;

En conclusión, es el organismo rector de las construcciones sanitarias en el país, que vela por la correcta aplicación de normas y cumplimiento de estándares, contratos, tiempos y presupuestos, aplicando sistemas de alta tecnología y en correspondencia con la demanda.

¹ Extracto de atribuciones y responsabilidades de la Dirección Nacional de Infraestructura Sanitaria, Equipamiento y Mantenimiento. Ministerio de Salud Pública

Los establecimientos de salud deben considerarse como construcciones polivalentes, con categorización de flexibilidad que puedan dar respuesta rápida ante emergencias, como lo vivido el año pasado (2020) la pandemia por el coronavirus o por eventos naturales como terremotos (Pedernales – Manabí, 2016). Por lo tanto, su diseño y construcción tienen como objetivo ser espacios seguros, confortables y eficientes, cumpliendo con estrictas normas y adecuarse a los plazos previstos, mejorando la infraestructura hospitalaria siendo fundamental para ofrecer servicios de salud de calidad.

Según cifras de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (2018) en Ecuador para el año 2017 existían alrededor de 5500 empresas constructoras, distribuidas en empresas grandes, medianas, microempresas y pequeñas, como lo muestra la tabla 1.1.

	2013	2014	2015	2016	2017
Grandes	158	143	139	146	122
Medianas	496	454	451	410	378
Microempresas	3877	4328	4187	4232	3557
Pequeñas	1669	1602	1605	1539	1441
TOTAL	6200	6527	6382	6327	5498

*Tabla 1.1 Número de empresas por tamaño en el sector de la construcción, periodo 2013-2017
 Fuente: Superintendencia de Compañía Valores y Seguros (SCVS).
 Elaboración: Dirección Nacional de Investigación y Estudios de la SCVS*

De este total se desprende que el mayor número de empresas se localizan en el subsector F41 - Construcción de Edificios (Promoción inmobiliaria, Construcción de edificios residenciales, Construcción de edificios no residenciales) ubicándose aquí las edificaciones de tipo sanitario: hospitales, clínicas, sub centros de salud, consultorios, etc.

Los últimos proyectos hospitalarios a nivel público, que iniciaron su construcción antes de la pandemia y que han reiniciado sus operaciones son:

- Hospital Básico de Pedernales (Manabí) - 30 camas.
- Hospital Miguel de Alcívar (Bahía de Caráquez, Manabí) – 80 camas.
- Hospital General Dávila Córdova (Chone, Manabí) - 120 camas.
- Adecuaciones del Hospital Rafael Rodríguez Zambrano (Manta, Manabí).
- Hospital General de Durán (Guayaquil) - 120 camas.

Estructura y cobertura

El sistema sanitario está compuesto por dos sectores: público y privado.

El sector público comprende:

- Ministerio de Salud Pública (MSP) que ofrece sus servicios a toda la población.
- Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) y los Servicios de Salud de las Municipalidades tienen programas y establecimientos que atienden a la población no asegurada.
- Instituciones de seguridad social: Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas (ISSFA) e Instituto de Seguridad Social de la Policía Nacional (ISSPOL) cubren la salud de la población asalariada afiliada.

El sector privado por su parte abarca:

- Entidades con fines de lucro como hospitales, clínicas, dispensarios, consultorios, farmacias y empresas de medicina prepagada que cuentan con infraestructura y tecnología elemental, tienen servicios de especialidades y están ubicados generalmente en las principales ciudades.
- Organizaciones no lucrativas de la sociedad civil y de servicio social.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador (INEC), 2018. Ecuador tiene 4165 establecimientos de salud, de los cuales el 80% pertenecen al sector público y el 20% al privado.

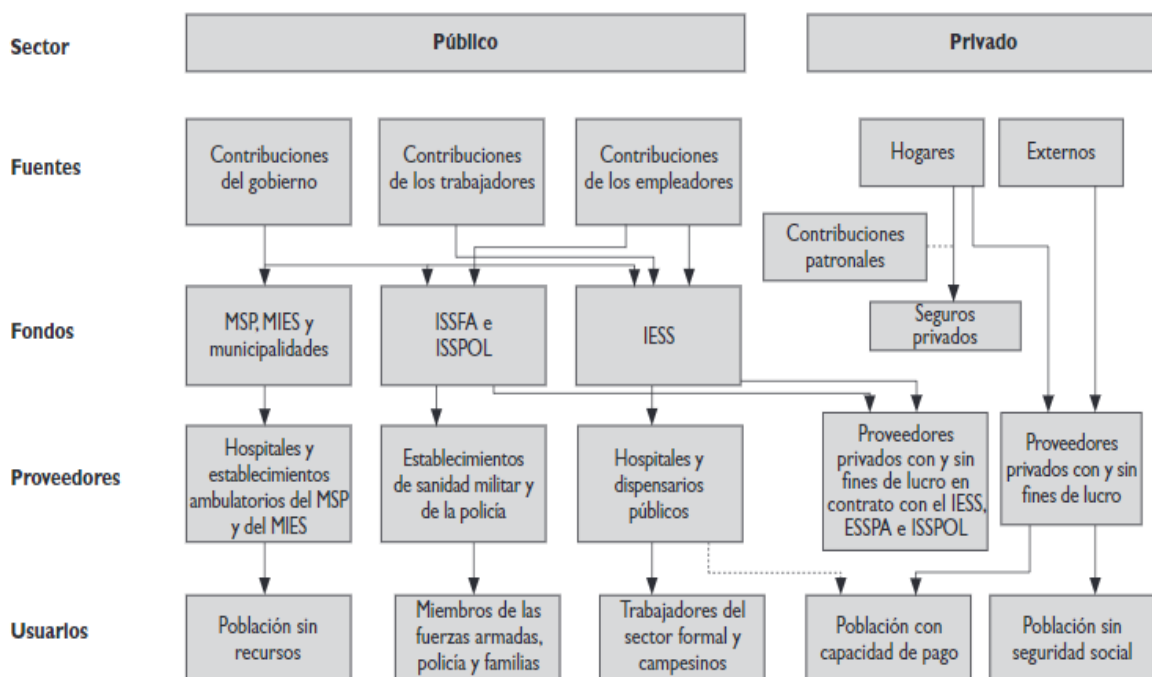


Gráfico 1.2 Estructura y cobertura del Sistema Nacional de Salud en Ecuador
Fuente: Lucio, R.; Villacrés, N.; Henríquez, R., 2011

1.3.3 Antecedentes de metodologías aplicadas en la Edificación

A nivel mundial, la implementación de metodologías como el BIM está en crecimiento, de acuerdo al Informe de Construcción Digital elaborado anualmente por NBS (plataforma global del entorno construido) que presenta resultados de una encuesta realizada a agentes del sector de la construcción, de acuerdo a la incorporación de BIM en su campo profesional, obteniendo los siguientes resultados:

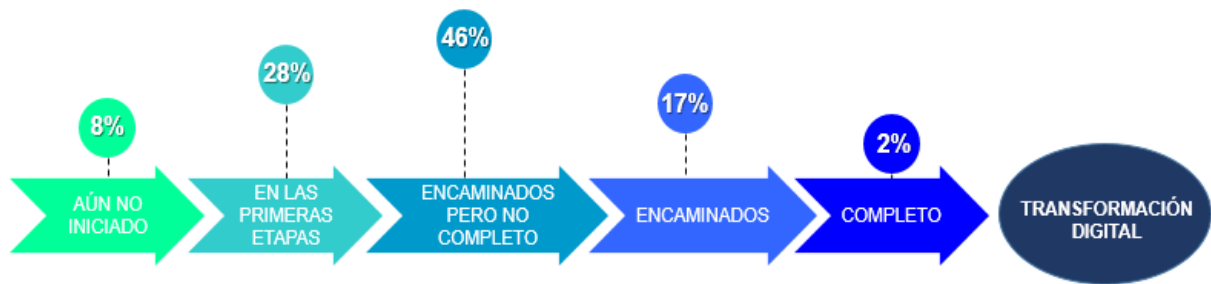


Gráfico 1.3 Posición de los agentes de la edificación frente a la transformación digital
Fuente: NBS. Elaboración: propia

Aunque la mayoría de los encuestados pertenecen a Reino Unido, hubo una acogida en todos los continentes, Sudamérica representó el 1%, sin embargo, es un panorama claro de la aceptación, ya que de los que aún no han iniciado esta transformación digital piensan hacerlo dentro de los próximos cinco años.

A nivel de Latinoamérica, según Editeca, en el 2020 el uso de BIM aumentaría un 11%, siendo visos de crecimiento, pero ralentizado. Además, el nivel de implementación varía entre cada país, siendo Chile, Colombia y Perú los que concentran un mayor grado de aceptación tanto en proyectos públicos como en integración de profesionales BIM.



Gráfico 1.4 BIM en Latinoamérica
Fuente: Editeca

En Ecuador, Héctor Santacruz especialista en BIM indica que, “BIM se aplica en Ecuador básicamente a nivel de empresa privada, no existe una política de estado que gestione o de luces sobre la necesidad o implementación de soluciones BIM”. (EDITECA, 2018) dichas empresas privadas, son en su mayoría constructoras.

Lo que hace necesaria una introducción progresiva en el sector privado que empujé al sector público a iniciar la implementación de BIM en proyectos de edificación y que afronten los cambios tecnológicos, principalmente en aquellos que son de carácter sensible, como lo es el sanitario.

En lo referente a Lean Construction, su implementación es minoritaria comparada con BIM. Tiene presencia importante en EEUU, Países escandinavos, Norte de Europa y Australia, en el caso de España sus iniciativas tuvieron lugar alrededor del año 2010 y han ido en crecimiento, en Latinoamérica el interés por implementar Lean en la edificación cada vez es mayor, liderado por países como Chile, Brasil y Perú. (Pons, 2014).

2 METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología para la realización de este trabajo es la siguiente:

- Fase de análisis: corresponde a la búsqueda de información que a más de presentar los conceptos principales de PMI, BIM y LEAN se llega a establecer las interrelaciones existentes entre dichas metodologías.
- Fase de soporte: se definen los lineamientos del PMI, es decir se describen los grupos de procesos que inciden directamente en el proceso edificatorio, de los cuales partirá la implantación a seguir para la elaboración del modelo de gestión, también en esta fase se analizan casos de estudio pertenecientes al ámbito sanitario como referentes e información de las metodologías aplicadas en dichos proyectos.
- Fase de ejecución: se realiza la propuesta del modelo de gestión integrado.
- Fase de resultados: implementación del modelo generado frente a la gestión tradicional de estas obras en Ecuador.

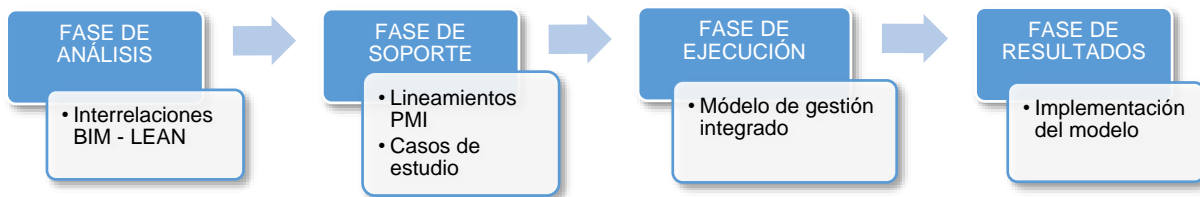


Gráfico 2.1 Metodología de trabajo
Fuente: Elaboración propia

Las herramientas a emplearse como punto de partida son referencias bibliográficas a fin de que sea sustento de la investigación y para establecer la información necesaria a recabar en conversatorios con agentes involucrados del sector, tanto profesionales BIM, LEAN, como empresas constructoras que emplean LC.

Posteriormente se buscan repertorios de proyectos sanitarios en España en los cuales se hayan aplicado las metodologías conjuntas BIM + LEAN, para realizar el estudio de su gestión en la planificación y construcción e identificar en un informe similitudes y diferencias con la gestión de estas infraestructuras en Ecuador. Con los resultados obtenidos evidenciar las falencias y los puntos clave para plantear un modelo de gestión integrado y como sería la implementación del mismo en empresas constructoras del Ecuador, para que puedan alcanzar niveles mayores de productividad y rentabilidad.

3 CONCEPTOS E INTERRELACIONES

3.1 BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

BIM por sus siglas en inglés, es un modelado de información de la construcción, BIM no es un programa, es una metodología de trabajo colaborativo en un mismo modelo digital. El uso de este modelo facilita los procesos de diseño, construcción y mantenimiento ya que permite comprender la totalidad del proyecto de forma visual y gestionar su información, esto proporciona una base confiable para tomar decisiones (ISO 19650-1, 2018), permitiendo ejecutar el proyecto con mayor calidad, productividad y en menor tiempo.

La asociación buildingSMART estableció las guías uBIM, cuyo objetivo principal es crear una estandarización en la elaboración de modelos de información para la construcción, como herramienta colaborativa entre todas las disciplinas del sector para conseguir proyectos ágiles.



Gráfico 3.1 Documentos de la Guía de usuarios BIM
Fuente: <https://www.buildingsmart.es/recursos>

3.1.1 Dimensiones BIM

Se habla que BIM tiene 7 dimensiones, es decir las áreas en donde puede aplicarse esta metodología, el gráfico 3.5 muestra de forma simplificada las dimensiones con su descripción, siendo considerada como la de mayor interés entre las empresas constructoras el 5D - Control de Costes, según atBIM² esto se debe al grado de repercusión que tiene en los proyectos edificatorios y que gracias a los costes se puede medir la rentabilidad de una obra.

² atBIM Building Engineering, Zaragoza. Es una empresa consultora de arquitectura e ingeniería que ofrece servicios integrales y facilita la implementación de la metodología BIM en empresas.

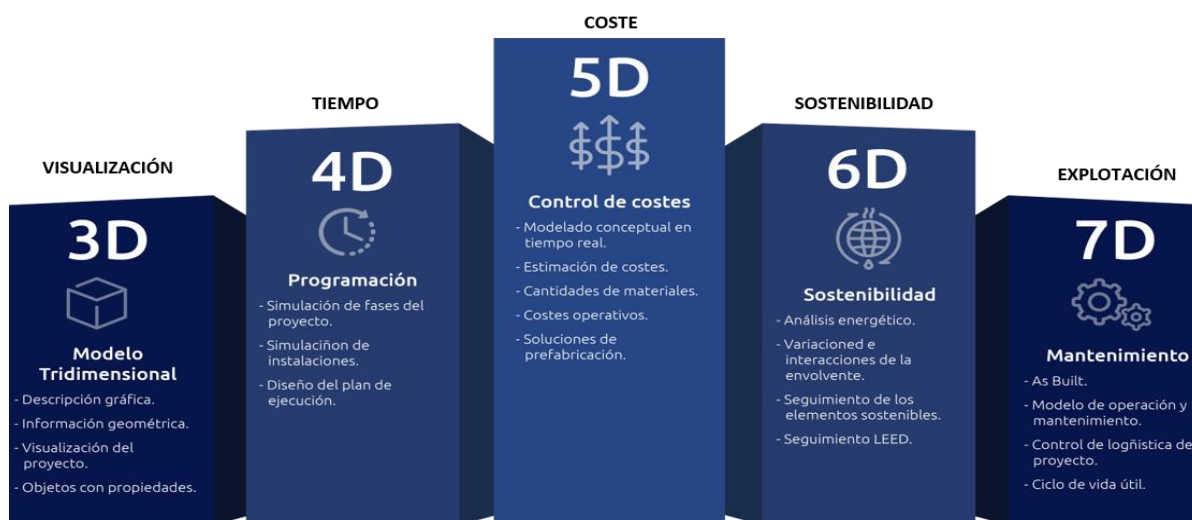


Gráfico 3.2 Dimensiones BIM
Fuente: <https://atbim.com/bim-en-obra-usos-beneficios-y-nivel-de-madurez-bim/>

3.1.2 Ventajas

Como se ha indicado anteriormente, Bim trabaja de manera conjunta en varias áreas, en las que representa un sinnúmero de ventajas, partiendo de la primicia del manejo de datos, de la cantidad, calidad y flujo de información. Acota también la disponibilidad de consulta de los usuarios, lo que conlleva una mejor gestión de la edificación.

Entre las principales ventajas tenemos:

- Converge un diseño integral y colaborativo donde todos los integrantes del proyecto participan y colaboran activamente en el desarrollo del proyecto y en sus distintas fases.
- Al ser un modelo interactivo el cliente tiene mayor comprensión del proyecto, mejor visualización espacial expresadas en todo tipo de grafismo.
- Los actores del proyecto puedan variar el diseño de acuerdo a preferencias, teniendo alternativas a su disposición.
- Aumento de la productividad: en fase de diseño al acortar tiempos de modelado, en fase de construcción los requerimientos de información en obra son menores, disminuye la toma de decisiones durante la ejecución (variabilidad), que confluyen en la reducción de costes.
- Se implantan nuevos flujos de trabajo, se establece mejor secuencia de las tareas.
- Seguimiento del ciclo de vida del proyecto.
- En la ejecución, disminuyan los errores por la temprana detección de interferencias con ingenierías, en donde también se lleva a cabo un aseguramiento de la calidad basado en parámetros que establecen la prioridad en la detección de colisiones.
- Por sus bondades en representación gráfica, el modelo puede usarse para la gestión comercial y marketing.

3.1.3 Agentes Intervinientes

Dentro de los distintos agentes que ha englobado la metodología BIM, se identifican aquellos principales, en donde el uso de esta metodología tiene mayor impacto:

AGENTES	PROMOTORES	<p>Su activo es construido en menor plazo del planificado, con mejor calidad y mejores tecnologías (prefabricación).</p> <p>Participa en el desarrollo del proyecto, puede apreciar actualizaciones de manera rápida y gráfica para proponer mejoras.</p> <p>Optimiza la gestión del activo y crea un plan de mantenimiento adecuado a las características con la que fue construido, gracias al modelo integrado.</p> <p>Mejora la comunicación, la expresión visual del proyecto y el marketing.</p> <p>Cuenta con una previsión de costos fiable.</p> <p>Obtiene un análisis de eficiencia energética, con los resultados no solo puede tomar correcciones para disminuir el consumo, sino que además es un camino para certificarse como edificio sostenible. (certificación LEED).</p>
	ARQUITECTOS	<p>Creación de modelos ajustados a normativas, topografía, condiciones naturales y físicas del entorno.</p> <p>Simulaciones del edificio.</p> <p>Obtención eficaz y rápida de la documentación del proyecto (planos, detalles, visualizaciones, informes, etc.).</p>
	CONSTRUCTORES	<p>Participa en fases tempranas del proyecto, asegurando que sea entendible y ejecutable en su totalidad, minimizando modificaciones.</p> <p>Documentación completa y transparente tanto contractual como del proyecto.</p> <p>Obtiene un modelo eficaz para gestionar la construcción.</p> <p>Mejora la programación y organización en obra: manejo de contratistas, información completa de elementos constructivos, adquisición de materiales.</p>

Tabla 3.1 Agentes intervinientes en la metodología BIM
 Fuente: BIM Handbook, 2008. Elaboración: propia

3.1.4 Aplicaciones BIM en Fases del Ciclo de vida de un Proyecto Edificatorio

En el ciclo de vida de un proyecto edificatorio existen fases genéricas que se dan en su desarrollo, a continuación, se describen las implicaciones de la metodología BIM en dichas fases (Latorre, 2015):

INICIO DEL PROYECTO	ORGANIZACIÓN Y PREPARACIÓN	EJECUCIÓN DEL TRABAJO	FINALIZAR EL PROYECTO
<ul style="list-style-type: none"> Viabilidad: Estudio de volúmenes y bocetos que encajen con la normativa, proyecto urbanístico y emplazamiento del terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> Diseño: Elaboración del proyecto básico y ejecutivo arquitectónico, estructural y de instalaciones. Planteamiento de presupuesto referencial y estimación de plazos. Modelo del cual sea factible obtener mediciones. Licitación y adjudicación de la obra: El modelo desarrollado y la documentación obtenida se entrega a los oferentes. Mayor comprensión para preparar las ofertas y desarrollar presupuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> Planificación de la obra: Simulaciones previas al inicio de la ejecución. Mayor conocimiento de la obra. Coordinación de contratistas y proveedores. Construcción: Uso del modelo BIM para organizar los procesos de producción. Mayor rapidez y exactitud en la realización de mediciones. Seguimiento y control de la obra De acuerdo a las fases establecidas en el modelo, cumpliendo los plazos simulados y control de calidad (concordancia elementos constructivos detallados con lo ejecutado en obra). 	<ul style="list-style-type: none"> Entrega - recepción de la obra: Realización de planos As-Built, a partir del modelo actualizado en la construcción. Uso/explotación del activo: Con la ayuda del modelo BIM de gestión (contiene toda la información del proceso constructivo, materiales y elementos del proyecto) se optimizan recursos y procesos en reposiciones necesarias. Se puede desarrollar un Plan de Operación y Mantenimiento del edificio.

Tabla 3.2 Aplicaciones BIM al ciclo de vida de un proyecto edificatorio
Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Aplicación BIM en la Fase de Construcción

Como hemos visto, la metodología BIM tiene diferentes aplicaciones dedicadas a cada una de las fases de la edificación, abarcando su mayor aprovechamiento en la fase de diseño con 74.1% (Encuesta CSCAE, 2016), sin embargo, su aplicación debe explotarse de la misma forma en el ámbito de la construcción.

**FASES DE PROYECTO EN LAS QUE SE UTILIZA SISTEMAS BIM
 655 RESPUESTAS**

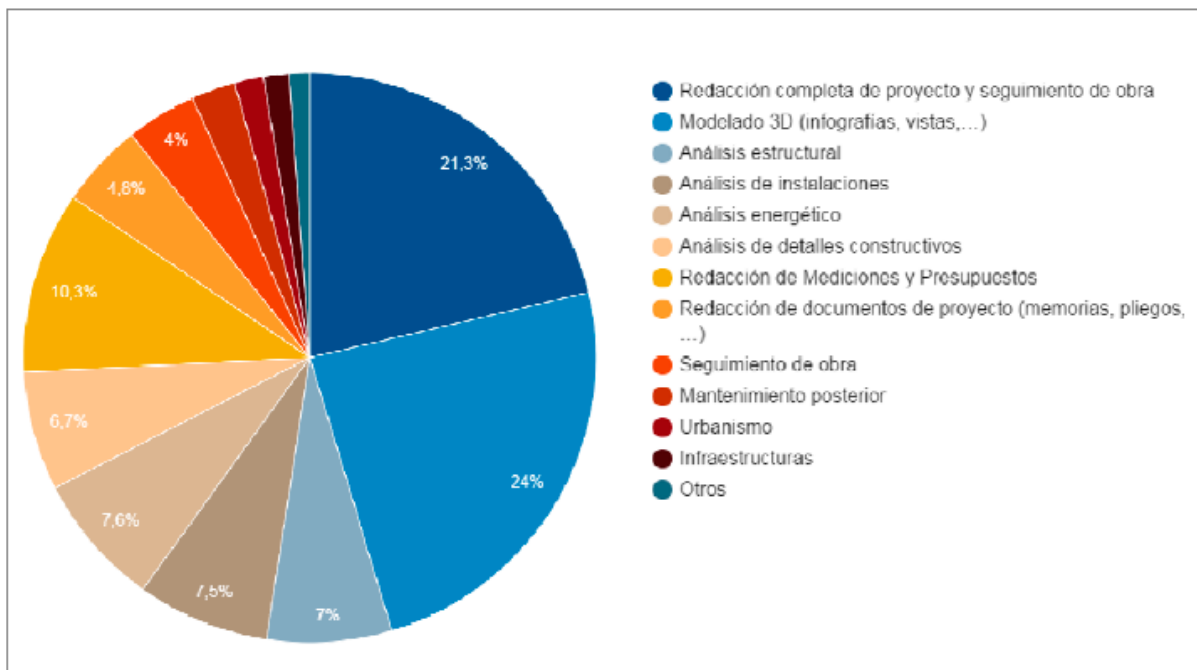


Gráfico 3.3 Resultados Encuesta CSCAE sobre implantación de sistemas BIM en España
 Fuente: CSCAE³, 2016

En el gráfico 3.6 se observa que las empresas que han implantado BIM, lo utilizan mayoritariamente para la redacción completa del proyecto y seguimiento de obra por parte del arquitecto. En cuanto a su uso en la construcción, se identifica con un 10.3% la redacción de mediciones y presupuestos y con un 4% para el seguimiento de obra por el constructor.

Para incrementar su uso, es importante conocer sus beneficios en la construcción. Se describen algunos a continuación (Beltrán, P.; Chávez, X.; Salazar, E.; Vera, M., 2020):

- **Visualización:** Representaciones 3D de cualquier área del proyecto.
- **Generación de planos:** Rápida y fácil generación de planos y detalles constructivos, bien para la producción o adquisición.
- **Estimación de costes:** Los modelos contienen información completa de los materiales del proyecto, características y cantidades. Del modelo BIM se extrae mecánicamente las cantidades y son valoradas obteniendo un presupuesto muy preciso y fiable.

³ CSCAE: Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, pertenece a la Comisión BIM España y tiene como objetivo la elaboración de recomendaciones para la implantación de BIM en el país.

- **Seguimiento de obra:** Sincronización del modelo con la programación de obra, lo que hace factible conocer el avance de ejecución en cualquier momento, facilitando comprobaciones de planillas de avance de obra (certificaciones).
- **Secuenciación en la ejecución:** Se obtiene información de que materiales serán necesarios y el trabajo a realizar para planificar la oportuna adquisición, fabricación y suministro de los mismos a obra, creando un flujo de trabajo estable (Principios de Lean Construction).
- **Detección de conflictos:** Se realiza una asistencia de diseño a modo de fiscalización para detectar tempranamente posibles colisiones entre sistemas (arquitectura, estructura e instalaciones) y disminuir las interrupciones en obra.
- **Soporte a la inversión:** Muestra alternativas para la toma de decisiones, comparando funcionalidad, alcance y costes de materiales o soluciones en obra.

De acuerdo al tipo de contratación que se realice, cabe mencionar, que la empresa constructora deberá registrar las modificaciones constructivas y actualizaciones de información (geometría, sistemas constructivos, tipos de materiales) que se den a lo largo de la construcción, con la finalidad de obtener el modelo As-Built fiel a la realidad.

3.1.6 Documentos BIM

3.1.6.1 EIR: Requisitos de Información del Cliente

El contratante define las necesidades y razones principales por las que se requiere la información para realizar el trabajo con el enfoque adecuado y se obtenga la comprensión por parte de todo el equipo.

3.1.6.2 BEP: Bim Execution Plan

El BEP por sus siglas en inglés, es el Plan de Ejecución BIM, presentado por la parte contratada en respuesta a los requisitos de información (EIR), este documento es único y detalla la implementación de BIM en los procesos de cada proyecto, es indispensable su elaboración en las fases iniciales, pudiéndose adaptar de acuerdo al avance del proyecto y con la participación de los agentes.

Su desarrollo es colaborativo, ya que se establece el alcance y objetivos, así como las pautas y flujo de trabajo, tanto en intercambio de información, como tiempo y desarrollo de fases.

El contenido mínimo del BEP ha sido establecido por varias guías como la British Standard PASS-1192 de Reino Unido, BIM Essential Guide de Singapur, entre otras y también en la ISO 19650-2, siendo los siguientes apartados:

- Información del proyecto: Contiene datos relevantes como identificador, ubicación, breve descripción, fechas de inicio y fin contempladas.
- Agentes del proyecto: Nombres, contacto, roles y responsabilidades.
- Cronograma: Se establecen los hitos y fases del proyecto, con sus fechas y entregables.

- **Objetivos BIM:** Se definen y ordenan de acuerdo a prioridades del equipo y se especifican los usos BIM para cada uno.
- **Requerimientos de uso del BIM:** Se describen los procesos y responsables.
- **Gestión de la información:** Se detallan las plataformas a usar para el intercambio y coordinación de la información tanto interna como externa, la frecuencia del intercambio y formatos.
- **Control de calidad:** Se detalla el parámetro controlado, la fase a la que pertenece, quien es el responsable y la fecha de revisión.
- **MET:** Tabla que contiene los elementos del modelo indicando el nivel de detalle (LOD) y el responsable del modelado.
- **Federación de los modelos de información:** Estructura del modelo, si se lo ha dividido en fases, y tecnología e infraestructura donde se indica el software a usarse y la versión.
- **Entregables del proyecto:** Contiene el tipo de entregable, descripción y formato.
- **Documentos de referencia y estándares BIM:** Documentación relacionada para la elaboración del BEP.
- **Documentación contractual:** Se adjunta documentos contractuales relevantes para el desarrollo del BEP.

3.1.7 Herramientas – Softwares

Los softwares usados en la metodología BIM varían en función del alcance del proyecto, siendo los principales mencionados a continuación:

DIMENSIONES	USOS BIM	SOFTWARE	
3D	Modelado	<ul style="list-style-type: none"> • Autodesk Revit • Graphisoft ArchiCAD • Allplan • AECOSim 	<ul style="list-style-type: none"> • Bentley • TEKLAStructures • Autodesk Robot Structural
4D	Planificación de Obra	<ul style="list-style-type: none"> • Navisworks • Microsoft Project • Primavera • ArchiCAD • Synchro • Bentley • Vico 	Detección de colisiones: <ul style="list-style-type: none"> • Navisworks • Synchro • Bentley Navigator • Vico
5D	Control de Presupuestos y Mediciones	<ul style="list-style-type: none"> • Cost-it (Presto) • Arquímedes • TCQ 	<ul style="list-style-type: none"> • Menfis • Excel
6D	Simulación - Análisis Energético	<ul style="list-style-type: none"> • Vasari • Ecotec Analysis • Green Building Studio 	
7D	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Bentley Facilities • Vintocon Archi FM 	<ul style="list-style-type: none"> • EcoDomus • FM: Systems

Tabla 3.3 Herramientas BIM – Softwares
 Fuente: Barco, D., 2018. Elaboración: propia

3.1.8 Implementación del BIM

La implementación del BIM está en crecimiento, su línea de tendencia es favorable en el sector de la construcción, cada vez son más las empresas que se suman a este cambio tecnológico, es así que el BIM se presenta como nuevas oportunidades de trabajo, que supondrán un crecimiento y proyección profesional para las empresas que lo adopten. Los mercados se vuelven más exigentes, existe mayor competitividad y las empresas deberán responder a estas exigencias para no quedarse obsoletas.

De acuerdo al Informe de análisis del impacto de la implantación BIM en la pequeña y mediana empresa (España, 2017) los clientes privados y administraciones públicas están empezando a exigir su uso en los proyectos edificatorios, como es el caso de Qatar, Arabia Saudí y Kuwait, la tecnología BIM es un requisito del cliente desde 2013. Reino Unido anunciaba su requerimiento en todos los proyectos de construcción desde el año 2016 al igual que el caso de la Unión Europea para proyectos públicos desde ese mismo año, Francia desde el 2017.

Esta metodología también representa una nueva forma de trabajo, el trabajo colaborativo, gestionando la información y la comunicación interna del equipo, con ello es necesario contar con técnicos cualificados tanto en la producción como en fases previas y posteriores, ya que su trabajo está interconectado, es decir es un trabajo de relación tipo circular, en donde existe una coordinación global y continua.

Con ello es imperioso establecer una nueva gestión en la empresa, en donde prime la colaboración entre los agentes, su organización sea lineal, se establezcan roles y responsabilidades definidas, estableciendo flujos de procesos continuos, que sea dinámica, mejorando la comunicación y productividad.

3.1.8.1 Trabajo Colaborativo

La coordinación interna del equipo se da mayoritariamente en la fase de diseño, ya que aquí se produce el modelo, por lo cual es imperioso establecer controles de calidad y plantear los objetivos a conseguir, estableciendo plazos y distribuyendo tareas, por lo cual la gestión de la comunicación debe ser efectiva, para esto existen plataformas para la comunicación interna, siendo las más comunes Slack y BimCollab.

Para el resto de fases también es necesario establecer la plataforma de comunicación entre todos los agentes, este será el Entorno Común de Datos (CDE) que sea de fácil acceso para disponer de la información actualizada y se tenga un control de la misma, las más comunes son Autodesk BIM360, Thinkproject y Highway64.

3.1.8.2 Contratación Colaborativa

BIM facilita la participación de todos los intervinientes del proyecto desde etapas iniciales, compartiendo información y potenciando el trabajo en equipo para direccionarlo a conseguir resultados para el bien común de todos los interesados. Esto suscita nuevos tipos de contratos colaborativos, que sean claros y transparentes como lo es la gestión integrada IPD (Integrated Project Delivery, que se verá más adelante).

3.1.8.3 Riesgos en la Implementación

Existen tres factores que incurren en la implantación de BIM en las empresas, la infraestructura tecnológica, metodologías y las personas, si bien en el mercado existen ya las herramientas para implementar el BIM, es importante entender que por sí solo el uso de las mismas no generará el cambio deseado si no que las empresas deben adaptarse a dichas metodologías, cambiar su cultura empresarial aprovechando las nuevas oportunidades.

Los riesgos que se pueden dar en las empresas varían mucho de acuerdo a su modelo de negocio, por lo que lo ideal es plantear un plan de gestión de riesgos que se adecue a las particularidades de cada una, se identifiquen y registren los riesgos internos como externos, en este punto cabe mencionar que de forma externa también están supeditadas al marco legislativo (Roig, V.; Muñoz, S, 2019) y a la aceptación del mercado, mientras mayor acogida tenga el BIM mayores serán las oportunidades de la empresa y supondrá menor riesgo su implementación.

Dentro de los riesgos que puede enfrentar una empresa existen factores importantes para llevar a cabo un análisis intrínseco:

- **Cultura de la organización:** Es primordial que la empresa aprenda a transformar su método de trabajo tradicional a una nueva metodología, para esto es importante que la empresa conozca procesos de implantación y elabore guías y protocolos con estrategias propias para que la empresa cuente con un modelo de implementación exitoso.
- **Personas:** La formación de las personas es otro factor clave para el trabajo con BIM, que no solo debe ser direccionada al manejo de los softwares sino también al conocimiento de sus procesos y al entendimiento de esta metodología, los procesos y softwares serán diferentes de acuerdo a la necesidad de la empresa, y en todos los casos se deberá manejar la resistencia al cambio, que puede llegar a ser otro riesgo, como todo inicio presupone desconocimiento y por ello esfuerzos adicionales.
- **Tecnología:** Determinar que softwares se adaptan mejor al modelo de negocio, de acuerdo a las necesidades se hace una investigación de las herramientas y se seleccionan las más adecuadas.

3.1.8.4 Recomendaciones

Para lograr una implementación progresiva y efectiva, se recomienda que la empresa elabore un plan estratégico de implementación BIM, es decir, se realice un estudio previo, en donde se clarifiquen objetivos, se plantee la metodología para conseguirlos. Esto conlleva un mayor conocimiento de los procesos a establecerse y se determinará en donde es necesario concentrar recursos, además junto con un plan de gestión de riesgos, la empresa tendrá un panorama claro de cómo y cuándo implementar BIM.

3.2 LEAN CONSTRUCTION

Para entender que es Lean Construction (Construcción sin pérdidas), partimos de la definición de la **Filosofía Lean**, la cual tiene como objetivo maximizar el valor del producto para el cliente a través de la reducción de desperdicios, se basa en el Sistema de producción Toyota (TPS) que fue desarrollado por Taiichi Ohno quien decía que se debe “Producir el producto adecuado, en el momento oportuno, y en la cantidad requerida por el cliente, y producir exactamente lo que se necesita y nada más” lo que ayudó a la eficiencia de la fabricación de los vehículos de la empresa japonesa, ya que redujeron recursos, tiempos y errores en la producción.

James Womack y Daniel Jones, en su libro “Lean Thinking” definen a Lean como la filosofía que tiene como finalidad la eliminación sistémica de los desperdicios por parte de los miembros de la organización durante todos los procesos. Se busca que las empresas mejoren su productividad y eficiencia volviéndose más competitivas y fiables, lo que incurre en mayor satisfacción del cliente. (Womack & Jones, 1994).

Finalmente se considera a Lean como la forma de trabajar basándose en estrategias y técnicas para adquirir el mejoramiento de las variables en los procesos de gestión, conseguir la excelencia operacional (Heim y Comptom, 1992) y fijar una mejora continua.

Por lo tanto, **Lean Construction** es una filosofía que se orienta hacia la gestión de la producción en la construcción, brindando principios, herramientas y técnicas para un óptimo desarrollo del proyecto en todas sus etapas. Se enfoca en maximizar valor para el cliente, ayudándole a identificar sus verdaderas necesidades para entregar de esta forma un producto fiel a sus requerimientos; y en minimizar los desperdicios durante la ejecución, es decir reducir o eliminar aquellas actividades que no aportan valor al proyecto, por ende, se consigue aumentar la productividad y la fiabilidad de la construcción.

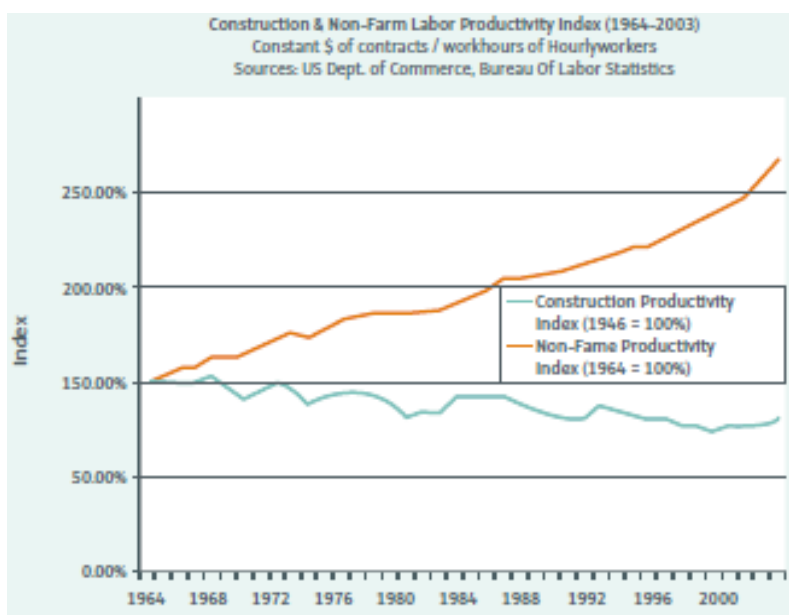


Gráfico 3.4 Productividad en la construcción vs otras industrias en EEUU
Fuente: US Dept. of Commerce, Bureau Of Labor Statistics

La productividad en la construcción está determinada por varios factores, uno de los más importantes es la variedad de intervinientes, cada uno con diferentes intereses, que trabajan independientemente, no existe una gestión integral.

Un estudio realizado por la Oficina de Estadísticas del Trabajo del Departamento Americano de Comercio, señala que la productividad laboral en el sector de la construcción en EEUU durante los años 1964 a 2003, descendió casi un 25%, mientras que en el resto de la industria no agrícola se incrementó un 200%.

Por lo tanto, es imperativo conseguir niveles altos de productividad en la construcción, Lean Construction aporta a ello al ser una metodología innovadora y organizativa, ha demostrado ser muy eficaz en la gestión del tiempo y coste, obteniendo resultados visibles en los procesos constructivos.

En el gráfico 3.5 se observa un comparativo de la gestión de proyectos desde un enfoque tradicional, en el que no se ha considerado el desperdicio desde el punto de vista económico, haciendo que el margen de beneficio previsto disminuya, y desde un enfoque Lean, en el que si se lo ha considerado desde el inicio y en donde todos los interesados trabajan de manera conjunta para maximizar el valor del cliente, con la mejora continua el margen del beneficio cada vez es mayor y los desperdicios y costes de producción disminuyen.

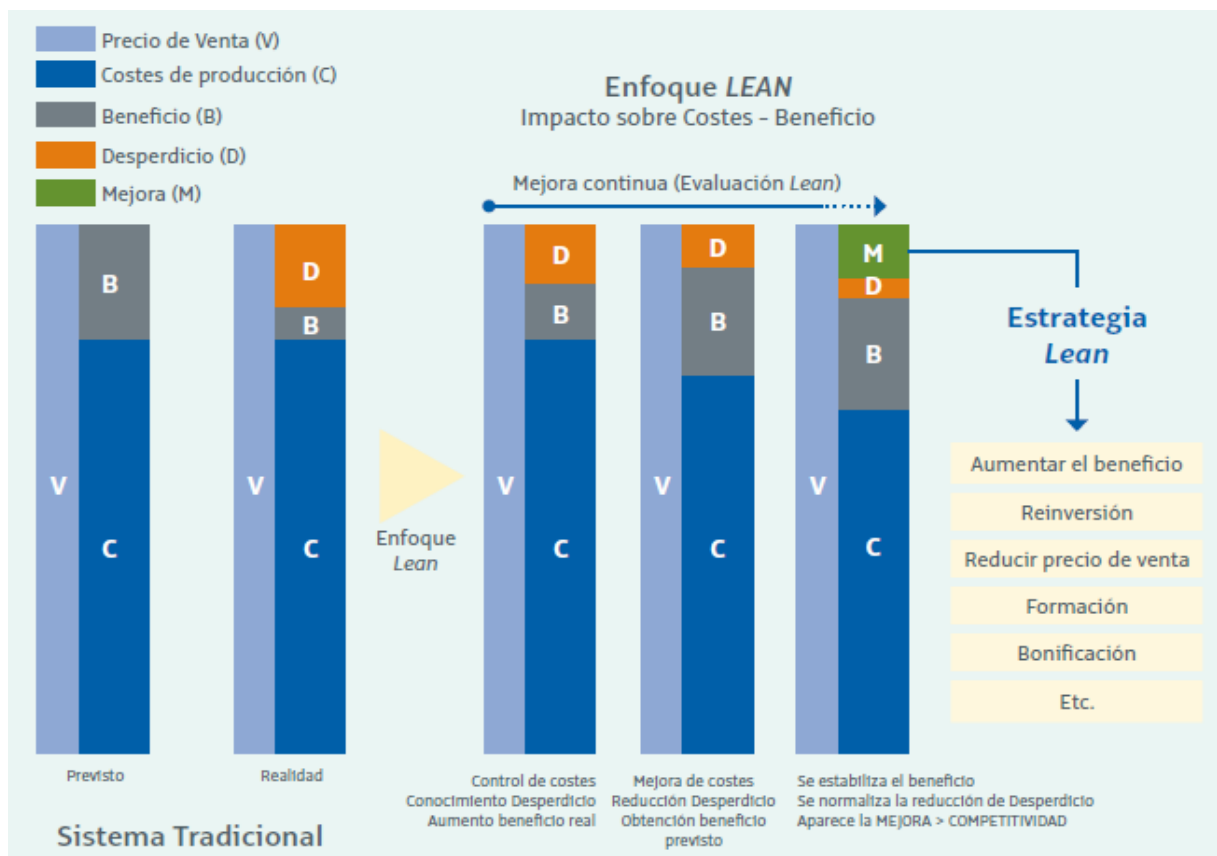


Gráfico 3.5 Enfoque Tradicional vs Enfoque Lean en la gestión de proyectos
Fuente: Introducción a Lean Construction, Pons Achell, J., 2014

3.2.1 Principios

Los principios básicos de Lean fueron definidos por James Womack y Daniel Jones (1996), y son los siguientes:

- **Definir el valor:** Entender que es lo que realmente quiere el cliente, definir el valor de acuerdo a la percepción del cliente, es la base para que tanto el diseño y el proceso de elaboración del producto sean efectivos.
- **Cadena de valor:** Son todas las actividades que forman parte del proceso desde el inicio del diseño hasta la entrega del proyecto, esto incluye aquellas que son

necesarias para la adquisición, transformación (material e información) y entrega al cliente. Establecer cadenas o flujos de valor nos permite visualizar el proceso de manera global pudiendo identificar fácilmente falencias del mismo y gestionar soluciones para eliminarlas.

- **Optimizar el flujo:** El flujo en las fases del proyecto debe ser continuo y uniforme para que los procesos fluyan sin interrupciones en el sistema de producción, así no existirán tiempos de espera.

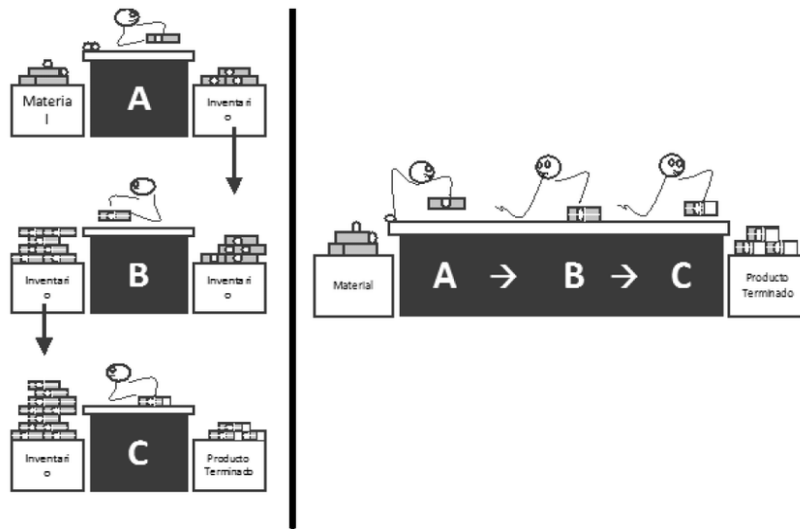


Gráfico 3.6 Producción no continua vs Flujo continuo
Fuente: Rother y Shook, 2003

- **Sistema Pull:** Es trabajar bajo demanda del cliente. El sistema de producción trabaja de acuerdo a lo que es requerido por el cliente o por la siguiente etapa del proceso, de esta manera solo se produce lo que se va a entregar y en el momento acordado. Se eliminan tiempos de espera por actividades previas que no hayan sido finalizadas y se evita la generación de inventarios. (Briosco, X., 2015)
- **Mejora continua:** Esfuerzo hacia la perfección del proceso, se busca que se entregue valor de acuerdo a lo definido por el cliente, en tiempos más cortos y sin desperdicios, aumentando así la satisfacción del cliente, la productividad y con ello el margen de beneficio.

3.2.2 Desperdicios

Desperdicio o *muda* (término japonés) es todo aquello que consume recursos mas no representa valor para el cliente, estos pueden ser rectificaciones, sobreproducción, movimientos y transportes innecesarios, por consiguiente, se pueden eliminar o minimizar. Dentro de este ámbito, se identifican las actividades de acuerdo a su repercusión en la productividad de una empresa, están las que añaden valor, las que son necesarias, pero no

aportan valor (enfocadas a mejorar) y las que no añaden valor (enfocadas a eliminar), estas últimas representan el mayor porcentaje.



Gráfico 3.7 Círculo de la inproductividad de una empresa
Fuente: Introducción a Lean Construction, Pons Achell, J., 2014 (adaptado de Ohno, 1988)

Taiichi Ohno definió 7 tipos de desperdicios, hoy en día son 8 gracias a la aportación de Jeffrey Liker:



SOBRE PROCESAMIENTO

Procesos adicionales o trabajos con mayor calidad de la necesaria, uso excesivo de recursos, denotan mayor control.



SOBRE PRODUCCIÓN

Producción de recursos en mayor cantidad de lo requerido o antes del tiempo indicado. Repercute en mayores costes de mano de obra e insumos.



TIEMPO DE ESPERA

Inactividad, interrupción del trabajo por falta de información, toma de decisiones, materiales o equipos, mala planificación de tareas y personal, que ocasionan que el proceso no sea constante y fluido.



DEFECTOS

Producidos por errores que no fueron corregidos durante el proceso, por lo cual evidencian un equivoco control de calidad. Estos defectos pueden ser errores en diseño, planos, mediciones, incompatibilización de ingenierías, mano de obra poco cualificada y método de trabajo obsoleto.



Gráfico 3.8 Desperdicios en la construcción
Fuente: Latorre, 2015 y Pons Achell, J., 2014. Elaboración: propia

Una vez que se han conocido los tipos de desperdicio, lo importante es entender como eliminarlos del proceso constructivo, con la aplicación de la filosofía Lean podemos localizar aquellos procesos que derivan desperdicio, estudiar sus causas y orígenes y centrarnos en propuestas para contrarrestar la ineficiencia, con un adecuado intercambio de información entre los agentes de la empresa, focalizando una estrategia de mejora de la que todos sean partícipes, que conozcan la metodología y herramientas a aplicarse, con lo cual el personal se ve involucrado y motivado hacia la consecución de estandarización de procesos, que sean óptimos, con adecuada distribución tanto de las tareas laborales y recursos como del ambiente de trabajo para así en conjunto lograr añadir valor al producto.

3.2.3 Herramientas

La metodología Lean cuenta con varias herramientas o técnicas para su aplicación, mas en el sector de la edificación ha desarrollado aquellas que se adaptan mejor a su realidad, las más importantes son: Last Planner® System (LPS), Integrated Project Delivery (IPD), Lean Project Delivery System (LPDS), Target Cost, Target Value Design, se detallan las tres primeras a continuación:

3.2.3.1 LAST PLANNER® SYSTEM

Last Planner System o Sistema del Último Planificador fue desarrollado por los fundadores del Lean Construction Institute, Ballard y Howell⁴. Last Planner es un sistema de control que ayuda a la planificación de los proyectos de construcción, dichas planificaciones se deben hacer de forma general, intermedia y semanal, por lo cual su aplicación aumenta el cumplimiento de las actividades haciendo el proceso fiable y apegado a lo planificado inicialmente. Se logra una visión general de la obra terminada ya que se fijan las actividades, sus tiempos, recursos y requisitos necesarios para llevarse a cabo, permitiendo establecer claramente la ruta que debe tener el proyecto para la consecución de objetivos.

Su planificación se desarrolla por niveles, en donde el detalle de cada nivel va en aumento según se acerca su ejecución, es decir se parte de un master plan donde se establecen hitos, después un plan de fase que reflejen los procesos, planes semanales con actividades y tareas.

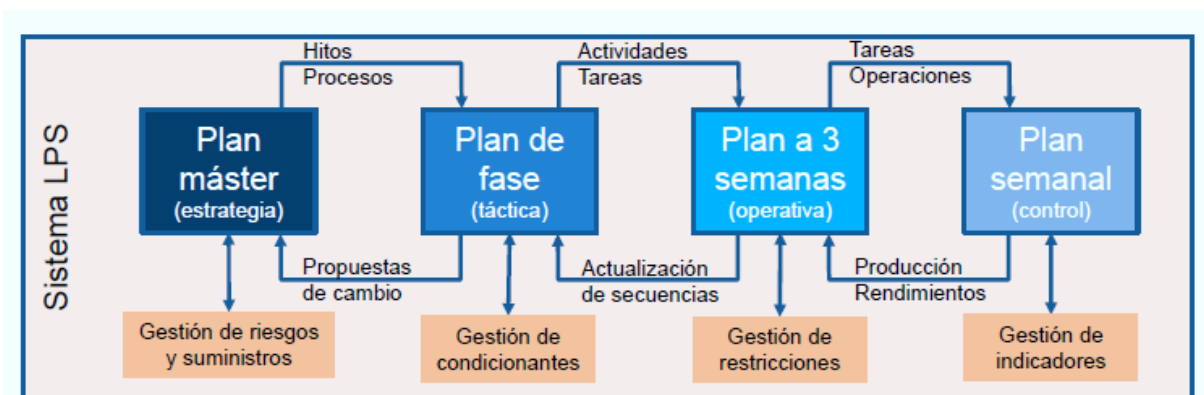


Gráfico 3.9 Relación entre los niveles de planificación
Fuente: Asignatura Lean Construction (2021), MUGE – UPC

El último planificador es aquel que da garantía por el cumplimiento del trabajo, este puede ser el jefe de obra, el encargado de los subcontratistas, residente de obra, etc., siendo el responsable a su vez de la calidad y rendimiento del trabajo realizado. (Correa, 2014)

Este sistema se caracteriza por ser colaborativo y propiciar el compromiso de todos los agentes, los trabajadores que realizarán las tareas (industriales o subcontratistas) cuentan con toda la información por lo que se puede confirmar la realización de las mismas.

Metodología

Se basa en un sistema holístico en donde se establecen las actividades que deberían hacerse, transformándolas a las que se pueden hacer, que después de la asignación y los compromisos planteados del trabajo verdaderamente ejecutable (estudio pormenorizado con los agentes) se establece lo que se hará. Last Planner incluye un proceso de mejora por lo que se analiza lo que se hizo como una oportunidad de aprendizaje, basándose en indicadores y actuando sobre los resultados obtenidos. Su aplicación debe enfocarse en cumplir los siguientes objetivos: proteger el plan, asegurar el flujo y mejorar continuamente. (Ballard y Howell, 2003)

⁴ Glenn Ballard y Greg Howell, desarrollaron Last Planner System a mediados de los años 90. En el año 2000 Glen Ballard lo materializó en su Tesis doctoral.

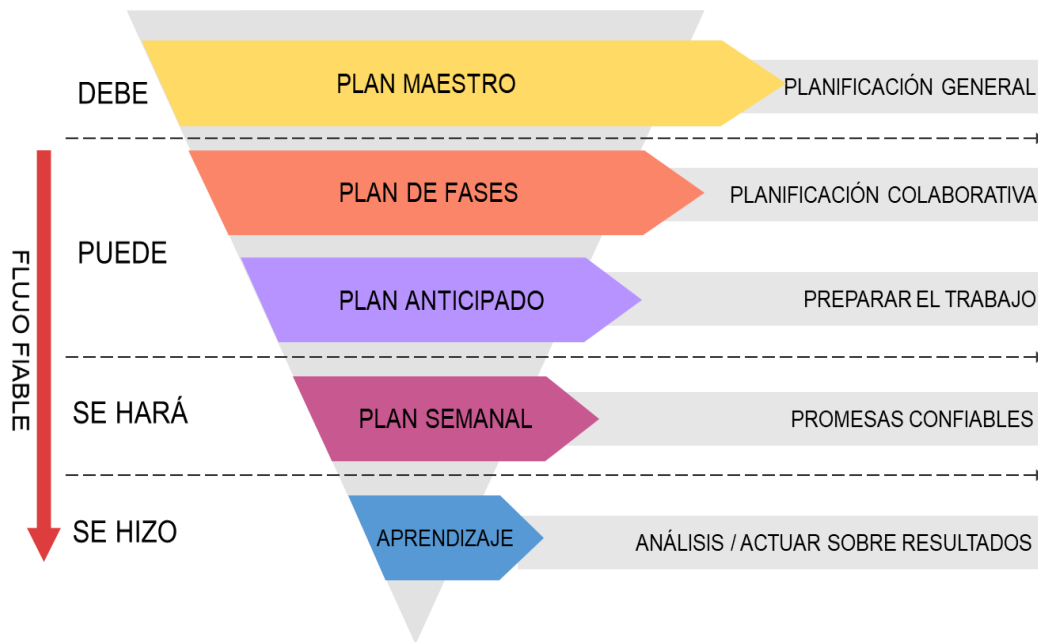


Gráfico 3.10 Metodología de Last Planner System
Fuente: Elaboración propia

- **Plan maestro (master plan):**

Es la planificación inicial, se establecen los compromisos del proyecto y las estrategias de gestión y ejecución. Este planeamiento es un análisis macro a largo plazo que contiene los hitos más importantes del proyecto y se indican las fechas de estos, que después se desarrollarán en el plan de fases.

- **Plan de fases:**

Es una planificación colaborativa con la participación de todos los implicados para alinear objetivos, establecer la vía de ejecución de cada fase y mejorar la toma de decisiones, se centra en los entregables y se especifican las fechas de cada sector o equipo que intervendrá, esta planificación se la hace 2 o 3 meses antes y se considera alrededor de 3 meses para cada fase.

Para la planificación de fases se usa un sistema pull, para llevarlo a cabo se define el último entregable de la fase y con ello se plantea lo que debe estar listo antes para entregarse, por lo que se llama a la actividad anterior para asumir compromisos de cumplimiento generando un flujo continuo de trabajo. El sistema pull ayuda también a identificar oportunidades de prefabricación permitiendo llevar actividades en paralelo.



Fotografía 3.1 Ejemplo de sesión de planificación pull de varias fases
Fuente: Pons, J.; Rubio, I. (2019)

▪ **Plan anticipado (Planificación Lookahead):**

Es una planificación intermedia que puede variar de acuerdo a la magnitud de la obra, generalmente se trabaja con 3 o 6 semanas, aquí se prepara el trabajo, se seleccionan las actividades, se identifican restricciones (limitaciones para completar una tarea planificada como: disponibilidad de mano de obra, materiales, equipos, permisos, respuesta de proveedores, etc.), y se realizan asignaciones, es decir las actividades que no presentan restricciones se incluyen en el plan semanal ya que están listas para su ejecución, a su vez se identifican aquellas que presentan restricciones se asignan a un responsable que hará un análisis y seguimiento para finalmente liberar estas actividades dentro de un plazo previsto (compromiso para eliminar restricciones).

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD)																																			
ID. Actividad	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	ENERO												FEBRERO																	
		INICIO	FIN			L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V					
						Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4					Semana 5					Semana 6				
						07-ene	08-ene	09-ene	10-ene	11-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	28-ene	31-ene	01-feb	02-feb	03-feb	04-feb	05-feb	06-feb	07-feb	08-feb	11-feb	12-feb	13-feb	14-feb	15-feb
ENCOFRADOS																																			
	Encofrado ciclo 1	29/05	15/06		Si																														
	Encofrado ciclo 2	08/06	05/07		Si																														
	Encofrado ciclo 3	15/06	05/07		No																														
HORMIGÓN																																			
	Hormigón Ciclo 1 piso 1	30/05	31/05		Si																														
	Hormigón Ciclo 2 piso 1	06/06	07/06		Si																														
	Hormigón Ciclo 3 piso 1	13/06	14/06		Si																														
	Hormigón Ciclo 4 piso 1	20/06	21/06		Si																														
ACERO																																			
	Acero Ciclo 5 piso 2	27/06	05/07		No																														
	Acero Ciclo 6 piso 2	29/06	05/07		No																														

Gráfico 3.11 Ejemplo de planificación Lookahead
Fuente: Pons, J.; Rubio, I. (2019)

▪ **Plan semanal:**

Es una planificación a corto plazo, se desarrollan todas las actividades libres de restricciones, intervienen aquellos responsables directos de la ejecución como residentes o jefes de obra, contratistas o industriales. Esta planificación tiene mayor nivel de detalle y se especifican las tareas diarias de la siguiente semana, su responsable, el compromiso asumido (en cantidad o porcentaje), avance real y diagrama de Gantt. (Pons, J.⁵; Rubio, I.⁶, 2019).

PLAN SEMANAL														
ID.	ACTIVIDAD	FECHAS		UD.	RESPONSABLE	META		COMPLETADA	SEMANA	Junio				
		INICIO	TERMINO			Comprometida	Alcanzada			V	L	M	M	J
		1	4			5	6			7				
EDIFICIO														
Ciclo 1 Muros														
	Enfierradura	31/05	02/06		JP	100%	100%	1						
	Encofrado	04/06	05/06	m2	IR	100%	95%	0						
	Hormigón	05/06	05/06	m3	MA	100%	0%	0						
	Descimbre y Limpieza	06/06	06/06		IR	100%	0%	0						
Ciclo 2 Muros														
	Enfierradura	31/05	04/06		JP	100%	100%	1						
	Moldaje	05/06	06/06	m2	IR	100%	100%	1						
	Hormigón	06/06	06/06	m3	MA	100%	100%	1						
	Descimbre y Limpieza	07/06	07/06		IR	100%	0%	0						
Ciclo 3 Muros														
	Enfierradura	31/05	05/06		JP	50%	30%	0						
RESUMEN: Total Cumplidas (4) / Total Actividades (8) = 50%														

Gráfico 3.12 Ejemplo de planificación semanal
Fuente: Pons, J.; Rubio, I. (2019)

▪ **Aprendizaje:**

Es una coordinación diaria, una oportunidad de aprendizaje a través de análisis de indicadores como el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) que es un indicador de confiabilidad que mide la efectividad de la programación, es decir, la relación entre las tareas completadas con respecto a las programadas. Del PPC se analizan las causas de las tareas no cumplidas según lo programado y sus responsables, no con el afán de buscar culpables, sino para identificar los puntos a aplicar medidas correctivas, evitar que se repitan y forjar el aprendizaje enfatizando en la mejora continua.

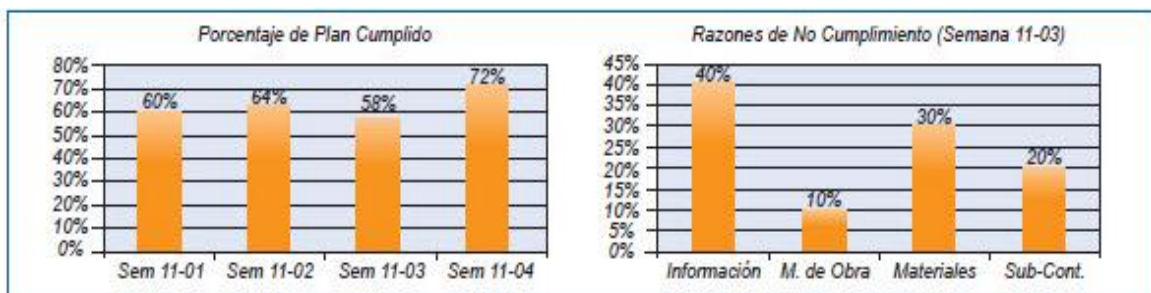


Gráfico 3.13 Ejemplo de PPC y Razones de no cumplimiento
Fuente: <https://www.acerosarequipa.com/en/constructoras/boletin-construccion-integral/edicion-12/productividad.html>

⁵ Juan Felipe Pons: Arquitecto técnico, especialista universitario en Lean Manufacturing por la UPV, con más de 10 años de experiencia en formación e implantación de metodologías Lean en más de 12 países.

⁶ Iván Rubio: Ingeniero civil, director del programa Lean Management de la Universidad del Desarrollo de Chile, 15 años de experiencia en Lean liderando proyectos de consultoría en Chile, Perú, Colombia, Ecuador y España.

3.2.3.2 INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD)

El IPD es la gestión integrada del proyecto en niveles de colaboración, incorpora nuevos modelos de contratos de obra con un enfoque de equipos integrados y colaborativos desde etapas iniciales entre proyectistas (arquitectos, ingenieros), ejecutores (constructor, contratistas, proveedores), promotores, clientes y usuarios, capaces de trabajar efectivamente aprovechando el talento y las opiniones, alineando los objetivos en conjunto para aumentar el valor del producto hacia el cliente, mejora la productividad, establece confianza, claridad y empatía.

Estos contratos buscan ser transparentes, en donde se compartan riesgos y beneficios, se evite los desacuerdos (fragmentación) y confrontaciones que desencadenan en entrega de proyectos incompletos.

El IPD busca que la gestión sea una colaboración y no una negociación según beneficios de cada parte, por lo cual consta de los siguientes principios (Pons Achell, J., 2014):

- Respeto mutuo y confianza
- Beneficio mutuo y recompensa
- Innovación colaborativa y toma de decisiones
- Participación temprana de los agentes clave
- Definición temprana de los objetivos
- Planificación intensificada
- Comunicación abierta
- Tecnología apropiada
- Organización y liderazgo

En los gráficos a continuación se visualizan las diferencias entre el proceso tradicional de los proyectos edificatorios y el IPD, donde los agentes interactúan de manera permanente y dinámica, empezando la toma de decisiones en las fases iniciales gracias a la contribución de disciplinas y conocimientos, y en donde finalmente todos son responsables de lograr el cierre del proyecto de manera satisfactoria.



Gráfico 3.14 Proceso Tradicional de Diseño
 Fuente: Integrated Project Delivery: A Guide. AIA (2007)

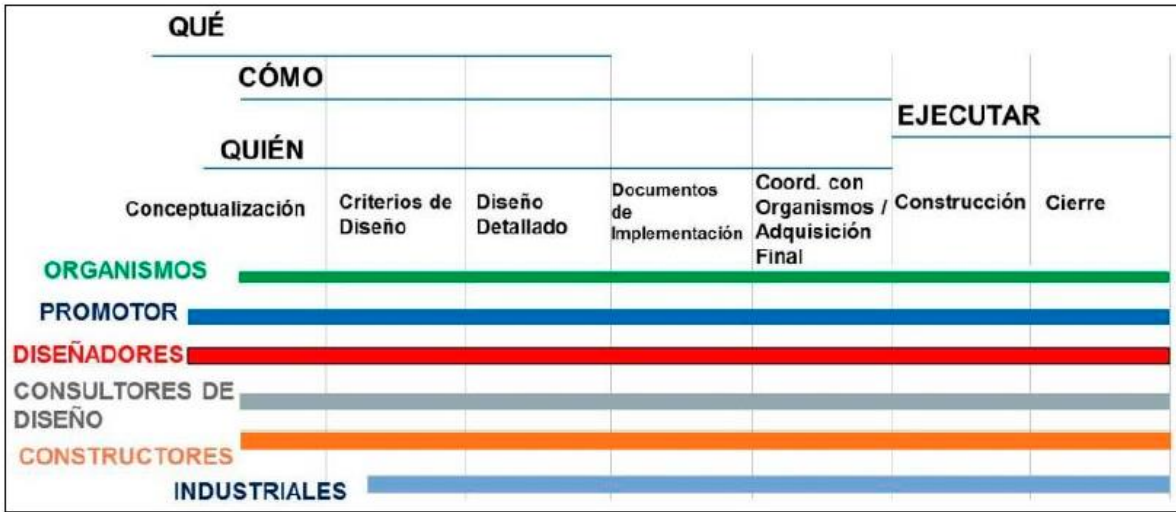


Gráfico 3.15 Proceso Integrado de Diseño
Fuente: Integrated Project Delivery: A Guide. AIA (2007)

3.2.3.3 Lean Project Delivery System (LPDS)

LPDS por sus siglas en inglés, es un sistema de entrega de proyectos Lean, planteado por Ballard (2008) en el que adapta los principios lean a las fases del ciclo de vida de un proyecto edificatorio, emplea herramientas, técnicas y la adaptación de procesos para lograr que toda la estructuración del proyecto se desarrolle sin pérdidas. (Brioso, X, 2015)

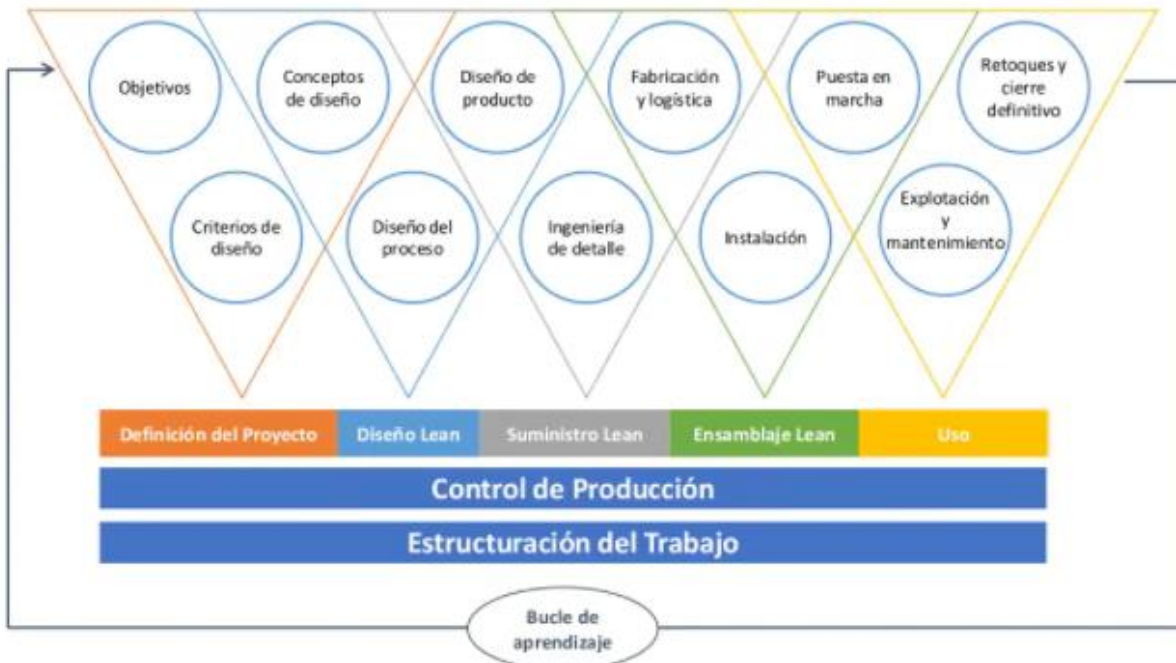


Gráfico 3.16 Triadas del LPDS
Fuente: Lean Project Delivery System (Ballard, 2008)

El LPDS es una gestión integral del proyecto enmarcado por etapas: la definición del proyecto, diseño, suministros, ensamblaje o ejecución y el uso, que están interrelacionadas, el control de la producción y la estructuración del trabajo se dan de manera constante en todas las fases.

3.2.4 Implementación de Lean Construction

Lean Construction al ser una filosofía orientada a valores como la colaboración, trabajo en equipo, compromiso, etc., presupone un cambio en la gestión tradicional, en la transformación de pensamiento y cultura empresarial del sector de la construcción, que como se ha mencionado anteriormente es el sector más reacio al cambio e implementación de metodologías nuevas.

Para implantar Lean de una forma exitosa Pons, J. y Rubio, I (2021) recomiendan enfocarse en 3 ejes:



Gráfico 3.17 Los 3 ejes para una implantación Lean exitosa a nivel de empresa
Fuente: Pons, J.; Rubio, I. (2021)

Si bien Lean Construction, cuenta con herramientas, técnicas y sistemas de trabajo que se han aplicado obteniendo resultados positivos lo cual da veracidad de su efectividad, sin embargo, cada empresa en el sector de la construcción es diferente, ya sea por su tamaño, modelo de negocio, entorno y condicionantes por lo que la implementación de lean es un proceso de ensayo, prueba y error, hasta conseguir la efectividad del sistema y estandarizar los procesos y sobre todo mantener lo conseguido con disciplina, a lo largo del tiempo en todos los proyectos y en toda la organización, por lo que se requiere que todo el personal esté plenamente involucrado.

3.2.4.1 Claves del éxito para implantar Lean Construction

Se parte de un estudio basado en experiencias e ideas recopiladas en la Colección de guías prácticas de Lean Construction, en donde se establecen las claves del éxito para implantar Lean Construction de manera eficiente, estas claves se agrupan en 4 categorías: Gestión de las personas, plan estratégico, enfoque en el proceso y gestión del conocimiento y la tecnología.

CLAVES DE ÉXITO			
GESTIÓN DE LAS PERSONAS	PLAN ESTRATÉGICO	ENFOQUE EN EL PROCESO	GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y LA TECNOLOGÍA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Contar con un patrocinador interno, de alto nivel directivo. 2. Liderazgo de los mandos intermedios. 3. Formación estratégica del equipo directivo, y formación práctica del personal. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan estratégico de la implantación a largo plazo. 2. Considerar que es un proceso largo y empezar por lo mínimo viable. 3. Ejecutar, analizar, rectificar y volver a ejecutar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implantación piloto con ayuda de un experto. 2. Herramientas orientadas al flujo de valor. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retener el conocimiento e integrar a toda la cadena de valor. 2. Usar la tecnología apropiada.

*Tabla 3.4 Claves del éxito para implantar Lean Construction
Fuente: Pons, J.; Rubio, I. (2021). Elaboración: propia*

3.3 INTERRELACIONES

Después del análisis de los conceptos de BIM y LEAN, cada uno con sus características, objetivos y herramientas, se concluye que son metodologías de trabajo eficientes para mejorar la productividad en los procesos constructivos, las dos metodologías buscan agregar valor tanto a la producción como al producto, buscan optimizar tiempos y costes de los diferentes entregables, lograr la disminución de re trabajos teniendo una única fuente de información del proyecto derivando en una mayor integración del mismo, mayor comprensión con el mejoramiento de la visualización y disminuyendo los conflictos.

En los ámbitos de implementación de BIM + LEAN a nivel de empresas de edificación tienen similitudes en el cambio de paradigma actual: filosofía, cultura de la organización, tecnología, estándares, guías y herramientas para que su implementación sea efectiva, siempre basándose en un plan estratégico adaptado a las características de la empresa.

Estas disciplinas se apoyan simultáneamente y permiten un trabajo sistémico y eficaz durante todo el proyecto, implica una dimensión tecnológica y una de gestión de procesos, en donde se dé un cambio laboral y cultural, se maneje una filosofía de trabajo en conjunto, reconocer las pérdidas, saber reorganizar y optimizar constantemente la estabilidad y los procesos manteniendo el objetivo claro de mejorar el proyecto para todos los implicados. Con la fusión de BIM y Lean aplicada como una disciplina completa marca un cambio importante en la planificación y construcción del futuro próximo.

BIM + LEAN



Gráfico 3.18 Conceptualizaciones BIM + LEAN
Fuente: Elaboración propia

Ya concretamente a nivel de implementación, la mayor interrelación se da en el uso de softwares BIM aplicados en conjunto con Last Planner System en la ejecución de la construcción, ya que se vincula el modelo con la planificación en una simulación 4d, sin embargo, investigaciones anteriores solamente han demostrado y enfatizado en las interrelaciones de BIM y LEAN mas no en desarrollar una metodología de trabajo conjunto. (Toledo, M., Olivares, K., González, V., 2016).

Principios Lean	Aplicaciones BIM
Mejora del flujo de trabajo	Visualización del modelo
Mejora de la calidad	Simulación constructiva/4D
Reducción carga de trabajo	Detección interferencias en el modelo
Generación de Valor	Generación de alternativas
Ahorro tiempos	Colaboración agentes implicados
Reducción de pérdidas	Transparencia

Tabla 3.5 Interacción entre los principios Lean y las aplicaciones BIM
Fuente: Latorre Uriz, A.; Sanz, C.; Sánchez, B., 2019

El vínculo entre las metodologías BIM y LEAN implica una conexión que va más allá del diseño y construcción, lo que se busca también es enfatizar en la forma de contratación de los proyectos edificatorios.

BIM como herramienta digital al trabajar de forma colaborativa integrando a todos los agentes y que dispone de gran cantidad de información de valor del proyecto tanto para su diseño, ejecución y ocupación, encaja en la filosofía Lean, como engranaje de sus herramientas para facilitar la integración y entrega de información transparente, es así que profundiza su colaboración en procesos de IPD, presentando los siguientes beneficios conjuntos:

- Participación temprana de los agentes para la toma de decisiones basados en el modelo digital colaborativo.

- Ahorro de tiempo y costes en procesos de contratación, ya que se tiene el modelo sobre el cual se presentará una licitación ajustada a la realidad.
- En IPD al intervenir todos los involucrados, el cliente o usuario final puede involucrar temas de operación y mantenimiento en la fase de diseño y construcción, con miras a facilitar la administración del activo.

INTERRELACIONES BIM + LEAN				
DESCRIPCIÓN	BIM	LEAN		
		LPS	IPD	LPDS
Contrato	X		X	
Conceptualización	X		X	
Planificación	X	X		
Diseño	X		X	X
Construcción	X	X	X	X
Fabricación	X	X		X
Costos	X	X		X
Calidad	X			X

Tabla 3.6 Interrelaciones y aplicaciones BIM + LEAN
Fuente: Elaboración propia

3.4 METODOLOGÍA PMI

La metodología propuesta por el Project Management Institute (PMI) está enfocada a la dirección de proyectos mediante la gestión de los procesos que intervienen en la creación de un producto o servicio y conseguir así los resultados definidos. Para tal efecto se estableció la Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK), reconocida como buenas practicas.

Esta guía se adapta, con un enfoque específico de las necesidades, a cualquier proyecto. Los proyectos de edificación son cambiantes y complejos y tienen procesos diferentes de ejecución, por lo cual, los lineamientos de esta guía ayudan a que la gestión sea eficiente y con un mejor rendimiento para cumplir los requisitos y objetivos previstos.

3.4.1 Dirección de proyectos

La dirección de proyectos de acuerdo al PMI es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para cumplir los requisitos del proyecto (PMBOK, 2017). Es fundamental cumplir con los tres hitos más importantes: Coste, tiempo y calidad.

Importancia

La dirección de proyectos eficaz ayuda a:

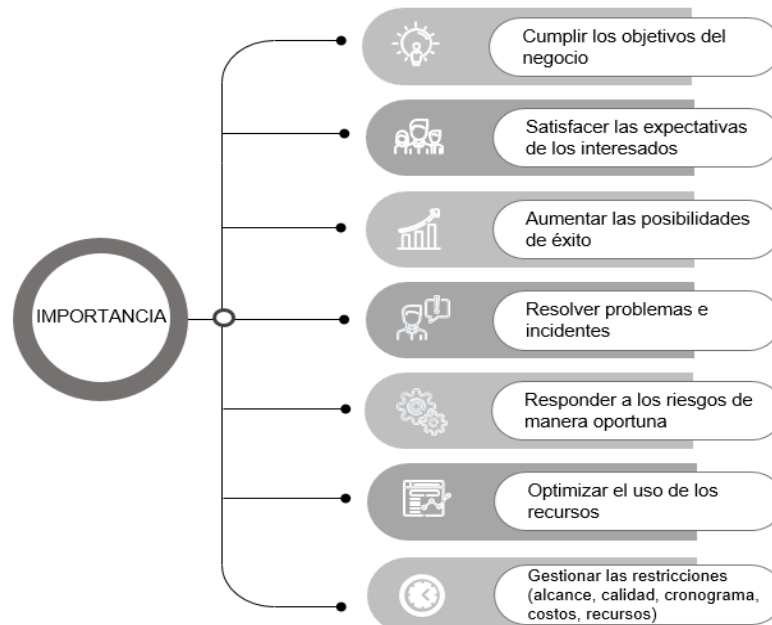


Gráfico 3.19 Importancia de la Dirección de Proyectos
Fuente: PMBOK 6ta Edición. Elaboración: propia

3.4.2 Grupos de procesos

- **Grupos de Procesos de Inicio:** Definen un nuevo proyecto o fase, deben ser aprobados.
- **Grupos de Procesos de Planificación:** Establece el alcance, objetivos y el plan de acción en cada fase del proyecto.
- **Grupos de Procesos de Ejecución:** Procesos realizados para ejecutar el plan.
- **Grupos de Procesos de Monitoreo y control:** Realizan seguimiento a las fases del proyecto e identifican aquellas áreas en donde se tienen que hacer reajustes para el correcto desarrollo del proyecto.
- **Grupos de Procesos de Cierre:** Cierran fases o el proyecto completo.

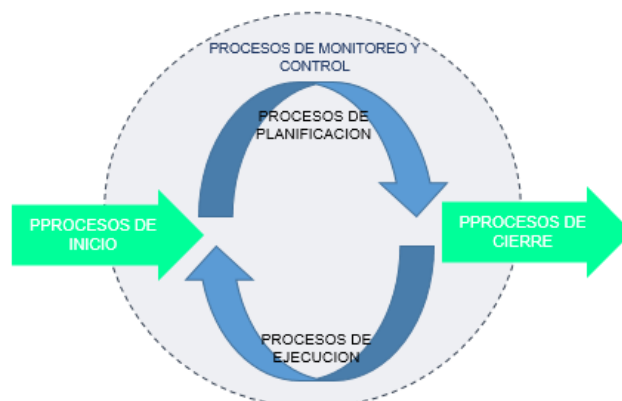


Gráfico 3.20 Grupo de procesos de la dirección de proyectos
Fuente: PMI. Elaboración: propia

3.4.3 Áreas de conocimiento

Los procesos también se clasifican por áreas de conocimiento, siendo empleadas en la mayoría de proyectos las diez áreas detalladas a continuación:

- **Gestión de la Integración del Proyecto:** Engloba todas las actividades que identifican y describen al proyecto, se establecen objetivos, alcance y los hitos. Unifica todos los demás procesos de la Dirección de Proyectos.
- **Gestión del Alcance del Proyecto:** Se enfoca en gestionar el trabajo necesario para culminar el proyecto con éxito, que es lo que se requiere y que no para que sea posible.
- **Gestión del Tiempo del Proyecto:** Gestiona los procesos necesarios para completar el proyecto dentro del plazo establecido.
- **Gestión de los Costos del Proyecto:** Gestiona los procesos necesarios para planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento y controlar que los costos estén dentro del presupuesto aprobado.
- **Gestión de la Calidad del Proyecto:** Comprende los procesos para incorporar la política de calidad de la empresa, establece los requisitos que se han de cumplir en el desarrollo del proyecto con el fin de satisfacer las expectativas de los stakeholders.
- **Gestión de los Recursos del Proyecto:** Gestiona los procesos necesarios para adquirir y administrar los recursos del proyecto.
- **Gestión de las Comunicaciones del Proyecto:** Establece los procesos necesarios para que el flujo de información sea eficiente, planificando, recopilando, creando y almacenando la información del proyecto para que sea distribuida en tiempos y a través de los medios correctos.
- **Gestión de los Riesgos del Proyecto:** Gestiona los procesos necesarios para identificar riesgos de un proyecto tempranamente, analizarlos y contrarrestarlos dando una respuesta oportuna y un monitoreo constante.
- **Gestión de las Adquisiciones del Proyecto:** Incluye los procesos necesarios para adquirir productos, servicios o resultados demandados por fuera del equipo del proyecto.
- **Gestión de los Interesados del Proyecto:** Abarca todos aquellos procesos requeridos para identificar a los grupos de interés que pueden influir en las decisiones, afectar o ser afectados por el proyecto, así como también analizar sus expectativas para lograr una colaboración y participación eficaz.

3.4.4 Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto 4.4 Gestionar el Conocimiento del Proyecto	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Cronograma del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar la Duración de las Actividades 6.5 Desarrollar el Cronograma		6.6 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Gestionar la Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de Recursos 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desarrollar el Equipo 9.5 Dirigir al Equipo	9.6 Controlar los Recursos	
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Monitorear las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	11.7 Monitorear los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar el Involucramiento de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Monitorear el Involucramiento de los Interesados	

Tabla 3.7 Correspondencia entre Grupos de Procesos y Áreas de conocimientos
Fuente: Guía PMBOK 6ta Edición

De acuerdo a la tabla anterior, se pueden evidenciar los 49 procesos que se forman de esta correspondencia, siendo necesarios el desarrollo y aplicación de los mismos para una dirección de proyectos efectiva, alcanzando los objetivos en todas las fases.

3.4.5 Gestión de Procesos en la Edificación

Para el sector de la edificación, como se mencionó anteriormente, al ser cambiante y complejo, consta de diferentes fases en el proceso constructivo que varía dependiendo de la forma en que se ha contratado el proyecto. Para conocer las fases del ciclo de vida total, se establece como referencia que un proyecto se contrata desde sus estudios preliminares hasta la culminación y entrega, estableciendo las fases a continuación:



INICIO DEL PROYECTO	ORGANIZACIÓN Y PREPARACIÓN	EJECUCIÓN DEL TRABAJO	FINALIZAR EL PROYECTO
<ul style="list-style-type: none"> Viabilidad: Estudios preliminares como los jurídicos, urbanísticos, económicos, financieros, comerciales, etc. Adquisición y escrituración notarial del terreno Estudios geotécnicos y de afectaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Diseño: redacción del proyecto en todos sus niveles. Permisos y licencias de construcción. Proyectos de urbanización. Licitación y adjudicación de la obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Planificación de la obra. Construcción: Gestión administrativa y técnica. Gestión económica y financiera. Seguimiento y control de la obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Finalización de la obra. Entrega - recepción de la obra: documentación final, entrega planos "As-Built". Uso/explotación del activo

Tabla 3.8 Fases genéricas en el ciclo de vida de un proyecto edificatorio
Fuente: Elaboración propia

3.4.6 Plan de Dirección del Proyecto

Una vez conocidas las fases que principalmente ocurren en la edificación, se las enmarca en los grupos de procesos y áreas de conocimiento para definir las en el Plan de Dirección, aquí se establecen las actividades a llevar a cabo para cumplir con las especificaciones del proyecto, de acuerdo a la estrategia que adopta la empresa, en este caso empresas constructoras, por lo cual nos centraremos en las fases más relevantes dentro de esta tipología de empresas, ubicándose el proyecto de construcción en la etapa de ejecución y finalización dentro del ciclo de vida de un proyecto edificatorio.

A continuación, se describen los procesos (PMBOK, 2017) con sus características aplicadas en la edificación:

3.4.6.1 GRUPO DE PROCESOS DE INICIO

Gestión de la Integración:

- Se elabora el Acta de constitución: documento habilitante para dar inicio al proyecto, abarca información como asignación del gerente/director y de los recursos, propósito, descripción y alcance, se establecen los objetivos, requerimientos y riesgos. Además, contiene un resumen del cronograma, hitos y presupuesto. Se indican los interesados y requisitos de aprobación.

Gestión de los Interesados:

- Identificación y categorización de los interesados.
- Determinar el impacto o apoyo potencial de los interesados.
- Evaluación de respuesta de los interesados frente a diferentes situaciones.

3.4.6.2 GRUPO DE PROCESOS DE PLANIFICACIÓN

Gestión de la Integración:

- Desarrollar el Plan para la dirección del proyecto: documento que integra, coordina y recoge un resumen de lo establecido en cada uno de los planes de los procesos de planificación. Es decir, un documento integral que define la base para todo el proyecto, con las particularidades tanto técnicas como estratégicas, define la manera en que el proyecto se ejecuta, se controla y se finaliza.

Gestión del Alcance:

- Elaborar la declaración del alcance del proyecto: recopilar requisitos detalladamente.
- Definir y valorar el alcance negociándolo con los interesados (participación en la toma de decisiones).
- Crear Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) y su diccionario.

Gestión del Cronograma (Tiempo):

- Planificar la gestión del cronograma: definir medios y herramientas para elaborar el cronograma, determinar la metodología de control del tiempo, identificar y clasificar las fases del proyecto.
- Definir y secuenciar las actividades en cada fase y su duración.
- Asignar recursos: humanos, materiales, equipos, suministros.
- Elaboración del cronograma (planning de obra).

Gestión de los Costos:

- Planificar la gestión de los costos: estimar costos de las actividades previas como costos de la dirección de ejecución, administración, controles de calidad, costos de abastecimiento de agua, electricidad, red de alcantarillado para el inicio de la obra, así como de las específicas de la construcción del proyecto.
- Elaboración de los precios unitarios de acuerdo al mercado.
- Determinar el presupuesto total.

Gestión de la Calidad:

- Planificar la Calidad: Delimitación de valores de calidad y normas a cumplirse y procesos a mejorar.
- Verificación de mediciones.

Gestión de los Recursos:

- Planificar la gestión de Recursos: Definir cómo estimar, adquirir, gestionar y utilizar los recursos del proyecto, deben estar disponibles en el tiempo y lugar planificado.
- Estimar los recursos de acuerdo a cada actividad.
- Determinar roles y responsabilidades.

Gestión de las Comunicaciones:

- Planificar la gestión de Comunicaciones: Especificar los medios y frecuencia de comunicación entre los interesados.
- Trabajo correlacional entre la parte gráfica como narrativa documental del producto.
- Especificación del producto: obtención de planos detallados del proyecto, cuadro de áreas, programa arquitectónico, definir calidades y acabados, incorporación de metodologías tanto de información como tecnologías constructivas.
- Socializar el proyecto.

Gestión de los Riesgos:

- Planificar la Gestión de Riesgos: Identificar los riesgos, realizar el análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos para la toma de decisiones.
- Planificar la Respuesta a los Riesgos: Elaborar el Plan de Salud y Seguridad que debe contener la memoria, especificaciones técnicas, medidas a adoptarse y presupuesto, este plan se pondrá en conocimiento de todo el personal del proyecto.

Gestión de las Adquisiciones:

- Planificar la Gestión de las Adquisiciones: Documentar las adquisiciones, identificar los productos o servicios necesarios para la ejecución del proyecto pero que se encuentran fuera de nuestra organización, estableciendo los requerimientos para identificar a los posibles proveedores.

Gestión de los Interesados:

- Planificar el involucramiento de los interesados: Establecer estrategias de gestión según categorización de intereses, expectativas, necesidades.

3.4.6.3 GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

Gestión de la Integración:

- Dirigir y gestionar el trabajo: Disponer de la documentación completa del proyecto (gestionar el contrato), llevar a cabo el trabajo establecido en el plan para la dirección del proyecto, implementar cambios aprobados y producir entregables.
- Preparación y planificación de la obra: visita a obra, trabajos preliminares de instalaciones y montajes de casetas de obras, así como de instalaciones auxiliares.
- Gestión de los contratistas: a cargo del constructor, gestionará los contratos de los mismos y velará por su cumplimiento.
- Registrar en el libro de obra, todas aquellas decisiones dadas al constructor, debidamente aprobadas y con las especificaciones del caso.
- Gestionar el conocimiento: Contribuir al aprendizaje de la empresa, mediante la aplicación del conocimiento existente para crear uno nuevo y conseguir los objetivos del proyecto.

Gestión del Cronograma (Tiempo):

- A cargo de la administración técnica de la obra: Ajuste del cronograma de acuerdo a las vinculaciones de las actividades.
- Identificación de la ruta crítica y posibles holguras.

Gestión de los Costos:

- Gestión económica y financiera de la obra: elaboración del cronograma valorado.
- Redacción de costos de producción mensual, elaboración de certificaciones.
- Realización de Flujos de caja.

Gestión de la Calidad:

- Seguimiento y control de la obra: revisión y validación de entregables.
- Control del proceso constructivo.
- Realizar el programa de control de calidad: en donde se indiquen auditorias, contengan fichas técnicas de los materiales empleados en obra, determinación de ensayos y resultados.

Gestión de los Recursos:

- Reunir al equipo de trabajo: desarrollar actividades de complementación, entendimiento, valorar su rendimiento.
- Coordinación de los recursos de producción.

Gestión de las Comunicaciones:

- Realizar reuniones periódicas.
- Organizar y actualizar información del proyecto: datos de los agentes, contratos, planos del proyecto completo, informes de mediciones y sus anexos, libro de obra, cronograma, presupuesto, planes de seguridad y salud, control de calidad, etc.

Gestión de los Riesgos:

- Elaboración del Plan de Seguridad y Salud: a cargo del constructor como complemento del estudio de Seguridad y Salud en la fase de Planificación. Se aprueba por el coordinador de salud y/o administrador, después que el plan ha sido aprobado, el coordinador debe realizar las actividades pertinentes para efectuar el seguimiento y verificar su cumplimiento.
- Libro de incidencias: para el control y seguimiento del Plan de Seguridad.

Gestión de las Adquisiciones:

- Solicitar información, evaluar alternativas, seleccionar proveedores, firma e inicio del contrato.

Gestión de los Interesados:

- Gestionar la participación, colaboración y compromiso de los interesados para lograr los objetivos del proyecto.
- Comunicar novedades del proyecto a los interesados.
- Definir a los responsables y sus acciones.

3.4.6.4 GRUPO DE PROCESOS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

Gestión de la Integración:

- Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto: se realiza el seguimiento y se informa del avance del proyecto.
- Control de Cambios: revisar y analizar las solicitudes de cambio, aprobar o denegar cualquier cambio presentado bien a entregables como a documentos o planes, comunicar las decisiones.

Gestión del Alcance:

- Validar el Alcance: se formaliza la aceptación de los entregables lo que representa mayor grado de confiabilidad del proyecto final.
- Controlar el Alcance: supervisar el estado del proyecto y del alcance del producto.

Gestión del Cronograma (Tiempo):

- Control de avance según cronograma.

Gestión de los Costos:

- Control de costos según presupuesto.
- Revisión de curva de costes acumulados, revisión de precios y de flujo de caja.

Gestión de la Calidad:

- Realizar actas y visitas de obra: revisión de avance, ritmo, aspectos técnicos, observaciones.
- Ejecutar muestras de unidades (prototipos) para validar acabados, verificar cumplimiento de requisitos y revisar cualquier otra incidencia en el desarrollo del resto del proyecto.
- Revisión y mejora de procesos.

Gestión de los Recursos:

- Seguimiento de los recursos: contratistas, equipo y personal técnico. Se verifica que cada responsable de la obra cumpla con sus funciones, así como también los departamentos de gestión y administración.
- Disponibilidad de los recursos según lo planificado y aplicar medidas correctivas, si fuera necesario.

Gestión de las Comunicaciones:

- Flujo óptimo y satisfacción de las necesidades de información: actualizar el estado del proyecto, realización de reuniones, distribución de nueva información, de acuerdo al plan de gestión de las comunicaciones.

Gestión de los Riesgos:

- Auditar y revisar la implementación de los planes de contingencia definidos en la planificación, evaluar sus resultados.
- Evaluar y hacer seguimiento a los riesgos encontrados y al progreso de mitigación, para que la toma de decisiones se base en información actualizada.

Gestión de las Adquisiciones:

- Gestionar las relaciones de adquisiciones, controlar la ejecución de los contratos, establecer correcciones, y cerrar los contratos.

Gestión de los Interesados:

- Confirmar el involucramiento de los interesados.
- Control de cambios o alteraciones a contratos e información de los mismos.

- Validaciones del proyecto de edificación.

3.4.6.5 GRUPO DE PROCESOS DE CIERRE

Gestión de la Integración:

- Finalizar formalmente todas las actividades o fases del proyecto: entrega de documentos contractuales.
- Se entrega el Libro del Edificio: contiene toda la información de planos As-Built, de los intervinientes, certificados de calidad, manuales de uso y mantenimiento y toda aquella documentación necesaria para el correcto uso del edificio.
- Entrega – recepción de la obra, validación total, de acuerdo a lo establecido en el acta de constitución.

Gestión del Cronograma (Tiempo):

- Realizar las Actas de entrega provisional y definitiva de la obra.

Gestión de los Costos:

- Realizar informe económico de cumplimiento: cronograma valorado.
- Liquidación total de los valores restantes de la obra y liquidación de contratistas.

Gestión de la Calidad:

- Entrega de certificados de calidad y garantía.
- Realizar informe de cumplimiento del programa de calidad e informe final de rendimiento.

Gestión de los Recursos:

- Cierre de contratos y liberación de los recursos.

Gestión de las Comunicaciones:

- Realizar informe de culminación del proyecto
- Archivar la documentación obtenida

Gestión de las Adquisiciones:

- Auditoría de adquisiciones (inventario)

4 ANÁLISIS DE CASOS DE ESTUDIO

A continuación, se describen dos casos de estudio ubicados en Cataluña - España, en la provincia de Barcelona, son hospitales de tipo público en donde el ente contratante o promotor es el CatSalut⁷ (Servicio Catalán de Salud). El tipo de contratación fue mediante concurso y son edificios nuevos dentro de un complejo hospitalario existente.

Es importante indicar que los parámetros de selección de los proyectos hospitalarios de estudio fueron que en primer lugar cumplan con las metodologías BIM y LEAN en conjunto, segundo, que uno esté totalmente terminado y en funcionamiento, para evaluarlo según los resultados obtenidos y los indicadores finales de su construcción, mientras que el otro esté en fase de construcción para poder observar la puesta en marcha de estas metodologías, como se da su planificación y como se lleva a cabo el cumplimiento de los procesos establecidos.

El primero corresponde a uno de los cinco hospitales construidos el año pasado 2020, como respuesta a la emergencia sanitaria (covid-19), en donde se utilizaron las metodologías BIM y LEAN en su diseño y ejecución siendo el mayor logro de ponerlo en funcionamiento en veinte semanas, es parte del reto “Construcción de 5 hospitales en veinte semanas”.

El segundo hospital se encuentra en fase de construcción, también usa las metodologías BIM y LEAN, surge de la necesidad de crear un espacio de hospitalización para pacientes covid agudos críticos, es decir una UCI polivalente con posterior transformación a Área Quirúrgica con 14 quirófanos, también se prevé el crecimiento en altura de nuevas plantas de hospitalización de pacientes agudos.

La recolección de información fue mediante entrevistas, visitas de obra y análisis de documentación, en la tabla a continuación (*tabla 4.1*) se indican los profesionales consultados, los mismos que pertenecen al área netamente de la ejecución del proyecto, debido a que es el enfoque del trabajo de tesis. A su vez se realizó el análisis de documentación facilitada por los agentes de los proyectos.

El objetivo de este estudio es entender los métodos innovadores utilizados para la gestión del proceso constructivo de los hospitales y cómo estos métodos permiten reducir plazos de tiempos de ejecución en construcciones de alta complejidad logrando calidad, imprescindible en proyectos hospitalarios.

PROYECTO HOSPITALARIO	RECOLECCIÓN DE DATOS	EMPRESA	CARGO
HOSPITAL UNIVERSITARI GERMANS TRIAS I PUJOL	Entrevista Visitas de obra	ENNE GESTIÓ	DEO (Dirección de ejecución / fiscalización)
HOSPITAL GENERAL DE GRANOLLERS	Análisis de documentación	SORIGUÉ	Constructora (Coordinador Planificación LEAN-BIM)

*Tabla 4.1 Recolección de datos - Casos de estudio
 Fuente: Elaboración propia*

⁷ El CatSalut es un ente público de carácter institucional encargado del sistema de prestaciones sanitarias publicas en Cataluña, integrado en el Sistema Nacional de Salud de España, creado en 1990.

4.1 FILOSOFÍA Y METODOLOGÍA

El sistema de gestión de las obras hospitalarias se basa en los principios estudiados, y fueron establecidos en las bases del concurso, es así que se plantea la construcción de edificios polivalentes que usen sistemas constructivos industrializados y prefabricados para acortar tiempos de plazos de ejecución, con los mínimos costes, pero con la máxima calidad, para este reto se necesita la intervención y profesionalidad de todos los involucrados y la extensa participación dinámica para la aceptación y aprobación del CatSalut.

De acuerdo a estas características de construcción se indica que toda la gestión del proyecto, es decir, el diseño, construcción y dirección de ejecución se realicen bajo el enfoque de Lean Construction, se use BIM para el modelado y basándose en el trabajo colaborativo con una orientación IPD. Lo que se busca es crear nuevas relaciones y dinámicas que permitan cumplir con estos ambiciosos objetivos.

4.1.1 Sistemas IPD

Debido a las necesidades del Sistema de Salud, hace que se apueste por una manera diferente de llevar a cabo la construcción de este tipo de edificaciones, basado en los sistemas integrados y colaborativos de la gestión de proyectos, contratación y entrega. Por lo cual se debe cumplir con Sistemas IPD, los agentes que intervienen en el proyecto son:

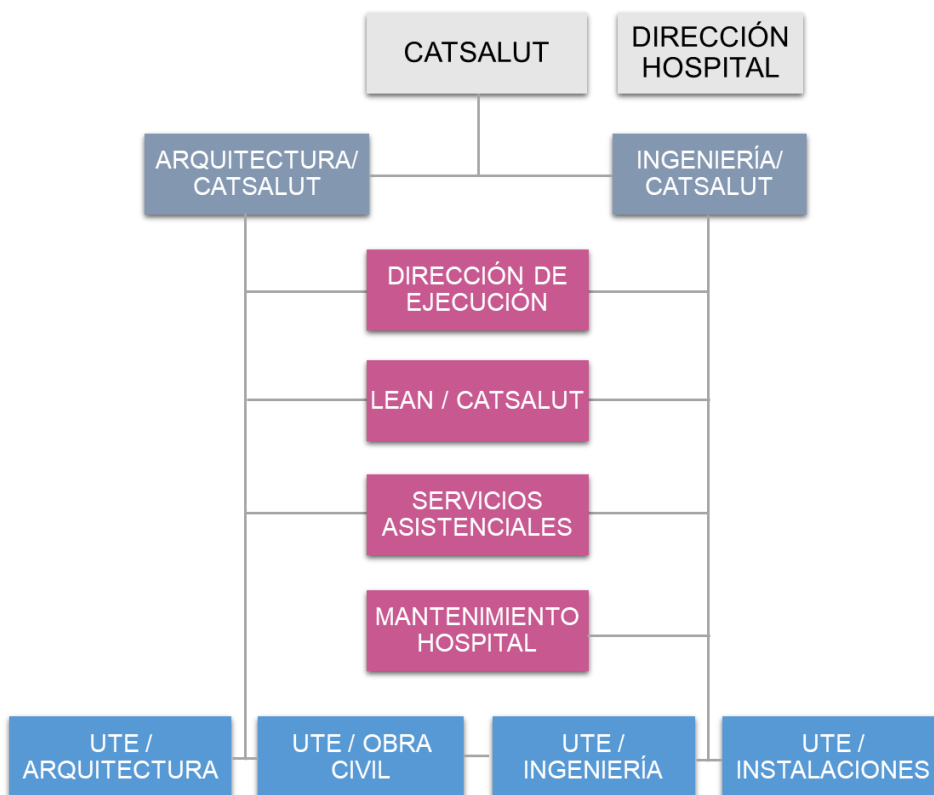


Gráfico 4.1 Organigrama Sistema IPD
Fuente: CatSalut. Elaboración: propia

El objetivo de estos equipos multidisciplinarios es optimizar el proceso de diseño y construcción, evitando el proceso fragmentado representado en la siguiente imagen:

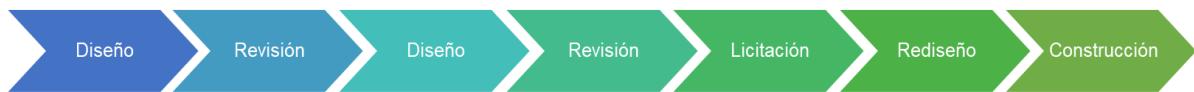


Gráfico 4.2 Proceso fragmentado de contratación
Fuente: Elaboración propia



Gráfico 4.3 Proceso colaborativo de contratación
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 BIM: para modelado y diseño

En el contrato también se incluye la redacción del proyecto técnico, básico y ejecutivo que incluya obra civil e ingenierías, se debe desarrollar el modelo en formato BIM, controlar la detección de conflictos de diseño y de constructibilidad, así como la elaboración de planos de detalle o esquemas solicitados para la correcta ejecución, el modelo es usado como herramienta en la construcción, para la programación y producción, seguimiento y control.

Una vez finalizadas las obras se debe entregar la documentación as-built para lo cual la contratante establece una serie de documentos a incluirse como mínimo, entre ellos el modelo final construido arquitectónico y de instalaciones, todos los planos y cálculos ajustados a la ejecución final de obra.

Para el control de calidad, los certificados de garantía y los resultados de ensayos y pruebas realizadas, así como las fichas técnicas de los materiales instalados; para el posterior mantenimiento, manuales de instalación, de usuario y de mantenimiento, lista de proveedores.

4.1.3 Lean Construction

Aplicación de la filosofía Lean Construction como sistema de gestión, planificación de los procesos tanto del diseño como de la construcción (organización y ejecución) y del seguimiento.

Se da una planificación conjunta en donde interviene cada subcontratista, se trabaja para identificar las restricciones y dar respuesta de forma inmediata y colaborativa. Y lo más importante se vela para mejorar el ambiente de trabajo a través de la confianza y el compromiso.

Además, se menciona en los pliegos que los licitadores obtendrán una mayor valoración por usar la metodología Lean Construction no solamente en la planificación de la obra, si no también que puedan aplicarla en la gestión de la producción y en el espacio de trabajo, esto para mejorar el seguimiento de la calidad y la seguridad y salud en obra.

4.2 GESTIÓN Y HERRAMIENTAS

4.2.1 Last Planner

Basados en la metodología de LPS, dentro de los pliegos de Prescripciones Técnicas se plantea el siguiente diagrama de flujo para la planificación de la construcción de los hospitales:

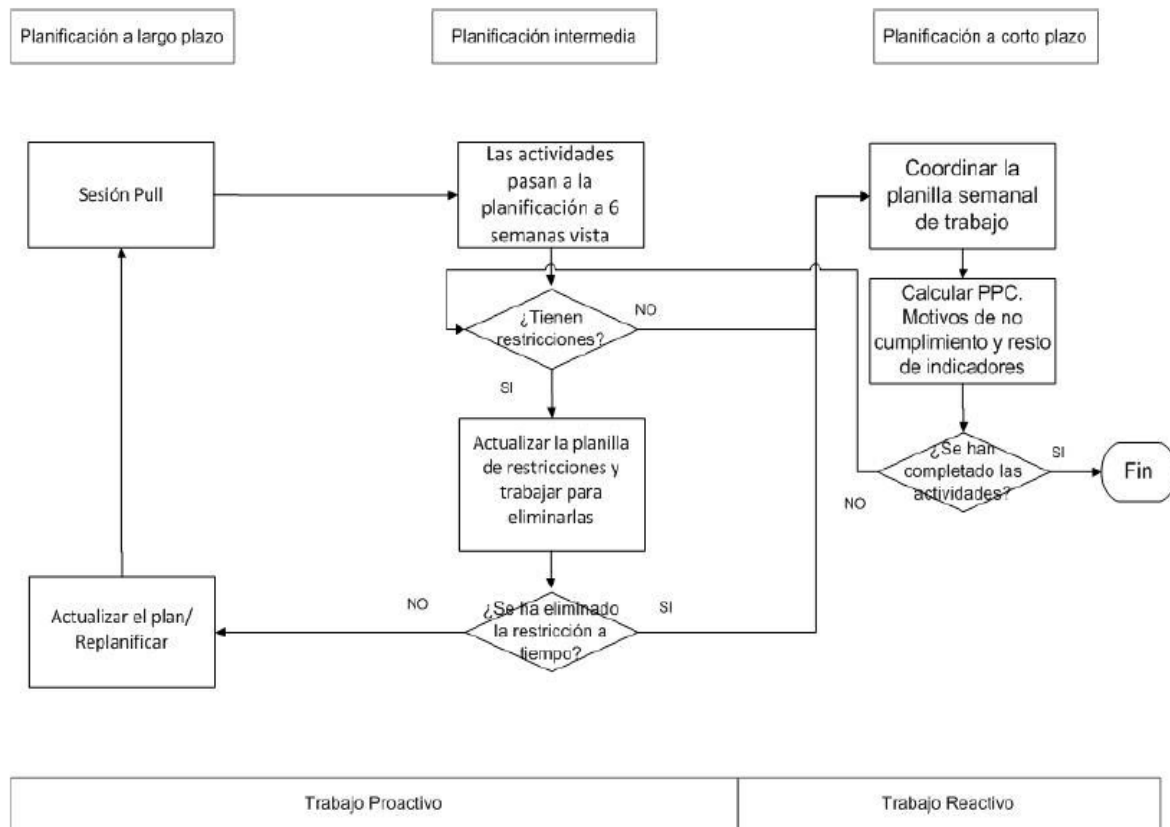


Gráfico 4.4 Diagrama de flujo del sistema LPS
Fuente: Pliego de Prescripciones Técnicas, CatSalut.

Indicadores

Los indicadores son reportados por parte del jefe de obra, a través de la plataforma destinada para ello, de acuerdo a la evolución de la ejecución. Algunos ejemplos de indicadores:

Seguimiento de obra	porcentaje de plan cumplido (semanalmente)
Anticipación de problemas	número de restricciones abiertas y cerradas
Propuestas de mejora	porcentaje causas de no cumplimiento

Seguimiento de Producción	porcentaje de tareas incluidas en el plan semanal respecto a las definidas en el plan a medio plazo
Reacción frente a imprevistos	número de tareas anticipadas del plan B
Productividad	porcentaje de días de producción realizados frente a los días previstos
Gestión de recursos	Evolución del número de personas en obra global y por industrial a medio plazo
Uso de recursos críticos	Gestión de medios auxiliares de las tareas a medio plazo
Gestión de calidad	Tareas no aceptadas

Tabla 4.2 Indicadores de seguimiento LPS
Fuente: Propuesta Técnica LOT2 Hospital Germans Trias i Pujol. Elaboración: propia

4.2.2 Gestión de la información

Se presenta la estructura de las reuniones y se establecen niveles para el flujo de la información:

N0: Reunión para el control de proyecto (seguimiento de indicadores, eliminación de restricciones)

N1: Reunión de dirección de obra (validaciones, control de planificación y costos)

N2: Coordinación interna UTE⁸, constructora, consorcio, etc. (estrategia, coordinación del desarrollo del proyecto)

N3: Reunión de ejecución con contratistas (coordinación de producción)

N4: Reunión diaria a pie de obra (coordinación de trabajos en obra)

Validaciones

Las validaciones se dan de acuerdo a una secuencia de aprobaciones y están definidas en qué nivel se dará paso y quienes son los responsables de ejecutarlas. Las validaciones siempre van de esquemas generales a niveles específicos, incrementándose los detalles para la toma de decisiones y que no existan confusiones o dudas una vez iniciado el proceso de compra o fabricación, cumpliendo así con la especificación y calidad del producto.

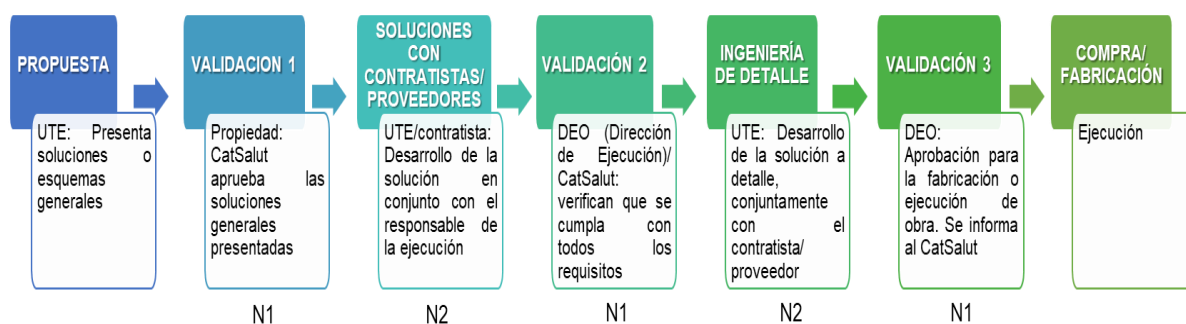


Gráfico 4.5 Esquema del proceso de validaciones
Fuente: Pliego de Prescripciones Técnicas, CatSalut. Elaboración: propia

⁸ Unión Temporal de Empresas (UTE) es un sistema utilizado en España en donde dos o más empresas se unen temporalmente para la ejecución de una obra o prestación de servicio, normalmente de gran suma.

4.2.3 Gestión de la Producción

- Técnicas 5S para la gestión de los acopios y logística de obra.
- Gestión de las adquisiciones para toda la obra siempre en correspondencia con la planificación LPS.
- Sistemas constructivos industrializados y prefabricados.

4.2.4 Gestión de la Seguridad y Salud

- Reuniones y encuentros en obra con seguimiento basado en indicadores, recogida de ideas y propuestas de mejora.
- Sistemas de gestión visual como refuerzo para el cumplimiento.
- Planes de formación al personal y experiencias de aplicación de la metodología.

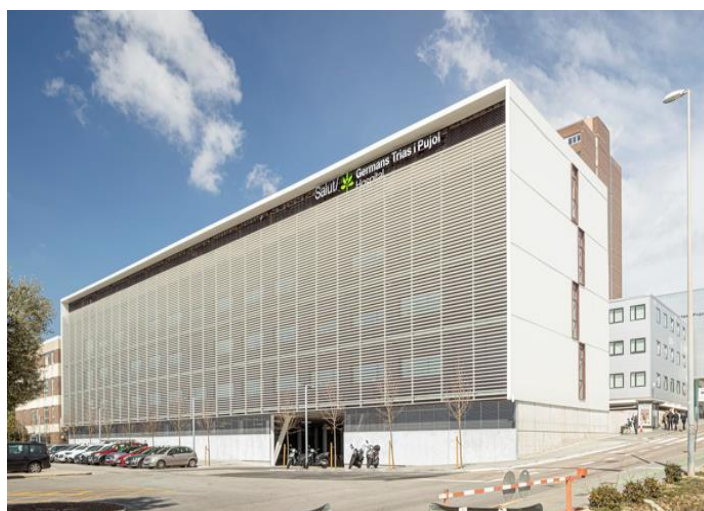
4.3 CASO DE ESTUDIO 1: HOSPITAL UNIVERSITARI GERMANS TRIAS I PUJOL

PROYECTO	I-COVID COMPACT – Hospital Germans Trias i Pujol
Ubicación	Badalona, Barcelona
Metodología	Gestión del proyecto y construcción: Lean Construction (con LPS), IPD y modelado BIM.
Período	Septiembre 2020 – enero 2021
Superficie construida	5.402,35 m ²
Presupuesto	11.515.427,23 EUR (sin IVA)

DESCRIPCIÓN

Es un edificio de cuatro plantas construido para dar solución a la saturación del sistema sanitario debido a la pandemia, presta atención especializada a pacientes con covid-19, se emplaza en el complejo del Hospital Universitario Germans Trias i Pujol.

Se realizó con sistemas constructivos industrializados, su módulo base es de 5x15 mts, para ocupar la menor superficie de implantación. La planta baja tiene los servicios de diagnóstico y zonas del personal, las otras tres plantas altas son para unidades de cuidados intensivos y una última planta correspondiente a instalaciones.



Fotografía 4.1 Vista del Edificio I-COVID COMPACT - Hospital Germans Trias i Pujol

Fuente: <https://www.sorigue.com/es/edificacion/equipamientos>

EJECUCIÓN

Gracias al sistema industrializado: estructura metálica y forjados prefabricados de hormigón (placas alveolares), la fabricación y colocación temprana de conductos mecánicos (*fotografía 4.2 izquierda*), la fabricación en taller de fachadas (paneles modulados con aislamiento y acabados) y su izado en obra mediante grúas (*fotografía 4.2 derecha*), permitió su construcción dentro del tiempo estipulado, además que es un edificio flexible tanto en su distribución como en la dotación de instalaciones, ya que se puede adaptar de acuerdo a las necesidades del hospital, es decir, después de la emergencia estos espacios se destinan a consultas externas o a hospitalización convencional.



Fotografía 4.2 Proceso constructivo del Edificio I-COVID COMPACT
Fuente: <https://construccionsbim21.com/blog/5-hospitales-20-semanas/>

BIM

Se designa un solo BIM Manager para la fase de proyecto y para la de ejecución de obra, que es el encargado de mantener el modelo actualizado y con la información completa, para la verificación y visualización del CatSalut mediante una plataforma colaborativa. El modelo se trabajó en Autodesk Revit con LOD400 a nivel de ejecución y a su vez se realizó el estudio de colisiones de forma periódica mediante el software Autodesk Navisworks.

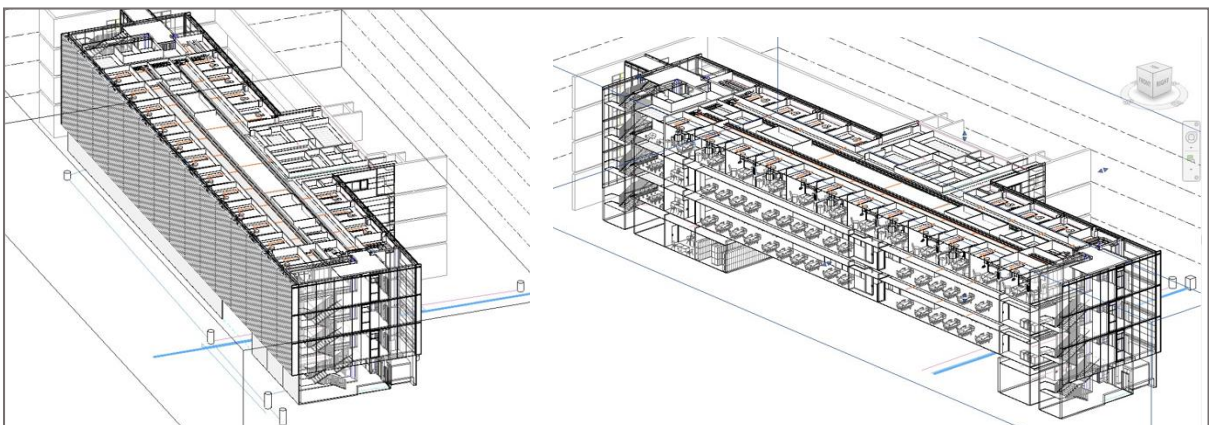


Gráfico 4.6 Vistas del modelo BIM Arquitectura – Hospital Germans Trias i Pujol
Fuente: Constructora (Coordinación LEAN-BIM)

Las ingenierías se desarrollaron con el software CYPE y se unieron en un solo modelo REVIT, en cuanto a la estructura metálica se desarrolló un modelo en TEKLA compatible con los talleres de fabricación, con esta metodología se producirían todas las piezas y métodos de unión minimizando errores en obra, la prefabricación y pre ensamblado en taller también

ayudó a prevenir discrepancias ya sea en dimensiones o detalles de ejecución obteniendo un efectivo montaje en obra.

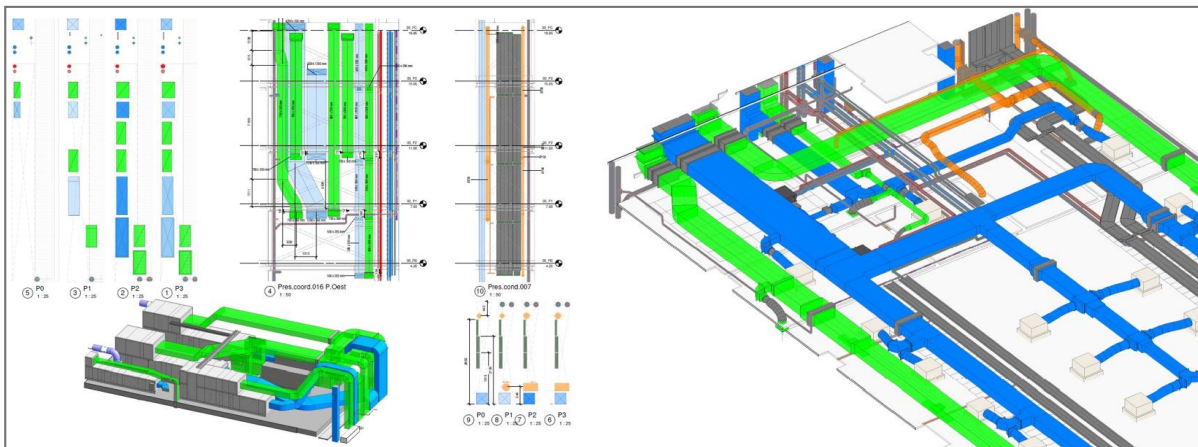


Gráfico 4.7 Vista modelo BIM MEP – Hospital Germans Trias i Pujol
Fuente: Constructora (Coordinación LEAN-BIM)

Para control de presupuesto y planificación se usó TCQ, Presto y Microsoft Project.

Todos estos softwares estrechamente relacionados garantizaron la fácil y rápida comprensión de los actores, así también se trabajó con tecnología de realidad aumentada, imágenes 3D, renders.

LEAN

La planificación para el proyecto se realizó mediante varias reuniones anticipadas al inicio de obra y periódicamente durante la ejecución:

- Primera reunión – Licitación: establecer socios y contratistas con los que se va a trabajar, planificación de la obra con sesión pull (planificación de fin a inicio) se obtiene el master plan y se desarrolla el plan de fase con actividades claras entendidas y comprometidas por los principales actores del proyecto, ajustando holguras de acuerdo al uso de ratios según rendimientos previstos, identificación de riesgos con sus respectivas soluciones (ANEXO 1), análisis de las actividades críticas que son aquellas que pueden comprometer el desarrollo normal de la obra y planteamiento de las principales compras.
- Licitación: Para la licitación y posterior ejecución los principales agentes y/o proveedores críticos (ascensores, estructura metálica y prefabricada, micropilotes, climatización, etc.) presentaron cartas de compromiso para con los trabajos y tiempos a cumplirse, siendo el objetivo el mínimo plazo posible, alcanzar la reducción de una semana.
- Post adjudicación: implantación en obra del espacio de trabajo y de reuniones, se define la metodología de seguimiento de la planificación y la gestión de la información, es decir, como se dará la toma de decisiones, niveles y validaciones, también se establecen formatos y modelos de documentación con la que se hará el control y se planifican ya las compras.

- Primera reunión de obra: Integración e interacción del equipo de obra, se definen los roles, inicio de contrataciones.
- LPS: Trasladar la planificación a la producción, en la ejecución de obra se tenía la previsión de la cantidad de trabajo y el número de trabajadores en obra por las diferentes disciplinas, de esta manera se organizaron turnos de trabajos y se tuvo control del personal activo (planificado vs real) en cada semana y zona, por motivos de producción y también para precautelar la salud con respecto al riesgo de contagio por coronavirus. Se marcó una efectiva gestión en el proceso de producción y planificación mediante el seguimiento y cuantificación del avance de obra, liberación de restricciones (ANEXO 2) y verificación del cumplimiento de la planificación, coordinación de trabajos y resolución de necesidades. Aquí se hace un compendio y análisis de los indicadores.

CONCLUSIÓN LPS

En la ejecución de la obra se llegó a la conclusión que pese a creer lo contrario, los industriales o contratistas son quienes más colaboraron y se mostraron interesados en seguir LPS para la planificación de su producción y así mantener sus equipos sabiendo distribuirlos y finalmente se sintieron integrados en todo el proceso porque eran ellos quienes planificaban y conocían todas las actividades generales a llevarse a cabo.

ANÁLISIS DE INDICADORES

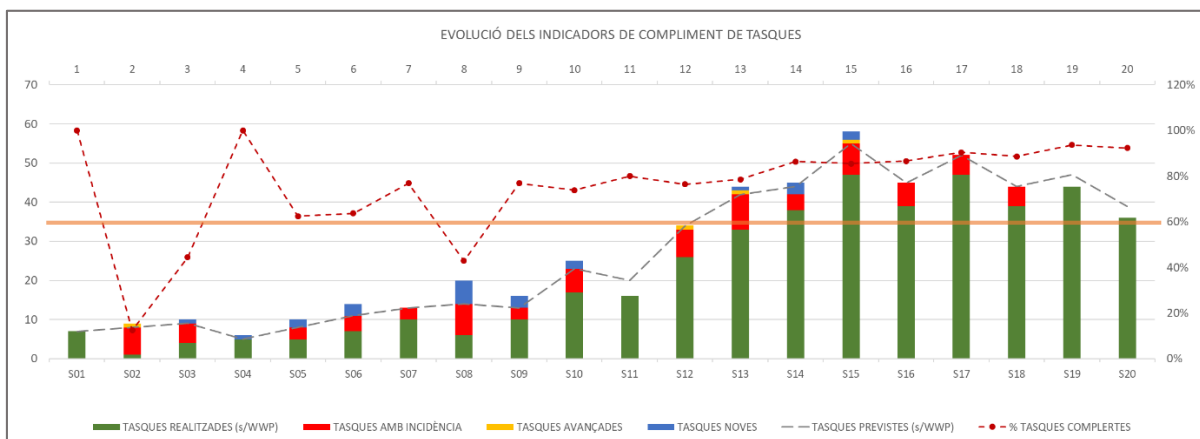


Gráfico 4.8 Evolución indicadores de cumplimiento de tareas – Hospital Germans Trias i Pujol
 Fuente: LPS Germans Trias i Pujol

En el gráfico 4.8 se observa que el porcentaje de las tareas completadas (PPC) que se encuentran bajo el 60% son las semanas 02 y 03 debido a que presentaron incidencias mayoritariamente de tipo de información y planificación como licencias de obra; y la semana 08 debido a incidencias por materiales, hubo retraso en la entrega de hierro para la conformación de viga de coronación y plintos, pese a que esta semana presenta tareas nuevas no cumple con las tareas planificadas.

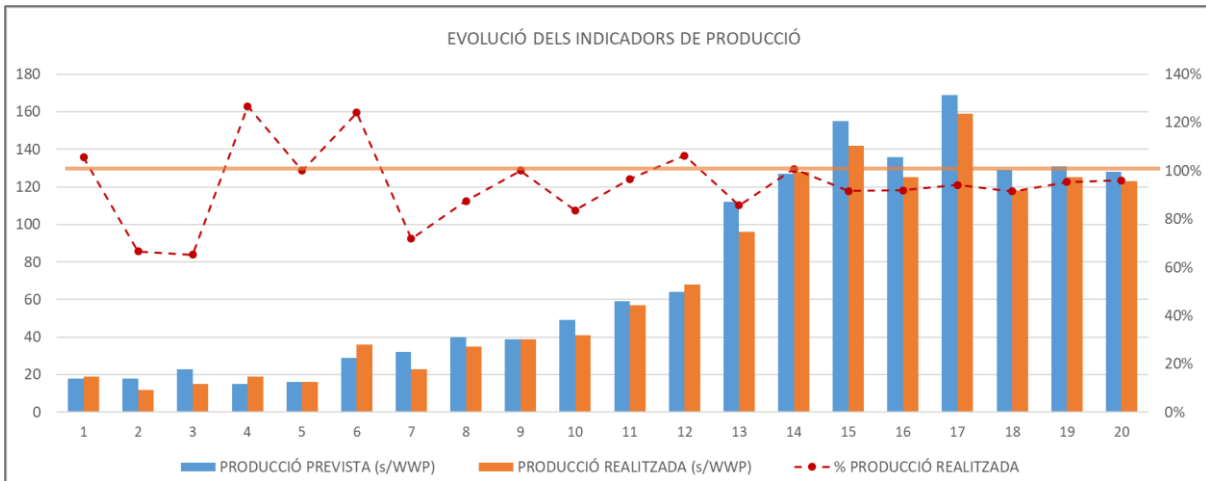


Gráfico 4.9 Evolución indicadores de producción – Hospital Germans Trias i Pujol
Fuente: LPS Germans Trias i Pujol

En el gráfico 4.9 se indica la evolución de la producción a lo largo del desarrollo del proyecto, se puede evidenciar que hay un grado de cumplimiento homogéneo de la producción prevista vs la producción realizada a partir de la semana 13, pero también muestra una cercanía desde la semana 08 en adelante, estableciéndose sobre un 90% de producción realizada.

En las semanas 04 y 06 se observa que la producción realizada claramente supera la producción prevista; en la semana 04 la producción tomó un día adicional en abrir zapatas y pozos de cimentación y se adicionaron 3 días más para repicar la cimentación de la antigua grúa, en el caso de la semana 06 se adicionan 9 días de producción destinados también a repicar la cimentación y a la ampliación de una zanja y colocación de tuberías para saneamiento pluvial.

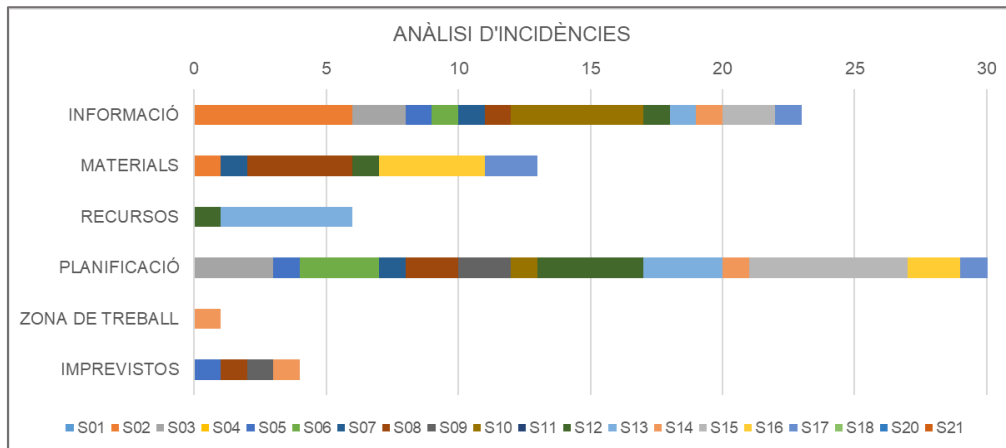


Gráfico 4.10 Análisis de incidencias – Hospital Germans Trias i Pujol
Fuente: LPS Germans Trias i Pujol

Del gráfico 4.10 se concluye que las incidencias o causas de no cumplimiento con mayor porcentaje que se repitieron durante la ejecución de obra son del tipo planificación, seguida de información y en tercer lugar por causa de materiales.

Estas incidencias tuvieron mayor repercusión en las semanas 02, por la falta de información para el inicio rápido de la obra; semana 15 por falencia en la planificación; semana 08 por falta de materiales, en este caso del hierro, pilares y vigas debido a la fabricación tardía de las mismas; y, semana 16 igualmente por materiales debido a la falta del montaje del sistema de A/AC y mecanismos eléctricos.

4.4 CASO DE ESTUDIO 2: HOSPITAL GENERAL DE GRANOLLERS

PROYECTO	Edificio Hospitalario Polivalente Hospital General de Granollers
Ubicación	Granollers, Barcelona
Metodología	Gestión del proyecto y construcción: Lean Construction (con LPS), IPD y modelado BIM
Período	Agosto 2021 – junio 2022 (en construcción)
Superficie construida	13.702,77 m ²
Presupuesto	25.052.853,82 EUR (sin IVA)

DESCRIPCIÓN

El proyecto será un nuevo edificio continuo al Hospital General de Granollers, se desarrollará en un sub suelo, planta baja y dos plantas altas. El sub suelo funcionará como conexión con el hospital existente y servirá para almacenes y vestuarios. La planta baja albergará la ampliación de Urgencias y por tanto también se conectará con el hospital. En la primera planta se construirá toda la estructura y cerramientos, sin embargo, sólo se pondrá en funcionamiento la parte destinada a atención Covid y a ampliación de la UCI estructural, este será un espacio flexible para posteriormente dar paso a un Bloque Quirúrgico, el resto de la planta funcionará en una segunda fase. La segunda planta también tendrá su estructura y cerramientos totalmente terminados, pero se finalizarán nada más accesos, núcleos de comunicación vertical, vestuarios de médicos de guardia y aquellas instalaciones necesarias para el funcionamiento del edificio, ya en una fase 3 se construirán plantas de hospitalización para pacientes agudos y además un helipuerto.



Gráfico 4.11 Vista Fase 1 – EHP Hospital General de Granollers
 Fuente: Constructora (Coordinación LEAN-BIM)



Gráfico 4.12 Vista Fase 2 y 3 – EHP Hospital General de Granollers
 Fuente: Constructora (Coordinación LEAN-BIM)

EJECUCIÓN

Se modificó el diseño original para mejorar el aprovechamiento de luz natural y la optimización de recorridos mediante la creación de patios interiores. Se plantea un sistema constructivo industrializado con pórticos de estructura metálica (*fotografía 4.3 izquierda*) y forjados con placas alveolares para ser montados en obra (*fotografía 4.3 derecha*), así como la fabricación para fachada de paneles insonorizados con acabado exterior de HPL totalmente acabados en taller para reducir tiempos de montajes, de igual manera se colocan tempranamente los conductos de aire acondicionado gracias a la prefabricación, incluidas las piezas especiales de conexión.

La estrategia de ejecución es primero realizar el edificio separado (*fotografía 4.4*), para después construir la conexión, esto debido a las condicionantes de reubicación de instalaciones entre los dos edificios, también se prevé la construcción de espacios pilotos para validar su funcionalidad y evitar cambios posteriores. El diseño cuenta con concepto de flexibilidad para adaptarse a los requerimientos del hospital de ser construido en fases.



Fotografía 4.3 Proceso constructivo - EHP Hospital General de Granollers
Fuente: Propia y Constructora (Coordinación LEAN-BIM)



Fotografía 4.4 Estado actual - EHP Hospital General de Granollers
Fuente: Constructora (Coordinación LEAN-BIM)

BIM

El modelo Arquitectura y MEP se crean con Autodesk Revit, mientras que el modelo Estructural se lo hace con ROBOT, este proceso lo gestionará conjuntamente el coordinador BIM y el coordinador de planificación, aquí se plantea un cronograma de ejecución BIM, en

donde se dispone avances semanales de los modelos que son subidos al entorno común de datos, para que al día posterior se genere el modelo federado y se haga una revisión de colisiones con Autodesk Navisworks, se utilizará el plugin Dynamo para facilitar el flujo y actualización de información de los elementos validados. Al día siguiente se tendrá una reunión de coordinación para aquellos conflictos localizados.

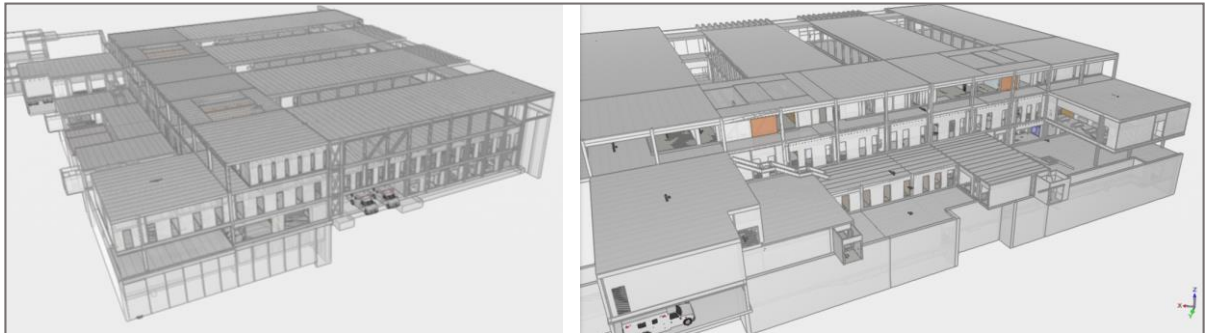


Gráfico 4.13 Vistas del modelo BIM Arquitectura - EHP Hospital General de Granollers
 Fuente: Constructora (Coordinación LEAN-BIM)

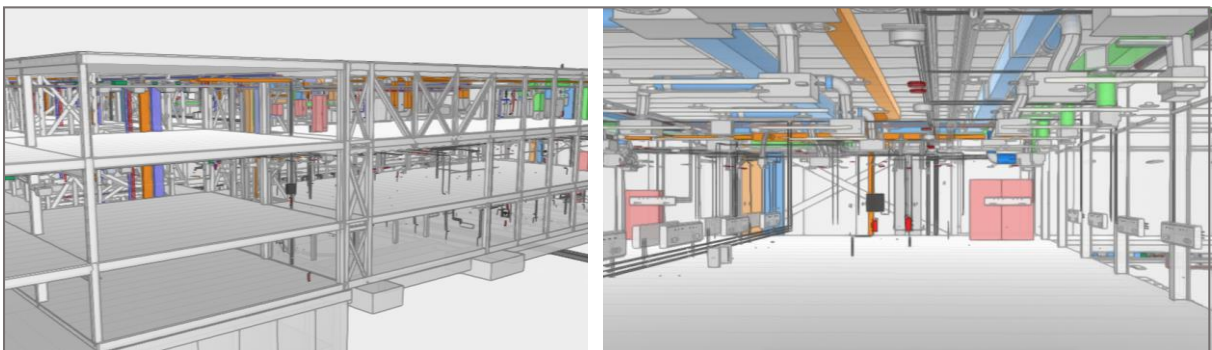


Gráfico 4.14 Vistas del modelo BIM MEP - EHP Hospital General de Granollers
 Fuente: Constructora (Coordinación LEAN-BIM)

Para vincular el modelo con la planificación se plantea una zonificación del proyecto en donde cada elemento este identificado de acuerdo a su localización y a la clasificación de GuBIMClass, a su vez se añade un parámetro de planificación para conocer el estado del mismo, por ejemplo, si no se ha iniciado o si esta ya construido.

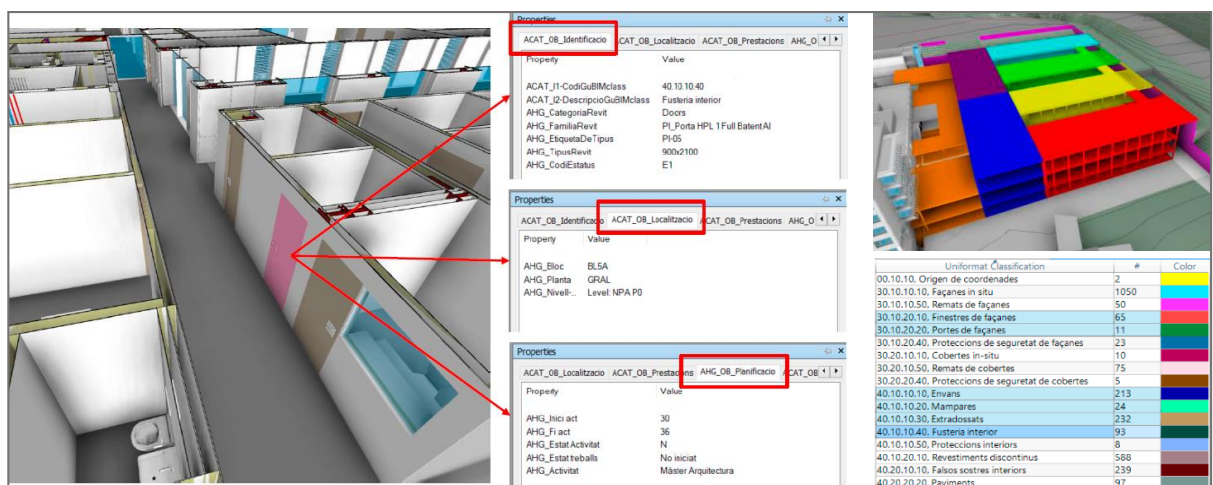


Gráfico 4.15 Estructura de información del modelo BIM - EHP Hospital General de Granollers
 Fuente: Constructora (Coordinación LEAN-BIM)

Finalmente, además de la visualización gráfica de los softwares, se propone el uso de una plataforma accesible desde cualquier navegador capaz de permitir la creación de vistas, revisiones y anotaciones del modelo, para un mejor seguimiento.

LEAN

De igual manera que el caso de estudio 1, se realizó una serie de reuniones anticipadas, de la sesión pull se estableció la planificación que contiene también la clasificación GuBIMClass (ANEXO 3), a partir de aquí se determinan los riesgos, el camino crítico y se definen los planes alternativos a llevarse a cabo para su resolución, ya que como se mencionó, el edificio se dividió en fases de ejecución debido a la afectación por instalaciones, así se planteó dejar como última fase la conexión de los dos edificios, de esta manera se pudo iniciar y avanzar normalmente mientras se gestiona los desvíos de los servicios, por ello la importancia de prever los suministros y la logística en obra tanto de los materiales, ejecución y equipos para la obra en curso, como del movimiento de tierras para esta fase.

- LPS: mayor seguimiento y control de la producción, mediante takt time de las zonas repetitivas como oficinas y habitaciones, para nivelar rendimientos.

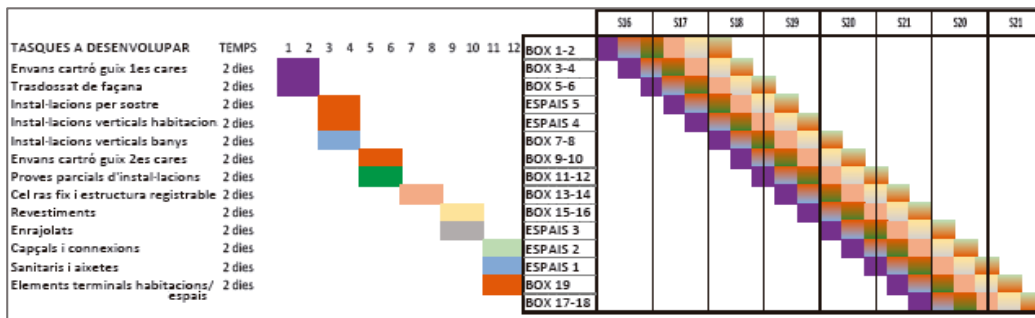


Tabla 4.3 Takt time presentado en la oferta - EHP Hospital General de Granollers
Fuente: Constructora (Coordinación LEAN-BIM)

El seguimiento de las principales actividades y respectivas compras se las realiza de acuerdo a las validaciones en los niveles establecidos de reuniones (N1, N2, N3), para la gestión de adquisiciones es necesario llevar un control indicando tiempo de fabricación, fecha de inicio de ejecución o puesta en obra, para ello, anteriormente se debe marcar la fecha de definición o resolución (claridad de producto y proceso) y fecha límite de pedido.

Se da seguimiento semanal a la planificación y evolución de obra con base en el análisis de indicadores, focalizando esfuerzos en identificar y reajustar los trabajos en caso de desviaciones, aumentar la mano de obra en las zonas identificadas y mantener el flujo de ejecución, todo esto representado visualmente en la Sala Big Room/Obeya (ANEXO 4) para que todo el personal conozca el desarrollo del proyecto.

ANÁLISIS DE INDICADORES

Debido a que la obra en este momento está en construcción, se hace un análisis de los indicadores a fecha actual, siendo la semana 24 de ejecución de obra comprendida del 7 al 13 de febrero.

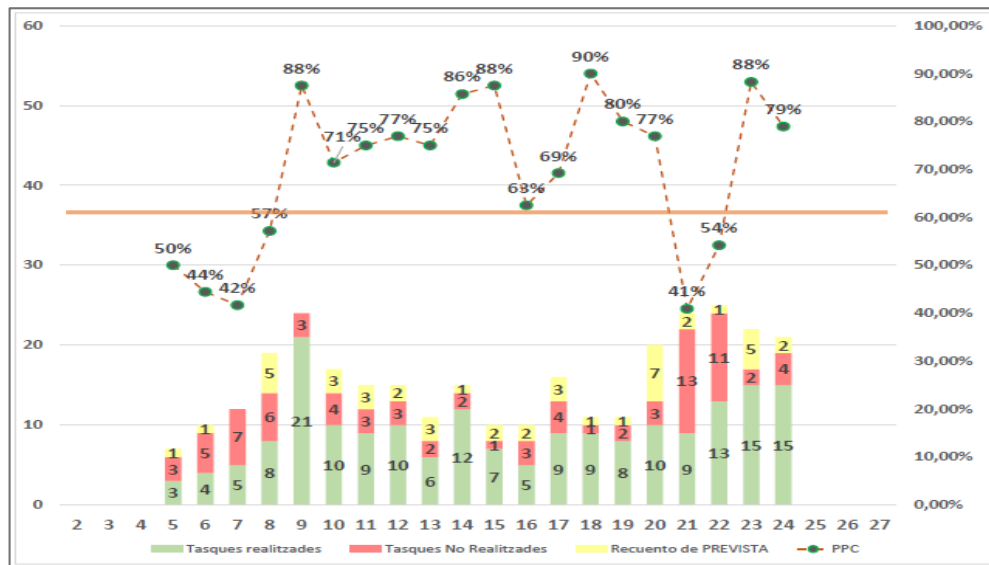


Gráfico 4.16 Evolución indicadores de cumplimiento de tareas - EHP Hospital General de Granollers
Fuente: LPS EHP Hospital General de Granollers

En el gráfico 4.16 se evidencia la evolución del PPC, en donde existen semanas bajo el 60% correspondientes a las de inicio de obra (hasta la semana 08) y a las semanas 21 y 22, esto debido a la presentación de incidencias de tipo información y planificación, ya que actividades como las pantallas duraron más de lo previsto y no se cumplió con la condición de satisfacción, así también hubo incidencias de climatología que ocasionaron retrasos en el montaje de la estructura metálica de los bloques 1 y 2 por imprevistos en la ejecución de cimientos.

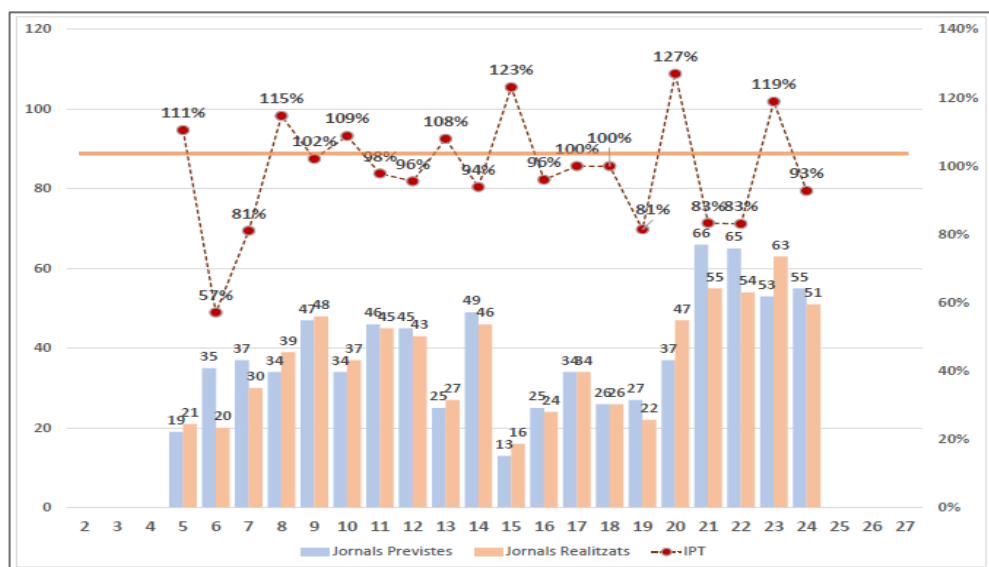


Gráfico 4.17 Evolución indicadores de producción – EHP Hospital General de Granollers
Fuente: LPS EHP Hospital General de Granollers

El gráfico 4.17 corresponde a la evolución de la producción a lo largo de estas semanas, se refleja un cumplimiento apegado a lo programado, aunque con varias semanas con picos más altos de producción, pero generalmente existe una homogeneidad. Los picos en la producción se dan por actividades que tomaron mayor tiempo de ejecución que el previsto y por aquellas posibles de realizar del plan B, que por incidencias climatológicas se llevaron a cabo.

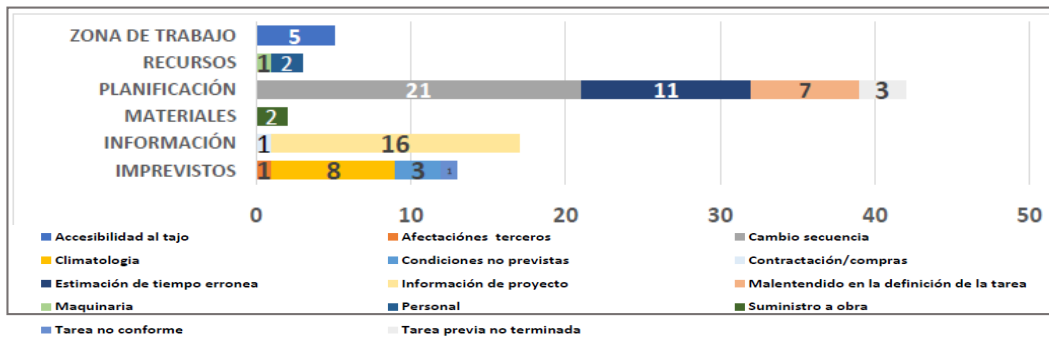


Gráfico 4.18 Análisis de incidencias – EHP Hospital General de Granollers
Fuente: LPS EHP Hospital General de Granollers

El gráfico 4.18 indica las causas de no cumplimiento, repitiéndose en su mayoría las de tipo planificación (cambio secuencia, estimación de tiempo errónea, malentendido en la definición de la tarea y tarea previa no terminada), seguida de información (información de proyecto y contratación/compras) y en tercer lugar por imprevistos (climatología, condiciones no previstas, afectación a terceros y tarea no conforme).

Se aplicó el diagrama de Pareto (gráfico 4.19) para identificar aquellas incidencias que tienen mayor repercusión y definir un plan de actuación y mejora sobre las mismas.

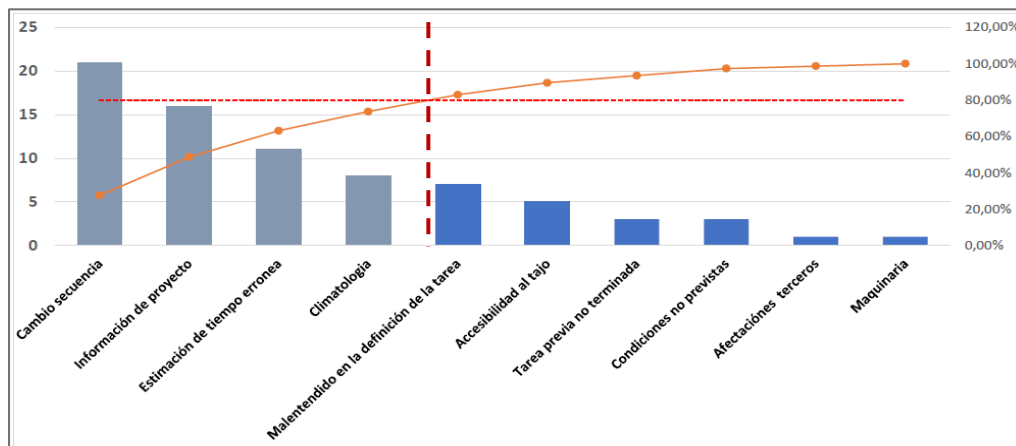


Gráfico 4.19 Diagrama de Pareto – EHP Hospital General de Granollers
Fuente: LPS EHP Hospital General de Granollers

4.5 RESULTADOS OBTENIDOS

Se realizó el análisis de los casos de estudio, en cada uno se indicó sus características principales, una breve descripción del programa funcional y los sistemas constructivos empleados. Ya en materia de investigación se detallan las metodologías BIM y LEAN usadas en la construcción y se exponen a continuación los beneficios encontrados con su uso.

Los dos proyectos son de similares características en cuanto a sistemas constructivos se trata, los dos usan la prefabricación en su estructura y en fachadas, aunque en el Hospital General de Granollers se proponen paneles totalmente terminados para solo ser montados en obra, en su lugar el I-COVID Compact ensambló parte de los paneles en obra. En relación de áreas el segundo caso de estudio es casi el doble, por ello su presupuesto y tiempo de ejecución. Las áreas especializadas varían de acuerdo a las necesidades por lo cual se menciona el número de camas que estarían habilitadas para dar abastecimiento ante una emergencia. En

el I-COVID Compact no se plantean áreas especializadas adicionales ya que este responde a una demanda en concreto, mientras que en el Hospital de Granollers se plantean para una segunda y tercera fase.

CARACTERÍSTICAS		
HOSPITAL	I-COVID COMPACT Hospital Germans Trias i Pujol	Edificio Hospitalario Polivalente Hospital General de Granollers
Superficie construida	5.402,35 m ²	13.702,77 m ²
Presupuesto	11.515.427,23 EUR (sin IVA)	25.052.853,82 EUR (sin IVA)
Tiempo de ejecución	22 SEMANAS	43 SEMANAS
Fecha de ejecución	Septiembre 2020 – enero 2021	Agosto 2021 – junio 2022
Nº de camas	88 camas UCI POLIVALENTE COVID 20 camas UCI ESTRUCTURAL	22 camas UCI POLIVALENTE 12 camas UCI ESTRUCTURAL 68 BOXES
Áreas especializadas		Urgencias
Sistema constructivo	Industrializado: estructura metálica con forjados de hormigón prefabricados (placas alveolares)	Industrializado: pórticos metálicos con forjados de hormigón prefabricados (placas alveolares)

Tabla 4.4 Comparativo de características - Casos de estudio
 Fuente: Elaboración Propia

COMPARATIVO BIM

COMPARATIVO BIM		
HOSPITAL	I-COVID COMPACT Hospital Germans Trias i Pujol	Edificio Hospitalario Polivalente Hospital General de Granollers
Figura/encargado	Bim Manager	Coordinador BIM Coordinador de Planificación
Softwares	Autodesk Revit Autodesk Navisworks CYPE TEKLA	Autodesk Revit Autodesk Navisworks ROBOT Dynamo
Gestión información	Entorno común de datos	Entorno común de datos
Gestión calidad	QC modelos Revit - BIMcollab Zoom Reuniones validaciones	QC modelos Revit - BIMcollab Zoom Reuniones validaciones Plataforma digital Trimble Connect
Visualización	Modelo: seguimiento virtual Renders, imágenes Realidad aumentada	Modelo: seguimiento virtual Renders, imágenes. Realidad aumentada Plataforma digital Trimble Connect
Control de costes	TCQ, Presto	TCQ, Presto
Planificación	Microsoft Project Autodesk Navisworks	Microsoft Project Autodesk Navisworks Clasificación GuBIMClass Parámetros de localización Parámetros de Estado
Ejecución	Simulación de procesos constructivos Seguimiento general de la obra Generación de detalles Mediciones Listados y tablas de elementos	

Tabla 4.5 Comparativo BIM - Casos de estudio
 Fuente: Elaboración Propia

COMPARATIVO LEAN

COMPARATIVO LEAN		
HOSPITAL	I-COVID COMPACT Hospital Germans Trías i Pujol	Edificio Hospitalario Polivalente Hospital General de Granollers
Figura/encargado	Lean Manager	Lean Manager Coordinador de Planificación
Planificación	Aplicación de Takt time Clasificación GuBIMClass	
	Reuniones Sesiones pull Master plan – plan de fases Liberación de restricciones Validaciones	
Gestión información	Toma de decisiones: niveles Comunicación de las validaciones Modelos y formatos de documentación	
Softwares	Microsoft Project Microsoft Excel	
Ejecución	Seguimiento general de la obra Análisis de Indicadores Gestión del personal Gestión de la producción Gestión de adquisiciones y logística Simulación de procesos constructivos	

Tabla 4.6 Comparativo LEAN - Casos de estudio
Fuente: Elaboración Propia

INDICADORES				
HOSPITAL	I-COVID COMPACT Hospital Germans Trías i Pujol		Edificio Hospitalario Polivalente Hospital General de Granollers	
Semana	22 (FIN)		24 (EN CONSTRUCCIÓN)	
Promedio PPC	76.48%		69.63%	
Promedio %Producción realizada	94.11%		96.89%	
Promedio %Tareas no previstas	9.07%		14.29%	
Promedio %Tareas no realizadas	-		30.37%	
Total cantidad de restricciones abiertas	-		17	
Total cantidad de restricciones cerradas	33		54	
% Causas de no cumplimiento	información de proyecto	27.71%	cambio secuencia	27.63%
	cambio secuencia	24.10%	información de proyecto	21.05%
	suministro a obra	15.66%	estimación de tiempo errónea	14.48%
	Tarea previa no terminada	13.25%	Climatología	10.52%

Tabla 4.7 Comparativo indicadores - Casos de estudio
Fuente: Elaboración Propia

5 PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE GESTIÓN LEAN – BIM PARA EMPRESAS CONSTRUCTORAS DEL SECTOR SANITARIO

5.1 SITUACIÓN ACTUAL

En Ecuador, a nivel general las empresas constructoras también se dedican al diseño del proyecto, aún más cuando son proyectos de pequeña escala, como viviendas unifamiliares, locales comerciales, etc. en el caso de construcciones de mayor tamaño como son las de tipo sanitario, se determinan los agentes a intervenir para cada fase del proyecto, siendo la empresa constructora la última en incorporarse cuando se trata de proyectos de carácter público, mientras que en proyectos privados se da una relación estrecha entre diseñadores y constructores, pero siendo en algunas ocasiones la constructora junto con la propiedad quienes definen los detalles en obra cuando no se tiene mayor especificación del diseño.

5.1.1 Funcionamiento de una Empresa Constructora

En este apartado nos centramos solamente en el funcionamiento de la empresa constructora, es decir en la fase de ejecución dentro del ciclo de vida de un proyecto edificatorio, se entiende que para esta fase los procesos de adquisición, escrituración, estudios geotécnicos y todo tipo de estudios preliminares ya están concluidos, al igual que la redacción y el diseño inicial.

Además de los procesos propios de una empresa, se detallan los que corresponden a los procesos operativos de una constructora:

- Departamento administrativo: se encarga de la presentación de licitaciones conjuntamente con el área técnica cuando se trata obtener proyectos nuevos, en proyectos en curso se encarga de trámites como permisos y licencias de construcción, contactar a contratistas y proveedores, registro de asistencia diario del personal de obra. Se responsabiliza de las adquisiciones y logística y de los pagos o liquidaciones a personal de obra y proveedores una vez que estos han sido aprobados por la dirección técnica.
- Departamento técnico: Realiza un análisis previo de cada proyecto que consta de un estudio de constructibilidad y se propone mejoras en caso de ser necesario, así como de un estudio de viabilidad económica, comprobando el presupuesto referencial y haciendo reajustes si lo amerita.
Selecciona a contratistas y proveedores, coordina las adquisiciones y logística. Efectúa la planificación y el correcto desarrollo de la construcción controlando calidad y la prevención de riesgos en obra, verifica y adopta requerimientos del cliente, seguimiento del avance y flujo económico de obra, control documental como libro de obra y memorias fotográficas. Desarrolla también el planillaje o certificaciones mensuales y hace la entrega de obra y documentación final de la misma.

Mapa de Procesos

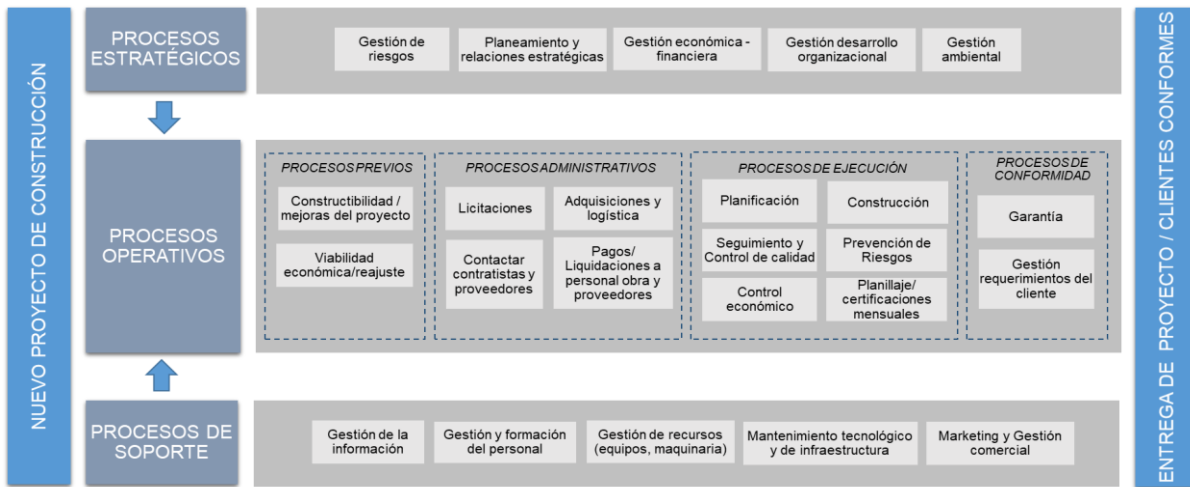


Gráfico 5.1 Mapa de procesos de una empresa constructora
Fuente: Elaboración Propia

Estructura organizativa

En el gráfico a continuación se observa la estructura organizativa típica de una constructora, esta puede variar dependiendo del tamaño de la empresa e incorporar personal fijo como responsable de PRL y agentes comerciales si también se realiza promoción del proyecto.

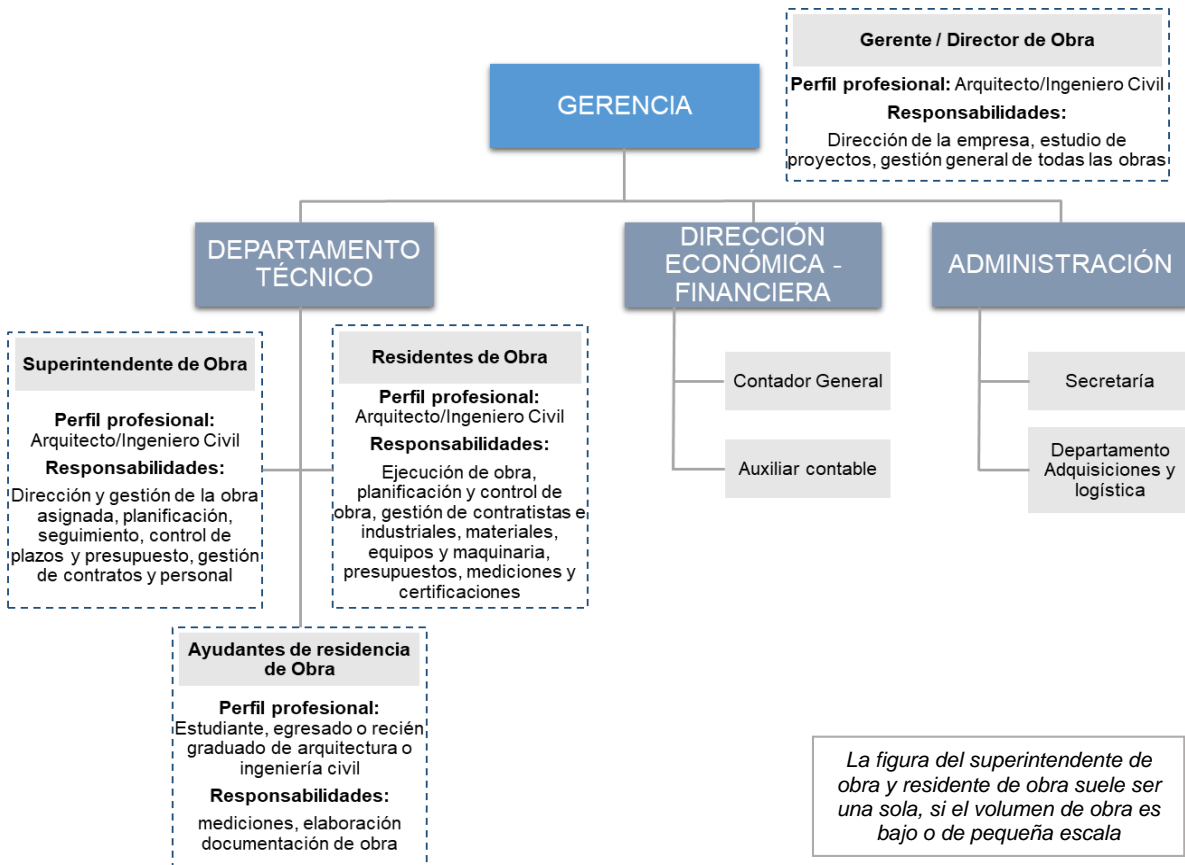


Gráfico 5.2 Estructura Organizativa de una empresa constructora
Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Dirección de Proyectos en Empresas Constructoras

En la tabla 5.1 se identifican los procesos relevantes en la dirección de proyectos que comúnmente se dan en las empresas constructoras, acorde a su estructura organizativa:

AREAS DE CONOCIMIENTO	GRUPOS DE PROCESOS DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (PMI)				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
Gestión de la Integración	Contrato: Acta de Constitución del proyecto	Desarrollar el Plan para la dirección del proyecto	Gestionar el trabajo y preparación de la obra	Monitorear y Controlar el Trabajo Control de Cambios	Entrega – recepción de obra
Gestión del alcance		Definir el alcance Crear la EDT		Validar el Alcance Controlar el Alcance	
Gestión del cronograma		Planificar la gestión del cronograma Definir las actividades Elaboración del cronograma (planning)	Ajuste del cronograma	Controlar avance según cronograma	
Gestión de costos		Estimar costos: Elaboración de APU's Determinar el presupuesto	Elaboración del cronograma valorado Planillaje/ certificaciones mensuales Realización de flujos de caja	Control de costos según cronograma valorado Revisión de costos de producción mensual	Realizar el informe económico de cumplimiento Liquidación final de obra y de contratistas.
Gestión de la Calidad		Planificar la gestión de la calidad Verificación de mediciones y EETT	Gestionar la calidad: Seguimiento del proceso constructivo	Control de calidad Realizar actas y visitas de obra	
Gestión de los Recursos		Planificar la gestión de los Recursos	Coordinación de los recursos	Monitorear y controlar los recursos	Cierre de contratos
Gestión de las Comunicaciones		Planificar la gestión de las comunicaciones	Gestionar las comunicaciones Realizar reuniones periódicas Promoción del proyecto	Monitorear el flujo óptimo de las comunicaciones	Realizar informe de culminación del proyecto Archivar documentación obtenida

Gestión de los Riesgos		Planificar la Gestión de Riesgos y su respuesta	Elaboración del Plan de Seguridad y Salud	Auditar y revisar el cumplimiento del Plan Implementación de los planes de contingencia	
Gestión de las Adquisiciones		Planificar la Gestión de las Adquisiciones	Efectuar las adquisiciones y logística	Supervisar las adquisiciones	Auditoría de adquisiciones (inventario)
Gestión de los Interesados	Identificación y categorización de los interesados	Planificar el involucramiento de los interesados	Gestionar la participación de los interesados	Confirmar el involucramiento de los interesados Validaciones del proyecto	

Tabla 5.1 Procesos en la dirección de proyectos de empresas constructoras
Fuente: Elaboración Propia

5.2 MODELO DE GESTIÓN LEAN - BIM

En este apartado se desarrolla el modelo de gestión integrado, como se ha estudiado en capítulos anteriores, la implementación de estas dos metodologías deriva en factores similares dentro de una empresa: la filosofía empresarial y el recurso humano, herramientas y tecnología; y la metodología que fusiona estos factores, por lo cual, el modelo de gestión aúna los mismos y se detallan a continuación:



Gráfico 5.3 Factores del modelo de gestión integrado
Fuente: Elaboración Propia

5.2.1 Estructura Empresarial

Como primer punto es imprescindible replantear la filosofía de la empresa direccionada a aplicar estas metodologías y que exista el compromiso del personal, así se logrará el éxito de la implementación, continuo desarrollo y mantenimiento del modelo de gestión. La empresa debe estructurar sus procesos para cambiar el modelo tradicional, por lo tanto, es importante empezar con la adaptación del mapa de procesos y que este sea socializado, el cambio se refleja en la gestión de la información que con la implementación de LEAN y BIM pasa de ser un proceso de soporte a uno operativo, que vincula los procesos administrativos y los procesos de ejecución; toma relevancia en adquisiciones y logística y la facilidad para los procesos de pagos o liquidaciones del personal y proveedores, así como los propios de la construcción, planificación, producción, seguimiento, etc.

Mapa de Procesos

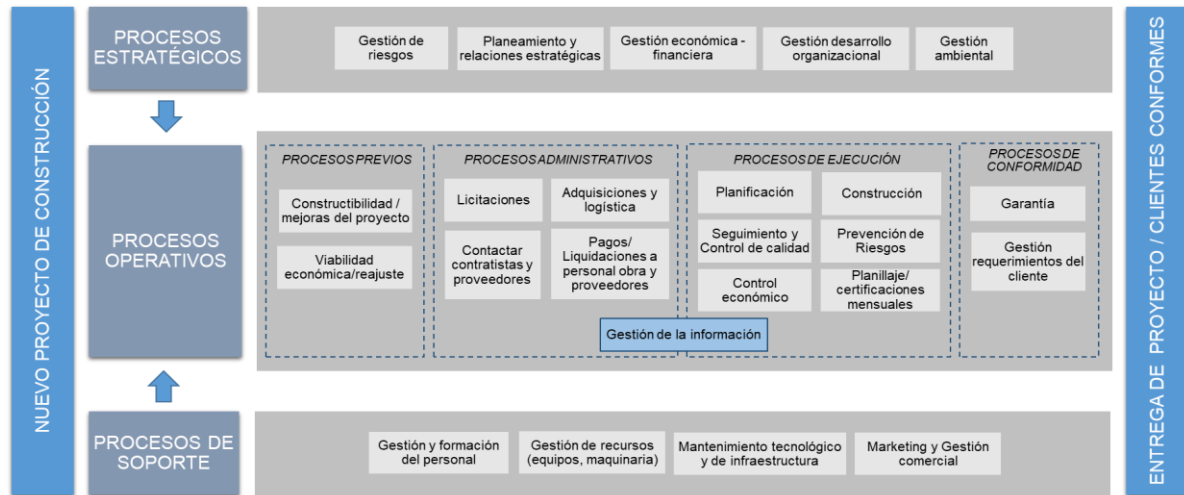


Gráfico 5.4 Mapa de procesos adaptado
 Fuente: Elaboración Propia

Estructura organizativa

Es importante mantener un ambiente colaborativo, organizado y sobre todo comprometido con el cambio, por ello aquí se implementan las figuras de Lean Manager y Coordinador Bim, que serán los encargados de adaptar y encaminar a la empresa al cambio, para que el personal mediante la formación continua llegue a la adaptación completa, posteriormente será necesario solo visitas periódicas para un seguimiento de cumplimiento y evolución de la implementación. Los mismos profesionales técnicos pueden formarse para estos perfiles.

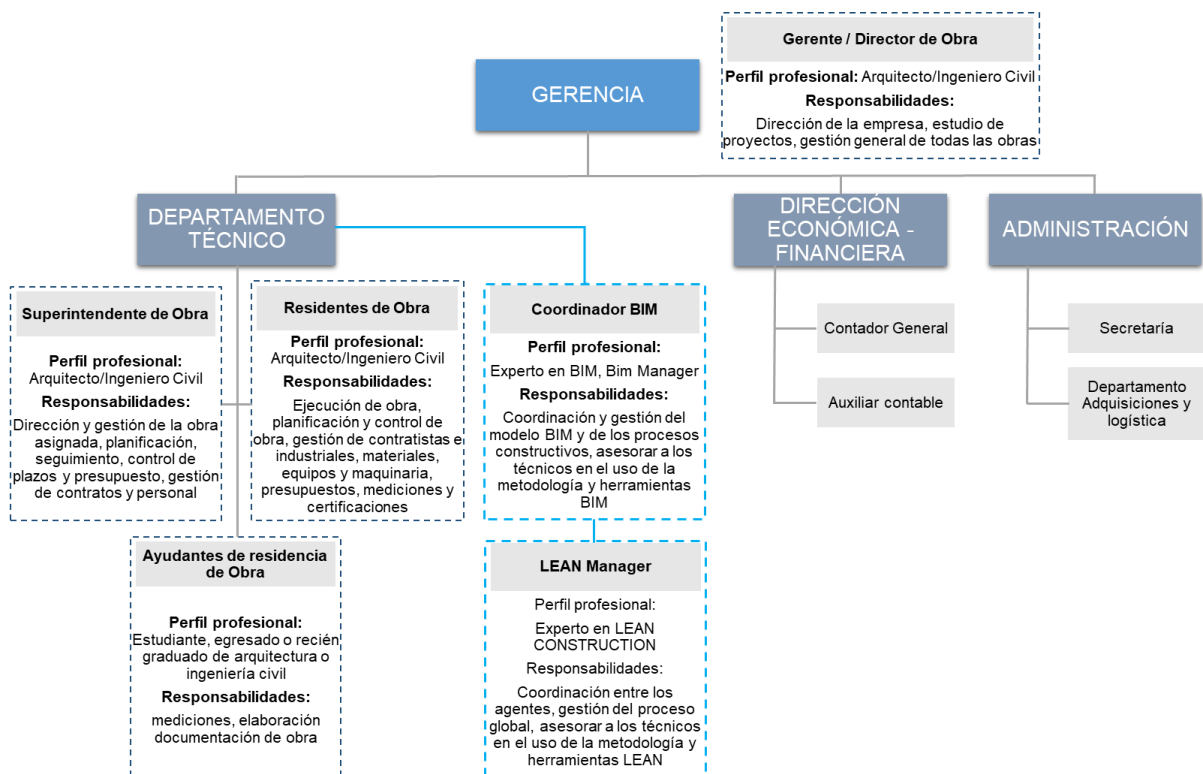


Gráfico 5.5 Estructura Organizativa adaptada
 Fuente: Elaboración Propia

5.2.2 Metodología

Se siguen los lineamientos del PMI a manera de guion para involucrar todas las áreas de conocimiento y desarrollar los procesos establecidos en la dirección de proyectos en empresas constructoras (*tabla 5.1*), aquí se establece la diferenciación para constructoras del sector sanitario. Los procesos a continuación son necesarios para la efectiva implementación, puesta en marcha y sostenimiento de una gestión basada en la optimización de la producción (LEAN) y apoyada en el uso de la innovación tecnológica (BIM) apostando por la industrialización de la edificación.

Se describen los planes por área de conocimiento agrupando los procesos de inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control y cierre, con el objetivo de describir y plantear el flujo del proceso completo en cada una de ellas.

1. GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN

1.1. DESARROLLAR EL CONTRATO – ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO

Si es un proyecto de carácter público se empieza con la adjudicación de la obra, si es de carácter privado o contratación directa, inicia con la elaboración del contrato - acta de constitución, documento que da inicio y regirá en todo el desarrollo del proyecto, contiene la descripción e información del proyecto, los agentes principales, alcance, recursos, cronograma base y presupuesto referencial, la metodología con la que se realizará la gestión y construcción, en este caso debe especificarse que será con Lean Construction (con LPS) y seguimiento con BIM, por lo cual este documento contendrá también un PRE-BEP (*ANEXO 5*) con las características generales del desarrollo del trabajo BIM, ya después, en la planificación, el equipo de diseño, directamente el BIM Manager, detallará el BEP de forma específica para su trabajo interno y lo irá actualizando y socializando según el avance del proyecto.

1.2. DESARROLLAR EL PLAN PARA LA DIRECCION DEL PROYECTO + BEP

El desarrollo del Plan para la dirección del proyecto se realiza siguiendo la metodología propuesta en este modelo de gestión como base, con la diferenciación de las características particulares que pueda tener cada proyecto, ya que agrupa los planes detallados de las áreas de conocimiento con el uso de LPS y su relación con el BIM, por lo que en la planificación también se elabora el BEP que se llevará a cabo en cada proyecto y queda incluido en este plan.

1.3. PREPARACIÓN DE LA OBRA Y GESTIONAR EL TRABAJO

Se prepara el inicio de la obra con visitas al lugar de emplazamiento y trabajos preliminares como dotaciones de servicios en funcionamiento para el abastecimiento y el montaje de casetas de obra, esto con la finalidad de que los trabajos previos queden subsanados para dar comienzo al alcance del proyecto en la fecha estipulada.

Con la documentación completa del plan de dirección y el BEP se dirige y gestiona el trabajo establecido en el plan velando su cumplimiento, se implementan los cambios que han sido aprobados, tanto en documentación como en entregables, estos cambios deben quedar registrados en el libro de obra y ser comunicados.

1.4. MONITOREAR Y CONTROLAR EL TRABAJO

Realizar el seguimiento del trabajo e informar del avance a los stakeholders, el cuándo y cómo estarán definidos en el plan de gestión de las comunicaciones.

1.5. CONTROL DE CAMBIOS

Cuando se ha solicitado algún cambio en el proyecto, ya sea por parte de la constructora, fiscalización (comúnmente en proyectos públicos) o el mismo cliente (propiedad), la solicitud queda registrada en el libro de obra e inmediatamente la constructora prevé una alternativa para ser analizada y aprobada por los agentes responsables, las validaciones se harán por secuencia y por niveles, se marcará en el cronograma usando código de color a manera de semaforización y el correspondiente identificador de validación (*Tabla 5.2*); en el modelo 3D se hará lo propio, incluir un parámetro de validación.

ID	VALIDACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
PA		Presentación de alternativa	Constructora
V1	Validación 1	Se estudia la solución presentada y se aprueba	Cliente / propiedad
DA		Desarrollo de alternativa	Constructora
V2	Validación 2	Aprobación de las características de la alternativa (requisitos solicitados)	Cliente / propiedad / Fiscalización
PD		Presentación de la solución a detalle: material, color, proveedor, stock, etc.	Constructora, Ingenierías, Contratistas
V3	Validación 3	Aprobación para la fabricación, compra o ejecución	Cliente / propiedad / Fiscalización
EJ		Ejecución, implementación de cambios	Constructora

*Tabla 5.2 Niveles de validaciones para el control de cambios
 Fuente: Elaboración Propia*

1.6. ENTREGA – RECEPCIÓN DE OBRA

Una vez que se cuente con la aceptación total del proyecto y que este cumpla con lo establecido contractualmente, se realiza la entrega – recepción de la obra y con ella la documentación completa determinada en el contrato o acta de constitución y BEP: libro del edificio con toda la información desarrollada a lo largo del proyecto, planos As-Built, certificados de calidad, manuales y modelo BIM para el uso y mantenimiento del edificio.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del plan (*Gráfico 5.6*):

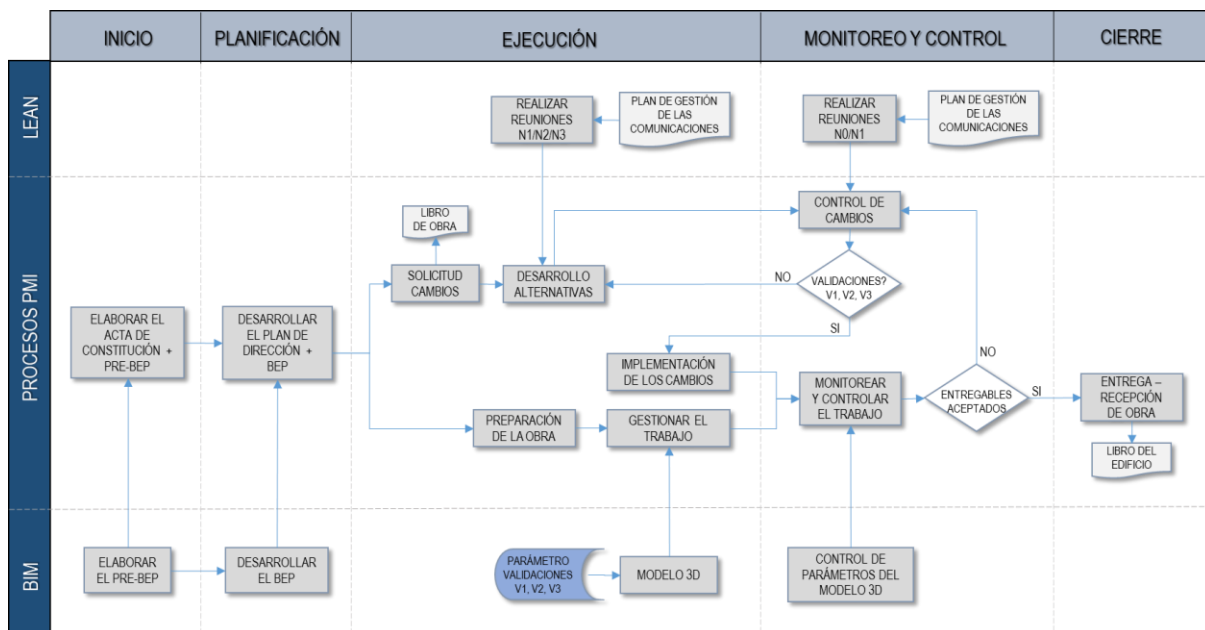


Gráfico 5.6 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de la Integración
Fuente: Elaboración Propia

2. GESTIÓN DEL ALCANCE

2.1. DEFINIR EL ALCANCE

Para definir el alcance se tiene como información preliminar el acta de constitución, contrato, el plan de dirección y el BEP, con estos documentos se hace una recopilación y análisis de los requisitos y objetivos del proyecto y las necesidades a satisfacer de los interesados. Es importante definir el valor para el cliente, ya que determinará las características del producto y el desglose de las actividades para el alcance.

En el sector sanitario, más que nada en grandes proyectos de tipo público ya se tiene un diseño inicial y un programa médico arquitectónico (PMA) que es el desglose de espacios impuestos por el Ministerio de Salud, a partir de estos se desarrolla el proyecto ajustando las necesidades específicas junto a la dirección del Hospital, clínica, centro médico, etc., en proyectos de menor escala y de tipo privado como laboratorios y consultorios, se realiza este proceso conjunto desde el inicio.

La empresa constructora por su parte, participa activamente en la toma de decisiones en cuanto a la constructibilidad que basados en su experiencia, en esta etapa puede recomendar mejoras para que se incluyan en los requisitos.

Por otro lado, con la inclusión del BIM se maneja la dimensión 3D, que se empieza con el proyecto básico de acuerdo a los objetivos BIM, como el estudio de emplazamiento, zonificaciones, estudio de volumetrías, asoleamiento, visualización inicial del proyecto completo con el nivel de detalle para apreciarse sus características y hacer una revisión del diseño en cuanto a cumplimiento de normativa y expectativas del cliente.

2.2. CREAR LA EDT

Se crea la EDT desglosando los paquetes de trabajo y sus entregables, se conforma también el diccionario de la EDT o las llamadas especificaciones técnicas que contendrán la descripción de cada entregable y se añade un identificador para clasificarlos, de esta manera se puede vincular con el modelo 3D definido en el alcance. Esta misma clasificación se puede usar en temas contables para la creación de cuentas y destinar los costos de ejecución correspondientes, así se tiene una referencia por paquete de trabajo.

2.3. PRODUCCIÓN DE ENTREGABLES

Se desarrolla el modelo arquitectónico con un nivel de detalle mayor, se elaboran los modelos de ingenierías y de estructura, los modelos tendrán ya la clasificación GuBIMClass (por ser un referente internacional de clasificación de elementos BIM) y se unifican en un modelo federado. Del listado de entregables y tablas de mediciones adquiridas del modelo se inicia la planificación de LPS, como resultado tenemos la tabla de análisis de procesos (*Tabla 5.3*), que nos da una aproximación del tiempo de ejecución del proyecto gracias al uso de ratios según rendimientos previstos de proyectos anteriores que a futuro servirán como referente de lecciones aprendidas.

ID	PROCESO CONSTRUCTIVO	DESCRIPCIÓN	ELEMENTOS PRINCIPALES	MEDICIÓN	RATIO PRODUCCIÓN	TIEMPO EJECUCIÓN

Tabla 5.3 Análisis de procesos – LPS
 Fuente: Elaboración Propia

2.4. VALIDAR EL ALCANCE

Se formaliza la aceptación de los entregables, en caso negativo se realizan los procesos de solicitud y control de cambios con sus respectivas validaciones.

2.5. CONTROLAR EL ALCANCE

Supervisar el estado del proyecto y del alcance del producto, mediante el control y coordinación del modelo, verificando las mediciones por posibles cambios realizados y ejecutando la detección de colisiones entre las disciplinas.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del plan (*Gráfico 5.7*):

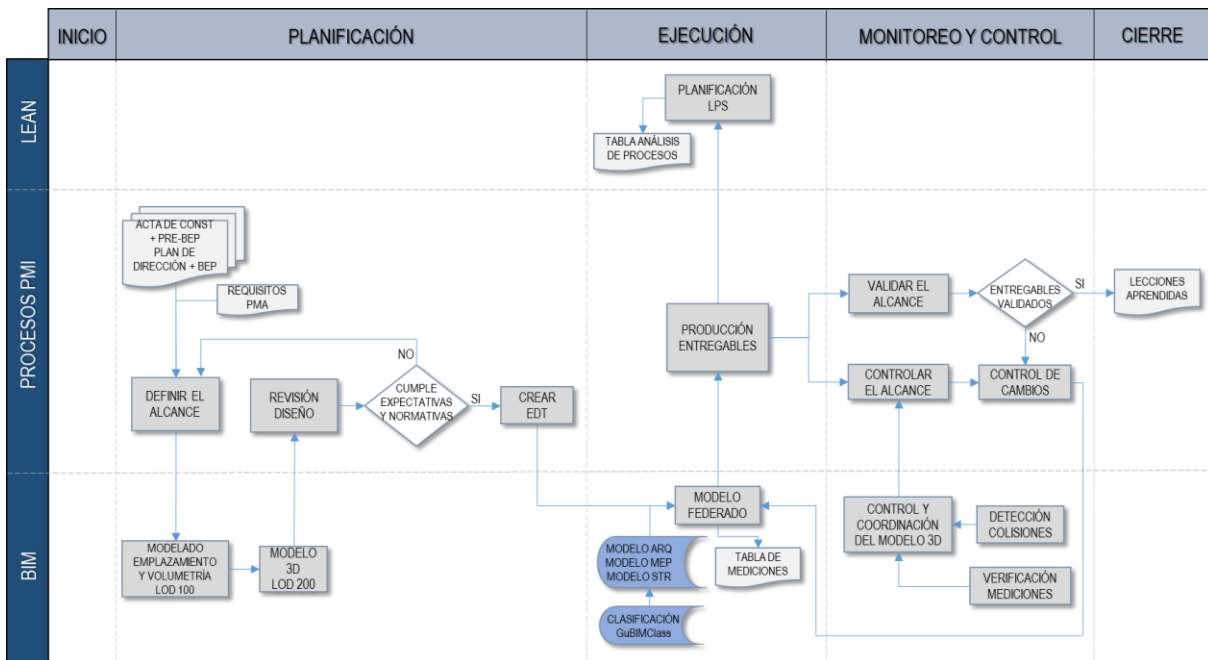


Gráfico 5.7 Diagrama de flujo del Plan de Gestión del Alcance
Fuente: Elaboración Propia

3. GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

3.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

En este proceso se define que medios y herramientas se usarán para elaborar el cronograma y que metodología se seguirá para controlar el cumplimiento de plazos. La metodología será Last Planner System iniciado con sesiones pull y monitoreado bajo su sistema de indicadores. El encargado de la planificación y coordinación será el Lean Manager con la participación del personal técnico y su debido asesoramiento.

3.2. DEFINIR Y SECUENCIAR LAS ACTIVIDADES

Se elabora el master plan (ANEXO 6) que tiene como entrada la EDT, los procesos deben ser claros y secuenciados de manera que se ajusten holguras teniendo como base los ratios proyectados en la tabla de análisis de procesos del Plan de gestión del alcance (Tabla 5.3).

Se identifican los riesgos y se prevé los suministros críticos y se asignan recursos: humanos, materiales, equipos. En este punto es importante distinguir claramente los proveedores o agentes principales y obtener un listado de los suministros críticos, ya que al ser edificaciones sanitarias el equipamiento e instalaciones demandan tiempo de fabricación que pueden llegar a alterar la planificación si no se toma en cuenta dichos tiempos.

3.3. ELABORACIÓN DEL CRONOGRAMA (PLANNING)

A partir del master plan se crea el plan de fases (ANEXO 7) ajustando los tiempos ya con las actividades detalladas, posterior se realiza el plan anticipado (ANEXO 8) de las primeras

semanas, el rango dependerá de la magnitud del proyecto sanitario, se define entre 3 a 5 semanas, se identifican las restricciones (*ANEXO 9*) que en fase de ejecución se hará el análisis y seguimiento hasta liberarlas en el margen de tiempo disponible e incluirlas en el plan semanal.

Con esta planificación se elabora el cronograma en el software Microsoft Project, el cronograma sirve de fuente de información al modelo 3D, la cual gestiona el BIM Manager incluyendo parámetros mínimos como: secuencia (identificador ID), zonificación, fecha de inicio y fin de las tareas (semana #), estado de las actividades indicando si se encuentra en ejecución (E), no iniciada (N), o finalizada (F) y el tiempo de ejecución (# de semanas o # días). Para visualizar esta información e incluir en la planificación se obtiene la siguiente tabla (*Tabla 5.4*):

ID	ACTIVIDADES	ZONA	FECHA INICIO	FECHA FIN	OBJETOS DEL MODELO	ESTADO	TIEMPO EJECUCIÓN

*Tabla 5.4 Tiempos de actividades con modelo BIM
 Fuente: Elaboración Propia*

3.4. AJUSTAR EL CRONOGRAMA

Se trasladan las actividades libres de restricciones del plan anticipado con lo que se hará en la semana, así tenemos el plan semanal (*ANEXO 10*) en el que se registrará el avance de la producción, el responsable será el residente de obra o jefe de obra.

Con la implementación del BIM, en este proceso se crea un modelo 4D que vincula el cronograma con el modelo, pudiendo realizar simulaciones de fases y ajustarnos al plazo requerido, mediante la simulación de fases.

3.5. CONTROLAR EL CRONOGRAMA

Controlar el avance de acuerdo al cronograma, mediante el análisis de indicadores, socializar los resultados en las reuniones del nivel correspondiente para tomar las medidas pertinentes, correctivas y de mejora. En caso de haber cambios, se realiza el control de cambios con sus respectivas validaciones.

Los indicadores a obtener y analizar semanalmente en cada proyecto, como mínimo serán los siguientes (*Tabla 5.5*):

INDICADORES SEMANA #	
PPC	
% Producción realizada	
% Tareas no realizadas	
# Tareas anticipadas	
# Restricciones abiertas	
# Restricciones cerradas	

Tabla 5.5 Indicadores LPS
Fuente: Elaboración Propia

De igual manera, se deberán identificar las causas de no cumplimiento y su respectivo porcentaje (Tabla 5.6), presentando las de mayor repercusión obtenidas una vez aplicado el diagrama de Pareto.

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO SEMANA #	
	%
	%
	%

Tabla 5.6 Causas de no cumplimiento (CNC)
Fuente: Elaboración Propia

Además del registro semanal de la producción (plan semanal), análisis de indicadores y causas de no cumplimiento, deberá realizarse un compendio acumulando las semanas transcurridas tanto en tablas como en gráficos para evaluar globalmente la evolución del proyecto, el responsable será el residente de obra o jefe de obra.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del plan (Gráfico 5.8):

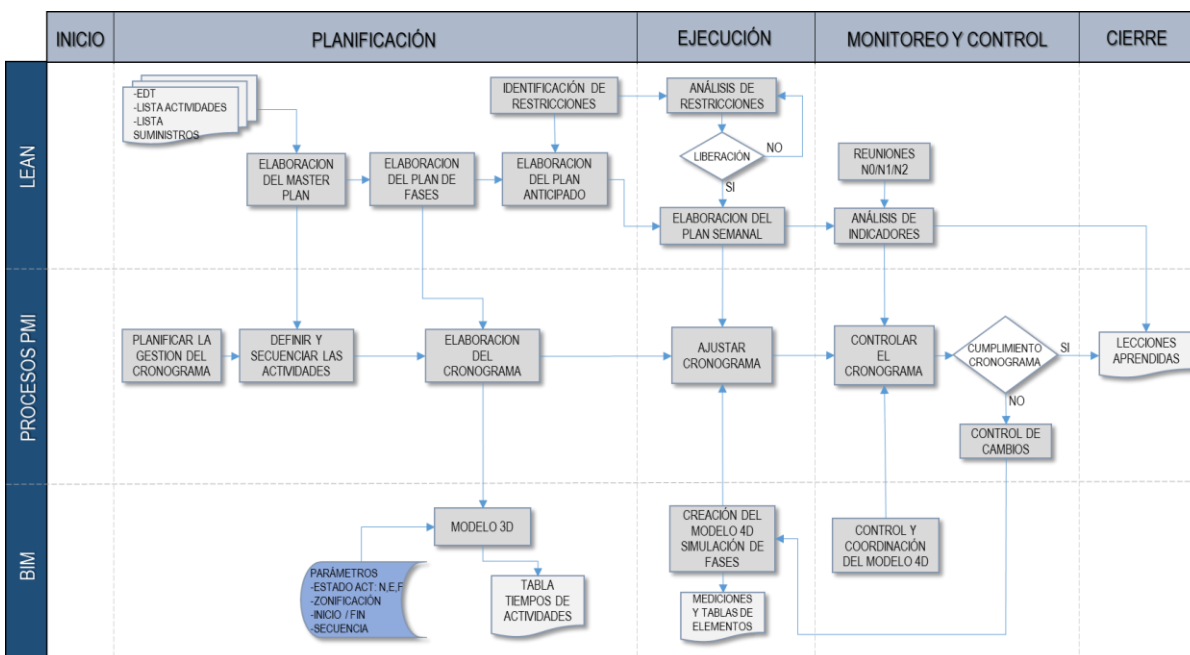


Gráfico 5.8 Diagrama de flujo del Plan de Gestión del Cronograma
Fuente: Elaboración Propia

4. GESTIÓN DE COSTOS

4.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DE COSTOS

Definir softwares con los cuales se realizará la gestión de los costos, se considera el uso de bases de precios internas, externas y precios del mercado.

4.2. ESTIMAR LOS COSTOS

Se estiman los costos de las actividades definidas en los paquetes de trabajo, propios del proyecto y adicional los costos de las actividades previas como dirección de obra, administración, controles de calidad, abastecimiento de servicios, en sí, todo lo necesario para el inicio y desarrollo de la obra.

Se elaboran los APU's (análisis de precios unitarios) y se incluyen en la base propia de la constructora aquellos que sean rubros nuevos. Con la implementación BIM se verifican que los materiales y características de los elementos cotizados correspondan a lo indicado en el modelo.

4.3. DETERMINAR EL PRESUPESTO

Se determina el presupuesto total con ayuda del modelo BIM (obtención de mediciones y cantidades de materiales) verificando que todo elemento constructivo y su descompuesto este considerado en el presupuesto.

4.4. ELABORAR EL CRONOGRAMA VALORADO

Es un compendio del cronograma con el presupuesto para la gestión económica y financiera de la obra, sirve para la realización de flujos de caja y ver mes a mes o en un periodo determinado el avance económico del proyecto, a través de elaboraciones de certificaciones o planillaje, presentadas al cliente para gestionar el cobro; y planillaje del avance de producción por contratista para emitir su pago.

El modelo Bim nos sirve para la simulación de las fases añadiendo el presupuesto, con lo cual se visualiza lo ejecutado y costos correspondientes.

4.5. CONTROL DE COSTOS

Controlar el avance del cronograma valorado, revisión de flujos de caja, certificaciones y planillaje. En caso de haber cambios, se realiza el control de cambios con sus respectivas validaciones.

4.6. LIQUIDACIÓN FINAL DE OBRA

Realizar informe económico de cumplimiento, liquidación total de los valores restantes de la obra y liquidación de contratistas.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del plan (*Gráfico 5.9*):

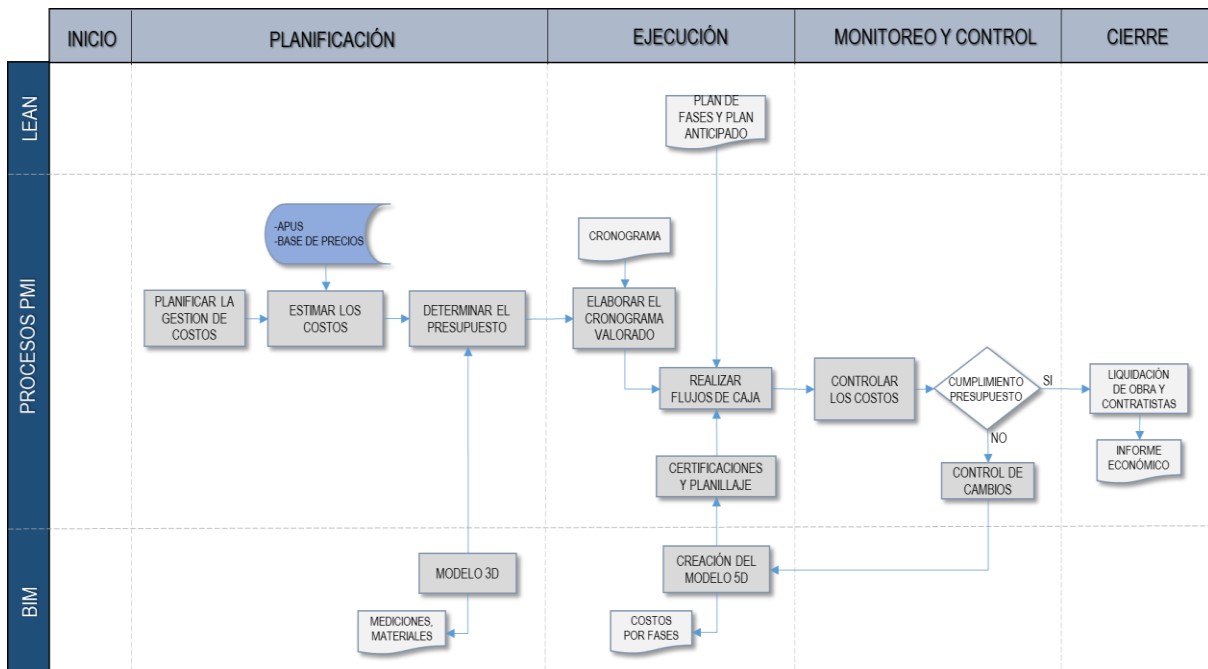


Gráfico 5.9 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de Costos
Fuente: Elaboración Propia

5. GESTIÓN DE LA CALIDAD

5.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LA CALIDAD

En este proceso se delimitan los valores de calidad, normas y especificaciones a cumplirse y procesos a mejorar, es decir la calidad depende de la gestión de todos los procesos, no solamente de la aceptación de los entregables. La gestión de la calidad tiene gran incidencia en la gestión de los costos y del cronograma, ya sea por reprocesos o no conformidades. Por tal razón se indica que un medio para el control de la calidad, será mediante los indicadores obtenidos de LPS, que nos ayudan a identificar aquellos procesos a mejorar.

El modelo Bim servirá de herramienta para verificación de mediciones y cumplimiento de especificaciones técnicas de los elementos, marcados por el nivel de detalle establecido en el BEP, que mientras mayor información disponga el modelo la fiabilidad de cumplimiento de requisitos aumenta. El uso de BIM también nos ayuda a cumplir desde el inicio del proyecto con normativas, regulaciones y estándares de calidad que vienen establecidos con mayor rigurosidad para el sector sanitario, por lo que en fase de diseño se verifica de manera temprana su cumplimiento y correctiva en caso de ser necesario.

5.2. GESTIONAR LA CALIDAD

Se realiza el programa de control de calidad, que contendrá lo establecido en el proceso anterior, es decir cómo y con qué frecuencia se llevará a cabo auditorias, establecimiento de visitas de obra para validación de entregables y seguimiento del proceso constructivo,

recopilación de fichas técnicas de los materiales empleados en obra, determinación de ensayos y resultados, compendio de indicadores, su análisis y propuestas de mejora.

Por otro lado, contendrá también el Manual de Estándares BIM, que, a más de gestionar el modelo a partir del entregado o de la información brindada por la empresa de diseño, se vincule con el cronograma y presupuesto, se realice verificaciones de mediciones, replanteos, secuencias, obtención de detalles, simulaciones constructivas, estudios de accesibilidad y visualización, que ayuden al seguimiento de la obra.

5.3. CONTROLAR DE CALIDAD

Se dará seguimiento al programa de calidad, se ejecutan las visitas a obra donde se hará una revisión del avance (informe LPS), de aspectos técnicos, observaciones, etc. Y de acuerdo a la magnitud de la obra, se ejecutarán muestras o prototipos de los espacios representativos y repetitivos, siendo estos, habitaciones de hospitalización, boxes de consultas, consultorios, para validaciones de acabados, equipamiento, distribución, etc. y verificar cumplimiento de requisitos y posibilidades de prefabricación (estudio de tiempos de fabricación y montaje).

Por último, se entregará la documentación recopilada en cuanto a certificados de calidad, garantía y manuales de uso, así como un informe de cumplimiento del programa de calidad.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del plan (Gráfico 5.10):

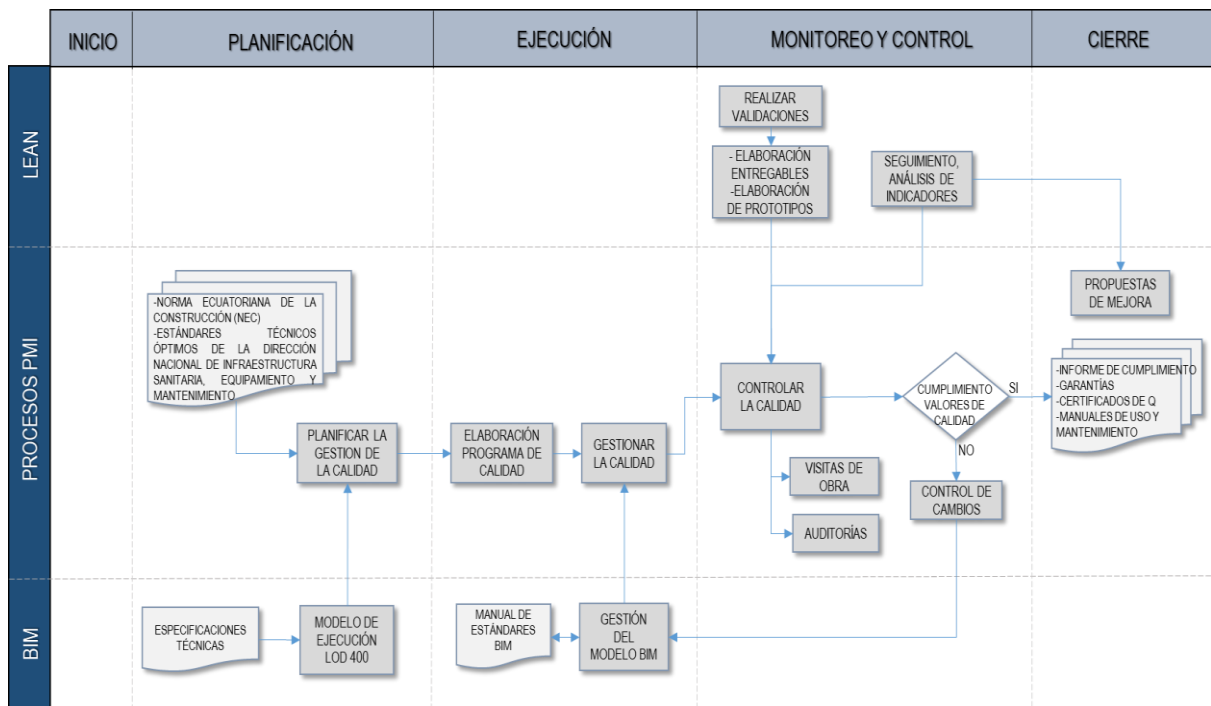


Gráfico 5.10 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de Calidad
Fuente: Elaboración Propia

6. GESTIÓN DE LOS RECURSOS

6.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS

La gestión de los recursos irá ligada a la gestión del cronograma, ya que con la aplicación de LPS, en el master plan es donde se identifican y estiman los recursos a utilizarse en el proyecto tanto físicos como humanos y en el plan de fases y plan anticipado influye la forma de gestionar tiempo y condiciones de disponibilidad de estos recursos, y a su vez en el plan semanal se hace seguimiento de la producción, es decir los recursos asignados a cada tarea. No solamente se deben gestionar los recursos propios de la construcción, sino también los necesarios para el desempeño de la administración, área contable y otros departamentos de la estructura organizativa fundamentales en la colaboración del desarrollo del proyecto constructivo.

También es importante planificar la gestión de los recursos para la implementación de Bim, para ello se crea un Manual de Estándares BIM definiendo los objetivos y la estrategia a seguir por la empresa para el desarrollo de los proyectos, el encargado será el coordinador BIM de la constructora, ya que en él definirá los equipos adicionales y softwares para el trabajo colaborativo, acoplándose a los medios de la empresa, al mercado y a los requerimientos de información. A nivel generalizado detallará la forma de gestionar el modelo, administrar e ingresar mayor información y a nivel específico de cumplir con lo establecido en el BEP de cada proyecto. También será responsable del asesoramiento del personal técnico.

6.2. GESTIÓN Y COORDINACIÓN DE LOS RECURSOS

Se adquirirá los recursos definidos en el proceso anterior, se conforma el equipo de trabajo: contratistas, personal de obra y proveedores, se coordina y dirigen las actividades para el cumplimiento de compromisos acordados. La primera reunión en obra se efectúa como actividad de complementación y entendimiento, las posteriores que realizadas diariamente a pie de obra sirven para la coordinación de los recursos de producción y conocimiento del avance del proyecto.

6.3. MONITOREAR Y CONTROLAR LOS RECURSOS

El seguimiento de los recursos de obra: contratistas, material, maquinaria, equipos, etc. será mediante LPS, asegurando su disponibilidad y previendo reasignaciones en caso de solicitudes de cambio. Se monitorea también los departamentos de gestión y administración y por su parte, el coordinador BIM verifica que la información y recursos estén disponibles para el personal técnico según lo planificado.

6.4. LIBERACIÓN DE RECURSOS

Cierre de contratos y liberación de los recursos.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del plan (*Gráfico 5.11*):

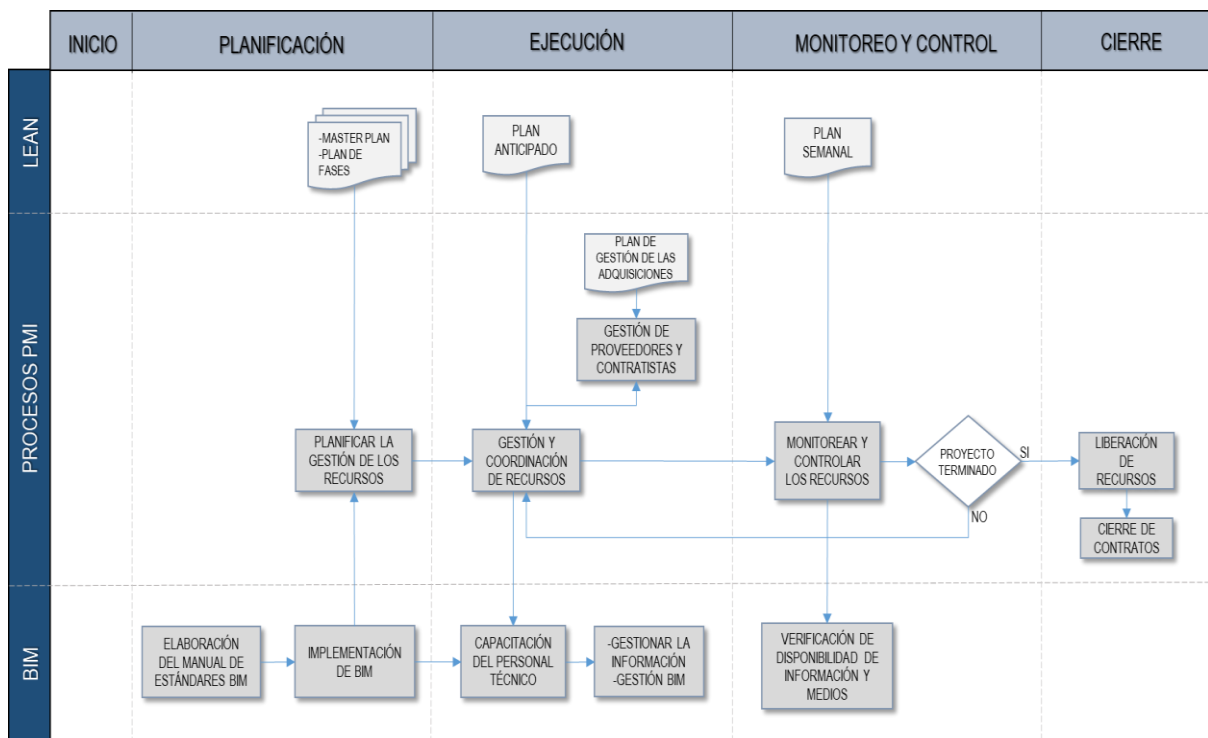


Gráfico 5.11 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de los Recursos
 Fuente: Elaboración Propia

7. GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES

7.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES

Aquí se detallan los medios y frecuencia de comunicación entre los agentes, es importante alcanzar la fluidez en el manejo de la información, ya que con la implementación de Lean y BIM, la gestión de la información es un proceso operativo de la empresa que influye directamente en el proceso constructivo, por lo cual la información debe ser eficaz, rápida y de múltiples vías, entre diseñadores, ingenierías, constructor y cliente. Se definen las plataformas de comunicación externas e internas y el árbol de carpetas de información a usarse en los proyectos (Tabla 5.7).

Así mismo el flujo de información interna debe facilitar la colaboración del personal de la empresa, es así que a más de socializar los proyectos también se trate de sesiones amenas donde se comuniquen los avances y aciertos de cada departamento, fortaleciendo la estructura de la empresa y la confianza del personal.

ÁRBOL DE CARPETAS			
DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	NOMBRES CARPETAS	CONTENIDO
00. ESTANDARES BIM			
Todos los documentos e información necesaria para el uso de la metodología BIM	Implantación y uso de BIM en los proyectos	01. PLANTILLAS	Formatos BEP, formatos de láminas para presentaciones, formatos entregables para el pack comercial.
		02. RECURSOS	Elementos comunes de los proyectos: librerías, parámetros, modelos.
		03. COORDINACIÓN	Archivos necesarios y producidos para la coordinación interna como el Manual de Estándares BIM, redacciones de actas, etc.
01. ESTANDARES LEAN			
Todos los documentos e información necesaria para el uso de la metodología LEAN	Implantación y uso de LEAN en los proyectos	01. PLANTILLAS	Formatos de LPS
		02. RECURSOS	Manual de procesos, protocolos
		03. MEJORA CONTINUA	Lecciones aprendidas, informes de proyectos referentes
02. PROYECTOS EN CURSO			
Información preliminar del proyecto y cliente, aprobaciones y tramitaciones frente a los organismos	Gestión de la información contractual	2022	
		000-XXX-PROYECTO ZZZZZZ	
		01. APROBACIONES/TRAMITES	Licencia de construcción, aprobaciones del municipio, permisos, aprobaciones de bomberos
		02. DOCUMENTOS	documentación general del proyecto: datos cliente, stakeholders, plan de dirección, acta de constitución / contrato
En proyectos donde la constructora realice también el diseño, generará el modelo y la información. En proyectos solo de ejecución de obra contendrá la información brindada por el equipo de diseño y aquella generada para el desarrollo de la obra.	Generación de información y coordinación del modelo BIM	03. BIM	
		01. BEP	Pre-BEP, BEP, actualizaciones del documento
		02. ARQUITECTURA	Información del modelo arquitectónico: RVT, DWG, IFC, tablas de elementos y cantidades
		03. ESTRUCTURA	Información del modelo estructural: RVT, DWG, IFC, tablas de elementos y cantidades
		04. INSTALACIONES	Información del modelo de instalaciones: RVT, DWG, IFC, tablas de elementos y cantidades
		05. COORDINACIÓN	Modelo federado, gestión de interferencias e informes, seguimiento del equipo técnico
Contiene la información del desarrollo del proyecto en su totalidad	Generación de información de la ejecución de obra, coordinación y seguimiento	04. DIRECCIÓN DE OBRA	
		01. PLANIFICACIÓN	Contendrá todo lo referente a LPS: master plan, plan de fases, plan anticipado, plan semanal, riesgos, suministros, restricciones, indicadores
		02. COSTOS	Presupuesto, precios unitarios, informes
		03. EJECUCIÓN	Planillaje, certificaciones, mediciones, informes
		04. COMUNICACIONES	Toda la documentación enviada o recibida entre los agentes referente a la ejecución como: actas de obra, informes parciales, solicitudes de cambio, validaciones
		05. CONTROL DE CALIDAD	Fichas técnicas de los elementos, ensayos de laboratorio
		05. GESTIÓN COMERCIAL	Información generada para la promoción y ventas
		06. DOCUMENTACIÓN FINAL	Informes finales, actas de entrega, planos as-built, garantías, libro del edificio
03. PROYECTOS CERRADOS			
Información de proyectos finalizados, una vez concluido el proyecto se pasará a esta carpeta		2021	
		000-XXX-PROYECTO ZZZZZZ	
		000-XXX-PROYECTO ZZZZZZ	
		000-XXX-PROYECTO ZZZZZZ	
		2020	
		000-XXX-PROYECTO ZZZZZZ	
		000-XXX-PROYECTO ZZZZZZ	
000-XXX-PROYECTO ZZZZZZ			

Tabla 5.7 Árbol de carpetas
Fuente: Elaboración Propia

A más del intercambio de información vía medios digitales, con la aplicación de LPS se realizarán reuniones periódicas en diferentes niveles de intervención de los agentes, se marcan objetivos claros para cada una de ellas y se define el espacio de reuniones que deberá estar equipado con medios audiovisuales para el seguimiento de la obra usando el modelo BIM para la toma de decisiones, gestión de cambios y validaciones, esto considerando que la arquitectura sanitaria al ser compleja necesita ser entendida en todas sus dimensiones; distribución, sectorizaciones, funcionamiento, etc., por tal razón se facilita la percepción visual del proyecto completo al usuario final.

En la siguiente tabla (Tabla 5.8) se indican los niveles, frecuencia y objetivo de las reuniones planteadas a lo largo del desarrollo del proyecto:

NIVEL	FRECUENCIA	LIDERA	OBJETIVO	ASISTENTES
N0	Quincenal	Lean Manager	Control de proyecto: seguimiento de indicadores, eliminación de restricciones	Cliente / propiedad Gerente constructora
N1	Semanal	Gerente constructora o fiscalización	Reunión de dirección de obra: validaciones, control de planificación y costos	Constructora, fiscalización, cliente / propiedad Lean Manager
N2	Mensual	Gerente constructora	Coordinación de estrategia: desarrollo del proyecto	Superintendente de Obra, Residente de Obra
N3	Semanal	Superintendente de Obra	Coordinación de Producción	Residente de Obra, Contratistas principales
N4	Diaria	Residente de Obra	Coordinación de trabajos en obra	Todo el personal de obra (industriales)

Tabla 5.8 Niveles de reuniones
 Fuente: Elaboración Propia

7.2. GESTIONAR LAS COMUNICACIONES

Se ejecutan las reuniones para la actualización integral de la información del proyecto según lo establecido en la planificación. Se dará a conocer todas las novedades del avance del proyecto y se entregará el informe de LPS conteniendo:

- el plan semanal con el registro de lo realizado
- análisis de indicadores semanal y acumulativo (tablas y gráficos)
- tabla actualizada con el registro de restricciones
- el estado de los cambios solicitados con sus respectivas validaciones
- planificación prevista para la semana siguiente
- áreas de actuación
- tabla actualizada con el registro de los suministros

Con periodicidad mensual se elaborará el informe económico conteniendo: el cronograma valorado con el porcentaje de avance económico mensual y acumulado, proyección de gastos y cobros para el siguiente mes, también un informe general de la obra con lo referente al cumplimiento de planes de seguridad y salud y de control de calidad, etc.

Adicional, en los casos de proyectos privados en donde también se realiza la promoción (indicado en el BEP como objetivo BIM) se gestionará la parte comercial tanto para etapas tempranas como publicidad y ventas, así como para la de construcción. Para establecer una relación dinámica con el cliente, las reuniones servirán para la coordinación, recepción de entregables BIM y seguimiento de reservas y ventas, por ejemplo, en proyectos de consultorios en un complejo hospitalario.

Se utilizará el siguiente formato para la gestión de los entregables (Tabla 5.9):

LISTADO DE ENTREGABLES – PACK COMERCIAL					
FASE DE PROYECTO	DESCRIPCIÓN	FORMATO DE ENTREGA	MEDIO DE ENTREGA	CÓDIGO ENTREGABLE	FECHA DE ENTREGA

Tabla 5.9 Listado de entregables - pack comercial
Fuente: Elaboración Propia

7.3. MONITOREAR LAS COMUNICACIONES

Supervisar que se cumpla con el flujo óptimo y oportuno de la información y se dé cumplimiento a todo lo establecido en el plan de comunicaciones.

7.4. INFORME DE CULMINACIÓN

Como último proceso se realiza el informe de culminación del proyecto, ya sean las actas de recepción provisional o definitiva y se archiva la documentación obtenida como base para futuros proyectos.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del plan (Gráfico 5.12):

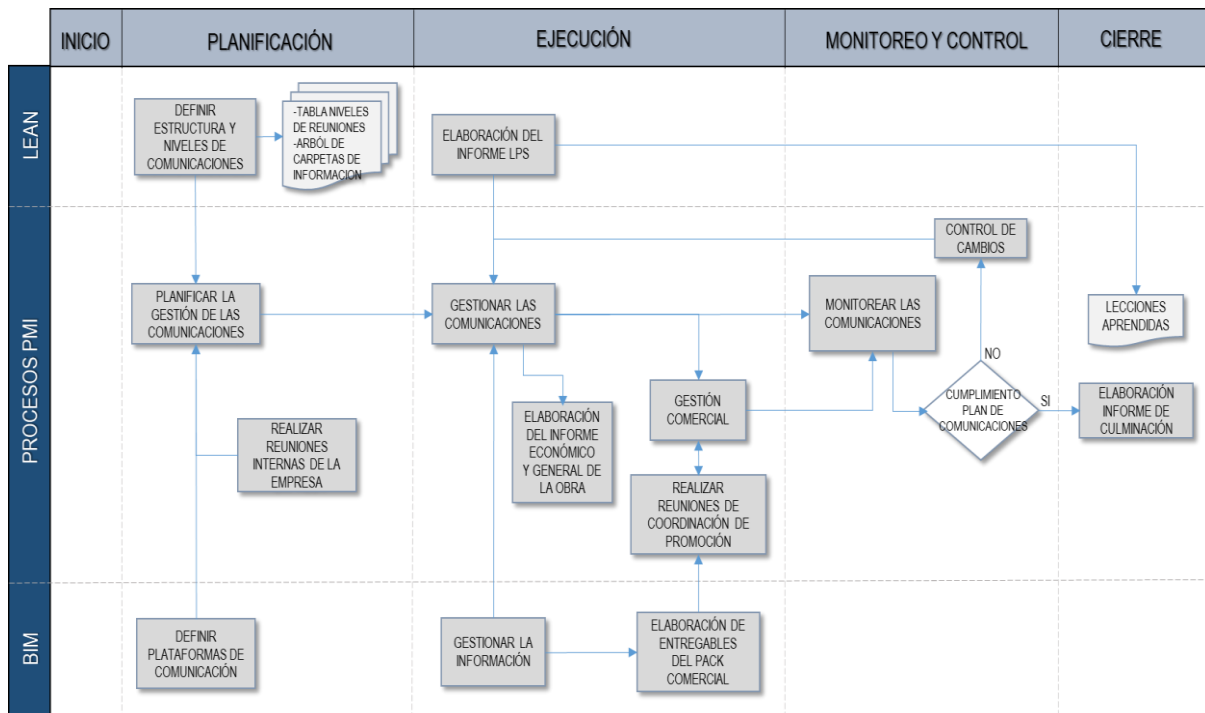


Gráfico 5.12 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de las Comunicaciones
Fuente: Elaboración Propia

8. GESTION DE LOS RIESGOS

8.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DE RIESGOS

Identificar los posibles riesgos en la ejecución del proyecto, realizar el análisis cualitativo y cuantitativo, definir el nivel con el que se debe abordar, proponer soluciones para la toma de decisiones y gestionar el impacto, esto se hará de manera temprana, conjuntamente con el proceso de elaboración del máster plan, para ello se elabora un registro de riesgos (*ANEXO 11*) que se irá actualizando y profundizando a medida de lo necesario y según avance del proyecto. Para la gestión de los riesgos en obra se prevé el plan de salud y seguridad general, de acuerdo a lo solicitado para proyectos públicos y privados.

La metodología BIM desempeña un papel importante en la planificación de la gestión de riesgos ya que nos ayuda a localizar de manera anticipada interferencias entre arquitectura e ingenierías y que presuponen riesgos con impacto en el presupuesto y cronograma. Con el modelo federado se identifican las colisiones definiendo parámetros de tolerancia, se analizan aquellas que necesitan ser modificadas, se hace la actualización y coordinación del modelo y se plantean soluciones que no afecten al alcance del proyecto.

8.2. IMPLEMENTAR LA RESPUESTA A LOS RIESGOS

De acuerdo al tipo de respuesta: evitar, transferir, mitigar y aceptar, se ejecutan las soluciones según lo establecido en la planificación.

El Plan de Seguridad y Salud se complementa con las características específicas de cada proyecto, este es aprobado por el ente administrativo y puesto en ejecución.

8.3. MONITOREAR LOS RIESGOS

Revisar la implementación de los planes de respuesta, realizar el seguimiento del estado de los riesgos y la gestión de posibles cambios. El monitoreo de los riesgos es un proceso constante que con el plan anticipado se tiene una visión de las actividades venideras y se puede estudiar que los riesgos que pudiera haber ya se encuentran identificados, así mismo, la supervisión del modelo federado permite evaluar de forma dinámica el correcto desarrollo del proyecto y que no existan modificaciones que puedan desencadenar riesgos.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del plan (*Gráfico 5.13*):

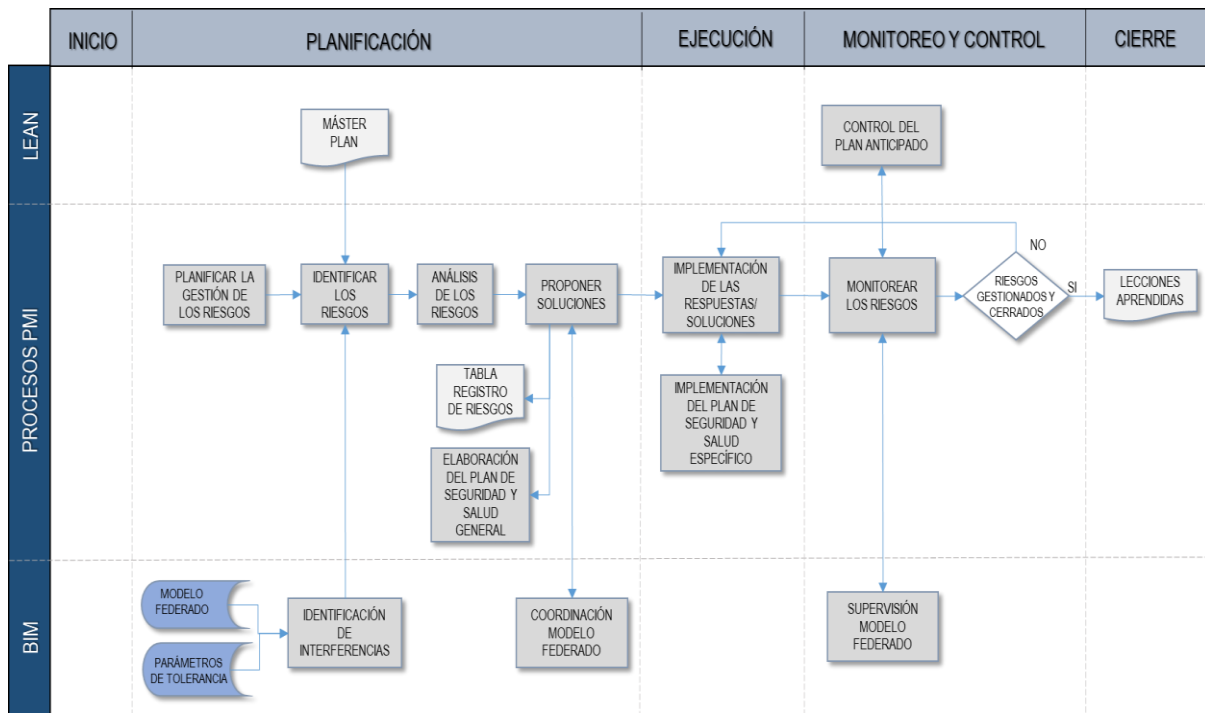


Gráfico 5.13 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de Riesgos
Fuente: Elaboración Propia

9. GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

9.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

La gestión de las adquisiciones y logística se hará con LPS, se inicia con el listado de suministros críticos efectuado con el master plan, se especifica las adquisiciones de acuerdo al plan de fase, es decir al listado se da prioridades tomando en cuenta las características de los suministros, tiempo de fabricación, disponibilidad en el mercado por ejemplo de las instalaciones mecánicas, ascensores, materiales para fachadas; y que en estos casos de construcciones sanitarias se tendrá especial cuidado con el equipamiento hospitalario que muchas veces debe ser importado, por lo que hay que considerar también el tiempo hasta que llega a obra, por lo cual el siguiente paso es identificar claramente a los proveedores o aliados del proyecto según los requerimientos.

Del modelo Bim obtenemos las especificaciones de los elementos (forma, acabado, dimensiones, etc.) y cantidades, para gestionar la magnitud de las adquisiciones, con ello solicitamos la información, evaluamos las alternativas y seleccionamos al proveedor que se comprometa en tiempo y calidad del producto.

Se utilizará el siguiente formato para la gestión de las adquisiciones (Tabla 5.10):

REGISTRO Y LOGISTICA DE ADQUISICIONES						
ID	PROVEEDOR	SUMINISTRO	FECHA NECESARIA EN OBRA	TIEMPO FABRICACION	TIEMPO DE ENTREGA	FECHA LIMITE DE PEDIDO

Tabla 5.10 Formato Registro y logística de adquisiciones
 Fuente: Elaboración Propia

9.2. EFECTUAR LAS ADQUISICIONES Y LOGÍSTICA

Con el proveedor seleccionado se firman los compromisos adquiridos, se establecen las fechas y tiempos de entrega para completar el registro de las adquisiciones, se elabora la tabla de cronograma y logística (ANEXO 12) y se coordina su desarrollo. Los responsables serán tanto el departamento técnico como el departamento administrativo, y a su vez en comunicación activa con el departamento económico-financiero para efectuar los pagos de acuerdo a lo planificado y sin retraso, previendo flujos de caja.

9.3. CONTROLAR LAS ADQUISICIONES

Gestionar el cronograma de adquisiciones, controlar la logística y cumplimiento de la ejecución de los contratos, es decir verificar que el producto cumpla con la calidad y las características contratadas, identificar desviaciones de tiempos de entrega y establecer correcciones. Al término del proyecto se cierran contratos y liquidaciones.

Para el cierre de la gestión de las adquisiciones comúnmente se hace una auditoria a bodega para verificar el inventario, con la implementación de este modelo se pretende disminuir en lo posible el material sobrante, por lo que se tratará de evitar la generación de desperdicio aplicando de manera adecuada la planificación de LPS y controlando las mediciones en el modelo Bim, esto ahorrará gastos innecesarios por sobre pedidos, gastos de mantenimiento del espacio y personal para el cuidado del inventario.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del plan (Gráfico 5.14):

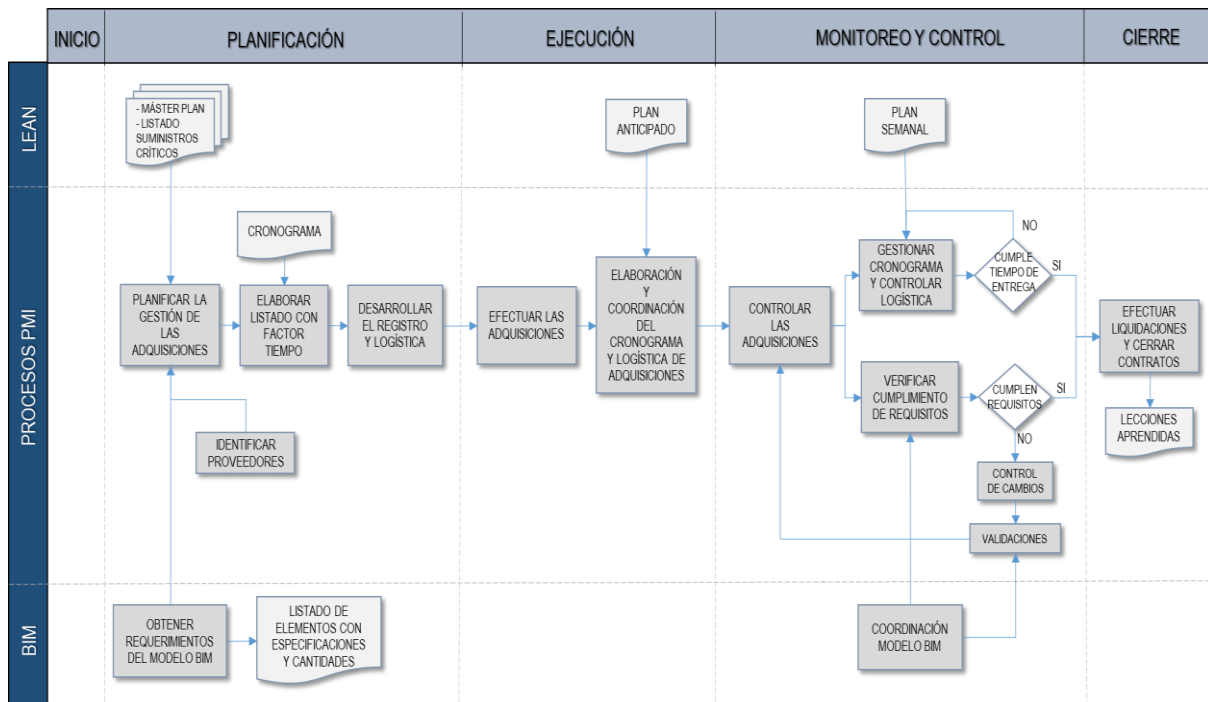


Gráfico 5.14 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de las Adquisiciones
Fuente: Elaboración Propia

10. GESTIÓN DE LOS INTERESADOS

10.1. IDENTIFICACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE LOS INTERESADOS

Consiste en identificar a los stakeholders que pueden intervenir en el proyecto ya sea de manera directa o indirectamente y categorizarlos de acuerdo a las funciones o apoyo potencial, por ejemplo, contratistas, posibles proveedores, municipios, Ministerio de Salud y demás agentes. Para ello se elaborará un registro que recoja información de contacto, roles, responsabilidades a asignarse, intereses, etc.

10.2. PLANIFICAR EL INVOLUCRAMIENTO DE LOS INTERESADOS

Establecer estrategias de gestión según la categorización, se relaciona directamente con la planificación de la gestión del cronograma que es donde se plantea los tiempos y periodos de actuación de los interesados y también con la gestión del alcance por los esfuerzos comunes en la producción y entregas validadas. A su vez se planifica la intervención desde el inicio en la toma de decisiones, de manera que sea una relación dinámica.

En este proceso se planifica también el nivel de contribución al trabajo colaborativo, para que todos los agentes tengan conocimiento del trabajo de los demás y exista transparencia. Tanto la gerencia de la empresa como el coordinador Lean y coordinador Bim, se encargarán de que estas metodologías sean comprendidas y adoptadas por el personal, para que su participación sea activa y la implementación se mantenga a lo largo del tiempo en pro del crecimiento de la empresa.

10.3. GESTIONAR LA PARTICIPACIÓN DE LOS INTERESADOS

Gestionar la colaboración y compromiso para conseguir los fines comunes.

Se debe comunicar las novedades del proyecto a los interesados, se relaciona con los planes de gestión de la comunicación y con la gestión de recursos.

10.4. MONITOREAR EL INVOLUCRAMIENTO DE LOS INTERESADOS

Confirmar que exista el involucramiento de los interesados, para la toma de decisiones, gestión de control de cambios y validaciones según sea el caso y siguiendo la estructura de reuniones.

Verificar que el plan de gestión de las comunicaciones se cumpla a cabalidad en cuestión de transferencia de información.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del plan (Gráfico 5.15):

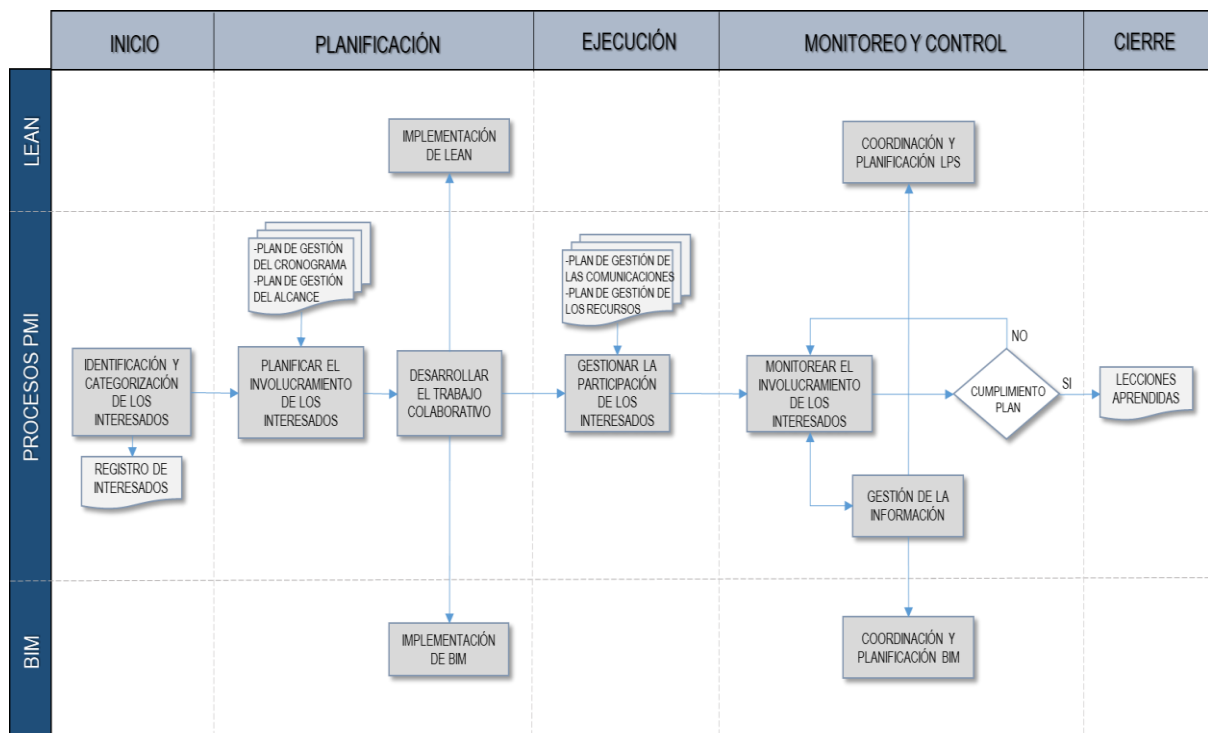


Gráfico 5.15 Diagrama de flujo del Plan de Gestión de los Interesados
Fuente: Elaboración Propia

5.2.3 Herramientas

Después de establecerse la estructura empresarial y la metodología, se detallan las herramientas a utilizar en los procesos descritos en el modelo de gestión (Tabla 5.11); estas ayudan a la mejora de los procesos, al cumplimiento del plan y a los objetivos propuestos, agregando valor al conocimiento del personal y al ofrecimiento de mejores servicios frente a la competencia.

Para determinar aquellas herramientas que encajan mejor con el modelo de negocio de la empresa, se hace una investigación y recopilación de las existentes y se seleccionan las más adecuadas; esto es, disponibilidad en el mercado, recursos de la empresa, etc.

HERRAMIENTAS DEL MODELO DE GESTIÓN		
ÁREAS DE CONOCIMIENTO	BIM TECNOLOGÍA	LEAN PROCESOS / PRODUCCIÓN
Integración	Autodesk Revit	Trabajo en equipo Coaching Lean
Alcance		Estandarización procesos
Cronograma	Autodesk Navisworks Microsoft Project Microsoft Excel	Last Planner System Diagrama de Pareto
Costos	Autodesk Revit: cantidades, materiales Presto: mediciones y presupuesto Microsoft Excel	
Calidad	Autodesk Revit BIM Collab Zoom: control de cambios	Análisis de indicadores: Diagrama de Pareto
Recursos	Autodesk Revit	Reuniones LPS: toma de decisiones, sugerencias Capacitaciones, formación del personal
Comunicación Información	Entorno común de datos y estructura de la información Plataformas de comunicación interna y externa: Dropbox, Google Drive Plataformas de visualización: BIMCollab, Zoom, A360 Autodesk Revit: Modelo 3D, renders, recorridos virtuales	Lean Visual Management: paneles o dispositivos visuales Estructura y niveles de reuniones Sala Big Room/Obeya: espacio físico adaptado para las reuniones con toda la información del proyecto
Riesgos	Autodesk Navisworks: colisiones	Matriz de riesgos: impacto - probabilidad
Adquisiciones y logística	Autodesk Revit: tabla de elementos con especificaciones	Last Planner System
Interesados	Plataformas de visualización	Sala Big Room: con indicadores
Gestión Comercial	Autodesk Revit: generación de información gráfica Autodesk Navisworks: simulaciones de fases Realidad virtual	
Seguridad y Salud	Autodesk Revit: zonificaciones, simulación de fases	Método 5S: organización y limpieza

Tabla 5.11 Herramientas del Modelo de Gestión
Fuente: Elaboración Propia

6 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN INTEGRADO

6.1 PLAN ESTRATÉGICO

En este apartado se detallan las etapas necesarias para la implementación de la metodología propuesta LEAN-BIM. Se ha dividido el plan estratégico de implementación en tres fases (Gráfico 6.1), una de ellas de carácter genérico relacionada a la gestión, planificación y producción, esta fase corresponde al modelo de gestión planteado que viene a ser la estructura del plan y puede ser aplicado en las diferentes empresas constructoras del sector sanitario, las otras dos fases son de carácter específico, es decir, depende de la naturaleza de cada empresa, su necesidad de usar nuevos sistemas de trabajo, su visión, su predisposición para el cambio y conseguir resultados diferentes en corto y largo plazo y su decisión de cuando empezar a materializar este cambio. Así mismo, depende también de la cartera de proyectos que mantengan al momento de la implementación y la respuesta a la misma.

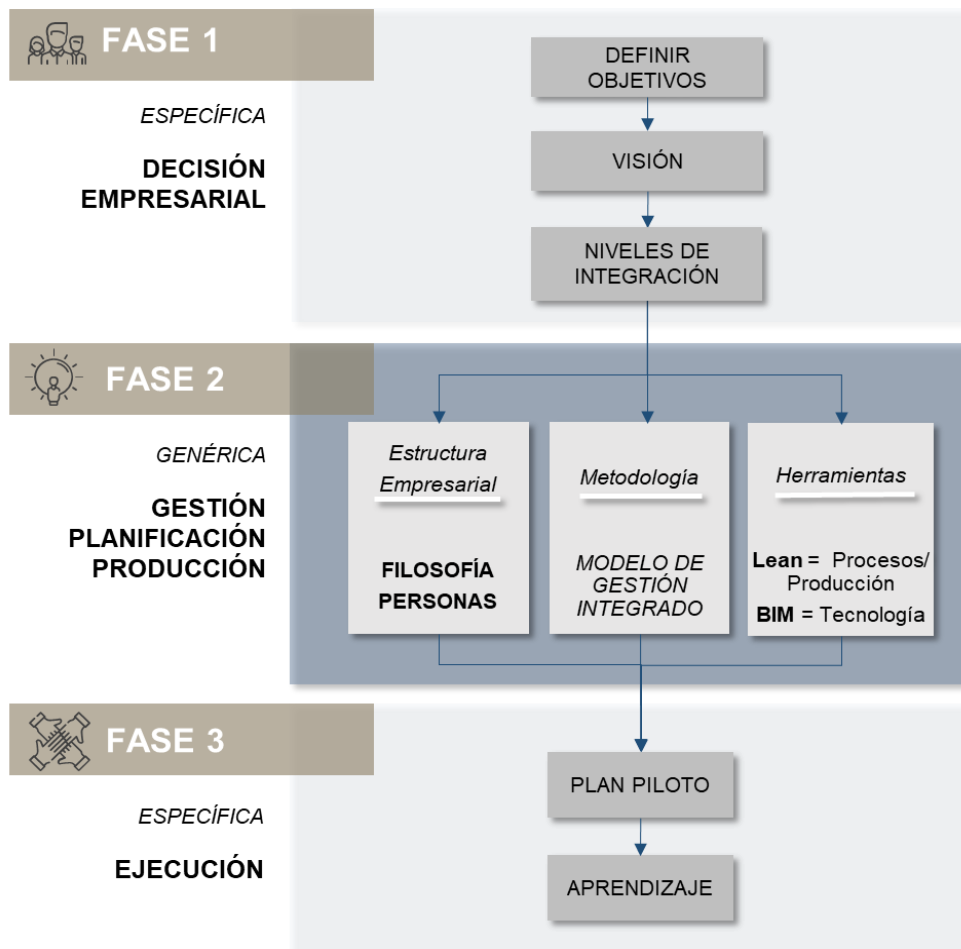


Gráfico 6.1 Plan Estratégico de Implementación
 Fuente: Elaboración Propia

- **FASE 1:** Corresponde a la decisión empresarial por realizar el cambio, debe tener fuertes convicciones de la implementación y el apoyo del alto mando, por lo cual se plantean objetivos y su visión, así como el nivel de integración a corto y largo plazo, es decir empezar por los procesos operativos de la empresa, que sería el departamento de producción (construcción) contando con el apoyo de los mandos intermedios; y posteriormente ampliarse a los demás departamentos abarcando los procesos administrativos y de soporte.
- **FASE 2:** Conciernen al modelo de gestión integrado trazado para llevar a cabo la implementación de Lean y Bim en los procesos operativos de la empresa, detallado en el *Capítulo 5*.
- **FASE 3:** Pertenece a la puesta en marcha de la implementación a través de un proyecto piloto seleccionado con meticulosidad en donde se contará con la ayuda de expertos, ya se menciona en la estructura organizativa del modelo que se incorporarán las figuras de coordinador Lean y coordinador Bim, que apoyarán inicialmente como personal fijo, para que la empresa desarrolle su conocimiento y práctica para que en lo posterior la empresa sea capaz por si sola de mantener la metodología a través del aprendizaje y aplicación constante, reteniendo el conocimiento para integrar a toda la cadena de valor y realizar los ajustes pertinentes al plan estratégico.

Esta implementación de modelo de gestión integrado se realiza a modo de guía, de carácter genérico, que puede aplicarse a las empresas constructoras que manejan cartera de proyectos especializados como es el de la salud que tienen mayor cantidad de procesos complejos, por esta razón, se diseña este modelo de gestión para el sector sanitario, pero se resalta que tendrá sus variaciones acoplándose a cada empresa, quien decidirá finalmente la estrategia basada en sus particularidades.

6.2 PROCESO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN-BIM

El proceso se puede definir en cinco acciones para que la aplicación de la metodología sea exitosa, se inicia con el gran paso decisivo de implantar las metodologías, para ello nos basamos en el plan estratégico que, a partir de la puesta en marcha del proyecto piloto, se analizan los errores y aciertos para transformarlos en aprendizaje rectificando lo erróneo o lo que se puede mejorar y reafirmando lo que se hizo bien, con esto se puede ajustar el plan inicial llegando a la estandarización y como última acción aplicar estos estándares de forma continua para mantener la metodología y filosofía de trabajo.



Gráfico 6.2 Proceso de Aplicación de la Metodología Lean-Bim
Fuente: Elaboración Propia

6.3 PROYECTO PILOTO DE ESTUDIO

Se aplica el modelo de gestión a un caso de estudio, donde se desarrollarán los grupos de procesos de inicio y de planificación, ya que el proyecto se encuentra en desarrollo, para que en un futuro sirva como punto de partida para la construcción del mismo, considerado como plan piloto.

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE UN HOSPITAL PRIVADO
Ubicación	Manabí - Ecuador
Metodología	Planificación del proyecto y construcción: Lean Construction (con LPS), seguimiento y modelado con BIM
Superficie proyectada	7.026,25 m ²
Presupuesto Referencial	5.119.727,95 USD (sin IVA)

DESCRIPCIÓN



Gráfico 6.3 Vista del modelo 3D
 Fuente: Elaboración Propia

Es un edificio que se encuentra en desarrollo de la fase de diseño, su construcción está prevista para este año 2022 y corresponde a la tercera etapa de un complejo hospitalario de carácter privado, el objetivo de esta etapa es complementar los servicios de las Torres I y II, su ejecución, tanto en diseño como sistemas constructivos se prevé de forma similar que las anteriores. Su programa arquitectónico consta de consultorios médicos, habitaciones, Quirófanos, Unidad de Cuidados Intensivos y Emergencia. El edificio se desarrolla en dos sub suelos, planta baja y cinco plantas altas.

A continuación, se indica la documentación previa con la que cuenta el proyecto actualmente en esta fase de estudio, el cronograma (ANEXO 13) y presupuesto provisional e inicial (ANEXO 14), a partir de los cuales se hará su análisis.

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN INTEGRADO LEAN - BIM

1. GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN

1.1. DESARROLLAR EL CONTRATO – ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO

Se elabora el acta de constitución del proyecto incluido el Pre-Bep, este se desarrollará más a fondo por el equipo de diseño, de acuerdo al avance del proyecto. (ANEXO 15)

2. GESTIÓN DEL ALCANCE

2.1. DEFINIR EL ALCANCE

Partiendo de la descripción y los requisitos establecidos en el Acta de constitución, se desarrolla el programa médico arquitectónico con los entregables necesarios para cumplir con los objetivos y dar respuesta a las necesidades, por lo que se plantea el siguiente programa:

<AREAS GENERALES DEL PROYECTO>				
A	B	C	D	E
Nivel	Comentarios	Área	Descripción	TIPO DE AREA
NIVEL ACC	Acceso	714.58 m ²	Losa nivel de acceso, plaza proyecto	ABIERTA
N06	Cubierta	438.64 m ²	Losa de cubierta con impermeabilizante	ABIERTA
		1153.22 m ²		
NS -02	Parqueaderos	1401.00 m ²	Contrapiso	UTIL
NS -01	Parqueaderos	1437.08 m ²	Losa subsuelo	UTIL
NIVEL NPB	Emergencia - Locales	742.27 m ²	Losa tipo	UTIL
N01	Consultorios Médicos	770.90 m ²	Losa tipo	UTIL
N02	Consultorios Médicos	744.55 m ²	Losa tipo	UTIL
N03	Hospitalización	745.07 m ²	Losa tipo	UTIL
N04	Quirófanos	771.53 m ²	Losa tipo	UTIL
N05	UCI	413.85 m ²	Losa tipo	UTIL
		7026.25 m ²		
Total general		8179.47 m ²		

Tabla 6.1 Programa médico arquitectónico

Fuente: Elaboración Propia

A su vez contará con áreas de circulación vertical y horizontal, salas de espera, servicios complementarios, baños en cada nivel y una cafetería.

Estas áreas se obtienen del modelo BIM, que una vez realizado el estudio de emplazamiento (Gráfico 6.4), aseoleamiento, estudio de volumetrías (Gráfico 6.5), zonificaciones; se tiene una visualización completa haciendo un repaso de los requerimientos del proyecto.

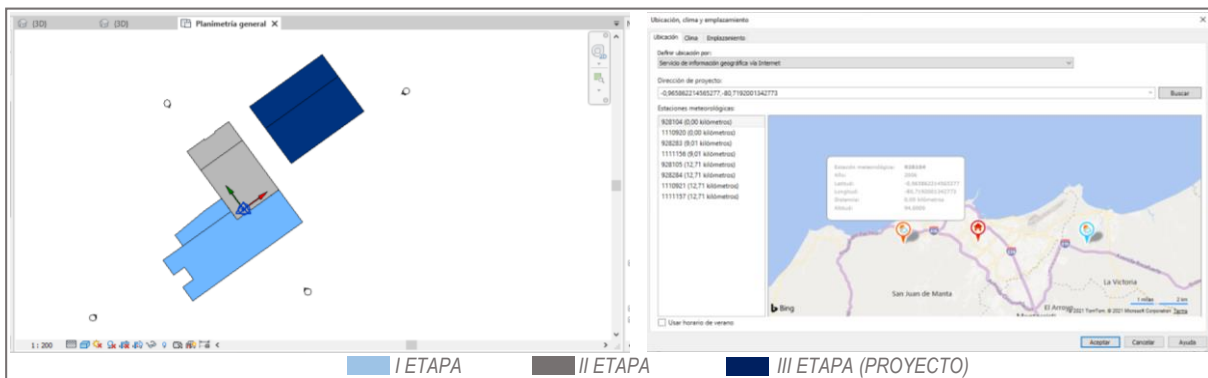


Gráfico 6.4 Estudio de emplazamiento

Fuente: Elaboración Propia

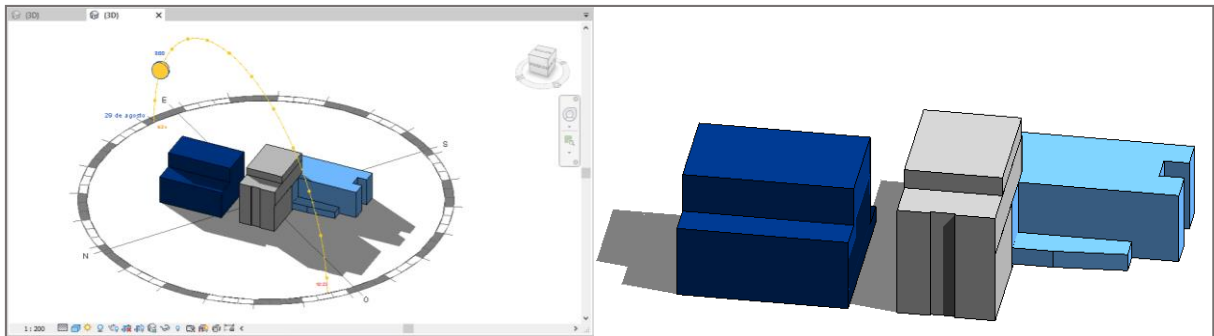


Gráfico 6.5 Estudio de asoleamiento y volúmetrías
Fuente: Elaboración Propia

2.2. CREAR LA EDT

Con el alcance definido se crea la EDT que contiene el trabajo necesario para cumplir con el alcance y las especificaciones técnicas para ello, se añade el identificador de la clasificación GuBIMClass, para vincular con los elementos del modelo 3D. (ANEXO 16)

2.3. PRODUCCIÓN DE ENTREGABLES

Se desarrolla el modelo a detalle (Gráfico 6.6) y se obtienen las primeras mediciones de forma global para planificar la gestión del cronograma, los identificadores nos permiten distinguir los elementos y agrupar los procesos que nos servirán como base para la elaboración del Last Planner System, iniciando con el master plan mediante la tabla de análisis de procesos - LPS (Tabla 6.2).



Gráfico 6.6 Vistas del modelo 3D
Fuente: Elaboración Propia

ID	PROCESO CONSTRUCTIVO	DESCRIPCIÓN	ELEMENTOS PRINCIPALES	MEDICIÓN	RATIO PRODUCCIÓN	TIEMPO EJECUCIÓN
00	Obras preliminares	Trabajos necesarios para iniciar la puesta en marcha de la obra	Casetas de obra y servicios, cerramientos. Replanteos, niveles	GLB	-----	4 semanas
10	Adecuación terreno	Movimiento de tierras: nivelaciones, excavaciones, compactaciones	Excavación y rellenos con maquinaria	8.000 m3	170 m ³ /día	8 semanas
20	Estructuras	Estructura de hormigón armado: cimentación y estructura del edificio	Vigas, zapatas y losas de cimentación. Muros de contención. Columnas y diafragmas. Losas y vigas. Escaleras y rampas	8 plantas	1 planta/4,5 semanas	36 semanas
30	Sistema de Envolvertes	Cerramientos exteriores: fachadas y carpintería exterior	Mampostería exterior con su revestimiento. Carpintería exterior: muro cortina, puertas, ventanas	2.150 m2	18 m ³ /día	22 semanas
40	Compartimentación y acabados	Divisiones interiores de los espacios, incluye acabados: separaciones verticales y horizontales, carpintería interior y cerrajería	Mampostería y falsos techos con sus acabados, acabados de pisos. Carpintería interior: puertas, mamparas. Cerrajería: pasamanos, barandillas	4.300 m2	19,5 m ² /día	40 semanas
50	Instalaciones	Todas las instalaciones del edificio, incluye la colocación de los terminales de cada sistema	Instalaciones hidrosanitarias, contra incendios, eléctricas, mecánicas, electrónicas, gases medicinales	8 plantas	1 planta/3 semanas	24 semanas
60	Equipamiento	Mobiliario fijo y ascensores	Mesones, armarios empotrados, muebles de obra, equipamiento hospitalario. Ascensores	8 plantas	1 planta/2 semanas	16 semanas
70	Obras exteriores	Trabajos de urbanización y paisajísticos	Muretes, pavimentos peatonales, aceras y bordillos, encespado y jardinería, mobiliario urbano	715 m2	90 m ² /semana	8 semanas

Tabla 6.2 Análisis de procesos – LPS
Fuente: Elaboración Propia

NOTA: Los ratios usados provienen de referentes de proyectos anteriores que tienen el mismo sistema constructivo a nivel general (hormigón armado), así como de ratios ajustados de las dos primeras etapas del complejo hospitalario, siendo el sistema empleado mixto, estructura metálica y hormigón armado.

<DIAFRAGMAS PB>								
A	B	C	D	E	F	G	H	I
ID	Actividades	Zona	Fecha Inicio	Fecha Fin	Elementos	Volumen	Estado	Tiempo Ejecucion
20.20.10	DIAFG NIVEL NPB	Locales Comerciales	S28	S29	Muro estructural	4,75 m ³	N	2 SEMANAS
20.20.10	DIAFG NIVEL NPB	Área de Emergencia	S28	S29	Muro estructural	9,19 m ³	N	2 SEMANAS
20.20.10	DIAFG NIVEL NPB	Área de Emergencia	S28	S29	Muro estructural	5,11 m ³	N	2 SEMANAS
						19,05 m ³		

Tabla 6.4 Tiempos de ejecución de diafragmas PB con modelo BIM
Fuente: Elaboración Propia

4. GESTIÓN DE COSTOS

4.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DE COSTOS

Para la elaboración del presupuesto se determina el uso de la base de datos de la constructora, ya que contiene el estudio de precios unitarios y es el referente de algunos proyectos, con ayuda de una base externa se implementan aquellos rubros nuevos siempre confirmando precios de mercado.

4.2. ESTIMAR LOS COSTOS

Se asignan a las actividades los costos obtenidos de los APUs, se verifica mediante el modelo que estén considerados todos los elementos dentro de las partidas.

4.3. DETERMINAR EL PRESUPUESTO

Se usa el presupuesto referencial y con ayuda del modelo BIM se verifican las mediciones. En este punto existe una diferencia en la partida de falsos techos, ya que solo se han considerado los de fachada, por tal razón, se incrementa 64.910,08 USD por falsos techos internos. El presupuesto total final es el siguiente (Tabla 6.5):

RESUMEN DE PRESUPUESTO		
ID	PARTIDA	COSTO
00	OBRAS PRELIMINARES	\$ 1.540,37
10.10	MOVIMIENTO DE TIERRAS	\$ 6.161,48
20.10	CIMENTACIÓN	\$ 1.430.512,03
20.20	ESTRUCTURA	\$ 973.421,77
30.10	FACHADAS	\$ 58.199,46
30.20	CARPINTERÍA EXTERIOR	\$ 197.654,56
40.10	MAMPOSTERÍA	\$ 69.869,22
40.20	CARPINTERÍA INTERIOR	\$ 90.072,10
40.30	FALSOS TECHOS	\$ 66.895,56
40.40	ACABADOS	\$ 17.603,41
50.10	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS	\$ 107.398,83
50.20	INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS	\$ 109.136,36
50.30	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	\$ 370.505,37
50.40	INSTALACIONES ELECTRÓNICAS	\$ 1.302.558,90
50.50	INSTALACIONES MECÁNICAS	\$ 214.690,08
50.60	GASES MEDICINALES	\$ 18.500,00
60.10	MOBILIARIO	\$ 48.174,85
60.20	ASCENSORES	\$ 67.145,00
70.10	MURETES	\$ 8.298,68
70.20	PAVIMENTOS PEATONALES	\$ 14.300,00
70.30	ENCESPADO	\$ 7.500,00
70.40	MOBILIARIO URBANO	\$ 4.500,00
TOTAL		\$ 5.184.638,03

Tabla 6.5 Presupuesto final
Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, como ejemplo se obtiene del modelo las tablas de mediciones correspondientes a mampostería exterior (Tabla 6.6) e interior (Tabla 6.7) con sus diferentes tipos e identificador.

<MAMPOSTERÍA EXTERIOR>				
A	B	C	D	E
Recuento	ID	Familia y tipo	Área	Descripción
49	30.10.1	Muro básico: M_EXT	741.66 m ²	Muro fachada
15	30.10.2	Muro básico: M_EXT_GRIS	379.53 m ²	Muro fachada
			1121.20 m ²	

Tabla 6.6 Mediciones mampostería exterior
Fuente: Elaboración Propia

<MAMPOSTERÍA INTERIOR>				
A	B	C	D	E
Recuento	ID	Familia y tipo	Área	Descripción
216	40.10.1	Muro básico: M_INT_15CM	1508.88 m ²	Muro interior
133	40.10.2	Muro básico: M_INT_AISL	1883.90 m ²	Muro interior con aislante
58	40.10.3	Muro básico: M_CAJON_20	749.66 m ²	Muro cajon escalera
11	40.10.4	Muro básico: M_INT_RX	146.87 m ²	Muro interior plomado
			4289.30 m ²	

Tabla 6.7 Mediciones mampostería interior
Fuente: Elaboración Propia

5. GESTIÓN DE LA CALIDAD

5.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LA CALIDAD

Se especifica que la gestión de la calidad será con Lean mediante los indicadores obtenidos de LPS, y con Bim mediante el uso del modelo para verificación de mediciones, visualización de detalles y cumplimiento de especificaciones técnicas.

Además, se usa el software Navisworks como herramienta para verificar la calidad, alcance y el control de cambios, ya que permite obtener medidas o áreas, realizar comentarios y revisiones dentro del modelo situándose específicamente en el lugar a intervenir (Gráfico 6.7).

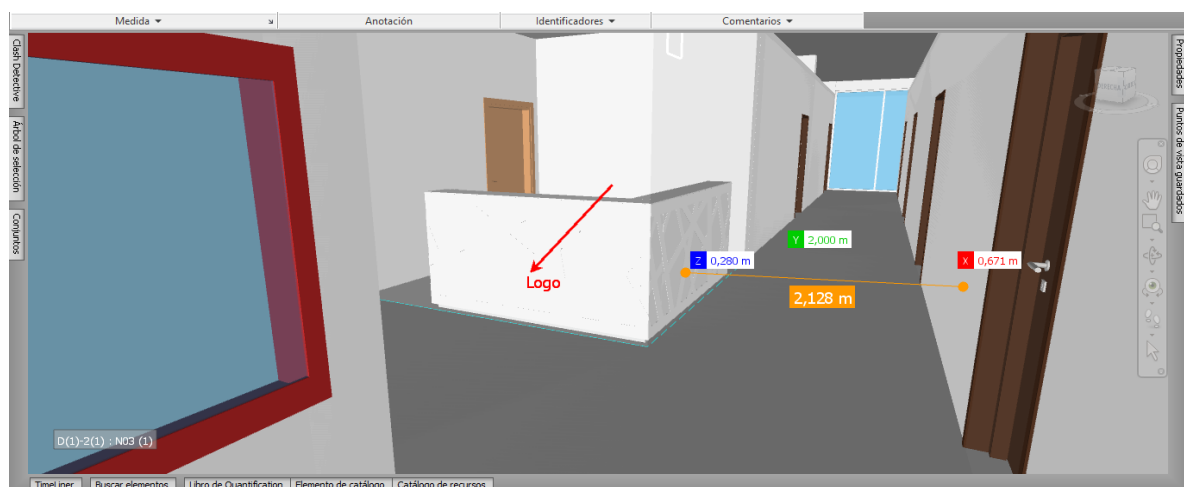


Gráfico 6.7 Creación de comentarios y revisiones dentro del modelo 3D
Fuente: Elaboración Propia

6. GESTIÓN DE LOS RIESGOS

6.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DE RIESGOS

El listado previo de riesgos que pueden afectar al proyecto se elabora en el máster plan, después se analiza cada uno de ellos definiendo el tipo de respuesta y la solución para abordar dicho riesgo, se establece la prioridad y se proponen soluciones, se planifican las medidas o acciones para resolverlos, así como el responsable, estas medidas podrían incrementar o desarrollarse según el avance del proyecto, ya que en fase de ejecución se pone en marcha las soluciones planteadas. Se elabora el registro de riesgos (ANEXO 23) que se deberá actualizar a lo largo del proyecto para nuevos riesgos localizados.

A su vez, con la metodología BIM se gestionan los riesgos por interferencias entre arquitectura e ingenierías, para ello se usa el software Navisworks (Gráfico 6.8); se definen los parámetros con los que hará la detección, como los sistemas a analizar y la prioridad de colisiones con la creación de test, este software nos permite generar informes de colisiones de acuerdo a requerimientos.



Gráfico 6.8 Vista del modelo con el software Navisworks
Fuente: Elaboración Propia

7. GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

7.1. PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

Del listado de suministros críticos efectuado con el master plan, se prosigue con la selección de proveedores, información de tiempos en obra y verificación de cumplimiento de especificaciones y cantidades con ayuda del modelo Bim, a modo de ejemplo la partida de carpintería interior (Tabla 6.8). Se completa el registro y logística de adquisiciones (Tabla 6.9).

<40.20 PUERTAS>			
A	B	C	D
ID	Familia y tipo	CANTIDAD	Descripción
40.20.8	Doors_Swing_Strugal_Aluminium-Doors_Struga	60	Puerta acústica de madera, de una hoja 210x100cm, compuesto por alma de tablero aglomerado, recubierto con laminado de alta presión (HPL), cantos de placa lam
40.20.6	M_Puerta-De_paso-Desigual-Paneles_planos: 1	4	Puerta interior abatible de dos hojas desiguales, 38 mm de espesor, dimensiones de 1350x2100 mm, acabado lacado en color blanco formada por dos láminas de ac
40.20.1	Puerta corredera simple en muro: 82.5 x 203 cm	17	Puerta interior corredera de una hoja de 203x825cm, con bastidor de madera maciza y paneles embutidos de MDF, prelacada en blanco; marco de madera maciza. In
40.20.2	Puerta de 1 hoja: 70 x 210 cm	10	Puerta interior abatible, panelada, de una hoja con bastidor, refuerzos y paneles de madera maciza de laurel. Se ubicarán en cubículos baños y cuarto de aseo.
40.20.3	Puerta de 1 hoja: 80 x 210 cm	41	Puerta interior abatible, panelada, de una hoja de 210x80x3,8 cm, con bastidor, refuerzos y paneles de madera maciza de laurel. Se ubicarán en consultorios, baños
40.20.4	Puerta de 1 hoja: 100 x 210 cm	26	Puerta interior abatible, panelada, de una hoja de 210x100x3,8 cm, con bastidor, refuerzos y paneles de madera maciza de laurel. Se ubicarán en oficinas, baños ss
40.20.5	H8-S_SL_T60_ES: H8-S_SL_T60_ES	8	Puertas Cortafuego RF de acero galvanizado homologada, EIQ 120-C5, de una hoja, dimensiones de 1000x2000mm, pintado en color blanco micro texturizado, con ci
40.20.7	GR_HS-201_IH_INOX: GR_HS-201_IH_INOX	8	Puertas de acero inoxidable con estructura portante y alma plomada. Se ubicarán en Quirófanos y UCI.

Tabla 6.8 Obtención de cantidades y especificaciones técnicas de los elementos
 Fuente: Elaboración Propia

REGISTRO Y LOGÍSTICA DE ADQUISICIONES						
ID	PROVEEDOR	SUMINISTRO	FECHA NECESARIA EN OBRA	TIEMPO FABRICACION	TIEMPO DE ENTREGA	FECHA LIMITE DE PEDIDO
1	MGR	Maquinaria	S3	Disponible	Inmediata	S2
2	METALFE	Acero	S9	3 días	Inmediata	S7
3	ZUR	Encofrado metálico	S13	Disponible	3 días	S11
4	METALFE	Acero figurado	S13	4 días	Inmediata	S11
5	STR	Estructura metálica	S19	1 semana	2 días	S16
6	AQUACOBRE	Tubería HG - SCI	S35	2 días	2 días	S33
7	LINDE	Gases Medicinales	S37	1 semana	2 días	S34
8	ROM	Muros cortina	S39	3 semanas	5 días	S34
9	AIRIC	Equipos aire acondicionado	S39	12 semanas	1 semana	S25
10	COHECO	Ascensores	S43	8 semanas	3 días	S33
11	FORT	Puertas RF	S50	2 días	Inmediata	S49
12	JCP	Puertas de madera	S50	4 semanas	3 días	S44
13	ROM	Mamparas y puertas de vidrio	S53	1 semana	3 días	S50
14	LEE	Transformador Eléctrico y Generador	S53	10 semanas	1 semana	S41
15	BOREAL	Equipamiento Hospitalario	S57	5 semanas	1 semana	S50

Tabla 6.9 Registro y logística de adquisiciones
 Fuente: Elaboración Propia

7.2. EFECTUAR LAS ADQUISICIONES Y LOGÍSTICA

Se prepara el cronograma y logística de adquisiciones (ANEXO 24) con las fechas establecidas para ser supervisadas y se hace seguimiento con las confirmaciones por parte de los proveedores.

8. GESTIÓN DE LOS INTERESADOS

8.1. IDENTIFICACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE LOS INTERESADOS

Se identifican los stakeholders del proyecto y se realiza el registro con la información pertinente. (ANEXO 25)

8.2. PLANIFICAR EL INVOLUCRAMIENTO DE LOS INTERESADOS

Se establecen las estrategias de gestión con el soporte de los planes de gestión del cronograma y gestión del alcance. (ANEXO 25)

6.4 IMPACTO Y MEJORAS EN LA GESTIÓN

El principal beneficio de la aplicación de la metodología Lean con LPS, es su impacto en la planificación y organización, en el proyecto piloto de estudio se demuestra que se tiene un mayor control del cronograma, la planificación es igual de valorada que el presupuesto.

En el cronograma original se tiene una duración de alrededor de 20 meses, con la aplicación de Lean se proyecta un tiempo de 16 meses, esta reducción en plazo se debe a una mayor visión de la gestión del proyecto, no se centra solo en las tareas críticas que arroja una planificación tradicional, sino que se consideran todas las actividades como críticas, todos los recursos necesarios y la adecuación del lugar de trabajo para llevarlas a cabo, por tanto, deben ser cumplidas según lo planificado para no alterar las tareas posteriores.

Con la aplicación de la metodología Bim, tenemos mayor conocimiento a detalle desde el inicio del proyecto, considerando todos los elementos y sus relaciones temporales, evitando interferencias que deben ser resueltas en obra sobre la marcha ocasionando pausas, también nos facilita prever suministros con antelación aún más de aquellos que deben considerarse tiempos de fabricación y de entrega ya sea por cantidad o características; tenemos mayor organización y control de las adquisiciones para evitar los tiempos muertos por espera de material y desperdicios por pedidos en exceso o que no cumplen calidad o especificaciones.

De esta manera, se concluye que apearse a un cronograma ajustado a lo realmente posible de ejecutar con los compromisos de los intervinientes y las prestaciones de la metodología Bim, representa rentabilidad al proyecto, ya que se cumple con el mismo alcance, pero con mayor calidad en la ejecución y en los entregables, mayor rendimiento y productividad conseguido en menor tiempo, que se traduce en menor costo de mano de obra, menor uso de recursos y cumplimiento con el presupuesto destinado sin sobre costos.

6.4.1 Estudio Temporal

La planificación inicial, como se mencionó anteriormente, considera la ejecución del proyecto en un tiempo total de 20 meses con finalización en enero del 2024 (*Gráfico 6.9*), mientras que la planificación propuesta tiene una duración de 16 meses con finalización en septiembre de 2023 (*Gráfico 6.10*).

Para reducir el tiempo de ejecución se plantean cambios en el sistema constructivo, esto es, implementar la pre fabricación en la estructura, que cumpla con las mismas especificaciones es decir de un sistema de hormigón armado a uno mixto con estructura metálica, específicamente en los sub suelos, por ser de mayor área y por abrir rápidamente frentes de trabajo, acortando significativamente tiempos. Así como también implementar tecnologías nuevas no usadas en las etapas anteriores como máquinas para enlucido, acero figurado, encofrado metálico ajustable, plataformas elevadoras para los trabajos en fachadas que llevan gran cantidad de tiempo. Se implementan estas alternativas en los procesos de estructuras y de compartimentación y acabados ya que son los de mayor duración como se observan en los respectivos cronogramas.

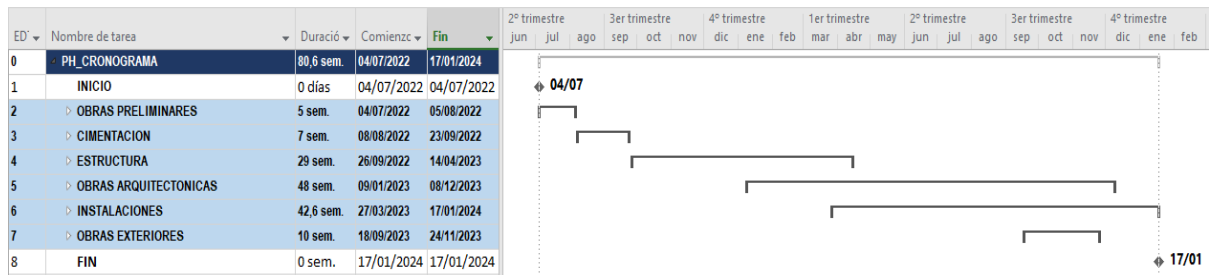


Gráfico 6.9 Cronograma inicial
 Fuente: Elaboración Propia

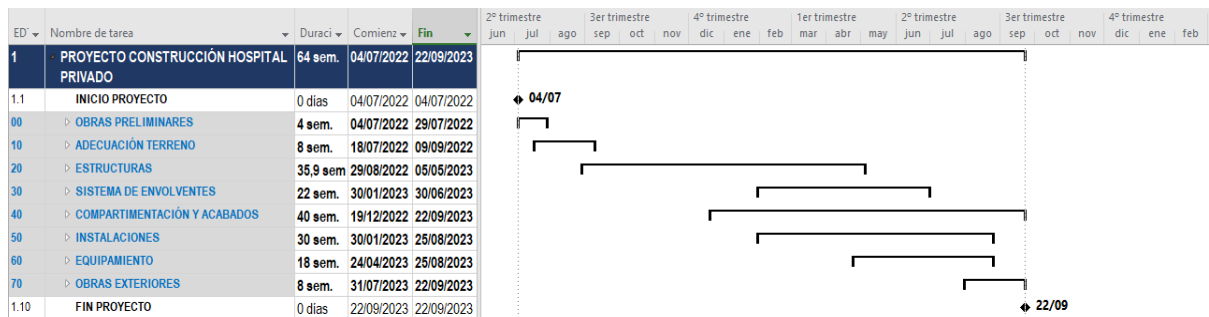


Gráfico 6.10 Cronograma proyectado
 Fuente: Elaboración Propia

Esta reducción se evidencia claramente en la simultaneidad de los procesos, es decir se manejan actividades en paralelo y no secuenciales, consiguiendo así mejorar el flujo de los procesos, con mínimo desperdicio y variabilidad, aumentando el valor, calidad y comprimiendo ciclos de trabajo.

En la tabla a continuación (Tabla 6.10), se detalla el periodo de ejecución del proceso y el tiempo no simultáneo del mismo, que es el que finalmente suma en los plazos de ejecución, de aquí se desprende la diferencia de 16 semanas equivalentes a los 4 meses de reducción.

ID	PROCESO CONSTRUCTIVO	PLANIFICACIÓN ORIGINAL		PLANIFICACIÓN PROYECTADA	
		PERIODO	TIEMPO NO SIMULTÁNEO	PERIODO	TIEMPO NO SIMULTÁNEO
00	OBRAS PRELIMINARES	S1 - S5	5 semanas	S1 - S4	4 semanas
10	ADECUACIÓN TERRENO			S3 - S10	6 semanas
20	ESTRUCTURAS	S6 - S41	35 semanas	S9 - S44	34 semanas
30	SISTEMA DE ENVOLVENTES	S28 - S75	34 semanas	S31 - S52	8 semanas
40	COMPARTIMENTACIÓN Y ACABADOS			S25 - S64	12 semanas
50	INSTALACIONES	S39 - S80	6 semanas	S31 - S60	0
60	EQUIPAMIENTO			S43 - S60	0
70	OBRAS EXTERIORES	S64 - S73	0	S57 - S64	0
TOTAL		80 semanas		64 semanas	

Tabla 6.10 Comparativo de tiempos entre cronogramas
 Fuente: Elaboración Propia

6.4.2 Estudio Económico

Debido a que el objeto del contrato es el mismo, el estudio económico no se realiza por disminución de rubros o cantidades, si no que este recae sobre salarios del personal de obra en el lapso considerado como adicional, es decir los 4 meses obtenidos en el estudio anterior.

Para los procesos mencionados, se consideran dos frentes de trabajo de diez personas cada uno, compuesto por:

- 1 maestro mayor / encargado
- 5 albañiles
- 4 oficiales / peones

Adicionalmente se tiene en cuenta el salario de dos Residentes de Obra y un bodeguero.

Para los cálculos se usan los salarios promedio en la construcción en Ecuador para este tipo de obras en la provincia de Manabí (Tabla 6.11) y se obtiene el total (Tabla 6.12).

PERSONAL	SALARIO / MES
Maestro mayor / encargado	\$ 800,00
Albañil	\$ 600,00
Oficial / peon	\$ 450,00
Bodeguero	\$ 700,00
Residente de Obra	\$ 1.800,00

Tabla 6.11 Salarios promedio en la construcción
 Fuente: Elaboración Propia

FRENTES DE TRABAJO	SALARIO / MES	CANTIDAD	MESES	TOTAL
Maestro mayor / encargado	\$ 800,00	2	4	\$ 6.400,00
Albañil	\$ 600,00	10	4	\$ 24.000,00
Oficial / peon	\$ 450,00	8	4	\$ 14.400,00
Bodeguero	\$ 700,00	1	4	\$ 2.800,00
Residente de Obra	\$ 1.800,00	2	4	\$ 14.400,00
				\$ 62.000,00

Tabla 6.12 Cálculo de Salarios a cuatro meses
 Fuente: Elaboración Propia

El ahorro en pago de salarios es de 62.000,00 USD (sesenta y dos mil dólares americanos).

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Se analizaron las interrelaciones de las metodologías Lean y Bim y se determinó que las dos inciden en las áreas de conocimiento detalladas en la dirección de proyectos, por lo tanto, es posible seguir los lineamientos del PMI para establecer un modelo de gestión que trabaje de manera conjunta unificando los procesos constructivos.
- El modelo de gestión unificando Lean y Bim permite una visión general y a su vez un seguimiento pormenorizado de la producción para detectar tempranamente aquellos procesos que deben ser mejorados, identificando motivos y posibles consecuencias, y así corregir en el transcurso de la ejecución reajustando los trabajos, destinando mayores recursos en aquellas zonas identificadas a ser reforzadas para mantener el flujo de los procesos.
- De acuerdo al estudio realizado en la implementación del modelo en un proyecto piloto, se puede evidenciar como influye de manera positiva y las mejoras que representan el uso de las metodologías mencionadas en las etapas de un proyecto, tanto en la gestión de los procesos propios de la construcción como en aquellos relacionados indirectamente, es así que las ventajas son significativas contrapuestas a la gestión actual de este tipo de proyectos, queda demostrado que sus beneficios actúan en todas las áreas de conocimiento no solamente en cronograma y costos que son imprescindibles en la construcción; se da mayor notoriedad a la gestión de la calidad, riesgos y adquisiciones, está última siempre ha sido poco considerada en la planificación.
- Mediante la aplicación de LPS es posible gestionar eficazmente la información del proyecto, visibilizar avances, facilitar la comunicación y entendimiento de los agentes para que la construcción sea un proceso transparente y de aprendizaje común y continuo, que nos sirva como referentes para acciones futuras y lecciones aprendidas.
- El modelo de gestión desarrollado se plantea como una guía a seguir en la gestión de proyectos del sector sanitario ya que estas metodologías al ser fusionadas permiten dar respuesta rápida ante emergencias disminuyendo adversidades y tiempos que eran impensados en el sector. De esta manera se pretende llegar primero a estas medianas y grandes empresas por su situación estratégica, siendo posible en un futuro expandirse gracias a sus experiencias hacia las demás tipologías para así unificar esfuerzos y facilitar la introducción progresiva de nuevas metodologías y tecnologías en el sector de la construcción en Ecuador y empiecen a ser consideradas como requisitos para proyectos públicos gestionados por el propio estado.

- Con la implementación de Bim en las fases del proyecto se desarrolla un trabajo colaborativo entre todos los involucrados, aportando con soluciones inmediatas por tener una concepción general del proyecto y visualizar alternativas para que la toma de decisiones y el control de cambios fluyan dinámicamente y esto se ve reflejado en la construcción sin pausas por interferencias, incongruencias o incertidumbres por falta de definiciones o detalles poco claros.
- En los casos de estudio se evidenció que la aplicación continua de las metodologías y el análisis de los indicadores a manera de retroalimentación ayuda a una clara gestión e integración del proyecto, en donde lo importante es encontrar el punto de inflexión que ocasiona impactos negativos; identificando el error solo así se puede mejorar.

7.2 RECOMENDACIONES

- Para la implementación de las metodologías es necesario hacer un análisis previo de la situación de cada empresa para trazar un plan estratégico adecuado a sus particularidades, modelo de negocio y visión; pero también analizar la aceptación en el mercado y como potenciar su acogida, para así disminuir riesgos que todo cambio trae consigo.
- Como se detalló en el capítulo de planteamiento del modelo de gestión, en la estructura empresarial, se recomienda integrar los profesionales con los conocimientos y experiencia específica al equipo de trabajo para que la implementación pueda ser efectiva y hasta que su aplicación sea por sí sola y de forma continua.
- Es importante considerar la implementación de las dos metodologías conjuntas, entendidas como un sistema integral, como una metodología de trabajo y no solo como herramientas, para poder beneficiarse de su aplicación.
- Abrir más líneas de investigación referentes al uso de Bim en la construcción, por ejemplo, en empresas proveedoras de suministros adecuadas al mercado ecuatoriano para que sus productos y marcas sean incluidos en los diseños, el desarrollo de aplicaciones para la gestión comercial, como en el caso del sector sanitario con proyectos privados donde se realiza la promoción de la infraestructura, se gestione la información de los clientes, del proyecto, de la construcción y de las ventas de forma centralizada.
- Se recomienda empezar con la implementación de las metodologías en etapas tempranas de ejecución de proyectos, en donde se desarrolle la idea en conjunto tanto diseñadores, promotores y constructores, dando paso a los proyectos pilotos para llevar a la práctica gradualmente y se pueda ofrecer valor al cliente desde el inicio y posteriormente se aplique en todos los proyectos de una empresa, ofreciendo mejores servicios y de calidad a sus clientes, lo que la hará más rentable, reconocida y sostenible.

- Para aportar al proceso de cambio, apoyar al avance del sector de la construcción hacia un modelo productivo y tecnológico y contribuir a la inclusión de nuevas metodologías, se debe empezar por facilitar la creación de programas de formación en estos ámbitos, capacitarse en una nueva forma de gestionar las obras y con el compartir de conocimientos, experiencias y soluciones ayudarán a ampliar la visión y cambiar los procesos de la gestión pública.

- Impulsar el cambio desde la empresa privada ya que el sector público se muestra reacio, no existen ni indicios de querer lograr mejoras en las contrataciones de proyectos ni en tramitar nuevas implementaciones tecnológicas o de gestión de obras, por lo tanto, mientras mayor sea la realización de proyectos pilotos y se logre la introducción progresiva, servirá como referentes y documentar casos de éxito para de esta forma presionar a la gestión pública para crear nuevos sistemas de contratación.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Ballard, G & Howell. An Update to The Last Planner. IGLC11. Virginia, USA. 2003
- Beltrán, P.; Chávez, X.; Salazar, E.; Vera, M. Análisis de la utilidad del Lean Construction y BIM para mejorar la futura gestión de proyectos de infraestructura hospitalaria, Caso: Mejoramiento de los servicios de salud en el establecimiento de salud de Chala, Distrito de Chala, Provincia de Caraveli, Región Arequipa. Trabajo final de máster, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2020. [Consulta: 4 de octubre 2021]. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/10757/652864>
- Brioso, X. El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: Propuesta de Regulación en España y su inclusión en la Ley de la Ordenación de la Edificación. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela técnica Superior de Arquitectura, 2015.
- Casares, A. Arquitectura Sanitaria y Hospitalaria. Madrid: Escuela Nacional de Sanidad; 2012. Tema 12.1 [Consulta: 12 de octubre 2021]. Disponible en: http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:500920/n12.1_Arquitectura_sanitaria_y_gesti__n__medio_ambiental.pdf
- Correa, M. Análisis y aplicación del sistema Lean Construction en la construcción de viviendas en el Ecuador. Trabajo final de máster, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2014. [Consulta: 7 de noviembre 2021]. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10332>
- Dirección Nacional de Investigación y Estudios. Estudio Sectorial: Productividad en la Industria Ecuatoriana de la Construcción 2013 – 2017. Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, 2018. [Consulta: 8 de octubre 2021]. Disponible en: <https://investigacionyestudios.supercias.gob.ec/index.php/estudios-sectoriales/>
- esBIM. Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM. España, 2018. [Consulta: 3 de octubre 2021]. Disponible en <https://www.buildingsmart.es/recursos/gu%C3%ADas-ubim/>
- esBIM. Informe de análisis del impacto de la implantación BIM en la pequeña y mediana empresa. España, 2017. [Consulta: 3 de agosto 2021]. Disponible en: <<https://bim.tecniberia.es/wp-content/uploads/2016/11/GT1-Estrategia-SG1.6-PYMES.pdf>
- Latorre, A. Filosofía Lean en la construcción. Trabajo final de máster, UPV, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, Departamento de Construcciones Arquitectónicas. 2015. [Consulta: 18 de agosto 2021]. Disponible en: <<https://riunet.upv.es/handle/10251/50732>
- Latorre, A.; Sanz, C.; Sánchez, B. Aplicación de un modelo Lean-BIM para la mejora de la productividad en redacción de proyectos de edificación. Informes de la

Construcción, 2019, 71(556): e313. [Consulta: 18 de agosto 2021]. Disponible en: <<https://doi.org/10.3989/ic.67222>

- Lucio, R.; Villacrés, N.; Henríquez, R. Sistema de salud de Ecuador. Salud Pública de México, 53(2), S177-S187. [Consulta: 10 de octubre de 2021]. ISSN: 0036-3634. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10619779013>
- Ministerio de Salud Pública. Dirección Nacional de Infraestructura Sanitaria, Equipamiento y Mantenimiento. [Consulta: 8 de octubre 2021]. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/direccion-nacional-de-infraestructura-sanitaria-equipamiento-y-mantenimiento/>
- Pons, J. Introducción a Lean Construction. Fundación Laboral de la Construcción, 2014, 1º edición. Madrid. [Consulta: 15 de octubre 2021]. Disponible en: <http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf>
- Pons, J.; Rubio, I. LEAN CONSTRUCTION y la planificación colaborativa METODOLOGÍA DEL LAST PLANNER® SYSTEM. Colección guías prácticas de Lean Construction, 1º edición. Madrid, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, 2019. ISBN: 978-84-09-10609-7
- Pons, J.; Rubio, I. LEAN CONSTRUCTION Las 10 claves del éxito para su implantación. Colección guías prácticas de Lean Construction, 1º edición. Madrid, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, 2021. ISBN: 978-84-09-27426-0
- Project Management Institute, Inc. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). Sexta Edición. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017. ISBN 9781628253924
- Roig, V.; Muñoz, S. Estudio Macro de Adopción BIM en España. España, 2019. [Consulta: 15 de octubre 2021]. Disponible en: <https://archiespana.es/macro-estudio-adopcion-bim-2019>
- Testa, R. Implementación BIM en la Dirección de Proyectos de Construcción. Trabajo final de máster, Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales. 2019. [Consulta: 18 de agosto 2021]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37245/TFM-I-1179.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Toledo, M., Olivares, K., González, V. Exploration of a Lean-BIM Planning Framework: A Last Planner System and BIM-Based Case Study, 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (pp.3–12), Boston, MA, USA. 2016. [Consulta: 19 de octubre 2021]. Disponible en: <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-bebfd63e-3f20-409b-9f85-dc73ad8bb5d8.pdf>

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a mi familia, por el apoyo constante y por su amor, que a pesar de la distancia siempre están pendientes de mí respaldándome en cada uno de mis propósitos, ellos son parte de este logro.

A mi tutora, por su guía, asesoramiento y predisposición en el desarrollo de este trabajo y a las empresas que me brindaron las facilidades para realizar los casos de estudio.

9 ANEXOS

ANEXO 1: RIESGOS Y SOLUCIONES

Projecte i obra d'edifici hospitalari polivalent HUGTIP MÀSTER PLA: FITES, PLA LOGISTIC I AGENTS PRINCIPALS

MASTER RISCOS

Riscos del projecte	Tipus	Impacte	Solució	Situació	Gestió	
1	Termini proposat ajustat	Assumir	Alt	Seguiment restriccions i activitats	En execució fins al final	Control compres 3 setmanes i seguiment a 3 setmanes guiada per el pla Master
2	Tràmits previs inici obra	Assumir	Mig	Seguiment tràmits per llicència i sol·licitar comunicat d'obres menors per tancament obra	Finalitzat	Entrega de Projectes bàsics
3	Riscos i Covid	Mitigar	Alt	Acotar risc i seguir mesures de seguretat	En execució fins al final	
4	Fites externes aprovació Catsby	Mitigar	Mig	Fites parcials i flexibilitat projecte	En execució fins al final	Seguiment restriccions d'informació i dates de compra elements crítics
5	Interferència amb heliport	Mitigar	Alt	Comunicació amb operador heliport per coordinar treballs i operacions heliport	Finalitzat	S'ha fet gestió per part ICS i s'ha acordat amb operador que els recorreguts de l'helicòpter es prioritzaran per mar i sino es coordinarà amb obra per baixar grues en maniobra enlairament
6	Pas vehicle funebre	Mitigar	Baix	Definir nou recorregut i coordinar pas vehicle amb execució treballs	En execució	Definit i previst fer la comunicació amb temps per la gestió interna del hospital
6	Detecció i resolució serveis afectats	Resoldre	Mig	Identificar i gestionar desafectació	Finalitzat	Contractació industrials hospital i coordinar afectacions serveis
7	Mobilització maquinaria de pilots i pantalles	Resoldre	Mig	Coordinar actuacions	Finalitzat	Identificar temps de treball i evitar interferències amb planificació 1 setmana
8	Fabricació i subministrament pòrtics	Assumir	Mig	Estandardització materials	Finalitzat	Disseny projecte amb materials estàndards per disposar diferents proveïdors
9	Nombre important grues autoprop. a treballar en simultani (estructura i envoltant): fins a 3 ut.	Mitigar	Mig	Coordinar actuacions	Finalitzat	Sectoritzar l'obra en 6 àmbits i coordinar en la planificació setmana la no interferència
10	Muntatge pòrtic i forjats prefabricats en simultani	Mitigar	Baix	Coordinar actuacions	Finalitzat	Sectoritzar l'obra en 6 àmbits i coordinar en la planificació setmana la no interferència
11	Sub. Revestiments HPL quasi crític	Assumir	Mig	Seguiment compres	pendent	Seguir definició projecte i control compres en seguiment 3 setmanes
12	Termini ajustat per definir les instal·lacions	Assumir	Mig	Seguiment definicions parcials projecte executiu	En execució	Seguiment fites parcials definició segons dates crítiques execució. Control en seguiment 3 setmanes.
12	Acordar amb Bombes els sectors i especificacions	Mitigar	Mig	Reunió amb el tècnic i acordar les necessitats que tenen que apareixen en el projecte	Finalitzat	Realitzada reunió i acordat temes específics, ubicar sectors i acords en el projecte
13	Altres subministres quasi crítics (plaques prefabricades, tancaments, màquines clima)	Assumir	Mig	Seguiment definicions parcials projecte executiu	En execució	Seguiment fites parcials definició segons dates crítiques execució. Control en seguiment 3 setmanes.
14	Nombre màx. Treballadors important: Aprox 100	Mitigar	Mig	Industrialització treballs	En execució	Estudiar tasques a realitzar fora d'obra
15	Gestió de diferents camins crítics	Mitigar	Mig	Estudi restriccions	En execució	Coordinar pla Master i seguiment 3 setmanes per identificar restriccions i camins crítics.
16	Inici dels treballs interiors abans d'acabar l'estructura i envoltant	Mitigar	Baix	Coordinar actuacions	pendent	Sectoritzar l'obra en 6 àmbits i coordinar en la planificació setmana la no interferència
17	Compres Equipaments mèdics específics	Mitigar	Alt	Mostra Box i acordar subministres	pendent	3 setmanes per estudiar i preparar un box de mostre
18	Treballs per zones al mateix nivell	Mitigar	Baix	Coordinar actuacions	En execució	Coordinar treballs en les reunions N4

ANEXO 2: LIBERACIÓN DE RESTRICCIONES

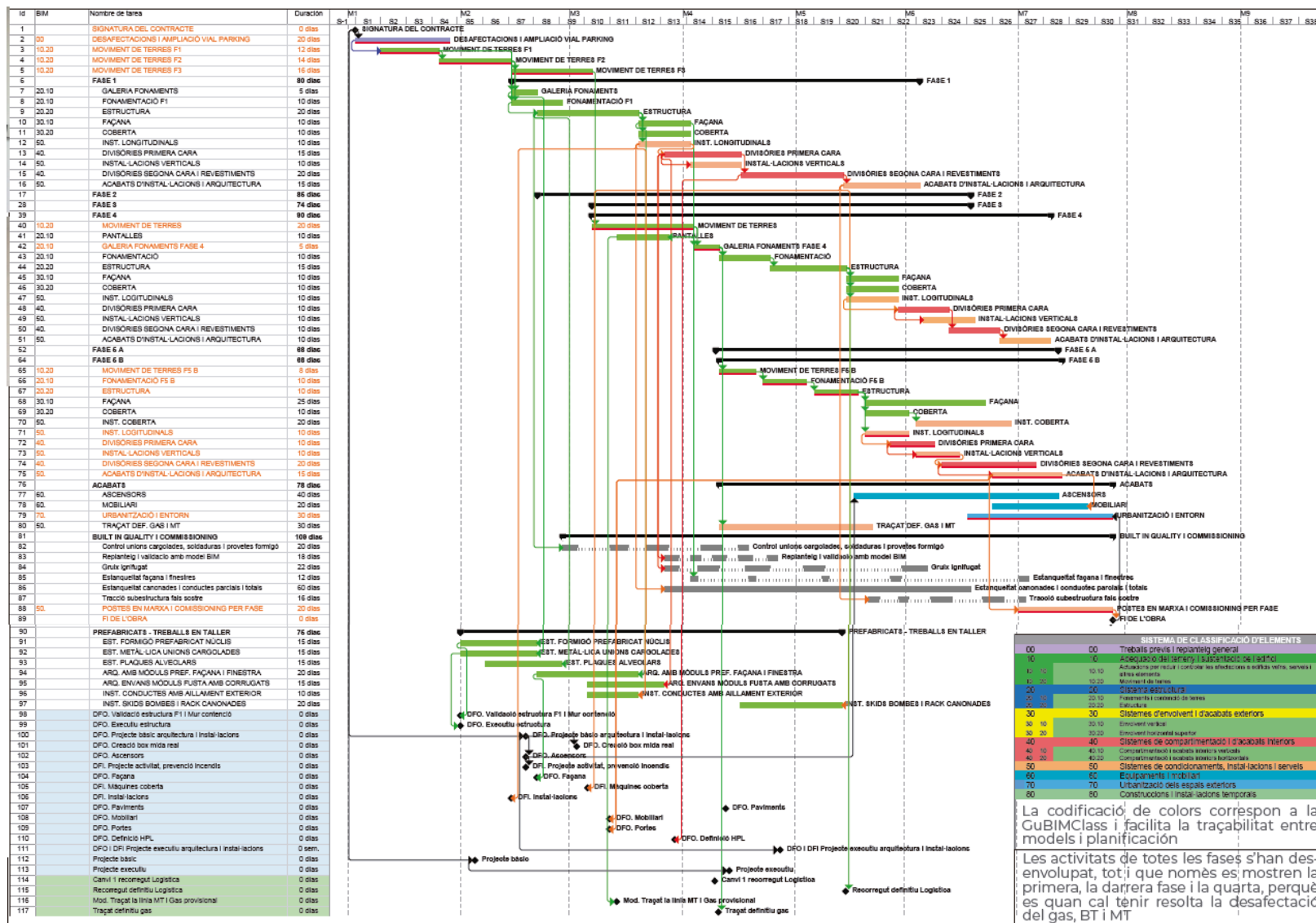
Projecte i obra d'edifici hospitalari polivalent HUGTIP

LISTA DE RESTRICCIONS

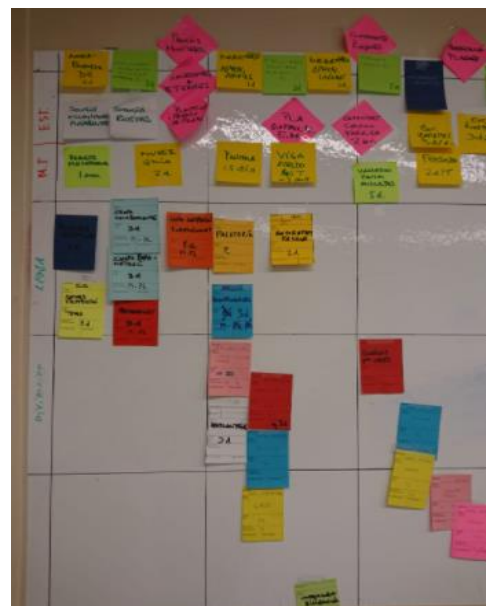
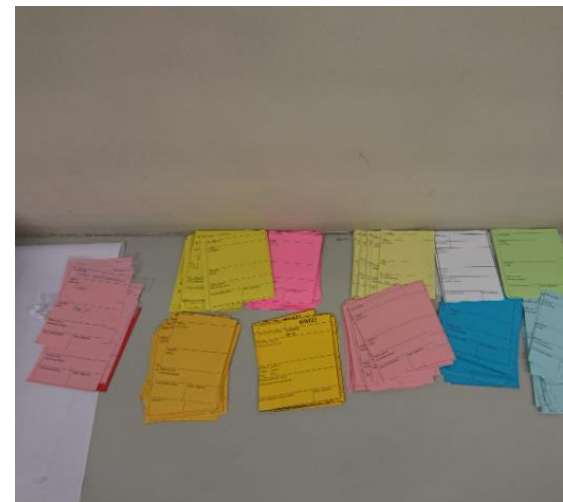
30-sep.

ID	DATA ALTA	TIPUS	DESCRIPCIÓ	RESPONSABLE	ID	TASCA AFECTADA	AFECTAT	DATA SOL·LICITADA	DATA COMPROMESA	SITUACIÓ	DIES OBERTA	DATA TANCAMENT	RETARD	COMENTARIS (3W)
R01	24-ago.	INFO	Aprovació PSS, permís obra i obertura centre de treball		10.2	Tancament obra		24-ago.	27-ago.	Tancada	3	27-ago.	0	Es tramita comunicació prèvia
R02	24-ago.	ACT.PREV	Retirada compactadores		10.8	Cimentacions		24-ago.	1-sep.	Tancada	14	7-sep.	6	
R03	24-ago.	INFO	Aprovació Projecte bàsic i llicència obra		20.2	Projecte bàsic		24-ago.	7-sep.	Tancada	23	16-sep.	9	
R04	3-sep.	INFO	Doc. mesures nosocomials		20.1	Cimentacions		3-sep.		Tancada	4	7-sep.	4	
R05	17-sep.	INFO	Creuament sanejament per riostra		30.1	Cimentacions		17-sep.	21-sep.	Tancada	6	23-sep.	6	
R06	15-sep.	INFO	Aprovació plànols taller		70.1	Estructura metàl·lica		15-sep.	21-sep.	Tancada	6	21-sep.	6	
R07	16-sep.	INFO	Definició cotes i acabat		70.7	Estructura metàl·lica		16-sep.	28-sep.	Tancada	5	21-sep.	5	
R08	16-sep.	MAT.	Contractació estruc. Escala		70.7	Estructura metàl·lica		16-sep.	28-sep.	Tancada	5	21-sep.	5	
R09	17-sep.	INFO	Validació recorregut cotxe morgue		10.11	Cimentacions		25-sep.	28-sep.	Tancada	14	1-oct.	6	
R10	9-oct.	INFO	Validació revestiment interior HPL 3mm		90.3	Revestiments interior façana		12-oct.	15-oct.	Tancada	6	15-oct.	3	Solución definitiva: HPL 6mm con rastreles
R11	9-oct.	INFO	Concretar accés patis instal·lacions		270.1	1ª Cara pati instal·lacions		12-oct.	22-oct.	Tancada	15	24-oct.	12	
R12	20-oct.	INFO	Disponer de detalle de bajada de instalaciones en tabiques centrales UCI pandemia		192.1	Instalaciones verticales		20-oct.	26-oct.	Tancada	8	28-oct.	8	
R13	20-oct.	INFO	Definir sanitarios en planta (inodoro, vertedero, ducha)		191.1	Sanejament (INST. sostre 1ª Fase)		20-oct.	28-oct.	Tancada	9	29-oct.	9	
R14	20-oct.	INFO	HOSP. Requeriments instal·lacions S1		191.1	Sanejament (INST. sostre 1ª Fase)		20-oct.	22-oct.	Tancada	4	24-oct.	4	
R15	26-oct.	INFO	Plànols conductes P2		193.2	Conductes P2		26-oct.	27-oct.	Tancada	3	29-oct.	3	
R16	2-nov.	INFO	Aprovació plànols pasarelles		71.9	Estructura unions edifici		30-oct.		Tancada	7	9-nov.	10	
R17	2-nov.	INFO	Sanejament boxes, escollir columna		191.1	Sanejament P2		28-oct.		Tancada	2	4-nov.	7	
R18	2-nov.	INFO	Detall constructiu impermeabilització amb façana		280.1	Impermeabilització coberta		2-nov.		Tancada	2	4-nov.	2	
R19	13-nov.	ACT.PREV	Muntatge pasarela oest		90.6	Muntatge 1ª pell		13-nov.	23-nov.	Tancada	7	20-nov.	-3	No afecta altres activitats
R20	13-nov.	INFO	Modulació fals sostre		273.1	Fals sostre F1 i difusió		13-nov.	25-nov.	Tancada	20	3-dic.	8	Condiciona muntatge difusió
R21	13-nov.	ACT.PREV	Muntatge elements instal·lacions		273.1	Fals sostre F1		13-nov.	25-nov.	Tancada	24	7-dic.	12	
R22	13-nov.	INFO	Plànols interiors i reforços pladur		274.1	Tancament 2es cares		13-nov.	23-nov.	Tancada	10	23-nov.	0	Condiciona proves instal·lacions
R23	13-nov.	MAT	Subministrament motxilles vàters		274.1	Tancament 2es cares		13-nov.	20-nov.	Tancada	7	20-nov.	0	Condiciona proves instal·lacions
R24	13-nov.	ACT.PREV	Instal·lacions dins envans		274.1	Tancament 2es cares		13-nov.	23-nov.	Tancada	20	3-dic.	20	
R25	13-nov.	INFO	Alimentació persianes exterior		192.5	Tancament 2es cares		13-nov.	20-nov.	Tancada	6	19-nov.	6	
R26	13-nov.	ACT.PREV	Pasarela oest		210.1	Cablejat escameses		13-nov.	20-nov.	Tancada	7	20-nov.	7	
R27	13-nov.	ACT.PREV	Pasarela nord		201.2	Escamesa clima		13-nov.	26-nov.	Tancada	20	3-dic.	20	
R28	13-nov.	ACT.PREV	Tancament gero nucli est		520	Ascensors esc. Est		13-nov.	25-nov.	Tancada	18	1-dic.	18	
R29	30-nov.	ACT.PREV	Finalització sales tècniques coberta		192.5	Cablejat utp		4-dic.	4-dic.	Tancada	7	7-dic.	3	
R30	30-nov.	ACT.PREV	Realitzar sales tècniques soterrani		210.2	Escomesse, i instal·lació SAI i quadres		14-dic.	14-dic.	Tancada	21	21-dic.	7	
R31	30-nov.	ACT.PREV	Rel·liga patis		190.17	Calorífugat tuberia muntants		11-dic.	11-dic.	Tancada	24	24-dic.	13	
R32	22-dic.	SUB.OBRA	Subministre fancoils		600	Posta en marxa		22-dic.	15-ene.	Tancada	21	12-ene.	21	
R33	22-dic.	SUB.OBRA	Subministre lames fals sostre registrable		460	Element terminals sostre		22-dic.	30-dic.	Tancada	8	30-dic.	8	

ANEXO 3: PLANIFICACIÓN CON CLASIFICACIÓN GUBIMCLASS



ANEXO 4: FOTOGRAFÍAS SALA BIG ROOM/OBEYA CON LPS – HOSPITAL GENERAL DE GRANOLLERS



ANEXO 5: MODELO PROPUESTO PARA EL ACTA DE CONSTITUCIÓN + PRE-BEP

ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO

1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO		ID	
NOMBRE DEL CLIENTE		ID	
EMPRESA DISEÑO			
EMPRESA CONSTRUCTORA			
UBICACIÓN			
DESCRIPCIÓN Y PROPÓSITO GENERAL DEL PROYECTO			
TIPO DE CONTRATO			
METODOLOGÍA			
FECHA DE INICIO DEL PROYECTO			
FECHA FIN DEL PROYECTO			

2. ALCANCE DEL PROYECTO

--

3. REQUERIMIENTOS GENERALES Y DE INFORMACIÓN

--

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

--

5. OBJETIVOS BIM

PRIORIDAD (Alta, Media, Baja)	DESCRIPCIÓN	USOS BIM

6. RIESGOS INICIALES DEL PROYECTO

--

7. CRONOGRAMA – HITOS DEL PROYECTO

--

8. ENTREGABLES BIM

FECHA INICIO	FECHA FIN	HITO/FASE	ENTREGABLE

9. PRESUPUESTO ESTIMADO DEL PROYECTO

--

10. STAKEHOLDERS DEL PROYECTO

ROL	RESPONSABILIDAD	PERSONA CONTACTO	EMPRESA	TELÉFONO	EMAIL

11. REQUISITOS DE APROBACIÓN DEL PROYECTO

--

12. REQUERIMIENTOS DE USO DEL BIM

UTILIZACIÓN BIM	VALOR PROYECTO	AGENTES RESPONSABLES

13. GESTIÓN E INTERCAMBIO DE LA INFORMACIÓN – ENTORNO COMÚN DE DATOS

PLATAFORMAS DE INTERCAMBIO	SOFTWARE

14. FLUJO DE TRABAJO Y COLABORACIÓN

DISCIPLINA	FASES	FRECUENCIA	ENTREGAS	FORMATO

FIRMA Y APROBACIÓN DEL ACTA

CLIENTE	EMPRESA DISEÑO	EMPRESA CONSTRUCTORA

ANEXO 11: FORMATO PROPUESTO PARA EL REGISTRO DE RIESGOS

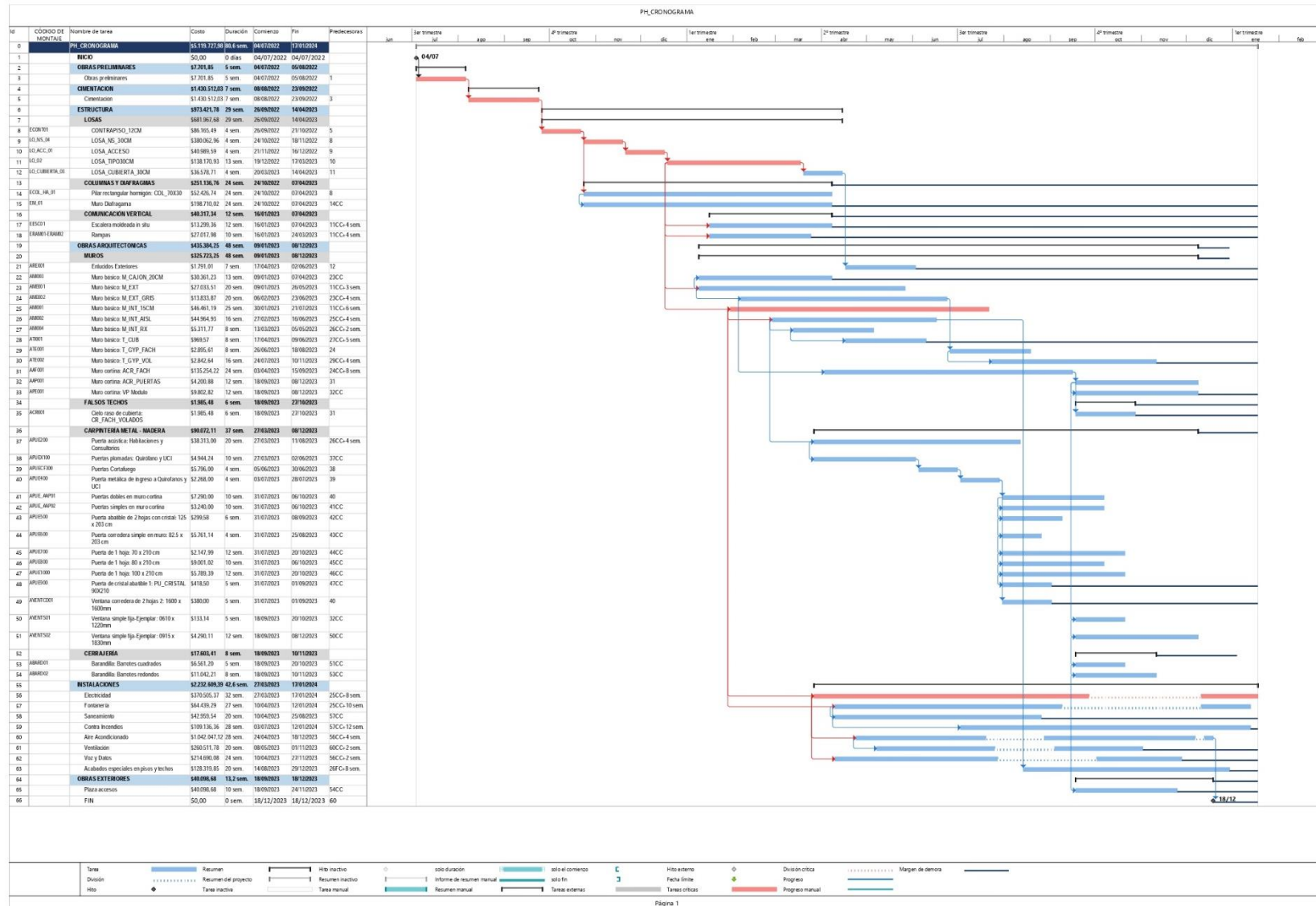
LISTA DE RIESGOS	<i>LOGO EMPRESA</i>
-------------------------	---------------------

NOMBRE DEL PROYECTO		ID		FECHA CONTROL:	
NOMBRE DEL CLIENTE		ID			

Nº	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	PROBABILIDAD	TIPO DE RESPUESTA	SOLUCIÓN	PRIORIDAD	ESTADO	MEDIDAS/ACCIONES	RESPONSABLE

<p>IMPACTO Y PROBABILIDAD</p> <ul style="list-style-type: none"> Alto Medio Bajo 	<p>TIPO DE RESPUESTA</p> <ul style="list-style-type: none"> Evitar Transferir Mitigar Aceptar 	<p>ESTADO</p> <ul style="list-style-type: none"> Identificado Controlado Cerrado
--	--	--

ANEXO 13: CRONOGRAMA ORIGINAL DEL PROYECTO PILOTO DE ESTUDIO



ANEXO 14: PRESUPUESTO ORIGINAL DEL PROYECTO PILOTO DE ESTUDIO

PRESUPUESTO PROYECTO HOSPITALARIO						
EDT	Código de Montaje	Descripción del rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
0	OBRAS PRELIMINARES					
		Obras preliminares	GLB	1	\$ 7.701,85	\$ 7.701,85
1	CIMENTACION					
		Cimentación	GLB	1	\$ 1.430.512,03	\$ 1.430.512,03
2	ESTRUCTURA					
2.1	LOSAS					
2.1.1	ECONT01	CONTRAPISO_12CM	M2	714,58	\$ 120,58	\$ 86.165,49
2.1.2	LO_NS_04	LOSA_NS_30CM	M2	4.188,16	\$ 90,75	\$ 380.062,96
2.1.3	LO_ACC_01	LOSA_ACCESO	M2	438,64	\$ 93,45	\$ 40.989,59
2.1.4	LO_02	LOSA_TIPO30CM	M2	1.437,08	\$ 96,15	\$ 138.170,93
2.1.5	ECONT01	LOSA_CUBIERTA30CM	M2	1.401,00	\$ 26,11	\$ 36.578,71
2.2	COLUMNAS Y DIAFRAGMAS					
2.2.1	ECOL_HA_01	Pilar rectangular hormigón: COL_70X30	M3	103,49	\$ 506,59	\$ 52.426,74
2.2.2	EM_01	Muro básico: DIAFG	M2	1.637,63	\$ 121,34	\$ 198.710,02
2.3	COMUNICACIÓN VERTICAL					
2.3.1	EESC01	Escalera moldeada in situ	U	7	\$ 1.899,91	\$ 13.299,36
2.3.2	ERAM01-ERAM02	Rampas	M2	219,30	\$ 123,20	\$ 27.017,98
3	OBRAS ARQUITECTONICAS					
3.1	MUROS					
3.1.2	ARE001	Enlucidos Exteriores	M2	74,07	\$ 24,18	\$ 1.791,01
3.1.3	AMI003	Muro básico: M_CAJON_20CM	M2	749,66	\$ 40,50	\$ 30.361,23
3.1.4	AME001	Muro básico: M_EXT	M2	741,66	\$ 36,45	\$ 27.033,51
3.1.5	AME002	Muro básico: M_EXT_GRIS	M2	379,53	\$ 36,45	\$ 13.833,87
3.1.6	AMI001	Muro básico: M_INT_15CM	M2	1.508,97	\$ 30,79	\$ 46.461,19
3.1.7	AMI002	Muro básico: M_INT_AISL	M2	1.883,90	\$ 23,87	\$ 44.964,93
3.1.8	AMI004	Muro básico: M_INT_RX	M2	146,87	\$ 36,17	\$ 5.311,77
3.1.9	ATI001	Muro básico: T_CUB	M2	37,80	\$ 25,65	\$ 969,57
3.1.10	ATE001	Muro básico: T_GYP_FACH	M2	116,43	\$ 24,87	\$ 2.895,61
3.1.11	ATE002	Muro básico: T_GYP_VOL	M2	114,30	\$ 24,87	\$ 2.842,64
3.1.12	AAF001	Muro cortina: ACR_FACH	M2	1.029,05	\$ 131,44	\$ 135.254,22
3.1.13	AAP001	Muro cortina: ACR_PUERTAS	M2	35,62	\$ 117,94	\$ 4.200,88
3.1.14	APE001	Muro cortina: VP Modulo	M2	160,33	\$ 61,14	\$ 9.802,82
3.2	FALSOS TECHOS					
3.2.1	ACR001	Cielo raso de cubierta: CR_FACH_VOLAD	M2	44,73	\$ 44,39	\$ 1.985,48
3.3	CARPINTERÍA METAL - MADERA					
3.3.1	APUE200	Puerta acústica: Habitaciones y Consultori	U	60	\$ 638,55	\$ 38.313,00
3.3.2	APUEX100	Puertas plomadas: Quirófano y UCI	U	8	\$ 618,03	\$ 4.944,24
3.3.3	APUECF300	Puertas Cortafuego	U	8	\$ 724,50	\$ 5.796,00
3.3.4	APUE400	Puerta metálica de ingreso a Quirofanos y	U	4	\$ 567,00	\$ 2.268,00
3.3.5	APUE_AAP01	Puertas dobles en muro cortina	U	9	\$ 810,00	\$ 7.290,00
3.3.6	APUE_AAP02	Puertas simples en muro cortina	U	6	\$ 540,00	\$ 3.240,00
3.3.7	APUE500	Puerta abatible de 2 hojas con cristal: 125	U	1	\$ 299,58	\$ 299,58
3.3.8	APUE600	Puerta corredera simple en muro: 82.5 x 2	U	17	\$ 338,89	\$ 5.761,14
3.3.9	APUE700	Puerta de 1 hoja: 70 x 210 cm	U	10	\$ 214,80	\$ 2.147,99
3.3.10	APUE800	Puerta de 1 hoja: 80 x 210 cm	U	41	\$ 219,54	\$ 9.001,02
3.3.11	APUE1000	Puerta de 1 hoja: 100 x 210 cm	U	26	\$ 222,67	\$ 5.789,39
3.3.12	APUE900	Puerta de cristal abatible 1: PU_CRISTAL	U	1	\$ 418,50	\$ 418,50
3.3.13	AVENTCD01	Ventana corredera de 2 hojas 2: 1600 x 16	U	2	\$ 190,00	\$ 380,00
3.3.14	AVENTS01	Ventana simple fija-Ejemplar: 0610 x 1220	U	3	\$ 44,38	\$ 133,14
3.3.15	AVENTS02	Ventana simple fija-Ejemplar: 0915 x 1830	U	43	\$ 99,77	\$ 4.290,11
3.4	CERRAJERÍA					
3.4.1	ABARD01	Barandilla: Barrotes cuadrados	ML	23,5	\$ 279,20	\$ 6.561,20
3.4.2	ABARD02	Barandilla: Barrotes redondos	ML	68,23	\$ 161,84	\$ 11.042,21
4	INSTALACIONES					
4.1		Electricidad	GLB	1	\$ 370.505,37	\$ 370.505,37
4.2		Fontanería	GLB	1	\$ 64.439,29	\$ 64.439,29
4.3		Saneamiento	GLB	1	\$ 42.959,54	\$ 42.959,54
4.4		Contra Incendios	GLB	1	\$ 109.136,36	\$ 109.136,36
4.5		Aire Acondicionado	GLB	1	\$ 1.042.047,12	\$ 1.042.047,12
4.6		Ventilación	GLB	1	\$ 260.511,78	\$ 260.511,78
4.7		Voz y Datos	GLB	1	\$ 214.690,08	\$ 214.690,08
		Acabados especiales en pisos y techos	GLB	1	\$ 128.319,85	\$ 128.319,85
5	OBRAS EXTERIORES					
4.1		Plaza accesos	GLB	1	\$ 40.098,68	\$ 40.098,68
TOTAL PRESUPUESTO						\$5.119.727,95

ANEXO 15: ACTA DE CONSTITUCIÓN + PRE-BEP**ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO****1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO**

NOMBRE DEL PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE UN HOSPITAL PRIVADO	ID	001-MHC
NOMBRE DEL CLIENTE	CONSORCIO HOSPITALARIO	ID	001-CPH
EMPRESA DISEÑO	ARQ ST		
EMPRESA CONSTRUCTORA	C&M STUDIO		
UBICACIÓN	Manabí – Ecuador		
DESCRIPCIÓN Y PROPÓSITO GENERAL DEL PROYECTO	Edificio hospitalario, con 7.026,25 m ² aproximados de área útil. Consta de 6 niveles distribuidos en: Plantas altas con quirófanos, unidad de cuidados intensivos, hospitalización, consultorios médicos. Planta Baja con locales comerciales de tipo salud y Emergencia y además cuenta con 2 subsuelos para parqueaderos. El edificio está dentro de un complejo hospitalario y se crea con el objetivo de complementar los servicios de la I y II Etapa y abastecer a la demanda.		
TIPO DE CONTRATO	Diseño y Construcción		
METODOLOGÍA	Planificación del proyecto y construcción: Lean Construction (con LPS), seguimiento y modelado con BIM		
FECHA DE INICIO DEL PROYECTO	JULIO 2022		
FECHA FIN DEL PROYECTO	SEPTIEMBRE 2023		

2. ALCANCE DEL PROYECTO

Construcción de un hospital privado de 6 niveles distribuidos en: Plantas altas con 3 quirófanos, unidad de cuidados intensivos, hospitalización con 15 habitaciones más una sala de procedimientos, 28 consultorios médicos. Planta Baja con locales comerciales de tipo salud y Área de Emergencia y 2 subsuelos para parqueaderos.

Construcción de zonas de acceso y conexión con las Torres I y II, a más de todas las obras exteriores necesarias para la puesta en marcha del edificio.

3. REQUERIMIENTOS GENERALES Y DE INFORMACIÓN

- Cumplimiento de presupuesto y cronograma.
- Cumplimiento de normativa y calidad exigida.
- Participación y seguimiento activo por parte del cliente en los posibles cambios en fase de diseño y construcción.
- Implementar las figuras de Lean Manager y Coordinador Bim en el desarrollo del proyecto.
- Utilización de las metodologías BIM y Lean.
- Obtención de información gráfica del proyecto en distintas fases, dentro de las fechas estipuladas con motivos de publicidad y ventas.
- Supervisión y seguimiento de la obra a través del modelo BIM y la presentación de Planillas y Certificaciones de Obra.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- Implementar la metodología Bim y Lean en los procesos de desarrollo del proyecto.
- Mejorar la gestión y planificación del proyecto mediante la aplicación de LPS.
- Realizar seguimiento semanal de la producción en obra.
- Lograr un intercambio de información fluido y de calidad.
- Gestionar las adquisiciones y logística de los suministros críticos.
- Mejorar el desempeño y compromiso del personal.

5. OBJETIVOS BIM

PRIORIDAD (Alta, Media, Baja)	DESCRIPCIÓN	USOS BIM
Alta	Cumplir con los tiempos y costes en la ejecución de obra	Planificación 4D, Control de Costes 5D
Alta	Detectar a tiempo posibles cambios y/o complicaciones en obra	Modelado 3D, Control de Costes 5D
Alta	Obtener la información a tiempo a partir del modelo BIM	Coordinación 3D, Tablas de planificación
Alta	Evitar la falta de compatibilización entre disciplinas	Coordinación 3D, Planificación 4D
Media	Obtener una visualización completa del proyecto para efectos de publicidad y ventas	Modelado 3D, Renders
Media	Control de logística y gestión del edificio durante su vida útil	Modelo de Gestión

6. RIESGOS INICIALES DEL PROYECTO

- Climatología adversa en fase de movimiento de tierras.
- Fabricación y suministro de conductos y equipos de aire acondicionado.
- Suministro e instalación de fachada muro cortina.
- Falta de liquidez por desembolso del banco o pagos de reservas de ventas de consultorios y áreas estratégicas.
- Solapamiento de actuaciones que no permitan trabajar en una misma zona.
- Falta de respuestas rápidas en las validaciones.
- Falta de compromiso por parte del personal para la implementación de las metodologías.

7. CRONOGRAMA – HITOS DEL PROYECTO

HITOS	FECHA
Inicio del proyecto tras firma de Acta de Constitución - Contrato	04/07/2022
Obras preliminares	04/07/2022
Adecuación terreno	18/07/2022
Estructuras	29/08/2022
Sistema de Envolvertes	30/01/2023
Compartimentación y acabados	19/12/2022
Instalaciones	30/01/2023
Equipamiento	19/06/2023
Obras exteriores	31/07/2023
Fin del proyecto - Acta de Recepción – Entrega	22/09/2023

8. ENTREGABLES BIM

FECHA INICIO	FECHA FIN	HITO/FASE	ENTREGABLE
04/07/2022	-----	Inicio Del Proyecto	Pre - BEP
11/07/2022	22/09/2023	Construcción Obra	Planillas y Certificaciones Modelo BIM en constante actualización
18/07/2022	-----	Reunión de planificación	BEP
18/07/2022	26/09/2022	Proyecto de Ejecución	Proyecto de Ejecución Preliminar
27/09/2022	-----	Reunión Revisión	Proyecto de Ejecución Aceptado
27/09/2022	21/11/2022	Proyecto de Ejecución	Proyecto de Ejecución Definitivo
22/11/2022	-----	Reunión Aprobación	Proyecto de Ejecución Firmado
05/12/2022	25/08/2023	Publicidad y Ventas	Pack comercial: Planos, renders, detalles
22/09/2023	-----	Liquidación y Recepción de Obra	Garantías de Obra, Modelo BIM (Asbuilt)
02/10/2023	-----	Uso y Mantenimiento	Modelo de Gestión

9. PRESUPUESTO ESTIMADO DEL PROYECTO

PROCESO CONSTRUCTIVO	PRESUPUESTO
Obras preliminares	1.540,37 USD
Adecuación terreno	6.161,48 USD
Estructuras	2.403.933,80 USD
Sistema de Envolvertes	255.854,02 USD
Compartimentación y acabados	244.440,29 USD
Instalaciones	2.122.789,54 USD
Equipamiento	115.319,85 USD
Obras exteriores	34.598,68 USD
TOTAL PRESUPUESTO	5.184.638,03 USD

10. STAKEHOLDERS DEL PROYECTO

ROL	RESPONSABILIDAD	PERSONA CONTACTO	EMPRESA	TELÉFONO	E-MAIL
CLIENTE / PROPIEDAD	Promotor y propietario final de la infraestructura hospitalaria	AFS	CONSORCIO HOSPITALARIO		
CONSTRUCTOR	Encargado de la construcción del proyecto en su totalidad, aporta con el personal calificado y todos los recursos necesarios	DMC	C&M STUDIO		
SUB CONTRATISTAS	Responsables de la ejecución de obra referente a su especialidad	LAR	C&M STUDIO		
COORDINADOR BIM	Encargado de la coordinación del modelo BIM, interferencias y seguimiento	CJC	C&M STUDIO		
COORDINADOR LEAN	Encargado de la coordinación de la planificación y producción, vínculo directo entre el cliente y el constructor	MCB	C&M STUDIO		
ARQUITECTURA	Responsable del diseño arquitectónico del proyecto	ANN	ARQ ST		
INSTALACIONES	Responsable del diseño de instalaciones del proyecto	JIG	ARQ ST		
ESTRUCTURAS	Responsable del diseño estructural del proyecto	GAT	ARQ ST		

11. REQUISITOS DE APROBACIÓN DEL PROYECTO

La infraestructura hospitalaria totalmente terminada, cumpliendo las exigencias de calidad y aprobada mediante la firma del Acta de entrega – recepción del proyecto. Se entregará el modelo BIM con las modificaciones realizadas, los planos As-Built y el libro del edificio.

12. REQUERIMIENTOS DE USO DEL BIM

UTILIZACIÓN BIM	VALOR PROYECTO	AGENTES RESPONSABLES
Modelo arquitectónico	Modelo de diseño	ARQUITECTURA
Modelado de cada disciplina	Modelado y coordinación interdisciplinar	ARQ, MEP, STR, COORDINADOR BIM
Gestión de la información	Generación de planos y modelo federado	ARQ, MEP, STR
Obtención de tablas de medición	Contabilizaciones elementos, materiales	ARQ, MEP, STR
Elaboración de presupuesto	Costes	ARQUITECTURA, COORDINADOR BIM
Elaboración de cronograma	Planificación	COORDINADOR BIM

13. GESTIÓN E INTERCAMBIO DE LA INFORMACIÓN – ENTORNO COMÚN DE DATOS

PLATAFORMAS DE INTERCAMBIO	SOFTWARE
EQUIPO DE DISEÑO - WIP	Autodesk Revit, BimCollab
EQUIPO DE DISEÑO - COMPARTIDO	Dropbox, Google Drive
EQUIPO DE DISEÑO - PUBLICADO	Dropbox, Google Drive

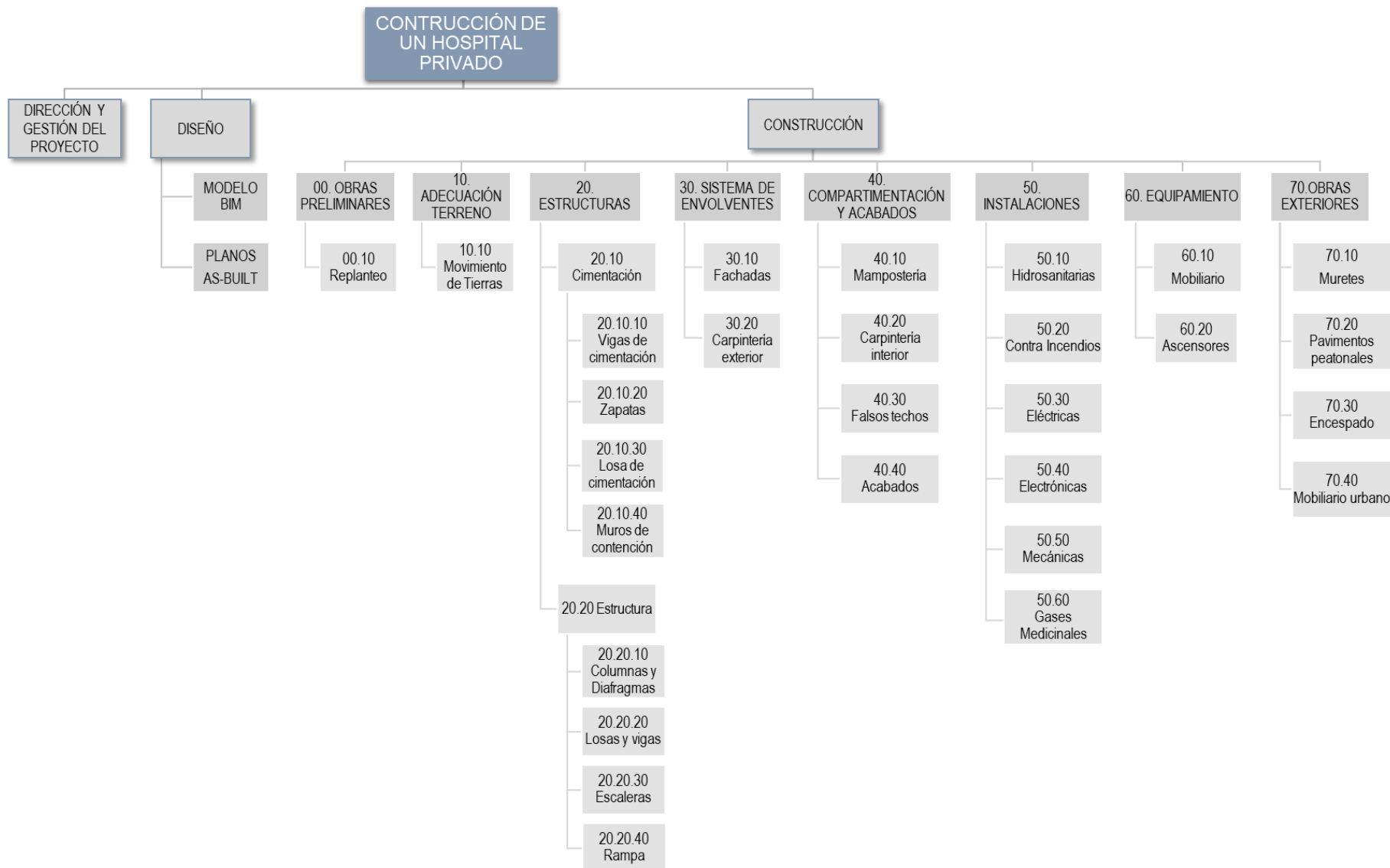
14. FLUJO DE TRABAJO Y COLABORACIÓN

DISCIPLINA	FASES	FRECUENCIA	ENTREGAS	FORMATO
ARQUITECTURA	PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN	Semanal	Cada lunes	.rvt - .nwc
ESTRUCTURA	PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN	Semanal	Cada lunes	.rvt - .nwc
INSTALACIONES	PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN	Semanal	Cada lunes	.rvt - .nwc
MODELO FEDERADO	PROYECTO DE EJECUCIÓN	Semanal	Cada martes	.rvt - .nwc

FIRMA Y APROBACIÓN DEL ACTA

CLIENTE	EMPRESA DISEÑO	EMPRESA CONSTRUCTORA

ANEXO 16: EDT



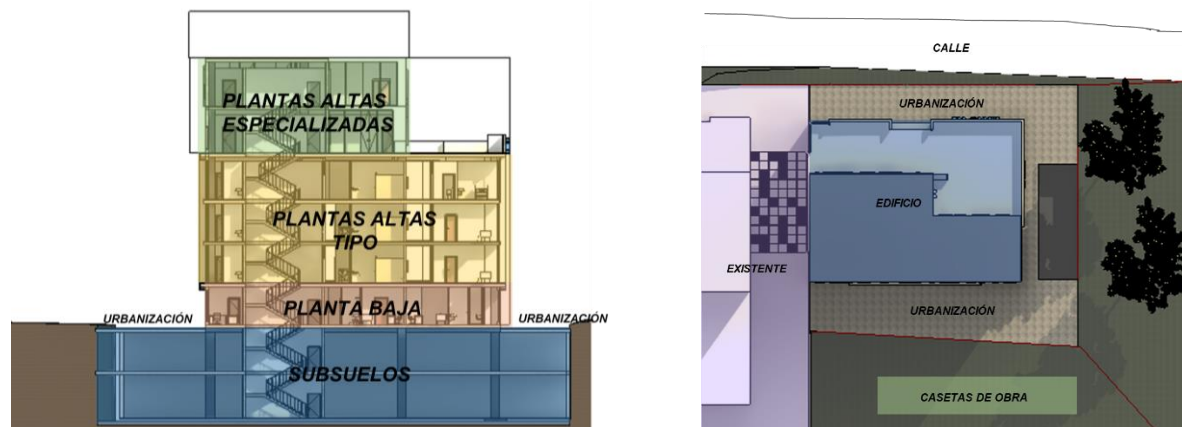
ANEXO 17: MASTER PLAN

MASTER PLAN	LOGO EMPRESA
--------------------	--------------

NOMBRE DEL PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE UN HOSPITAL PRIVADO	ID	001-MHC	FECHA	01/05/2022
NOMBRE DEL CLIENTE	CONSORCIO HOSPITALARIO	ID	001-CPH	UBICACIÓN	Manabí, Ecuador

ID	PROCESO CONSTRUCTIVO	MEDICIÓN	DURACIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16
	INICIO PROYECTO	---		◆															
00	OBRAS PRELIMINARES	GLB	4 semanas	■	■														
10	ADECUACIÓN TERRENO	8.000 m3	8 semanas	■	■	■													
20	ESTRUCTURAS	8 plantas	36 semanas			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
30	SISTEMA DE ENVOLVENTES	2.150 m2	22 semanas								■	■	■	■	■	■			
40	COMPARTIMENTACIÓN Y ACABADOS	4.300 m2	40 semanas							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
50	INSTALACIONES	8 plantas	24 semanas								■	■	■	■	■	■	■	■	■
60	EQUIPAMIENTO	8 plantas	16 semanas											■	■	■	■	■	■
70	OBRAS EXTERIORES	715 m2	8 semanas															■	■
	FIN PROYECTO	---																	◆

SECTORIZACIÓN



ANEXO 18: LISTA DE RIESGOS Y SUMINISTROS CRÍTICOS

LISTA DE RIESGOS				
Nº	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	PROBABILIDAD	TIPO DE RESPUESTA
1	Climatología adversa en fase de movimiento de tierras	Medio	Baja	Aceptar
2	Fabricación y suministro de conductos y equipos de aire acondicionado	Alto	Media	Evitar
3	Suministro e instalación de fachada muro cortina	Alto	Media	Evitar
4	Falta de liquidez por desembolso del banco o pagos de reservas de ventas de consultorios y áreas estratégicas	Alto	Media	Evitar
5	Solapamiento de actuaciones que no permitan trabajar en una misma zona	Bajo	Baja	Mitigar
6	Falta de respuestas rápidas en las validaciones	Medio	Baja	Mitigar
7	Falta de compromiso por parte del personal para la implementación de las metodologías	Medio	Baja	Mitigar
8	Falta de personal de obra o distribución desigual de frentes de trabajo	Medio	Baja	Aceptar

LISTA SUMINISTROS CRÍTICOS		
ID	SUMINISTRO	FECHA NECESARIA EN OBRA
1	Maquinaria para movimiento de tierras	semana 03
2	Acero: cimentación	semana 09
3	Encofrado metálico	semana 13
4	Acero figurado: estructura	semana 13
5	Estructura metálica	semana 19
6	Tubería HG para distribuidores del SCI	semana 35
7	Instalaciones Gases Medicinales	semana 37
8	Muros cortina	semana 39
9	Equipos aire acondicionado	semana 39
10	Ascensores	semana 43
11	Puertas RF	semana 50
12	Carpintería interior: puertas de madera	semana 50
13	Carpintería interior: mamparas y puertas de vidrio	semana 53
14	Transformador Eléctrico y Generador	semana 53
15	Equipamiento Hospitalario	semana 57

ANEXO 20: PLAN ANTICIPADO – 3 SEMANAS

PLAN ANTICIPADO - 3 SEMANAS VISTAS	LOGO EMPRESA
---	--------------

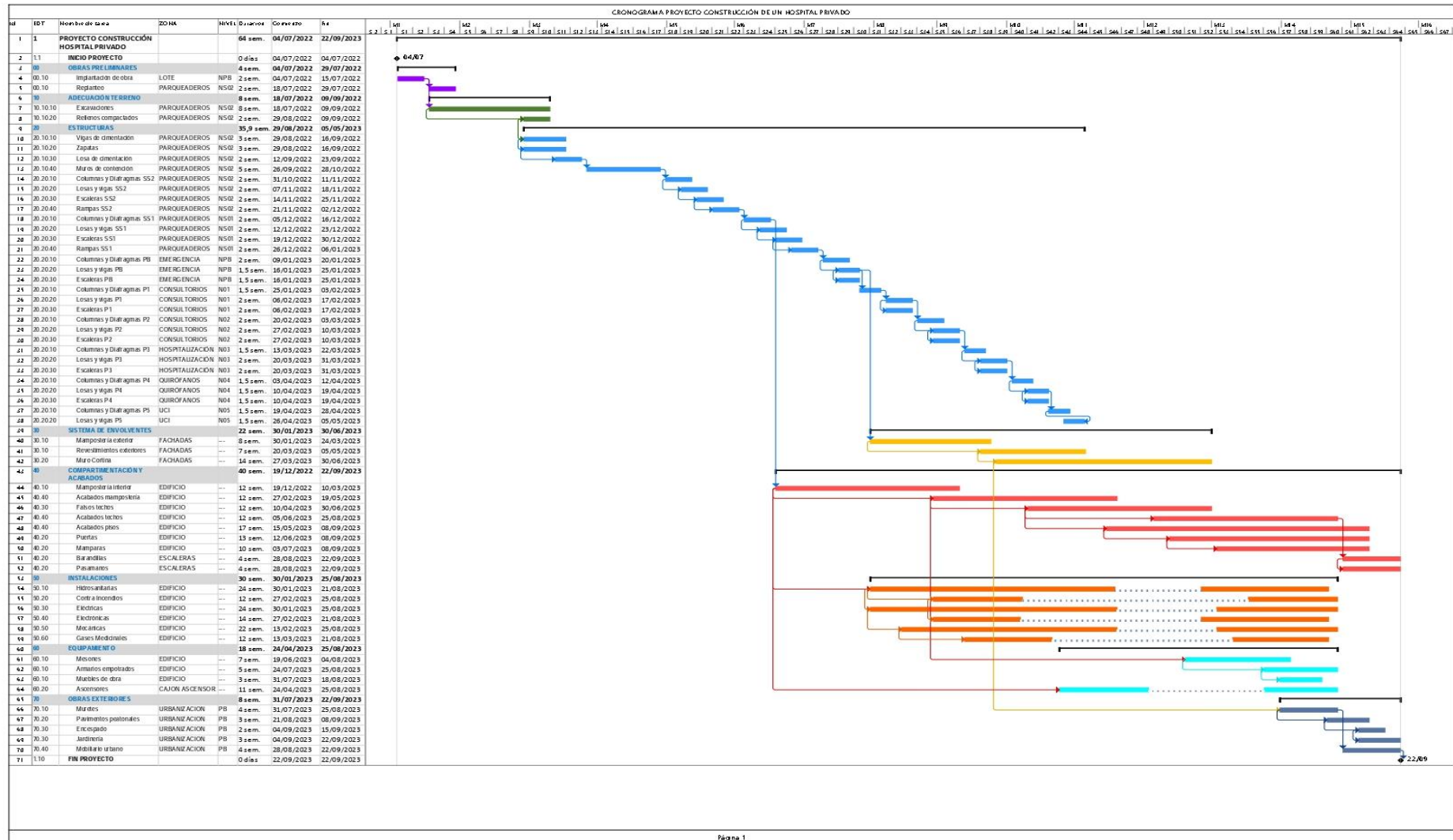
FECHA: 01/08/2022

NOMBRE DEL PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE UN HOSPITAL PRIVADO	ID	001-MHC	SEMANA	9 A 11
NOMBRE DEL CLIENTE	CONSORCIO HOSPITALARIO	ID	001-CPH	FECHA	29-8 - 18-9

ID	TAREAS	ZONA	NIVEL	RESPONSABLE	CANTIDAD	U	INICIO	FIN	CRITICA	RESTRIC	TIPO	SEMANA 09							SEMANA 10							SEMANA 11											
												L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D					
												29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
20.10.10	Vigas de cimentación	PARQUEADEROS	NS02	CONST	32,40	m3	29-ago	16-sep																													
11	Mejoramiento de suelo	PARQUEADEROS	NS02	CONST	21,25	m3	29-ago	31-ago																													
12	Compatación	PARQUEADEROS	NS02	CONST	70,75	m2	01-sep	05-sep																													
13	Replanto	PARQUEADEROS	NS02	CONST	1,48	m3	08-sep	08-sep																													
14	Figurado de hierro	PARQUEADEROS	NS02	CONST	8879,675	kg	06-sep	12-sep																													
15	Tendido de hierro	PARQUEADEROS	NS02	CONST	8879,675	kg	12-sep	15-sep																													
16	Hormigonado	PARQUEADEROS	NS02	CONST	32,4	m3	16-sep	16-sep																													
20.10.20	Zapatas	PARQUEADEROS	NS02	CONST	120,50	m3	29-ago	16-sep	SI																												
17	Mejoramiento de suelo	PARQUEADEROS	NS02	CONST	68,75	m3	29-ago	05-sep																													
18	Compatación	PARQUEADEROS	NS02	CONST	228,75	m2	02-sep	08-sep																													
19	Replanto	PARQUEADEROS	NS02	CONST	38,23	m3	08-sep	08-sep																													
20	Figurado de hierro	PARQUEADEROS	NS02	CONST	7730,775	kg	07-sep	12-sep																													
21	Tendido de hierro	PARQUEADEROS	NS02	CONST	7730,775	kg	12-sep	15-sep																													
22	Hormigonado	PARQUEADEROS	NS02	CONST	120,5	m3	16-sep	16-sep																													
20.10.30	Losa de cimentación	PARQUEADEROS	NS02	CONST	21,75	m3	12-sep	23-sep	SI																												
23	Mejoramiento de suelo	PARQUEADEROS	NS02	CONST	43,50	m3	12-sep	16-sep																													
24	Compatación	PARQUEADEROS	NS02	CONST	145,00	m2	15-sep	20-sep																													
25	Figurado de hierro	PARQUEADEROS	NS02	CONST	10858,625	kg	16-sep	22-sep																													

TIPOS DE RESTRICCIONES	1 ADMIN/INFORMACIÓN 1.1 Autorización/Permiso 1.2 Compras y pagos 1.3 Diseño/Incongruencias 1.4 Solicitud de cambio	2 MATERIALES 2.1 Suministro a obra 2.2 Acopio en obra 2.3 Mediciones 2.4 Transporte al lugar de uso	3 RECURSOS 3.1 Personal 3.2 Maquinaria 3.3 Equipo/herramientas/aux	4 PLANIFICACIÓN 4.1 Cambio secuencia/proceso 4.2 Estimación de tiempo 4.3 Definición de actividad 4.4 Tarea previa no finalizada	5 CONDICIONES EN OBRA 5.1 Accesibilidad 5.2 Seguridad y salud	6 IMPREVISTOS 6.1 Tarea no conforme 6.2 Condiciones no previstas 6.3 Climatología
-------------------------------	---	--	--	---	--	---

ANEXO 22: CRONOGRAMA



ANEXO 23: REGISTRO DE RIESGOS

LISTA DE RIESGOS	<i>LOGO EMPRESA</i>
-------------------------	---------------------

NOMBRE DEL PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE UN HOSPITAL PRIVADO	ID	001-MHC	FECHA CONTROL:	01/05/2022
NOMBRE DEL CLIENTE	CONSORCIO HOSPITALARIO	ID	001-CPH		

Nº	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	PROBABILIDAD	TIPO DE RESPUESTA	SOLUCIÓN	PRIORIDAD	ESTADO	MEDIDAS/ACCIONES	RESPONSABLE
1	Climatología adversa en fase de movimiento de tierras	Medio	Baja	Aceptar	Analizar las previsiones meteorológicas	4	Controlado	Preparar equipos y materiales de protección	CONSTRUCTORA
2	Fabricación y suministro de conductos y equipos de aire acondicionado	Alto	Media	Evitar	Seguimiento al cronograma y logística de adquisiciones	2	Identificado	Prefabricación en taller de ductos y posible ensamblaje de equipos	AIRIC
3	Suministro e instalación de fachada muro cortina	Alto	Media	Evitar	Seguimiento al cronograma y logística de adquisiciones	3	Identificado	Verificar cumplimiento de medidas de vanos para prefabricación en taller	ROM
4	Falta de liquidez por desembolso del banco o pagos de reservas de ventas de	Alto	Media	Evitar	Crear corridas económicas y realizar previsiones de flujos	1	Identificado	Creación de partida de contingencias	CONSTRUCTORA
5	Solapamiento de actuaciones que no permitan trabajar en una misma zona	Bajo	Baja	Mitigar	Coordinar actuaciones, seguimiento al plan anticipado	7	Identificado	Sectorizar zonas, coordinar trabajos en la planificación semanal y en las reuniones de obra	CONSTRUCTORA
6	Falta de respuestas rápidas en las validaciones	Medio	Baja	Mitigar	Comprometer a los agentes, realizar las reuniones establecidas periódicamente	6	Identificado	Cumplir con el cronograma y objetivos de las reuniones	CONSTRUCTORA
7	Falta de compromiso por parte del personal para la implementación de las metodologías	Medio	Baja	Mitigar	Incentivar la inclusión en la planificación	5	Identificado	Reuniones de planificación conjunta, socializar resultados y plasmarlos visualmente	CONSTRUCTORA
8	Falta de personal de obra o distribución desigual de frentes de trabajo	Medio	Baja	Aceptar	Coordinar actuaciones, seguimiento al plan anticipado	8	Identificado	Coordinación de los frentes de trabajo	CONSTRUCTORA

IMPACTO Y PROB	Alto Medio Bajo	TIPO DE RESPUESTA	Evitar Transferir Mitigar Aceptar	ESTADO	Identificado Controlado Cerrado
-----------------------	-----------------------	--------------------------	--	---------------	---------------------------------------

ANEXO 25: REGISTRO DE STAKEHOLDERS / INTERESADOS

REGISTRO DE STAKEHOLDERS / INTERESADOS	<i>LOGO EMPRESA</i>
---	---------------------

NOMBRE DEL PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE UN HOSPITAL PRIVADO	ID	001-MHC	FECHA:	11/06/2022
NOMBRE DEL CLIENTE	CONSORCIO HOSPITALARIO	ID	001-CPH		

ID	ROL	RESPONSABILIDAD	PERSONA CONTACTO	EMPRESA	EXPECTATIVAS - INTERESES	PODER	INTERES	INFLUENCIA	ESTRATEGIAS DE GESTIÓN
1	CLIENTE / PROPIEDAD	Promotor y propietario final de la infraestructura hospitalaria	AFS	CONSORCIO HOSPITALARIO	Culminación del proyecto con éxito	5	5	5	Involucramiento en el desarrollo, en la toma de decisiones y control de cambios
2	CONSTRUCTOR - DIRECTOR DE OBRA	Encargado de la construcción del proyecto en su totalidad, aporta con el personal calificado y todos los recursos necesarios	DMC	C&M STUDIO	Implementación metodología BIM-LEAN en el desarrollo del proyecto. Coordinar y gestionar. Culminación del hospital en el plazo y con el presupuesto planificado	5	5	5	Cumplimiento del modelo de gestión integrado, buen ambiente de trabajo, inclusión del personal.
3	PROFESIONALES DEPARTAMENTO TÉCNICO (CONSTRUCTORA)	Encargados de la dirección de ejecución de la obra. Planificación, control y gestión de los sub contratistas y demás recursos	VARIOS	C&M STUDIO	Cumplimiento con éxito de la dirección y gestión de obra. Adquirir nuevos conocimientos	5	5	5	Involucramiento en el trabajo colaborativo, capacitaciones, aprendizaje, facilidades para la adaptación de las metodologías
4	SUB CONTRATISTAS	Responsables de la ejecución de obra referente a su especialidad	LAR	C&M STUDIO	Óptimas condiciones laborales, cumplimiento de contratos	3	4	4	Contratos transparentes, inclusión en la planificación de la ejecución
5	COORDINADOR BIM	Encargado de la coordinación del modelo BIM, interferencias y seguimiento	CJC	C&M STUDIO	Implementación metodología BIM en el desarrollo del proyecto	5	5	5	Facilitar recursos para la implementación de BIM
6	COORDINADOR LEAN	Encargado de la coordinación de la planificación y producción, vínculo directo entre el cliente y el constructor	MCB	C&M STUDIO	Implementación metodología LEAN en el desarrollo del proyecto	5	5	5	Facilitar recursos para la implementación de LEAN
7	ARQUITECTURA	Responsable del diseño arquitectónico del proyecto	ANN	ARQ ST	Cumplimiento de los estándares BIM, garantizar requisitos de normativa y estudios preliminares	4	4	4	Facilitar la comunicación, gestión de información fluida
8	INSTALACIONES	Responsable del diseño de instalaciones del proyecto	JIG	ARQ ST		3	4	4	
9	ESTRUCTURAS	Responsable del diseño estructural del proyecto	GAT	ARQ ST		3	4	4	
10	PROVEEDORES	Proporcionar los suministros a la obra	VARIOS	VARIOS	Conseguir y reforzar acuerdo comerciales	2	4	3	Asegurar excelentes relaciones laborales y comunicativas
11	MUNICIPIO	Aprobación del proyecto para otorgar licencia de construcción	RGT	MUNICIPIO MANABI	Eficacia y abasto del Hospital	5	5	5	Correcto desarrollo del proyecto, evitar impactos negativos en actividades cotidianas alrededor del proyecto
12	MINISTERIO DE SALUD	Verificar cumplimiento de normativa y requerimientos de salud pública	SFR	MINISTERIO DE SALUD	Apoyar proyecto para beneficio de la comunidad	5	5	5	Facilitar la inclusión de la infraestructura al sistema sanitario
13	USUARIOS	Compradores estratégicos, doctores, pacientes	VARIOS	VARIOS	Adaptable a las necesidades particulares según especialidades médicas	5	5	5	Construcción de acuerdo a los requerimientos