



MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD EN LA ETAPA DE DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO, EN
EL PROYECTO MULTIFAMILIAR SPUKNIT – SURCO, LIMA - 2021**

PRESENTADO POR

CASTRO ZAVALETA CARLOS RICARD

CECILIO CABRERA YON

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

ASESOR: DUBER ENRIQUE SOTO VASQUEZ

LIMA - PERÚ

2022

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA ETAPA DE DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO, EN EL PROYECTO MULTIFAMILIAR SPUKNIT – SURCO, LIMA - 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.appvizer.es Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	blog.iconstruye.com Fuente de Internet	1%
5	retokommerling.com Fuente de Internet	1%
6	valuexperience.com Fuente de Internet	1%
7	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
8	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

El trabajo de la presente investigación lo dedicamos a todas las personas que sufrieron pérdidas irreparables de familiares, amigos y compañeros a consecuencia de la pandemia que azotó el mundo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos de manera especial a la familia y compañeros por el apoyo incondicional brindado durante esta etapa de aprendizaje y crecimiento profesional.

RESUMEN EJECUTIVO

El uso de nuevos conceptos, métodos o sistemas de gestión en el desarrollo de un proyecto inmobiliario, como el Modelado de la Información para la Construcción (BIM), el concepto de la Construcción sin Perdidas (Lean Construcción) así como los programas aplicativos que cada uno de ellos propone para su proceso de implementación, son cada día más necesarios para que las empresas constructoras logren el éxito en sus proyectos. Cada uno de estos métodos de trabajo están orientados a la construcción sin pérdidas y al cumplimiento de los plazos en el proyecto. Hoy las empresas constructoras no pueden retrasar la entrega de sus proyectos porque impacta en la utilidad y en general en la economía de la empresa, además de posibles multas y/o sanciones. Para que las empresas constructoras se mantengan relevantes en el mercado, requieren mejorar la organización de sus procesos, maximizar el valor y reducir el desperdicio, por eso cada vez más empresas saben de la importancia de incorporar estas herramientas de gestión.

En la presente investigación se propone la aplicación de algunas herramientas de gestión en un proyecto inmobiliario para mejorar la productividad en las etapas de diseño y proceso constructivo. Para la etapa de diseño se plantea el uso del Modelado de la Información para la Construcción (BIM), describiendo los beneficios de trabajar el proyecto en plataformas colaborativas involucrando a todos los interesados del proyecto también el uso de programas de modelado como Revit de Autodesk que permite entender y mostrar la volumetría a construir mostrando en 3D el proyecto terminado facilitando la identificación de interferencias entre especialidades, se realiza una comparación entre el diseño con enfoque tradicional y modelado 3D. Para la etapa del proceso constructivo se plantea el uso del concepto de Construcción sin Perdidas (Lean Construction), con la implementación de sus

herramientas como Sistema del Último Planificador (Last Planner System) así como el uso del concepto Look Ahead, levantamiento de restricciones, Porcentaje de Plan Completado (PPC), carta balance y mejora continua, que forman parte del concepto de Construcción sin Perdidas y que contribuyen al mejoramiento de la productividad y cumplimiento de las metas, como la entrega del proyecto en la fecha planificada y el ahorro económico o cumplimiento del presupuesto económico planificado.

La investigación desarrolla la aplicación de los conceptos de Modelamiento de Información para la Construcción (BIM) y Construcción sin Perdidas (Lean Construcción), demostrando que no se contraponen, no son excluyentes el uno del otro, por el contrario, la aplicación de ambos conceptos de trabajo es de alto beneficios para el desarrollo de un proyecto inmobiliario.

En el trabajo de investigación, se realizó una encuesta a un universo de 96 profesionales, de las cuales el 89 % conoce por lo menos una de las herramientas de Gestión (BIM y Lean Construction), de los que conocen las herramientas de gestión, un 75 % considera que el uso de herramientas BIM incrementa la productividad y un 96.9 % recomienda su uso. Y del modelamiento BIM realizado en la etapa del diseño y la revisión de documentos y registros, en el desarrollo del proyecto multifamiliar SPUNKIT-SURCO, con un área de terreno de 360 m², con 8 niveles, 10 departamentos y 20 estacionamientos, se determina que la aplicación de herramientas de gestión incrementa la productividad, reduciendo los plazos de entrega en 120 días, comparado respecto al plazo real utilizado en la fase del diseño bajo el enfoque tradicional.

Del universo de 96 profesionales encuestados, el 89 % conoce por lo menos una de las herramientas de Gestión (BIM y Lean Construction), y de los que conocen las herramientas de gestión, un 71.88 % considera que el uso de herramientas Lean Construction incrementa la productividad, y un 93.75 % recomienda su uso. Y de la revisión de documentos y registros de manera ordenada y sistemática, del desarrollo del proyecto multifamiliar SPUKNIT-SURCO, bajo el enfoque tradicional con las siguientes características; un área construida de 1943 m², con 5 niveles, 10 departamentos y 20 estacionamientos, que tuvo un presupuesto total de insumos de s./ 3 391 134, en la cual los materiales tienen una incidencia del 44% y la mano de obra un 39%, se determina que la rentabilidad proyectada se redujo del 17% al 8% y el proceso constructivo, pasó de un plazo planeado de 240 días a un plazo real de 330 días, generando un atraso de 90 días.

La aplicación de herramientas de gestión en el proceso constructivo como, Lean Construction y sus herramientas como Last Planner, Lookahead, porcentaje de plan completado PPC, Carta balance, análisis de restricciones y otras permitirán reducir o eliminar los trabajos que no agregan valor y permitir la entrega del proyecto a tiempo. Aplicar el concepto de Construcción sin pérdidas consiste en establecer procedimientos (estándares de producción) para todas las actividades del proyecto basados en métodos que propongan optimización, sencillez y seguridad para llevarlas a cabo.

Para algunas empresas en Perú y en América Latina., el concepto de producción sin pérdidas se contrapone al paradigma de producción en masa. En el campo de la construcción el concepto construcción sin pérdidas está asociada con la gestión de calidad y productividad, permite adoptar procesos y métodos cuyo objetivo es mejorar la productividad, disminuir o eliminar pérdidas, ajustar los plazos de entrega y garantizar la calidad.

ABSTRACT

The use of new concepts, methods or management systems in the development of a real estate project, such as Building Information Modeling (BIM), the concept of Construction without Losses (Lean Construction) as well as the application programs that each one of them proposes for its implementation process, they are increasingly necessary for construction companies to achieve success in their projects. Each of these working methods are oriented towards loss-free construction and meeting project deadlines. Today, construction companies cannot delay the delivery of their projects because it impacts the utility and, in general, the economy of the company, in addition to possible fines and/or sanctions. For construction companies to remain relevant in the market, they need to improve the organization of their processes, maximize value and reduce waste, which is why more and more companies are aware of the importance of incorporating these management tools.

This research proposes the application of some management tools in a real estate project to improve productivity in the design and construction process stages. For the design stage, the use of Building Information Modeling (BIM) is proposed, describing the benefits of working on the project on collaborative platforms involving all project stakeholders, as well as the use of modeling programs such as Revit from Autodesk that It allows understanding and showing the volumetry to be built, showing the finished project in 3D, facilitating the identification of interferences between specialties, a comparison is made between the design with a traditional approach and 3D modeling. For the stage of the construction process, the use of the Lean Construction concept is proposed, with the implementation of its tools such as the Last Planner System, as well as the use of the Look Ahead concept, lifting of restrictions, Percentage of Completed Plan (PPC), balance letter and continuous improvement, which are

part of the concept of Construction without Losses and that contribute to the improvement of productivity and fulfillment of goals, such as the delivery of the project on the planned date and economic savings or compliance with the planned economic budget.

The research develops the application of the concepts of Construction Information Modeling (BIM) and Construction without Losses (Lean Construction), demonstrating that they are not opposed, they are not mutually exclusive, on the contrary, the application of both concepts of work is highly beneficial for the development of a real estate project.

In the research work, a survey was carried out on a universe of 96 professionals, of which 89% know at least one of the Management tools (BIM and Lean Construction), of those who know the management tools, a 75% consider that the use of BIM tools increases productivity and 96.9% recommend their use. And from the BIM modeling carried out in the design stage and the review of documents and records, in the development of the SPUNKIT-SURCO multifamily project, with a land area of 360 m², with 8 levels, 10 apartments and 20 parking lots, it is determined that The application of management tools increases productivity, reducing delivery times by 120 days, compared to the actual term used in the design phase under the traditional approach.

Of the universe of 96 professionals surveyed, 89% know at least one of the Management tools (BIM and Lean Construction), and of those who know the management tools, 71.88% consider that the use of Lean Construction tools increases the productivity, and 93.75% recommend its use. And the review of documents and records in an orderly and systematic manner, of the development of the SPUNKIT-SURCO multi-family project, under

the traditional approach with the following characteristics; a built area of 1,943 m², with 5 levels, 10 apartments and 20 parking spaces, which had a total input budget of s./ 3,391,134, in which materials have an incidence of 44% and labor 39 %, it is determined that the projected profitability was reduced from 17% to 8% and the construction process went from a planned term of 240 days to a real term of 330 days, generating a delay of 90 days.

The application of management tools in the construction process such as Lean Construction and its tools such as Last Planner, Lookahead, PPC percentage of completed plan, Balance Sheet, analysis of restrictions and others will reduce or eliminate work that does not add value and allow the project delivery on time. Applying the Lossless Construction concept consists of establishing procedures (production standards) for all activities of the project based on methods that propose optimization, simplicity and safety to carry them out.

For some companies in Peru and Latin America, the concept of production without losses is opposed to the paradigm of mass production. In the field of construction, the concept of construction without losses is associated with quality and productivity management, it allows the adoption of processes and methods whose objective is to improve productivity, reduce or eliminate losses, adjust delivery times and guarantee quality.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
1.1	Situación problemática.....	24
1.2	Objetivos de la investigación	30
1.2.1	Objetivo general.....	30
1.2.2	Objetivos específicos	30
1.3	Justificación	30
1.4	Alcance	31
2	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	32
2.1	Antecedentes de la investigación	32
2.1.1	Internacionales	32
2.1.2	Nacionales.....	40
2.2	Bases Teóricas	48
2.2.1	Definiciones	48
2.2.2	Herramientas de Gestión.....	48
2.2.2.1	BIM (Building Information Modeling).....	49
2.2.2.2	Software colaborativo	50
2.2.2.3	Revit.....	50
2.2.2.4	Lean Production	51
2.2.2.5	Lean enfocada en la Construcción (Lean Construction).....	52
2.2.2.6	Los principios Lean.....	53
2.2.2.7	Lean Construction (vs) Sistema Tradicional.....	55
2.2.2.8	Lean Project Delivery System (LPDS).....	56
2.2.2.9	Last Planner System (LPS) o Sistema del último planificador.....	56

2.2.2.10	Etapas del Last Planner System	58
2.2.2.11	Herramientas del Last Planner	58
2.2.2.12	Caminata GEMBA.....	59
2.2.2.13	Look Ahead.....	59
2.2.2.14	PPC/PAC Porcentaje de Plan o Actividades Completadas.....	60
2.2.2.15	Análisis de Restricciones	60
2.2.2.16	Las 5 S.....	61
2.2.2.17	Integrated Project Delivery (IPD).....	62
2.2.2.18	Factores que afectan la productividad en la construcción	63
2.2.2.19	Enfoque tradicional en la construcción.....	64
2.2.2.20	Clasificación de los desperdicios	65
3	CAPITULO III - METODOLOGIA.....	67
3.1	Descripción	67
3.2	Técnicas e instrumentos.....	67
3.2.1	Matriz de Consistencia.....	68
3.3	Recursos.....	69
3.3.1	Operacionalización de Variables	69
3.3.2	Población y Muestra	70
3.3.3	Aplicación de Instrumentos	72
4	CAPÍTULO IV: ANALISIS Y RESULTADOS.....	79
4.1	Análisis del proceso de Diseño Convencional.....	87
4.2	Análisis del Proceso Constructivo Convencional	96
4.3	Identificación de las alternativas de solución y/o mejora	100
4.3.1	Alternativas para la etapa de diseño.....	100

4.3.1.1	Plataforma Colaborativa de trabajo	100
4.3.1.1.1	Características y funcionalidades de las herramientas colaborativas	101
4.3.1.1.2	Mejores plataformas colaborativas	102
4.3.1.1.3	Criterios de selección	103
4.3.1.1.4	Asana.....	104
4.3.1.1.5	ClickUp.....	105
4.3.1.1.6	Figma	106
4.3.1.1.7	G-Suite	107
4.3.1.1.8	Ideaflip	108
4.3.1.1.9	Microsoft Office 365.....	109
4.3.1.1.10	Slack.....	110
4.3.1.1.11	Trello	111
4.3.1.1.12	Visme	112
4.3.1.1.13	Wimi.....	113
4.3.1.2	Lean Design, en la etapa de diseño	113
4.3.1.2.1	Diseño Integrado Esbelto	114
4.3.1.2.2	Facetas de Lean en el diseño.....	114
4.3.1.2.3	Mejora del Proceso de Diseño	115
4.3.1.2.4	Mejora el diseño como producto.....	115
4.3.1.2.5	Beneficios de la Arquitectura Lean y la Ingeniería Lean.	116
4.3.1.2.6	Target Value Delivery (TVD) en Lean Design.....	116
4.3.1.2.7	Implementación Lean en el proceso de diseño	117
4.3.1.2.8	Utilización de herramientas y prácticas para el diseño Lean.	118
4.3.1.3	BIM en la etapa de diseño.....	118

4.3.1.3.1	Principales ventajas de BIM en las fases de diseño.	121
4.3.1.4	Software para Modelamiento de la información para la Construcción.....	121
4.3.1.4.1	Archicad.	123
4.3.1.4.2	AutoCAD.	124
4.3.1.4.3	CAD Pro.....	125
4.3.1.4.4	Cedreo.	126
4.3.1.4.5	Chief Architect.....	127
4.3.1.4.6	DataCAD.....	128
4.3.1.4.7	Edificius.	129
4.3.1.4.8	FreeCAD.	130
4.3.1.4.9	MacDraft Professional.	131
4.3.1.4.10	MicroStation.....	132
4.3.1.4.11	Revit.	132
4.3.1.4.12	Rhino3D.	133
4.3.1.4.13	RISA.....	134
4.3.1.4.14	SAFE.	135
4.3.1.4.15	SAP2000.....	136
4.3.1.4.16	SketchUp.	137
4.3.1.4.17	SmartDraw.	138
4.3.1.4.18	Space Designer 3D.	139
4.3.1.4.19	STAAD.....	140
4.3.1.4.20	VectorWorks Architect.	141
4.3.1.4.21	Integración con openBIM en PlanRadar	141
4.3.2	Alternativas para el Proceso Constructivo	142

4.3.2.1	Lean Construction.....	142
4.3.2.1.1	Optimización en la Construcción.....	143
4.3.2.1.2	Procesos en Lean Construction.....	143
4.3.2.1.3	Last Planner System.....	143
4.3.2.1.4	Medición de objetivos.....	144
4.3.2.1.5	Beneficios del Lean Construction.....	144
4.3.2.1.6	Reducción de Costos en Obra.....	144
4.3.2.1.7	Software BIM.....	145
4.3.2.2	PMBOK Estándar para la dirección de proyectos.....	146
4.3.2.3	Lean Project Delivery System.....	151
4.3.2.4	BIM Modelado de la Información para la Construcción.....	154
4.3.2.4.1	Principales usos de BIM en proyectos de construcción.....	155
4.3.2.4.2	Generación de planos en 3D.....	155
4.3.2.4.3	Seguimiento de la obra.....	155
4.3.2.4.4	Simulaciones.....	155
4.3.2.4.5	Condiciones antes de realizar el proyecto.....	156
4.3.2.4.6	Conservación y mantenimiento.....	157
4.3.2.4.7	Ventajas de BIM en proyectos de construcción.....	157
5	CAPÍTULO V. - PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	158
5.1	Propuesta de solución y/o mejora en la Etapa de Diseño.....	160
5.1.1	Razones para elegir ClickUp como plataforma colaborativa.....	161
5.1.2	Razones para elegir Revit para el modelado en la etapa de diseño.....	162
5.2	Propuesta de solución para el Proceso Constructivo.....	177
5.2.1	Razones para elegir LEAN en el proceso Constructivo.....	178

5.2.1.1	Estrategias de LEAN Construction	179
5.2.1.2	Programas para LEAN Construction	179
5.2.1.2.1	Autodesk BIM 360.....	179
5.2.1.2.2	LEAN Station.....	180
5.2.1.2.3	COCOPLAN	181
5.2.2	Gestión en la cadena de abastecimientos.	181
5.3	Implementación.....	190
5.3.1	Modelo de Cambios de Virginia Satir	190
5.3.2	Aplicación del Modelo en un proyecto de Construcción en la etapa de diseño ..	192
5.3.3	Implementación en la Etapa de Diseño.....	194
5.3.3.1	Implementación de Plataforma colaborativa	194
5.3.3.2	Implementación de Modelado con Revit de Autodesk	197
5.3.4	Beneficios para la etapa de Diseño con el uso de BIM.....	199
5.3.5	Costos de la implementación de la etapa de diseño	200
5.3.6	Implementación para el Proceso Constructivo	200
5.3.6.1	Cronograma General de Obra – Plan Maestro	202
5.3.6.2	Programación de hitos.....	203
5.3.6.3	Dimensionar las cuadrillas por actividad.	205
5.3.6.4	Revisar actividades previas.....	206
5.3.6.5	Programación Diaria (Parte Diario)	207
5.3.6.6	Programación Adelantada (Lookahead)	207
5.3.6.7	Análisis de restricciones	209
5.3.6.8	Porcentaje de plan completado (PPC).....	210
5.3.6.9	Programación Semanal	210

5.3.6.10	Control de rendimientos.....	211
5.3.6.11	Estudio de Incumplimientos	212
5.3.6.12	Medición de tareas con Carta Balance.....	213
5.3.6.13	Procedimiento de Carta Balance	214
5.3.6.14	Análisis de carta balance.....	217
5.3.7	Beneficios de la aplicación de solución en el proceso constructivo	220
5.3.8	Costos de implementación en el proceso constructivo	221
5.4	Formas de mediciones y evaluación	221
5.4.1	Medición de los trabajos realizados Proceso Constructivo.....	225
5.4.2	Análisis de pérdidas en el Proyecto Spuknit - Surco	228
6	CONCLUSIONES.....	237
6.1	Respecto a la aplicación de herramientas de gestión en la etapa de diseño:.....	237
6.2	Respecto a la aplicación de herramientas de gestión en el proceso constructivo:	239
7	RECOMENDACIONES.....	242
8	BIBLIOGRAFÍA.....	243

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción del proyecto	80
Tabla 2 Cuadro de Áreas edificio Spuknit-Surco	80
Tabla 3 Presupuesto general edificio Spuknit.....	81
Tabla 4 Presupuesto por insumos.....	82
Tabla 5 Costos para la implementación en la etapa de Diseño	200
Tabla 6 Costos para la implementación en el Proceso Construtivo	221
Tabla 7 Comparación de metrados de Acero	234
Tabla 8 Comparación de metrados de concreto $f'c=210$ kg/m ²	234
Tabla 9 Comparación de metrados de Encofrado y Desencofrado	235
Tabla 10 Comparación de metrados de Tuberías de Agua fría.....	236
Tabla 11 Metrado de Tuberías de Agua caliente	236

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Edificio multifamiliar Spuknit – Surco Lima	29
Figura 2. Definiciones	48
Figura 3. Elementos del BIM	49
Figura 4. Enfoque tradicional vs. Enfoque Lean	53
Figura 5. Los cinco principios de Lean	54
Figura 6. Los cinco principios de Lean, más adaptación de Pons	55
Figura 7. Enfoque General del Last Planner System	57
Figura 8. Gráfico del concepto Gemba	59
Figura 9. Modelo de Lookahead	60
Figura 10. Ejemplo de aplicación de las 5s.....	62
Figura 11. IPD que integra Stakeholders (Pons, 2014).....	63
Figura 12. Errores frecuentes.	63
Figura 13. Círculo de la improductividad de una empresa.	64
Figura 14. Los ocho desperdicios en la construcción	66
Figura 15. Matriz de Consistencia	68
Figura 16. Operacionalización de Variables	70
Figura 17. Formulario de encuesta sobre Herramientas de Gestión	71
Figura 18. Conocimiento de herramientas de gestión.....	72
Figura 19. Encuesta sobre el conocimiento de BIM	73
Figura 20. Encuesta sobre Herramientas BIM	73
Figura 21. Encuesta sobre logros en el uso del BIM	74
Figura 22. Encuesta respecto a uso del BIM.....	75

Figura 23. Conocimiento de LEAN CONSTRUCTION	75
Figura 24. Herramientas de Lean Construction	76
Figura 25. Logros sobre uso de LEAN CONSTRUCTION	77
Figura 26. Lean Construction en proyectos inmobiliarios	77
Figura 27. Situación problemática proyecto inmobiliario Spuknit - Surco	79
Figura 28. Gráfico del Costo directo del Edificio Spuknit	81
Figura 29. Presupuesto por Insumos Edificio Spuknit - Surco	82
Figura 30. Flujo de caja ingresos egresos proyecto Spuknit.....	84
Figura 31. Cronograma para el desarrollo del proyecto.....	86
Figura 32. Planificación de etapas del proyecto	86
Figura 33. Plano elevación con corte frontal Edificio Spuknit	87
Figura 34. Plano de Elevación lateral 2D Edificio Spuknit - Surco	88
Figura 35. Plano de planta primer piso Edificio Spuknit - Surco	88
Figura 36. Plano estructural de planta 2D edificio Spuknit - Surco	89
Figura 37 Plano Instalaciones Eléctricas 2D edificio Spuknit - Surco	89
Figura 38. Plano Instalaciones Sanitarias 2D edificio Spuknit - Surco	90
Figura 39. Tiempo planeado para elaboración de diseños.	91
Figura 40. Desarrollo de Planos 2D enfoque tradicional.....	92
Figura 41. Flujo del metrado bajo el sistema convencional.....	93
Figura 42. Sustento de metrado Arquitectura	94
Figura 43. Planilla de metrados de Arquitectura.....	94
Figura 44. Planilla de metrado de Instalaciones Eléctricas.....	95
Figura 45. Planilla de metrado de Instalaciones Sanitarias.....	96
Figura 46. Tiempos en el proceso constructivo tradicional Spuknit – Surco	97

Figura 47. Tiempos usados en el desarrollo del proyecto Spuknit – Surco	97
Figura 48. Acero almacenado innecesariamente en obra proyecto Spuknit – Surco	98
Figura 49. Bajos rendimientos en el desarrollo de las actividades Spuknit – Surco.	99
Figura 50. Análisis de precios unitarios.....	99
Figura 51. Trabajo colaborativo.....	100
Figura 52. Descripción de algunas plataformas colaborativas.....	104
Figura 53. Curva de MacLeamy	119
Figura 54. Etapa de diseño Proceso Convencional-Herramientas de Gestión	146
Figura 55. Esquema tradicional y metodología Agil.	147
Figura 56. 12 principios del PMBOK 7ma. Edición.....	150
Figura 57. Lean Project Delivery System	152
Figura 58. Esquema del desarrollo de un proyecto	159
Figura 59. Desarrollo del modelo con Revit	164
Figura 60. Esquema del modelado 3D con Revit.....	165
Figura 61. Modelado de Arquitectura 3D edificio Spuknit (Revit).....	166
Figura 62. Modelado del Acero del edificio Spuknit – Surco	167
Figura 63. Corte 3D Edificio Spuknit	168
Figura 64. Instalaciones Sanitarias 3D Edificio Spuknit	168
Figura 65. Modelado IIEE Multifamiliar Spuknit – Surco	169
Figura 66. Interferencia Etapa de Diseño modelado 3D	171
Figura 67. Interferencia Etapa de Diseño Estructura-Arquitectura.....	171
Figura 68. Interferencia Etapa de Diseño Estructura-Arquitectura.....	172
Figura 69. Interferencia Etapa de Diseño Estructura-Arquitectura.....	172
Figura 70. Etapa de diseño enfoque Tradicional vs BIM	173

Figura 71. Cronograma de diseño, modelado 3D	174
Figura 72. Metrado del Edificio Spuknit – Surco proyecto con Revit.....	175
Figura 73. Metrado con Revit de Arquitectura	176
Figura 74. Detalle de los materiales Arquitectura.....	177
Figura 75. Autodesk BIM 360	180
Figura 76. Proceso constructivo con Lean Construcción.....	186
Figura 77. Diferencias Sistema Tradicional vs Lean Construcción.....	186
Figura 78. Modelo de transformación clásico.....	188
Figura 79. flujo de un proceso productivo	189
Figura 80. Flujo considerando todas las actividades.....	189
Figura 81. Lean solución de los problemas en proceso convencional.	190
Figura 82. Modelo cambios Virginia Satir.....	192
Figura 83. Modelado del edificio multifamiliar Spuknit-Surco.....	198
Figura 84. Modelado del edificio multifamiliar Spuknit-Surco.....	199
Figura 85. Diagrama del proceso de implementación.....	201
Figura 86. Modelo de plan maestro o cronograma general de obra.....	202
Figura 87. Modelo de Hitos de un proyecto.....	203
Figura 88. Modelo de Planilla de recursos y rendimientos	205
Figura 89. Modelo de Control de asistencia	206
Figura 90. Lista de verificación de recursos	206
Figura 91. Modelo de programación diaria.....	207
Figura 92. Modelo Lookahead Evaluación de Restricciones.....	208
Figura 93. Modelo de Análisis de Restricciones.....	209
Figura 94. Modelo de Porcentaje de Plan Completado.....	210

Figura 95. Modelo de programación semanal.....	211
Figura 96. Modelo de rendimientos semanal por actividad.....	212
Figura 97. Modelo de análisis de incumplimiento.....	213
Figura 98. Nomenclatura por tipo de trabajo.....	214
Figura 99. Modelo de medición de actividad.....	215
Figura 100. Modelo de primera medición de actividad (Carta de Balance).....	216
Figura 101. Modelo de segunda medición de actividad (Carta de Balance).....	217
Figura 102. Modelo de análisis de carta balance.....	218
Figura 103. Modelo grafico de distribución de trabajos.....	219
Figura 104. Beneficios del uso de Lean Construction en el proceso constructivo ..	220
Figura 105. Cronograma para el desarrollo del proyecto.....	222
Figura 106. Flujo del tiempo del proyecto planeado y ejecutado.....	223
Figura 107. Tiempo usado para modelado y Planos.....	224
Figura 108. Análisis de trabajos en el proceso constructivo.....	226
Figura 109. Componentes del trabajo no contributivo.....	227
Figura 110. Distribución del tiempo Contributivo.....	227
Figura 111. Habilitación e instalación de acero en losa.....	229
Figura 112. Tiempo de Habilitación e instalación de acero en losa.....	230
Figura 113. Encofrado de Losa.....	231
Figura 114. Tiempo de Encofrado de Losa.....	231
Figura 115. Vaciado de Concreto en Losa.....	232
Figura 116. Tiempo usado para Vaciado de Concreto en Losa.....	233
Figura 117. Encuesta BIM conclusiones.....	237
Figura 118. Ventajas en el uso de BIM en el desarrollo de diseño.....	238

Figura 119. Interferencias en el modelado.....	238
Figura 120. Perdidas en el metrado de materiales.	238
Figura 121. Encuestas Lean conclusiones.....	239
Figura 122. Proceso constructivo con Lean Construcción.....	240
Figura 123. Lean solución de los problemas en proceso convencional.	240
Figura 124. Horas de trabajo que generan perdidas.	241

1 CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

En el mundo globalizado en que vivimos el sector construcción es uno de los sectores importantes en la economía y funcionamiento de un país, no obstante, en el Perú ha sido el sector más rezagado en la aplicación y uso de nuevas herramientas de gestión, innovaciones tecnológicas y organizacionales. Existen muchas construcciones que fueron edificadas con pérdidas económicas para las empresas que las construyeron, las razones son múltiples, desde un mal presupuesto inicial, falla en la logística, deficiente control en el uso de los materiales, el mal cálculo en el tiempo de ejecución del proyecto etc. Pero en todos los casos, la razón fundamental es la omisión o desconocimiento en la utilización de herramientas de gestión y planificación que evitarían pérdidas para la empresa.

Varias empresas han optado por implementar nuevas herramientas de gestión para evitar pérdidas en sus proyectos. Otras continúan investigando las posibilidades de aplicarlas al haberse dado cuenta que las pérdidas en muchos de sus proyectos se deben además de los problemas antes mencionados a diseños errados y personal poco o mal calificado, constituyendo una pérdida de productividad y económica en la mayoría de los proyectos de construcción.

En algunos lugares del país y del hemisferio, a las razones antes descritas se suman problemas climatológicos propios de su región como altas precipitaciones de lluvias, desborde de ríos, altas temperaturas que disminuyen las horas laborales y de otro lado, alto grado de precipitaciones de nieve, tormentas, huracanes, incendios, pérdida de energía eléctrica etc., que evita la continuidad y culminación de los proyectos.

En los Emiratos Árabes, una de las principales razones de pérdidas en los proyectos inmobiliarios es la falta de desglose estructural del trabajo - Work Breakdown Structure (WBS) o EDT (Estructura de Desglose de Trabajo), además de los eventos que pueden afectar la productividad laboral, lo que resulta en una pérdida de productividad e impacta el costo laboral directo aumentándolo proporcionalmente y disminuyendo la rentabilidad del proyecto. Estos problemas pueden ser de carácter técnicos como planos incompletos, materiales mal especificados, falta de información o cambios en las instrucciones sin respetar la duración de la actividad planificada, reubicación de la fuerza laboral antes de que se complete la tarea, tareas múltiples en diferentes áreas, distribución incorrecta de recursos para cada actividad, sobre asignación de recursos, tiempo extraordinario, mala secuencia de la actividad en la ejecución de la obra, mala calidad en la construcción que requieren rectificarlos con costos adicionales y finalmente el tiempo que requiere el personal para el aprendizaje de las tareas (curva de aprendizaje) lo que genera incertidumbre y ambigüedad en el equipo del proyecto.

En Barcelona – España, se realizaron estudios para la implementación del método de gestión operativo de proyectos LPS (Last Planner systems), se realizaron estudios estadísticos para su aplicación uno de ellos fue la evaluación de los porcentajes de plan completado (PPC) obtenido por tipo de obra que permitió concluir que la implementación del Last Planner System es viable para cualquier tipo de empresa constructora, los datos obtenidos revelaron que el sistema y su funcionamiento eran aceptables. El estudio también reveló que era necesario realizar mejoras en su implementación como trabajar con personal estable, automatizar actividades, tener subcontratistas de confianza con los cuales haya trabajado en anteriores proyectos constructivos conocedores del LPS con cual se ganara en conocimientos

y experiencia. La clasificación por tipo de obra de los casos estudiados permitió observar los diferentes comportamientos del LPS de acuerdo a la finalidad y secuencia constructiva de las obras.

En Portugal se han realizado estudios bajo el Enfoque Kata aplicado como proceso de ayuda a la ejecución de proyectos, donde describe que la construcción sin pérdidas (Filosofía Lean) es un gran aliado en el desarrollo de las empresas modernas ofreciendo competitividad en un mercado cada vez más feroz donde es necesario eliminar pérdidas en sus procesos y agregar valor a sus productos. El enfoque Kata, tiene como objetivo difundir la cultura de mejora en la empresa con rutinas de mejora que involucran a directivos y empleados. Con pocos trámites que ayuden en la gestión de proyectos, surge la necesidad de desarrollar un proceso que sirva de soporte en la ejecución de los mismos, reduciendo posibles fallos, convirtiéndose en una ventaja competitiva para las empresas.

En Ecuador se aplicó un sistema de gestión para que una empresa en el área comercial pueda tomar decisiones mediante la integración y depuración de toda la información esto facilitó el acceso a la información más trascendental, utilizaron el diagrama de Ishikawa para optimizar los tiempos de respuesta en las decisiones. Los resultados determinaron la reducción de los impedimentos para realizar negocios, aumentar ingresos y mejorar los procesos de la empresa. En el área comercial el 37,50% del personal, aseguró que constantemente recibía información errónea, ocasionando pérdidas en ventas por la no conformidad de los clientes. Del total de encuestados el 88,9% estuvo de acuerdo que el nuevo sistema apoya al área comercial, el tiempo de acceso para la toma de decisiones se redujo en un 67.7%, la preparación y la verificación de la calidad de la información

anteriormente tomaba 3 días, con el nuevo sistema se redujo a 1 día, la información es ahora confiable y se puede acceder en tiempo real, sin depender de terceros.

En el Perú, dos proyectos edificatorios Torre I y II fueron evaluados en el proceso de diseño y el proceso constructivo, determinándose que con el uso del BIM y Lean Construction como herramientas de gestión se obtuvo una rentabilidad de 1.39% en la Torre II y con el uso del enfoque tradicional usada en la Torre I se obtuvo una rentabilidad de -3.94%. (Morales 2018).

El uso de herramientas de gestión como el concepto BIM en la fase de diseño y Lean Construction en la etapa constructiva, así como otras herramientas en el proyecto fueron acertadas por los resultados obtenidos. El alcance de la investigación fue generar una metodología de la ingeniería que genere valor y pueda ser aplicado en diferentes proyectos inmobiliario analizándose por eso, proyectos desarrollados bajo metodología BIM con un nivel de diseño y detalle adecuado.

La investigación concluye que la aplicación del procedimiento BIM genera ahorros potenciales que pueden variar en el tiempo, cuanto más pronto sea la etapa en la que se utilice la metodología, los beneficios podrán ser mayores. Por ejemplo, de tres proyectos evaluados desarrollados BIM como herramienta de gestión arrojaron que, en el caso del Proyecto A, el costo se redujo en S/. 280,333.67 representando el 4.37% del costo inicial en la fase de diseño de elementos verticales. En el caso del Proyecto B, el costo se redujo en S/. 204,471.18 representando el 18.17% del costo inicial de la actividad de aislamiento sísmico. En el caso del Proyecto C, el costo se redujo en S/. 103,309.90 representando 17.95% del costo inicial de

la actividad de abastecimientos e Instalación de materiales del Sistema de extracción de CO2 (León y Salazar 2017).

En Lima Perú se han realizado estudios sobre planificación financiera y su repercusión en la rentabilidad de las empresas. Estos estudios determinaron que el desarrollo de la planificación financiera afecta la rentabilidad de los proyectos inmobiliarios de las empresas. En el contexto local como parte del presente estudio se ha analizado la etapa de diseño y proceso constructivo de un proyecto inmobiliario multifamiliar de 5 pisos desarrollado por una empresa constructora sin el uso de herramientas de gestión y de otro lado la comparación de las mismas etapas del proyecto usando herramientas de gestión como BIM, ClickUp, Revit, Lean Construction, Last Planner, Lookahead, cartas de balance y la aplicación de las teorías de las restricciones.

Demostrando que el desarrollo con el enfoque tradicional como el uso de Autocad 2D para diseño y la compatibilización de planos visual, metrados en base a los planos elaborados, presupuesto de obra con el programa S10, cronograma de obra con MSP y proceso constructivo tradicional, no resultaron beneficiosos para la empresa.

El presente trabajo pretende aplicar algunos conceptos de gestión para mejorar la productividad en un proyecto inmobiliario multifamiliar en la etapa de diseño y proceso constructivo comparando estas dos etapas desarrolladas uno bajo el enfoque tradicional y el otro con herramientas de gestión.

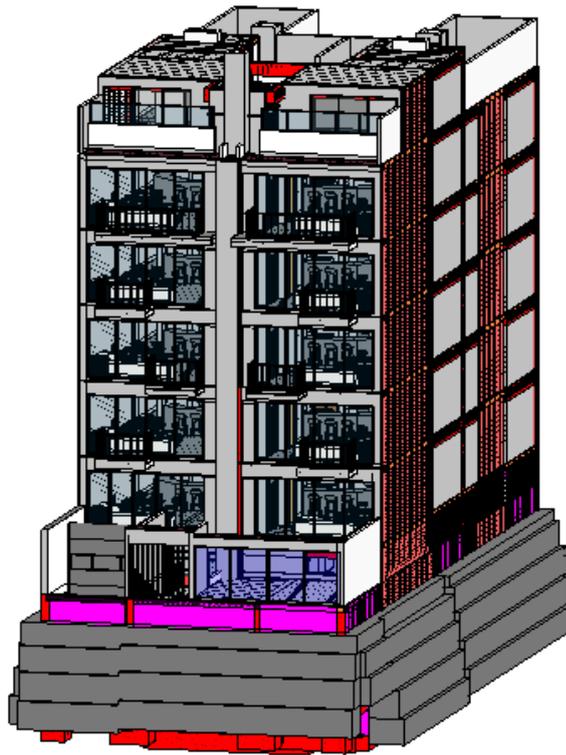


Figura 1. Edificio multifamiliar Spuknit – Surco Lima

La figura muestra el edificio multifamiliar de 5 pisos 10 departamentos, 19 estacionamientos desarrollado en un terreno de 360 m², en el distrito de Surco. El proyecto en su etapa de inversión y desarrollo de diseños tomó 10 meses, el proceso constructivo 11 meses.

La presente investigación realizó el estudio del proceso de diseño y proceso constructivo del proyecto de acuerdo a como fuera construido, usando las formas tradicionales de gestión y proceso constructivos y de otro lado el estudio de los mismos procesos usando herramientas de gestión como BIM y Lean Construction, así como el uso del concepto de mejora continua.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Determinar de qué manera, la aplicación de herramientas de gestión, mejora la productividad, en la etapa de diseño y proceso constructivo durante el desarrollo del proyecto del edificio multifamiliar Spuknit en Surco - Lima 2021.

1.2.2 Objetivos específicos

Determinar de qué manera, la aplicación de herramientas de gestión, mejora la productividad, en la etapa de diseño, del desarrollo del proyecto multifamiliar Spuknit en Surco - Lima 2021.

Determinar de qué manera, la aplicación de herramientas de gestión, mejora la productividad, en el proceso constructivo, del desarrollo del proyecto multifamiliar Spuknit en Surco - Lima 2021.

1.3 Justificación

El presente trabajo de investigación se encuentra justificado en los siguientes aspectos: primero, el teórico, porque se utilizan conceptos y terminologías referidas al uso de las herramientas de gestión en el desarrollo de un proyecto inmobiliario. Segundo, práctico, porque tiene como fin incrementar la productividad agregando valor en los procesos de diseño y proceso constructivo aplicando métodos de gestión demostrados en su aplicación. Tercero, metodológico, porque los resultados obtenidos a través del proceso de comparación entre dos sistemas constructivo nos permitirán evidenciar ventajas y desventajas de aplicar herramientas de gestión, además de relacionarlo con la mejora de la productividad, en la etapa de diseño y

proceso constructivo, la cuales servirán de base para el desarrollo de futuras investigaciones y su aplicación, en el desarrollo de proyectos inmobiliarios con características similares en principio. Y cuarto, económico, ya que la importancia de la mejora de productividad en el diseño y proceso constructivo como objetivo principal del presente trabajo investigación, conlleva a generar un ahorro económico para los grupos de interés del proyecto de manera que garantice, no solo su viabilidad técnica sino económica.

Por lo cual, resulta pertinente el desarrollo del siguiente trabajo de investigación, con la finalidad de incrementar experiencias de estudio y demostrar que el uso de herramientas de gestión en los proyectos inmobiliarios genera mayores beneficios al sector.

1.4 Alcance

El alcance de la presente investigación se define por la asociación de correlación-causal, que existe entre la aplicación de herramientas de gestión,

en el desarrollo de un proyecto inmobiliario y la mejora de la productividad en la etapa del diseño y proceso constructivo, para lo cual utilizamos los datos del proyecto desarrollado bajo el enfoque tradicional, tal como sucedieron los hechos, comparándolo con los resultados del mismo proyecto, desarrollado con herramientas de gestión. Relacionamos las variables para ambos casos demostrando que, con la aplicación de herramientas de gestión, se mejora la productividad, eliminando y/o disminuyendo los trabajos innecesarios, generando disminución de plazos, metrados más precisos y mejora rendimientos.

2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Internacionales

El trabajo de investigación realizado por Pozo Moreno (2020), en la universidad de las fuerzas armadas de Sangolquí Ecuador, para la obtención del grado de Magister titulada “*Implementación de un sistema de gestión de datos para la toma de decisiones en la empresa NUO*”, tuvo como principal objetivo la implementación de un sistema de gestión de información para que a través de la integración y filtración de toda la información de la empresa facilite el acceso a la información al área comercial con tiempos óptimos de respuesta para que puedan tomar decisiones, para ello utilizaron herramientas como el diagrama de Ishikawa. Los resultados determinaron la reducción de los obstáculos para efectuar negocios, incrementar los ingresos y mejorar los procedimientos de la empresa. Del total de personal del departamento comercial el 37,50% asegura que recibía información constantemente errada, ocasionando pérdidas en las ventas por la inconformidad de los clientes. Para la implementación del sistema de gestión de información se utilizó la metodología Kimball, así como fuentes de datos de archivos Excel. Las conclusiones indican que el 88.9% del personal del área comercial estuvieron de acuerdo que el sistema ayuda en las actividades del área, permitió recortar el tiempo de acceso a la información en un 67.7%, preparar reportes con calidad de información antes de la implementación llevaba 3 días, después de la implementación se redujo a 1 día, el sistema permitió el acceso en tiempo real de la información sin depender de terceros.

De acuerdo con el trabajo de investigación de Cabrera Barrera (2020), para obtener el título de Maestro en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de caminos, canales y puertos

en Barcelona España, titulada “*Caso de aplicación de Last Planner System*”, tuvo como objetivo principal estudiar la situación general de la implantación de un sistema de gestión de proyectos llamado Last Planner Systems. Para ello utilizo un software de Producción de Estadística y Solución de Servicio (SPSS) que posibilito el estudio y desarrollo estadísticos para su análisis. Los resultados obtenidos de acuerdo con el porcentaje de plan completado (PPC) de todos los casos recopilados por tipos de obra evidenciaron que era posible la implementación del Last Planner System (LPS) en cualquier tipo de empresa constructora. Los valores obtenidos revelaron un funcionamiento aceptable del sistema. No obstante, la posibilidad de implementar mejoras siempre está abierta como la automatización de algunos procesos constructivos, contar con personal estable y subcontratistas de confianza con conocimientos en el uso y manejo del LPS con los stakeholders. Para el autor resulto conveniente seleccionar los casos de estudio por tipos de obras, permitiéndole observar el comportamiento que tuvo el LPS, de acuerdo a la finalidad y secuencia constructiva de las obras. El estudio de la información reunida por continente sobre el cumplimiento del PPC concluyo que existe gran diferencia y dispersión de datos en el funcionamiento y unificación de conocimientos del sistema en cada uno de ellos. Demostrando que el método es susceptible a sufrir variación y dependerá de las características del lugar donde se implemente, así como las normas constructivas, manejo del personal, leyes laborales, método de subcontratación, acceso a la información y la formación de trabajadores.

En el trabajo de investigación desarrollado por Tovar Medrano (2016), para obtener el título de Maestro en la facultad de ingeniería de la Universidad de Bogotá Colombia titulada “*Identificación de los problemas debido a falencias en la etapa de planeación de obra en proyectos de interés social por medio de la gestión de riesgos*”, tuvo como objetivo generar información previa por cada proyecto, con la cual se puede identificar los problemas y plan de

contingencia en el proyecto. Al respecto el autor siguiere aplicar la metodología Delphi para identificar problemas en la etapa de planeación, cuantificarlos y solucionarlos antes de llegar a la fase de ejecución, originando una base de datos de los problemas ordenándolos por tipos, así como la etapa en la que sucedió y su solución previa. Prevenir los problemas en la etapa de ejecución aplicando en la etapa preliminar procesos de gestión de riesgos y sus diferentes metodologías investigadas. Registrar los problemas y su solución en un formato para registrarlos como fuente de información. La investigación permitió crear una tabla con problemas similares ocurridos en proyectos anteriores para ser usados en nuevos proyectos, convirtiéndose en gran ayuda para evitar problemas similares en proyectos futuros. Los estudios realizados por expertos y empíricos sobre este tema fueron la base de la investigación para su aplicación ofreciendo buenos resultados. Adicionalmente de acuerdo con la metodología Delphi en la segunda toma de cuestionarios se evidencio menor desviación con respecto a la primera; ocasionando la unificación de respuestas de los expertos. Un aporte importante fue que los Stakeholders del proyecto, aceptaron el beneficio de la gestión de riesgos y dispusieron su presupuesto.

De acuerdo con Brioso Lescano (2015), en su tesis doctoral, presentada en la universidad Politécnica de Madrid España, denominada “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” cuyo objetivo fue demostrar la necesidad de incluir la regulación en la ley que ordena la educación el concepto de Lean Construction o construcción sin pérdidas. También determinar las obligaciones y responsabilidades de los stakeholders cuando actúen simultáneamente en un proyecto de edificación usando los conceptos de Construcción sin

perdidas del Project & Construction Management. Esta regulación pretende optimizar los servicios de cada contratista en una edificación a través de matrices de responsabilidad de funciones en proyectos para vivienda, existiendo la necesidad de regular la participación de los gestores constructivos en Lean Construction y su desarrollo en la gestión de contratos, diseños y construcción en la legislación española.

Según Costa de los Reyes (2016), en su estudio denominado “Estudio para determinar la factibilidad de introducción de la filosofía Lean Construction en la etapa de planificación y diseño de proyectos, en empresas públicas y privadas de ciudades intermedias, casos Cuenca y Loja” presentada en la Universidad de Cuenca, Ecuador, donde el objetivo fue determinar la oportunidad y factibilidad de implementar el método de trabajo de Lean Construction en la fase de planificación y diseño de proyectos en el Ecuador como Loja y Cuenca. El estudio aborda puntos delicados que originan el incumplimiento en costos, plazo y calidad que demandan los proyectos y concluye planteando el uso de métodos y herramientas fundamentadas en una nueva filosofía como Lean Construction, orientadas en la producción de utilidad minimizando las pérdidas en los procesos planificación y diseño de proyectos.

De acuerdo con Ibáñez Valenzuela (2018) en su tesis denominada “*Análisis y definición de estrategias para la implementación de las herramientas del Lean Construction en Chile*” presentada en la Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Civil cuyo objetivo fue realizar un análisis en Chile sobre el uso de Lean Construction y proponer estrategias para su implementación. Su investigación verifica que el método Lean Construction están implementadas en Chile. La Cámara de Construcción Chilena permite el asesoramiento para implementar la herramienta Last Planner

en obras. No obstante, el autor concluye que aún no se logra una completa implementación del Lean Construction, debido al poco conocimiento sobre la metodología Lean y de sus herramientas que la componen. Existe conocimiento sobre el Last Planner, pero no sobre cómo se sostiene esta herramienta que es eliminar las pérdidas en los procesos constructivos para agregar valor a los productos. También se verificó que no existe conocimiento sobre otras herramientas del Lean Construction y su uso, como la gestión visual, el monitoreo de la cadena de valor y las 5s., que son posibles de ser implementadas por lo cual es necesario la capacitación del equipo a cargo del proyecto.

Calderón Rivera (2020), en su estudio denominada “*Implementación de Lean Construction en Cuzco Perú*”, en la Universidad Politécnica de Valencia España, analizó la implementación de Lean Construction y las diversas herramientas de esta metodología en el desarrollo de proyectos de edificación en el departamento de Cusco – Perú. Para lo cual analizó el estado del arte en cuanto a herramientas Lean aplicables a la construcción, analizó el entorno empresarial, eligió las herramientas más adecuadas para mejorar la planificación, la organización y la gestión logística que se realizan con métodos tradicionales; el objetivo fue obtener mejor calidad, mejores costos y tiempos en la ejecución. El autor concluye que el uso del Last Planner System convierte el proyecto en pequeños compromisos que han de renovarse permanentemente, favorece y hace que el trabajo fluya de forma predecible y confiable. El Last Planner System es un sistema de planificación constante (mensual, semanal, diario) permite la coordinación con todos los involucrados en el proceso favoreciendo la planificación en el cual un día de atraso no supone pérdida ni incremento del costo final para el propietario. La planificación tradicional puede ser eficaz, pero no eficiente, este modelo de planificación es colaborativo y dinámico, con reuniones periódicas jefes de

obra, encargados, subcontratistas y proveedores permitiendo la coordinación colaborativa en el proyecto.

Según Álvarez Pai (2019), en su tesis sobre *“Estudio de Productividad Aplicando la Metodología Lean Construction Caso túnel Vial 8 Guaduas – Cundinamarca”*, para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Antioquia Medellín Colombia, evaluando la productividad de la construcción del túnel vial 8, aplicando el concepto Lean Construction para reducir pérdidas de materiales y mano de obra, para lo cual recolecto datos e información primordial de la obra donde se implementara la metodología Lean Construction. Después del análisis realizado concluyo que la planificación detallada de la forma de ejecución al inicio de cada proyecto se debe planificar detalladamente, además del seguimiento estricto de las actividades programadas y proyectadas en el tiempo, evitando cambios en el plan de trabajo para no caer en retrasos ni sobrecostos, proyectar el tiempo e identificar dificultades de los equipos, proveedores, liquidez financiera, etc., que pueda afectar adversamente el avance del proyecto. Preparar un plan de contingencia y controlar la mano de obra que es la actividad de más alta variabilidad en el proyecto.

De acuerdo con Sadias Silva (2010) en su tesis para obtener el título de ingeniero civil en la universidad de Chile titulada *“Estimación de los Beneficios de Realizar una coordinación Digital de proyectos con la Tecnologías BIM”*, valorando las bondades de implementar BIM para compatibilizar especialidades al inicio de una obra de construcción, identificando que al inicio de los proyectos se originan fallas en los diseños por falta de coordinación pudiendo haberse evitado aplicando BIM. Sadias Silva evaluó las fallas y sus costos cuantificándolos el potencial ahorro mostrando la rentabilidad de haber aplicado la

filosofía BIM. Menciona que los proyectos son complejos a medida que avanzan los años, la gestión de recursos como tiempo, costos, materiales, información y mano de obra son cada vez más complejos. La tecnología actual y la forma tradicional de trabajo no ha podido solucionar estos obstáculos, lo que ha ocasionado incumplimiento en los plazos, presupuestos y calidad de proyectos en la construcción. El autor concluye que se requiere un cambio en el uso de las tecnologías informáticas que ofrecen alternativas para mejorar la etapa de diseño, construcción, operación, control y mantenimiento. El desarrollo en la fase de diseño convencional la falta de participación de los involucrados hace que los requerimientos no sean claros la comunicación, coordinación y colaboración entre las especialidades es muy pobre. Los errores en el diseño son detectados en etapas posteriores, con altos costos por trabajos rehechos. El 30% de tiempo se usa para recabar información, muchas veces con fallas. La quinta parte de este tiempo se pierde en esperas en el proceso. Con el uso de BIM las distintas especialidades pueden acceder a un modelo central del proyecto con información oportuna, completa, clara y precisa, donde pueden ver gráficamente la edificación a construir. El modelo obliga a los stakeholders a trabajar de forma colaborativa, coordinada e integrada, mejorando la toma de decisiones y reduciendo las potenciales pérdidas. El estudio realizado por el GEPUC, identifico perdidas en cambio de diseño, trabajos rehechos, detención de procesos y atrasos, información a destiempo y mala planificación de recursos.

El modelo BIM vincula el diseño en 3D con tiempos y costos, graficar la secuencia constructiva y observar cómo los materiales, maquinaria, dinero, en la obra son abastecidos en forma virtual, se puede visualizar como se desarrollaría la construcción de forma temprana, se descubren interferencias entre especialidades, permite visualizar potenciales riesgos, se monitorean los recursos para asegurar su aplicación efectiva. Cualquier cambio realizado en el

modelo modifica en el acto todos los elementos involucrados eliminando inconsistencias en el desarrollo.

En el estudio realizado por Salazar Alzate (2017), para optar el título de Maestro titulada “*Impacto económico del Uso de BIM en el Desarrollo de Proyectos de Construcción en la Ciudad de Manizales*”, sustentado en la Universidad Nacional de Colombia, planteo la aplicación del método BIM para comprobar la rentabilidad de su implementación en un proyecto de vivienda en la ciudad de Manizales diseñado y construido con el enfoque tradicional, donde se identificaron conflictos que generalmente se presentan en la ejecución de los proyectos de construcción además de identificar cuales se hubiesen evitado con el uso de la metodología BIM, cuantifico el costo que genero corregir los errores encontrados, estimo rentable el uso de BIM en la etapa de diseño de los proyectos de construcción. Inició revisando la documentación técnica inicial del proyecto, verifíco la variación de los modelos realizados para la investigación, identifíco donde estaba el mayor impacto económico en el proyecto al usar la metodología BIM. Salazar concluye diciendo que el sector construcción está evolucionando, la obtención de especialistas y cantidad de recursos es cada vez más complejos, así como los proyectos poder para ejecutarlos. Los métodos convencionales de gestión no han podido lograr que el proceso constructivo se desarrolle eficientemente y que no se traduzcan en plazos y presupuestos incumplidos. Esto puede ser subsanado con el uso de las tecnologías de la información y comunicación que mejoran notablemente la gestión en todos las etapas, diseño, construcción, control y mantenimiento de la edificación. La metodología BIM brinda ventajas comparado con el método tradicional de construcción, utiliza y comparte un solo modelo con la información del proyecto reduciendo el tiempo, documentos y confusiones; las modificaciones se realizan en un solo archivo siempre

actualizado con la última versión y se puede implementar en cualquier parte del proyecto aumentando la productividad.

2.1.2 Nacionales

Ortiz Álamo (2019), realizó un estudio titulado “Planificación financiera y su incidencia en la rentabilidad de la empresa Proyectos Inmobiliarios Integrales E.I.R.L. periodos: 2017 – 2018”, donde se pregunta si la planificación financiera en un proyecto inmobiliario tiene importancia en la rentabilidad de la empresa. Sobre el tema, el autor realizó encuestas en la empresa Integrales EIRL, los resultados arrojaron que el 54% de entrevistados considera que la empresa no realiza planificación financiera, desconociendo y dándole poca importancia al tema de la rentabilidad, sólo el 46% de entrevistados se mostró consciente de la importancia de este tema en la empresa y que además conocen de forma genérica las actividades que se desarrollan para planificar financieramente un proyecto.

La investigación concluyó que la rentabilidad de la empresa no fue la esperada, evidenciándose una mala planificación financiera con incidencia negativa para la rentabilidad para la empresa. Dentro de los aspectos más relevantes se recomienda establecer procedimientos y estrategias de planeamiento financiero para incrementar la utilidad de la empresa.

Morales Ríos (2018), desarrolló la investigación titulada “Evaluación de la Rentabilidad del uso de Gestión BIM en la construcción de un bloque de viviendas de 10 pisos del distrito de San Martín de Porres-Lima”, para comparar cuán rentable finalmente resulta la construcción de un conjunto de viviendas de 10 pisos desarrollado con el enfoque

tradicional versus el uso de la gestión BIM (Building Information Modeling).

El método usado en el estudio fue la comparación directa de los resultados de control de la Torre I construida con métodos tradicionales y la Torre II, construido mediante el uso de la metodología BIM. El resultado del estudio indico que el uso de la metodología BIM en el proceso constructivo de la Torre II obtuvo una rentabilidad del 1.39%, y de otro lado la Torre I construida con enfoque tradicional obtuvo -3.94% de rentabilidad negativa. Concluyendo que el uso de la metodología BIM en la construcción mejora la rentabilidad de la empresa, beneficiando también a los futuros compradores de los departamentos. Dentro de los aspectos más relevantes que evidencia el estudio, es que el uso de herramientas de BIM, se adaptan muy bien a la construcción de edificios multifamiliares, mejorando la precisión y automatización de los metrados, debido a que con el software REVIT permite modelar la infraestructura y obtener de manera rápida y precisa las cantidades de los materiales usar en la ejecución.

León Elescano y Salazar Orosco (2017), desarrollaron la investigación denominada “Implementación del análisis de ingeniería de valor aplicado a proyectos inmobiliarios bajo la plataforma BIM en la fase de diseño”, para aplicar la ingeniería de valor en proyectos inmobiliarios elaborados con el uso de la metodología BIM, y su incidencia en los costos de la obra. La aplicación de este concepto comprende la fusión de la Ingeniería de Valor y la metodología BIM, la cual se inicia con el desarrollo del modelamiento a nivel 4 y sigue con la parte creativa para desarrollar alternativas de solución que impliquen disminución de costos sin bajar la calidad de producto.

El alcance del trabajo de investigación fue generar un método de aplicación adaptado a la ingeniería de valor en diferentes proyectos inmobiliarios, analizándose tres proyectos

desarrollados bajo el método BIM. Como resultado se tuvo que el primer proyecto denominado “Proyecto A”, obtuvo una baja en el costo de S/. 280,333.67 representando solo en la fase de diseño el 4.37% del costo inicial. Para el segundo proyecto denominado “Proyecto B”, se generó una baja de costos de S/. 204,471.18 en la partida de aislamiento sísmico representando el 18.17% del costo inicial y finalmente el último proyecto denominado “Proyecto C”, se generó una baja de costos de S/. 103,309.90 la partida de suministro e instalación del sistema de extracción de CO2 representando el 17.95% del costo inicial. La investigación concluye la aplicación del concepto de ingeniería de valor y su aplicación a los proyectos de ingeniería bajo el método BIM, es una alternativa que genera ahorros, teniendo en cuenta que cuanto más pronto sea su aplicación, los beneficios podrán ser mayores.

Calderón y Negrini (2017), en el trabajo de investigación titulada, “*Modelo de gestión de diseño para proyectos inmobiliarios basados en Lean Desing*”, plantean como objetivo de la investigación, elaborar un modelo de gestión para proyectos inmobiliarios basados en el concepto Lean Desing, optimizando la etapa constructiva de los proyectos tomando como base el concepto Lean y sus herramientas como el Last Planner Delivery System, planteándose los pasos a seguir desde la idealización del proyecto hasta el desarrollo de toda la documentación necesaria para ejecutar el proyecto. El desarrollo del modelo se inició definiendo las necesidades del proyecto tomando y los requerimientos del cliente estableciéndose los criterios del modelado del diseño, considerando todas las disposiciones dictadas por autoridades o instituciones técnicas. Se identificó las mejores opciones para los objetivos de la empresa que se encuentren dentro de su visión integral finalizando con la selección de la alternativa para el inicio del anteproyecto.

La investigación concluyo que la implementación de la metodología de gestión propuesto, permite optimizar costos y rendimientos por ejemplo en la residencial San Luis, se obtuvo una rentabilidad del 13.80 % y VAN de s/. 291 713.49 proyectados en un periodo de 13 meses para una infraestructura de 8 niveles con 33 departamentos y una rentabilidad del 19.25 % y VAN del s/. 723 392.53 para una infraestructura de 15 niveles con 68 departamentos.

Delgado Ramírez y Julca Coba (2020), en su trabajo de investigación titulada, “Aplicación de herramientas de gestión de proyectos para mejorar el rendimiento de la mano de obra de actividades previas al vaciado de concreto en la construcción de la I:E 00815 Carrizal, Jepelacio – Moyobamba – San Martín 2019”, implementa reglas para el uso de una metodología flexible que mejore el rendimiento de los trabajadores en una edificación en actividades previas al vaciado de concreto, aplicando métodos y herramientas de gestión basados en el concepto Lean Construction.

La investigación describe la falta herramientas de medición de los rendimientos en mano de obra en proyectos inmobiliarios y propone mejoras basadas en herramientas de gestión como Last Planner y Lookahead, concluyendo que implementación del concepto Lean Construction mejora la productividad en los proyectos inmobiliarios.

Alvarez Olguin (2017), en la tesis de investigación titulada, “Estudio para incrementar el rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmeras III” en la ciudad de Trujillo La Libertad, con la aplicación del enfoque lean construction”, determina mediante la aplicación de cuestionarios y la aplicación de carta balance cómo la aplicación del concepto Lean Construction en la edificación de Las Palmas

III una unidad residencial ubicada en la ciudad de Trujillo, permitió incrementar el rendimiento de la mano de obra,

La encuesta se realizó a 36 trabajadores incluidos obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción empleándose dos cuestionarios para obtener datos de las variables en estudio y la aplicación de las cartas balance para conocer los tiempos de realización de las actividades. Los resultados obtenidos para la pregunta de cómo considero el uso de la metodología Lean Construction en el proyecto, un 0% lo considero deficiente, un 78 % equivalente a 28 trabajadores lo califico de “regular” y un 22% equivalente a 8 trabajadores lo califico de eficiente concluyendo que la aplicación del enfoque Lean Construction se encuentra entre regular y eficiente.

Vargas Chávez (2017), en la tesis de investigación titulada, “*Evaluación de productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones utilizando el sistema Last Planner -2016*”, se revisa las más importantes innovaciones aplicadas en el sector construcción, en las cuales no es casualidad encontrar el uso de Lean Construction como un nuevo concepto para la gestión. Por lo que, el presente estudio desarrolla y profundiza los conceptos generales de Lean Construction.

El objetivo del estudio es evaluar la productividad de la mano de obra en la ejecución de un proyecto de mejoramiento del servicio de la educación primaria y secundaria, ubicado en la región de Lambayeque, IE José Faustino Sánchez Carrión N° 10161 Morrope - Lambayeque. La metodología aplicada contempla la visita de la obra para realizar observación y mediciones in-situ usando técnicas como la Carta Balance, prueba de los 5 minutos, entre otros. En la investigación se realizaron 75 mediciones, de las cuales el 49.17 % representa al trabajo contributivo, 31.53 % trabajo productivo y 19.30 % trabajo no

contributivo. De los resultados se puede concluir que, los trabajos no contributivos representan la mayor proporción y se encuentran principalmente debido a los tiempos de espera entre actividades consecutivas, falta de herramientas, falta de detalle y claridad en las órdenes.

Murrieta y Tapia (2020), en su tesis de investigación titulada, “Disminución de pérdidas en base a planificación, costeo y rendimiento para subcontratistas en trabajos de acabados en Orion Group 2019”, tiene por objetivo evaluar el rendimiento de varios subcontratistas que realizan trabajos de acabados y desarrollar un plan de control adecuado basado en la filosofía de Lean Construction y lineamiento del PMBOK.

Las técnicas usadas son; la observación, aplicación de cuestionarios, revisión de documentos y pruebas estadísticas. Los resultados muestran que la planificación maestra indica las partidas que contemplan los acabados, la cual se inicia con el tarrajeo, seguido de enchapado y finalmente pintura.

La investigación concluye, que los trabajos de acabados no se planifican a detalle, por lo que los subcontratistas no tienen la información necesaria para desarrollar los trabajos y tampoco tener un buen seguimiento y control, ello genera retrasos y pérdidas.

Fernández Paredes y Zamora Herrera (2021), en la tesis de investigación titulada, “Propuesta de un sistema de control focalizado para cuantificar e identificar en tiempo real los desperdicios de mano de obra y materiales en partidas incidentes de acabados húmedos en edificaciones, basados en el enfoque de valor ganado”, desarrolla una propuesta de sistema de control para identificar las principales actividades con mayor repercusión en el presupuesto de obras y reducir la magnitud de la desviación respecto a lo planificado.

El procedimiento metodológico se inicia con la selección de los proyectos de construcción que se encuentren en la ciudad de Lima para delimitar la ubicación del estudio. Además, los proyectos deben tener componentes y procedimientos constructivos similares para facilitar la comparación de resultados.

En el país, los proyectos generalmente cuentan con un mecanismo de control del presupuesto para administrar los recursos, sin embargo, también pueden adquirir un software especializado para apoyo del sistema de control, como, por ejemplo; Aranda software, Aura net, Fomplus, Sap Business, Aranda, SLYG Block, entre otros.

Luego del análisis de las ventajas y desventajas de los métodos de control que se han evaluado y apoyados en el juicio de muchos expertos, se puede concluir que el método de control focalizado sólo se puede aplicar en proyectos de viviendas para clientes del sector B y C, como consecuencia que la arquitectura es un factor importante que incide en el precio. El método de control para los acabados húmedos es focalizado, no obstante, cubre el resto de necesidades y complementos particulares de un proyecto.

Díaz Morales (2018), en su tesis de investigación titulada, “Incidencia de la mano de obra en el costo de la construcción de módulos de viviendas programa techo propio – empresa TEGECON ANDINA SAC”, analizo como afecta el costo de la mano de obra en la edificación de los módulos de viviendas de techo propio, el estudio se realizó por etapas; en la primera, se construye 250 módulos, con un presupuesto fijo.

Por la información brindada por la empresa, los resultados permitieron conocer la repercusión del costo de mano de obra y como se formuló la mejora del gasto, el resultado del

análisis se apoyó sobre los coeficientes del presupuesto proyectado e invertido para la habilitación urbana por la empresa. Luego se decidieron los importes de los jornales y se compararon los avances de obra a través del mejoramiento del proceso constructivo aplicando el concepto Lean Construction.

La investigación concluye sobre la necesidad de aplicar procedimientos de medición en el proceso constructivo que incluya el avance de obra, con la supervisión respectiva; cuya finalidad sería la de optimizar los plazos de ejecución de acuerdo a lo planificado.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Definiciones

Herramientas de Gestión	Conjunto de conceptos, sistemas, métodos, mecanismos o soluciones que una empresa usa para que el desarrollo de un proyecto sea exitoso.
Building Information Modeling BIM	Método o filosofía para el Modelado de información para la construcción
Ciclo de Deming Plan Do Check Act (PCDA)	Es un ciclo de mejora continua, basado en el método científico de proponer un cambio de mejora, implementar el cambio, medir, controlar los resultados y aplicar acciones correctivas.
Just in Time (JIT)	Es un sistema de producción que fabrica y entrega solamente lo necesario, cuándo se necesita y en la cantidad requerida.
Kaizen	Paradigma Japones de mejora continua, promoviendo calidad y productividad, para lograr el éxito esperado.
Las 5 S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significa: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito.
Last Planner	Ultima persona capaz de asegurar un flujo de trabajo planificado. Ultimo planificador que puede ser el residente, jefe de obra, responsable o ejecutor del subcontrato.
Last Planner System	Sistema colaborativo de producción utilizado para la planeación y mejora continua de proyectos.
Lean Construction	Método o filosofía de construcción sin perdidas.
Lookahead	Planificación o programación adelantada de actividades de corto plazo en un proceso constructivo.
Muda o Desperdicio	Significa crear valor para el cliente eliminando el desperdicio. que no representa valor para el cliente.
Productividad en Construcción	Cantidad de logros obtenidos mediante un sistema productivo, es un indicador que mide la eficiencia y calidad en el uso de los recursos para completar el proyecto en el plazo y con el estándar establecido.
Proyecto	Desafío temporal que se emprende para crear un único producto o servicio, con resultado deseado, fechas y presupuesto establecido.
Stakeholders	Son todos los interesados en el proyecto, todas aquellas personas que serán afectadas por el proyecto en función de sus intereses particulares
Toyota Production Systems (TPS)	Sistema desarrollado para proporcionar mayor calidad, a un menor costo y plazos más cortos mediante la eliminación de desperdicio.

Figura 2. Definiciones

2.2.2 Herramientas de Gestión

Para la presente investigación, desarrollaremos y definiremos un proyecto desarrollado con conceptos como el Modelamiento de Información para la construcción (BIM) y Construcción sin perdidas (Lean Construction) como herramientas de gestión usando sus metodologías, modelos, sistemas y soluciones que permitan que un proyecto sea exitoso.

2.2.2.1 BIM (Building Information Modeling)

B.I.M abreviatura de Building Information Modelling, Modelamiento de la Información para la Construcción. La metodología BIM se compone de distintos programas informáticos que desarrollan el concepto de trabajo colaborativo y modelos tridimensionales de información interrelacionados, desde donde se puede extraer información para el proceso constructivo del proyecto, mantenimiento y posterior gestión. El modelo BIM brinda la oportunidad de trabajar con las diferentes gerencias y gestión de un proyecto y según el caso, aprovecharemos las ventajas de diferentes aplicaciones.

Para su desarrollo conceptual utiliza varios softwares como herramientas de desarrollo como Revit, Naviswork, Archicad, Allplan, Rhinoceros3D, Grasshopper etc., a las que se suman plugins (complementos) que extiende la funcionalidad de cada herramienta para abordar necesidades particulares. Por otro lado, un modelo automatizado permite el uso Dynamo para la programación visual como herramienta para analizar proyectos a nivel de implementación y rentabilidad, Grasshopper a través de Rhino Inside, que permite algoritmos de diseño generativo o evolutivo Echeverri Montes (2021).



Figura 3. Elementos del BIM
Fuente: Pons, 2014

La figura muestra el modelo y niveles de integración que se obtiene con la implementación del BIM como herramienta de gestión en cada etapa de un proyecto inmobiliario.

2.2.2.2 Software colaborativo

Software colaborativo es un sistema que integra el trabajo de un proyecto en un sola plataforma o espacio de trabajo, los Stakeholders del proyecto pueden ingresar desde donde se encuentren y a la hora que elijan, el sistema se encuentra conectado vía internet. El uso del software colaborativo es en tiempo real, permite que dos o más usuarios puedan tener acceso simultáneamente a la información aun siendo de especialidades o áreas diferentes. Cuentan con opciones para integrar diferente tipo de información planificación, programación y seguimiento del proyecto, el mayor beneficio de la plataforma colaborativa es el almacenamiento de datos centralizado. La plataforma y las bases de datos son administrados por un responsable que es quien brinda los controles y niveles de acceso a los stakeholders. La centralización de la información brinda la posibilidad a los usuarios de ser productivos y al mismo tiempo garantizar la calidad e integridad de los datos. Con el avance tecnológico e internet evolucionando constantemente este tipo de software también avanza incluyendo soluciones aún más avanzadas como por ejemplo ClickUp, A3, Miro, Microsoft Teams, etc.

2.2.2.3 Revit

Revit es un programa para modelado de proyectos, es la herramienta de modelado para BIM más conocida del mercado. Lanzada en el año 2000 por Revit Technology Corporation, comprada en 2002 por Autodesk. Este software permite el modelado con

funciones, elementos y familias de elementos integrándose con otros complementos para ampliar sus funciones. Revit crea su propia base de datos y la utiliza para la estimación de costos, estimar cantidades y asignar valores para el análisis de costos de materiales también puede realizar análisis de costos indirectos (como costos de mano de obra, gastos generales, ganancias). Permite detectar interferencias entre especialidades en la etapa de diseño sin tener que llegar a la ejecución para evidenciarlos.

Existen otros programas para modelado en el mercado como Archicad, Allplan y programas adicionales que se complementan con estos como Dynamo, GHopperGIS y Rhino Inside.

2.2.2.4 Lean Production

Lean production, producción ajustada o sin pérdidas, es una metodología de trabajo que busca reducir las pérdidas, optimizando las actividades para que agreguen valor a un proyecto constructivo, mientras se reducen o eliminan las actividades que no contribuyen ni producen valor. El término Lean se conceptúa como un sistema que utiliza menores recursos en comparación con la producción en masa que es lo contrario, por ejemplo, menos esfuerzo en mano de obra, menos espacio para producir, menor inversión en equipos y herramientas, menos horas de gabinete para el desarrollo de una obra o proyecto, requiere mantener menos materiales en la obra en general menos defectos. (Pons, 2014).

Según Ohno T (1988), la crisis del petróleo en 1973, le siguió una gran recesión, que afectó a países, empresas, negocios y en general a la sociedad de todo el mundo. En 1974 el sistema económico japonés colapso, se redujeron beneficios en las empresas, no obstante Toyota consiguió mantener algunos. Esa diferencia con las demás empresas, provocó que la

competencia se preguntara qué ocurría en Toyota. Diez años después en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) se creó el Programa Internacional de Vehículos a Motor (PIVM) para entender el cambio en la industria y mejorar las decisiones respecto a los cambios. El programa reveló que las compañías japonesas habían desarrollado una filosofía de producción capaz de fabricar con menor costo, con mayor calidad y con plazos menores de entrega.

Lean o producción ajustada, fue el término que se aprobó desde el punto de vista académico como empresarial para conceptualizar el conjunto de técnicas de producción japonesas desarrolladas por la Toyota Motors. Fue bautizado por John Krafcik a finalizando la década de los 80 y difundido a nivel mundial durante la década de los 90 (Pons, 2014).

2.2.2.5 Lean enfocada en la Construcción (Lean Construction)

La siguiente figura muestra las diferencias del uso y planteamiento del enfoque tradicional donde el desperdicio o improductividad no fueron considerados en la planificación por tanto tampoco en la parte económica y de otro lado el concepto Lean Construction, en el cual desde el inicio del proyecto todos los Stakeholders trabajan para maximizar la utilidad del proyecto minimizando todas las actividades, transacciones y/o gestiones que no añaden valor (Pons, 2014).

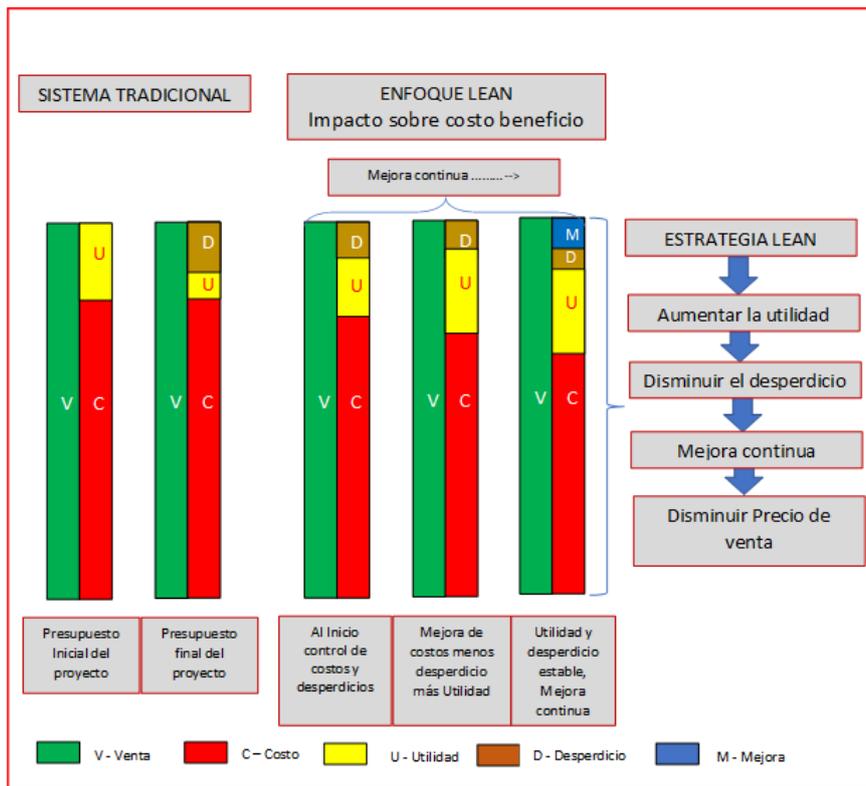


Figura 4. Enfoque tradicional vs. Enfoque Lean
 Fuente: Pons, 2014

En la figura se puede ver que el sistema tradicional elabora un presupuesto del proyecto con un costo y una utilidad proyectada, sin embargo, con la ejecución del proyecto la utilidad disminuye y aumenta el desperdicio. Con el enfoque Lean el presupuesto de inicio se mantiene, se disminuye el desperdicio aumenta la utilidad aplicando el concepto de mejora continua como herramienta de gestión.

2.2.2.6 Los principios Lean

Los 5 Principios del Pensamiento Lean tienen el objetivo principal de hacer más con menos, eliminando la muda o desperdicio, minimizando toda actividad que no agrega valor al proyecto (Pons, 2014).

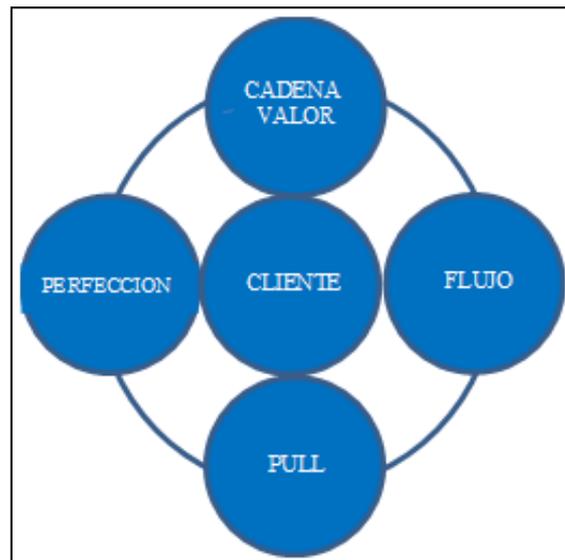


Figura 5. Los cinco principios de Lean
Fuente: Pons, 2014

1. **Cliente.** - El primer principio se basa en tener claro qué consideramos valor para el proyecto.
2. **Flujo.** - En segundo lugar, identificar y comprender su flujo de valor, entender las etapas, actividades, operaciones que deben ocurrir para la entrega del proyecto.
3. **Pull.** - El tercer principio es identificar y solucionar las restricciones (cuellos de botella), facilitar el abastecimiento de materiales, minimizando desperdicio, cada actividad debe empujar a la siguiente.
4. **Perfección.** - El cuarto principio es la búsqueda de la perfección en todo el proceso, aplicando el concepto de mejora continua.
5. **Cadena de Valor.** - El quinto principio trabajar hacia la madures de los procesos para que el proyecto sea lo esperado en el tiempo esperado y con la calidad solicitada.

LOS CINCO PRINCIPIOS LEAN	
DESPERDICIOS	DESCRIPCION
Valor	Entender lo que el cliente quiere. Lean distingue dos tipos de cliente, el usuario que define el proyecto o servicio y el cliente interno, que es quien recibe material, trabajo o información de un proceso precedente y lo transforma.
Flujo de Valor	Identificar todas las actividades (cadena de valor), materiales, trabajo o información de proyecto. Lean asume de inicio que algunas de las tareas aportan valor añadido y otras no. Identificar la cadena de valor (tareas necesarias) para la transformación de materiales, trabajo o información del proyecto. Lean, asume que algunas de estas tareas aportan utilidad y otras no. Lean se desarrolla a través de flujos de valor, como la cadena de clientes y proveedores o flujos más pequeños como células de trabajo. Importantr definir el concepto de flujo de valor saber dónde empieza y termina. Lean se focalizan en estos flujos porque es donde se genera la utilidad siendo más fácil identificar los desperdicios y eliminarlos.
Flujo	Una vez se haya identificado el valor para el proyecto, eliminado las actividades que crean evidente desperdicio, el siguiente paso es hacer que fluyan las actividades creadoras de valor.
Sistema Pull	El sistema empuje (pull) es elemento importante para el concepto Just-in-Time cuyo objetivo es eliminar la sobreproducción y el exceso de inventario. Las tareas que anteceden avisan de sus necesidades a las tareas que las preceden, indicando que cantidad de material o elemento y cuando y dónde lo necesitan.
Perfección	Lean conceptua perfección como un modelo que proporciona puro valor, sin desperdicio aplicando los conceptos Kaizen o mejora continua, Estandarización de procesos y un plan de acción o PDCA.
Transparencia (Pons 2014)	La transparencia es estímulo para todos, al tener acceso a más información, resulta fácil descubrir mejores metodologías para la creación de valor. La descentralización en la toma de decisiones del proyecto con transparencia y la potenciación de habilidades, significa proporcionar a los participantes información sobre el estado del proyecto y otorgar poder de tomar acción.
Capacitación (Pons 2014)	Lean requiere para eliminar el desperdicio y mantener el flujo de activiades, atención continua de los trabajadores, entregandoles información correcta y puntual, brindandoles autoridad para solucionar los problemas y trabajar en la mejora continua. Todos los trabajadores deben estar comprendidos, comprometidos y capacitados en esta búsqueda de la perfección para el éxito del proyecto.

Figura 6. Los cinco principios de Lean, más adaptación de Pons

Fuente: Pons, 2014

2.2.2.7 Lean Construction (vs) Sistema Tradicional

La presente investigación describe el concepto de trabajar con herramientas de gestión como BIM, Lean Construction, Last Planner, Lookahead, Carta Balance y otras cuyo

enfoque apoyan el modelo de tirado o exigido (PULL) sistema o modelo de Flujo de Producción para el proyecto, en este modelo un proceso jala al otro para brindarle al siguiente proceso la cantidad y calidad solicitada, al menor costo y en la fecha solicitada. A diferencia del enfoque tradicional que se basaba en el concepto de empujar (PUSH), siendo la demanda quien regula el proceso y abastecimiento de material para obtener del producto terminado, pasando por reducir el stock en cada actividad de la construcción, pero las previsiones usadas para la producción pueden no ser las correctas.

2.2.2.8 Lean Project Delivery System (LPDS)

Sistema de entrega de proyectos sin pérdida (LPDS), es un concepto que agrupa conceptos y sistemas colaborativos de gestión integral de un proyecto. Su implementación requiere de un equipo en todos los procesos para compatibilizar objetivos, recursos y restricciones, es un sistema que involucra conceptos y etapas, como la definición del proyecto, el diseño, el suministro, ejecución, el uso y mantenimiento posterior de la infraestructura. El control del proyecto, su estructura de trabajo y el aprendizaje ocurre frecuentemente hasta la finalización de cada etapa, contiene hitos y actividades que deben cumplirse junto con el avance del proyecto. Es importante entender que se debe ofrecer el mayor valor al proyecto eliminando las actividades que no aportan utilidad (Pons, 2014).

2.2.2.9 Last Planner System (LPS) o Sistema del último planificador.

Ultimo planificador, es un sistema de planificación y control de la producción necesario para apoyar el trabajo hacia los objetivos planeados, identificando las actividades que se pueden ejecutar para continuar por un camino planificado y cuando eso no es imposible, implementar respuestas alternativas que permitan cumplir los objetivos planeados,

cada uno de sus partes son necesarias para llevar adelante la planificación y ejecución del proyecto. El sistema está organizado de la siguiente manera:

- Fomentar el trabajo colaborativo
- Fomentar un ambiente de mejora continua
- Identificar los desperdicios del proyecto
- Identificar las causas de falla del proyecto
- Comprometer al contratista a colaborar y cumplir con las actividades.
- Aumentar la prevención y participación temprana de los Stakeholders, el riesgo disminuye y la productividad aumenta.

Parte de 3 premisas:

- Lo que debo hacer que es el plan maestro.
- Lo que podemos hacer, conocido como el estar listo o Look Ahead, se prepara el trabajo para liberar restricciones y preparar el trabajo que debe hacerse.
- Lo que vamos hacer, en esta etapa se acuerda con Last Planner del proyecto que se puede y se debe hacer en la siguiente semana y acordar compromisos.



Figura 7. Enfoque General del Last Planner System
Fuente: Last Planner System book, 2014

2.2.2.10 Etapas del Last Planner System

- a. Plan maestro: Cronograma general del Proyecto con hitos de entrega pactados con el cliente desde un inicio.
- b. **Plan de fases:** Sectorizar/Dividir las actividades para mejor planificación y control de las actividades, desglose de los hitos mediante sesión Pull y su cumplimiento.
- c. **Look Ahead:** Cronograma intermedio con el que preveemos que podemos hacer adelantándonos 4 o 6 semanas para ver que riesgos y restricciones se tiene con las actividades que se vienen y poder liberarlas.
- d. **Planeación semanal y Control de Compromisos:** reunión de todos los Last Planner para coordinar y programar las actividades de la siguiente semana. Se sabe lo que se va hacer y no dictar lo que se tiene que hacer.
- e. **Junta diaria:** todos los días al inicio o final de jornada se realiza una reunión no más de 15 minutos donde se establecen las prioridades y coordinación de actividades con los equipos. De esta junta se obtiene el PPC (Porcentaje de Plan Completado) y la falta de cumplimiento que servirá para la mejora continua.

2.2.2.11 Herramientas del Last Planner

- Caminata GEMBA
- Look Ahead
- Porcentaje Plan Completado (PPC)/Porcentaje Activades Completadas (PAC)
- Software Colaborativo

2.2.2.12 Caminata GEMBA

La caminata Gemba es procedimiento esencial del concepto Lean. El objetivo es permitir que los gerentes y líderes observen el proceso de trabajo, interactúen con los trabajadores, adquieran conocimiento y exploren oportunidades para la mejora continua.



Figura 8. Gráfico del concepto Gemba

2.2.2.13 Look Ahead

El Look Ahead es una programación intermedia del cronograma de general de obra que es el la programación principal y la programación inferior sería el plan diario de trabajo. El Look Ahead se trabaja con un lapso de tiempo de 4 a 6 semanas de antelación para luego poder analizar las restricciones que es otro formato que se trabaja junto con el Look Ahead. La primera semana generalmente se analiza los avances para verificar el porcentaje de tareas completadas o PPC.

Proyecto:		LAST PLANNER SYSTEM - LOOKAHEAD																					Fecha: XX/XX/XX																		
Partida	Nombre de tarea	Duración		Metrado				Semana del 29/11 al 5/12					Semana del 6/12 al 12/12					Semana del 13/12 al 19/12																							
		Días	Fechas		Cantidad	Rendimto	Unid.	Ratio	HH	D	L	M	J	V	S	Metrado	Ejecutado	% Avance	D	L	M	J	V	S	Metrado	Ejecutado	% Avance	D	L	M	J	V	S	Metrado	Ejecutado	% Avance					
1	PROGRAMACION MAESTRA LAST PLANNER SYSTEM																																								
1.1	Cimentaciones																																								
1.1.1	Excavacion mecanica																																								
1.1.1.1	Excavacion mecanica - EJE A																																								
1.1.1.2	Excavacion mecanica - EJE B																																								
1.1.1.3	Excavacion mecanica - EJE C																																								
1.1.2	Solados																																								
1.1.3	Zapatas																																								
1.1.4	sobrecimientos																																								
1.2	Edificacion 1er piso																																								
1.2.1	Muros de albañileria e=0.15cm																																								
1.2.1	Muros de albañileria e=0.15cm - EJE A																																								
1.2.1	Muros de albañileria e=0.15cm - EJE B																																								
1.2.1	Muros de albañileria e=0.15cm - EJE C																																								
1.2.2	Columnas																																								
1.2.3	Vigas																																								
1.2.4	Losas																																								
1.3	Arquitectura																																								
1.3.1	Tarrajeo																																								
1.3.2	Pintura																																								
1.3.3	Puertas																																								
1.3.4	Vidrios																																								

Figura 9. Modelo de Lookahead

2.2.2.14 PPC/PAC Porcentaje de Plan o Actividades Completadas

Con esta herramienta podemos medir la cantidad de tareas planificadas versus la cantidad de tareas ejecutadas. En el caso de actividades no completas se identifican las restricciones que generan el incumplimiento, con lo cual se genera una data histórica del proyecto permitiendo identificar las restricciones y como subsanarlas.

2.2.2.15 Analisis de Restricciones

El análisis de restricciones se elabora para las tareas que de acuerdo al Lookahead no serán completadas por existir una variable que impide su ejecución, para lo cual se elabora un formato que servirá para identificar al personal responsable que debe liberar las restricciones que pudieron ser ocasionadas por un problema logístico, de actividades previas, plano faltante, proceso o documentación etc., con la finalidad de continuar con las demás actividades.

2.2.2.16 Las 5 S

El concepto de las 5S no debería ser nada nuevo para la mayoría de empresas, sin embargo, si lo es. Es una técnica que se aplica con muy buenos resultados por su fácil aplicación, sencillez y efectividad, se define como la primera acción a implantar en toda empresa que use el concepto Lean. Es importante que el personal entienda que estas acciones por pequeñas que parezcan puedan prevenir un accidente, aumentar el rendimiento, mejorar la calidad de su trabajo y que su entorno de trabajo depende de él mismo (Hernández y Vizán, 2013).

Los principios de las 5 S son elementales y fáciles de entender y su implementación no requiere de mayor técnica o preparación tampoco de una gran inversión financiera. No obstante, detrás de esa aparente simpleza, resulta una potente y multifuncional herramienta, pero que muy pocas empresas han podido aprovechar.

Su implementación tiene por objetivo evitar se presenten aspectos negativos en la obra afectando el proceso eficiente de la misma:

- Aspecto sucio del área de trabajo: desperdicios de obra.
- Desorden: pasillos ocupados con material, herramientas desperdicios.
- Elementos rotos: madera, acero, concreto, ladrillos acumulación de polvo, etc.
- Falta de instrucciones para la ejecución de las tareas.
- Errores más frecuentes de lo normal.
- Falta de interés del trabajador por su área de trabajo.
- Tiempos y movimientos de personal, material y equipos innecesarios.
- Falta de espacio en la obra.



Figura 10. Ejemplo de aplicación de las 5s

La figura muestra parte del proceso constructivo del proyecto inmobiliario Spuknit que requiere la aplicación de las 5s, en este caso específico, orden y limpieza.

2.2.2.17 Integrated Project Delivery (IPD)

IPD (Entrega de Proyectos Integrados), es una versión más moderna del LPDS (Sistema de entrega de proyectos sin Perdida), que incluye a los diferentes tipos y niveles de colaboración o modelos de contrato. El IPD es un concepto de ejecución de proyectos que integra sistemas, plataformas, personas, estructuras y métodos empresariales donde se aprovecha la visión el talento y las opiniones de todos los integrantes para mejorar los resultados del proyecto, maximiza la eficiencia en todas las etapas, reduce el desperdicio y agrega valor para el cliente (Pons, 2014).

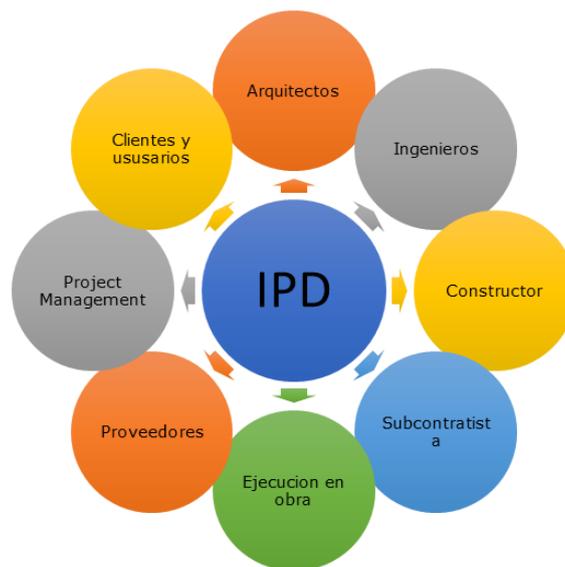


Figura 11. IPD que integra Stakeholders (Pons, 2014)
Fuente: Pons, 2014

El IPD integra stakeholders al igual que herramientas de gestión como BIM y Lean Construction que son totalmente compatibles para su implementación en un proyecto inmobiliario.

2.2.2.18 Factores que afectan la productividad en la construcción

Para Botero et al. (2004), existen varios factores que afectan la productividad en la construcción, sobre ellos se debe actuar para disminuirlos o eliminarlos.

ERRORES FRECUENTES
1. Errores de diseño
2. Modificaciones al diseño en plena etapa de ejecución
3. Falta de supervisión a los trabajadores
4. Exceso de trabajadores
5. Seguridad con bajos niveles de control
6. Mala distribución de materiales en obra
7. Falta de materiales requeridos
8. Excesivo control de calidad
9. Duración y tamaño de la obra que no motivan al personal
10. Clima y condiciones adversas en la obra.

Figura 12. Errores frecuentes.
Fuente Botero 2004

Taiichi Ohno descubrió que en una empresa u organización la mayor parte de las actividades que se realizan, no agregan valor al producto o servicio final que se entregan al cliente y por lo tanto son factibles de mejorar o eliminar (Pons, 2014).



Figura 13. Círculo de la inproductividad de una empresa.
Fuente Pons (2014)

2.2.2.19 Enfoque tradicional en la construcción

1. La producción es bajo presión o empuje (Push), trabajan con altos niveles de stock, opera al máximo de su capacidad.
2. Los lotes de trabajo que pasan de una tarea a otra son grandes.
3. Para la optimización y maximización de la producción, no toma en cuenta los niveles de stock y se realiza de forma individual.
4. Trabajadores especializados realizando el mismo tipo de tarea, consiguiendo alta productividad.
5. No existe mantenimiento preventivo solo correctivo cuando sucede la falla.
6. La calidad y control se realiza al final el proceso, obteniendo productos defectuosos.

7. Altos niveles de stock en materiales en el proceso constructivo sin uso, con posibilidad de no usarlo para el proceso productivo.
8. Desequilibrios en el flujo de materiales tratando de maximizar la producción en cada tarea sin tener en cuenta el rendimiento del personal generando colas de trabajo.
9. Gastos adicionales por almacenaje, mantenimiento y gastos logísticos innecesarios.
10. El tamaño de las tareas, genera cuellos de botella aumentando el tiempo del proceso constructivo.
11. En algunos casos las tareas requeridas no pasan por la etapa de transformación y no comienza el siguiente proceso.

2.2.2.20 Clasificación de los desperdicios

De acuerdo con Taiichi Ohno son 7 los desperdicios que causan pérdidas y según Jeffrey Liker (Pons, 2014), son 8 desperdicios, una adaptación a la construcción.

CLASIFICACION DE DESPERDICIOS	
DESPERDICIOS	DESCRIPCION
Sobreproducción	Se produce cantidades mayores a las necesarias y antes del tiempo requerido; planos no esenciales, no prácticos o exceso de detalles; uso de equipos tecnológicos no necesarios y no requeridos pudiendose usar equipos más simple, máyor calidad de la esperada.
Esperas o tiempo de inactividad	Los trabajos o actividades se detienen por falta de información, instrucciones, planos mal elaborados, falta de especificaciones. Materiales fuera de tiempos equipos sin mantenimiento. Espera por la terminación de trabajos precedentes, por aprobaciones, por resultados de laboratorio o financiación; área de trabajo inaccesible, transporte retrasado, ausencia de coordinación en las cuadrillas, retrabajos por cambios en el diseño y por accidentes por falta de seguridad.
Transporte innecesario	Transporte materiales en el proceso constructivo innecesario por falta de planificación y mala distribución de los flujos de materiales e información, generando pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.
Sobre procesamiento	Retrabajos o trabajos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. seguimientos y controles adicionales (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).
Exceso de inventario	Almacenamiento excesivo de inventarios antes de tiempo que conllevan a pérdidas de material por perdida, obsolescencia, deterioro por condiciones inadecuadas de almacenamiento en obra, robo y vandalismo, personal adicional para controlar y gestionar el exceso de material y costos financieros por la compra anticipada.
Movimientos innecesarios	Tiempos y movimientos innecesarios de trabajadores durante la ejecución de sus actividades causado por metodos de trabajos inadecuados por el uso inadecuado de personal, métodos ineficaces de trabajo, falta de estandares o mal acondicionamiento del lugar de trabajo o bajas laborales con pérdida de tiempo.
Defectos de calidad	Diseño, mediciones y planos errados; planos no compatibilizados con errores entre especialidades (estructura, arquitectura, instalaciones electricas y sanitarias), métodos incorrectos de trabajo, mano de obra no calificada. Los retrabajos y la insatisfacción del cliente son los principales indicadores de la mala calidad.
Talento	La falta de comunicación y motivación a los trabajadores ocasionan perdidas de tiempo, mejoras, ideas, aptitudes, perdiendo oportunidades de aprendizaje y de lograr altos rendimientos. La mejora continua en el factor humano consiste en parte en motivar y escuchar a los trabajodres, elaborar talleres de capacitación para mejorar la mano de obra poco califi-cada, formarla y estimularla para resolver problemas de calidad y rendimientos.

Figura 14. Los ocho desperdicios en la construcción
Fuente Pons, 2014

3 CAPITULO III - METODOLOGIA

3.1 Descripción

El enfoque de la presente investigación es una investigación mixta de método secuencial, dentro del enfoque Cualitativo es de nivel correlacional del tipo documental de diseño no experimental, dentro el enfoque Cuantitativo es de método estudio de caso, observaremos el comportamiento de las variables en el desarrollo del proyecto junto con la documentación y describiremos los atributos objetiva y sistemáticamente y relacionaremos los principales factores que generan pérdidas cuando un proyecto es desarrollado con enfoque tradicional versus el desarrollo con herramientas de gestión como BIM y Lean Construction, que evitan pérdidas económicas y demora en la entrega del producto final mejorando la rentabilidad de los proyectos inmobiliarios.

3.2 Técnicas e instrumentos

De los inventarios como instrumento para esta investigación, se eligió la encuesta y la técnica utilizada fue un cuestionario realizado de forma virtual; las preguntas del cuestionario consistieron en averiguar sobre el conocimiento y uso de herramientas de gestión en un proyecto inmobiliario. La encuesta se realizó a profesionales conocedores de proyectos inmobiliarios de viviendas familiares y multifamiliares, ocupando puestos administrativos, residentes de obra, jefes de proyectos, gerentes de proyectos, jefes de almacén, supervisores y maestros de obras, para conocer su opinión y conocimiento si estarían de acuerdo en la implementación de herramientas de gestión

Dos de las preguntas principales realizadas en la encuesta estuvieron enfocadas en el conocimientos e implementación de las metodologías de gestión como, el Modelado de la

Información para la Construcción (BIM) y la Construcción sin Perdidas (Lean Construction).

La aceptación mayoritaria de los encuestados en el uso de estas herramientas permitió su aplicación en el presente estudio. Para el desarrollo la etapa de diseño del proyecto Spuknit se utilizó una plataforma colaborativa y el software Revit para el modelado. La etapa constructiva se desarrolló con visitas a la obra mientras se desarrollaba y con la documentación obtenida de la empresa. Aplicamos las propuestas que recomendamos en el presente estudio, a las cuales denominamos herramientas de gestión porque no solo hicimos uso de una sola herramienta, sino que integramos dos conceptos de trabajo, BIM y Lean Construction buscando identificar cuales hubiesen sido los resultados de haberse aplicado estos conceptos desde el inicio del desarrollo del proyecto.

3.2.1 Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
General	General	Correlacionadas		1.- Enfoque de la investigación: Cualitativo y cuantitativo 2.- Alcance de la investigación: Descriptivo y correlacional 3.- Diseño de la investigación: No experimental 4.- Población: Expediente técnico del proyecto inmobiliario en Surco 5.- Muestra: Proyecto inmobiliario ejecutado en Surco 6.- Técnica: Revisión de documentación y modelamiento con herramientas de gestión 7.- Instrumento: Analisis comparativo
¿De qué manera, la aplicación de herramientas de gestión, mejora la productividad en la etapa de diseño y proceso constructivo, en el desarrollo del proyecto multifamiliar Spuknit en Surco - Lima 2021.?	Determinar de qué manera la aplicación de herramientas de gestión, mejora la productividad en la etapa de diseño y proceso constructivo, en el desarrollo del proyecto multifamiliar Spuknit en Surco - Lima 2021	X Herramientas de gestion	X1: Información X2: Documentos y registros del desarrollo del proyecto inmobiliario	
		- BIM	X3: Modelamiento en Revit BIM X3: Aplicación de la herramienta Last Planner	
		- LEAN CONSTRUCTION	X4: Aplicación de las cartas balance X5: Análisis de restricciones	
Específicos	Específicos	Correlacionadas		
¿De qué manera, la aplicación de herramientas de gestión, mejora la productividad en la etapa de diseño del desarrollo del proyecto multifamiliar Spuknit en Surco -	Determinar de qué manera, la aplicación de herramientas de gestión, mejora la productividad en la etapa de diseño, del desarrollo del proyecto multifamiliar Spuknit en Surco - Lima 2021.	Mejora de la productividad	Y1: Métodos	
¿De qué manera, la aplicación de herramientas de gestión, mejora la productividad en el proceso constructivo del desarrollo del proyecto multifamiliar Spuknit en Surco - Lima 2021.?	Determinar de qué manera, la aplicación de herramientas de gestión, mejora la productividad en el proceso constructivo, del desarrollo del proyecto multifamiliar Spuknit en Surco - Lima 2021.		Y2: Procedimientos	

Figura 15. Matriz de Consistencia

La información elaborada para el mismo proyecto con herramientas de gestión en la presente investigación es comparada con el sistema tradicional de construcción utilizada en el

proyecto de edificación del edificio multifamiliar Spuknit - Surco.

Los hallazgos encontrados producto de la comparación de ambos sistemas se identifican desde la etapa de diseño que generaron reprocesos y replanteos con tiempos y costos adicionales en el desarrollo del proyecto.

La investigación se enfocará en identificar errores en la etapa de diseño y proceso constructivo comparando ambos sistemas:

- ✓ Etapa de diseño del proyecto planos 2D desarrollados con Autocad 2d versus modelado 3D con Revit.
- ✓ Proceso constructivo tradicional vs Construcción sin pérdidas (Lean Construction).

3.3 Recursos

Por sus características la investigación es transversal no experimental. Los datos, los hechos y las variables se utilizaron y describieron tal cual, no se modificaron, todos ellos han sido observados y evaluados como sucedieron. La elaboración de un proyecto es un trabajo dentro del cual se debe generar ideas sostenibles para su desarrollo, creando un plan que permita la realización exitosa de esas ideas.

3.3.1 Operacionalización de Variables

La elaboración de una matriz donde se operacionalizan las variables es un medio que nos permite determinar las incógnitas de forma amplia en función de las variables, su desarrollo nos brinda precisión sobre los indicadores y sus dimensiones, de ahí deriva su importancia.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
VARIABLE DEPENDIENTE: Mejora de la productividad en la etapa de diseño y proceso constructivo					
DIMENSIONES	DIMENSION CONCEPTUAL	DIMENSION OPERACIONAL	DIMENSIONES		INDICADORES
Y1: Metodos	El sector construcción es uno de los sectores económicos más importantes dentro del funcionamiento de un país, no obstante, ha sido el sector más pobre en la implementación y uso de nuevas herramientas de gestión, innovaciones tecnológicas y organizacionales. Existen muchas construcciones que fueron edificadas con pérdidas económicas para las empresas que las construyeron, algunas razones son la falta de uso de herramientas de gestión.	Durante la ejecución se evidencia pérdidas por cambios en el diseño, desperdicios de materiales y tiempos de espera del personal obrero, para lo cual la empresa inmobiliaria desea evitar pérdidas económicas, para lo cual se aplicará herramientas de gestión para mejorar la productividad en la etapa de diseño y proceso constructivo del desarrollo del proyecto inmobiliario Spuknit en Surco - Lima 2021.	Metodos	Metodologías	Modelamiento BIM LEAN CONSTRUCCION
Y2: Técnicas			Procedimientos	Herramientas de gestion	Revit-BIM Last Planner Carta balance Análisis de restricciones
Y3: Mejora de la productividad			Rentabilidad del proyecto		retrabajos Identificación de interferencias Procesos de espera Incumplimiento de plazos
Y4: Incremento de costos					Mayores metrados Mayores plazos Mayor planilla en mano de obra
Y5: Reducción de rentabilidad					Incremento del presupuesto de obra Pérdidas económicas

Figura 16. Operacionalización de Variables

3.3.2 Población y Muestra

Para la obtención de la población y muestra se tomaron en cuenta las respuestas de 96 encuestados con conocimientos en construcción de viviendas familiares y multifamiliares con experiencia en el rubro y con conocimiento de herramientas de gestión en la construcción.

DATOS GENERALES DEL ENCUESTADO	
Nombres y Apellidos:	
DNI/CE:	Nacionalidad:
Sexo: <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Femenino	
Profesión/Especialidad	
Ing. Civil: <input type="checkbox"/>	Ing. Electrico: <input type="checkbox"/> Ing. Sanitario: <input type="checkbox"/> Ing. Electromecanico: <input type="checkbox"/>
Empresa en la que labora: _____	
Experiencia Profesional: _____ Años	
CONOCIMIENTO DE HERRAMIENTAS DE GESTION	
1.- Cuales de las siguientes herramientas de gestión conoces	
BIM (Building Information Modeling): <input type="checkbox"/>	LEAN CONSTRUCTION (Construcción sin pérdidas): <input type="checkbox"/> Ninguno: <input type="checkbox"/>
2.- Conoce la metodología BIM (solo si su respuesta fue positiva)	
Poco: <input type="checkbox"/>	Regular: <input type="checkbox"/> Mucho: <input type="checkbox"/>
3.- Marque las herramientas BIM que conoce o haya oído hablar?	
<input type="checkbox"/> ArchiCAD <input type="checkbox"/> REVIT <input type="checkbox"/> Aecosim <input type="checkbox"/> BIMx <input type="checkbox"/> Naviswork <input type="checkbox"/> CYPECAD MEP	
<input type="checkbox"/> Otros: _____	
5.- Cree que con el uso de BIM se logre lo siguiente? (marque todos con los que este de acuerdo)	
<input type="checkbox"/> Incrementa la productividad	
<input type="checkbox"/> Disminuye los plazos de entrega	
<input type="checkbox"/> Genera mayor rentabilidad	
<input type="checkbox"/> Reduce desperdicios	
<input type="checkbox"/> Permite mejor control	
<input type="checkbox"/> Otros: _____	
6.- Estaría de acuerdo en el uso de BIM para el desarrollo de proyectos inmobiliarios?	
<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	Porque: (solo si su respuesta fue No) _____
7.- Conoce la metodología LEAN CONSTRUCTION? (solo si su respuesta fue positiva)	
Poco: <input type="checkbox"/>	Regular: <input type="checkbox"/> Mucho: <input type="checkbox"/>
8.- Marque la herramientas de LEAN CONSTRUCCION que conoces o haya oído hablar	
<input type="checkbox"/> Last Planner	
<input type="checkbox"/> Sectorización	
<input type="checkbox"/> LookAhead	
<input type="checkbox"/> Presupuesto de Plan Completado PPC	
<input type="checkbox"/> Kaizen	
<input type="checkbox"/> Las 5 S	
<input type="checkbox"/> Otros: _____	
9.- Cree que con uso de LEAN CONSTRUCTION se logre lo siguiente? (marque todos con los que este de acuerdo)	
<input type="checkbox"/> Incrementa la productividad	
<input type="checkbox"/> Disminuye los plazos de entrega	
<input type="checkbox"/> Genera mayor rentabilidad	
<input type="checkbox"/> Reduce desperdicios	
<input type="checkbox"/> Permite mejor control	
<input type="checkbox"/> Otros	
10.- Estaría de acuerdo en el uso de LEAN CONSTRUCTION en el desarrollo de proyectos inmobiliarios?	
<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	
<input type="checkbox"/> Porque: (solo si su respuesta fue No)	

Figura 17. Formulario de encuesta sobre Herramientas de Gestión

3.3.3 Aplicación de Instrumentos

La encuesta se realizó a 96 entrevistados, la gran mayoría con experiencia en el rubro inmobiliario, conocedores en el desarrollo de obras civiles y amplio conocimiento en la industria de la construcción. El cuestionario realizado tuvo preguntas cerradas y otras abiertas de opción múltiple.

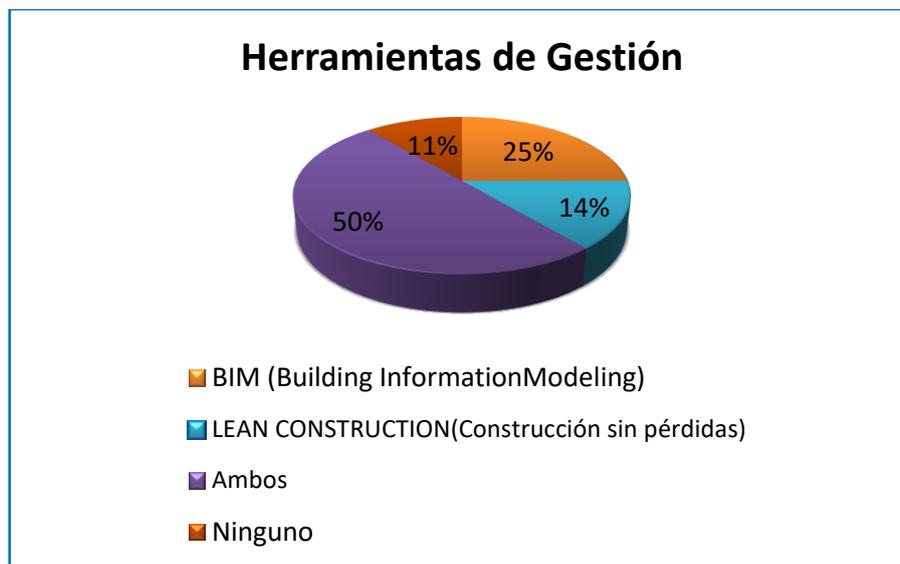


Figura 18. Conocimiento de herramientas de gestión

El resultado de la encuesta fue, que del total de encuestados el 89 % conoce por lo menos una de las herramientas de gestión y un 11% no conoce ninguna herramienta de gestión.

De ese universo de encuestados el 50% conoce ambas herramientas de gestión, BIM y Lean Construction, la encuesta también revela que el 25% conoce solo BIM, 14% solo Lean Construction y un 11% no conoce ninguno.

Respecto a la pregunta realizada sobre el conocimiento de BIM como herramienta de gestión la encuesta muestra los siguiente:

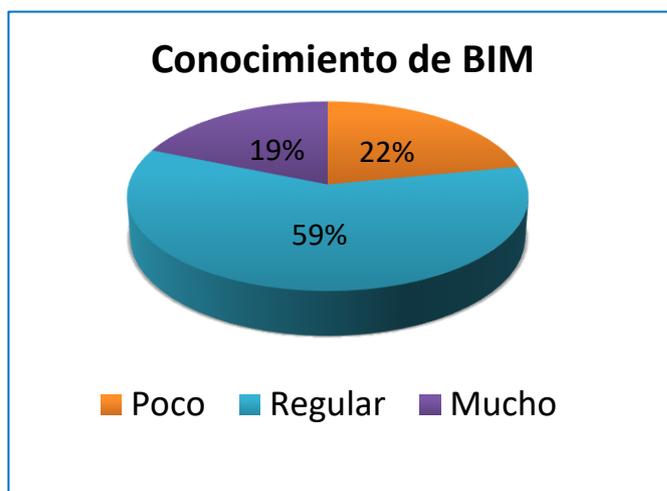


Figura 19. Encuesta sobre el conocimiento de BIM

Del universo de encuestados que conoce BIM, el 19% lo conoce a profundidad o mucho, el 22% lo conoce poco y el 59% regular, de los encuestados que dicen conocer poco BIM, se encuentra el personal administrativo y contable.

Respecto a la pregunta sobre el conocimiento de los aplicativos que utiliza el BIM, que fue abierta y de opción múltiple, la encuesta muestra el siguiente resultado:

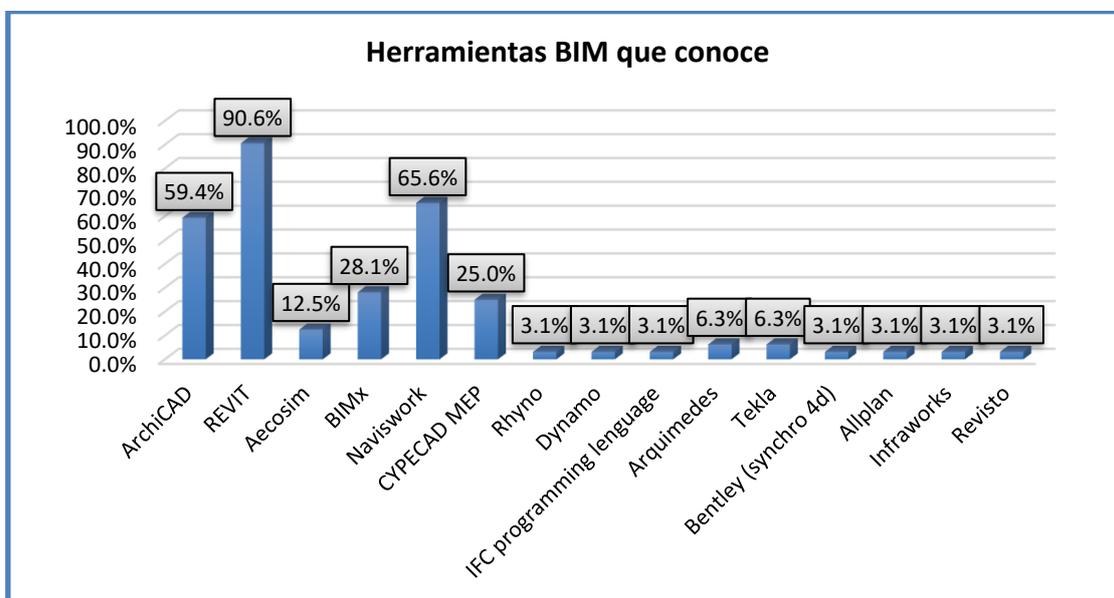


Figura 20. Encuesta sobre Herramientas BIM

De los programas aplicativos que utiliza el BIM como colaterales para su

implementación, la encuesta arrojó que el 90.6% conoce el programa Revit como herramienta para el modelado 3D y 59.4% conoce el programa Archicad también para modelado 3D, ambos aplicativos compatibles para ser usados con Autodesk, es decir se pueden importar y exportar archivos en los formatos que estos aplicativos utilizan y ser trabajados con los mismos datos y valores.

Respecto a la pregunta sobre cuáles son los logros que se obtiene cuando se aplica BIM en el desarrollo de un proyecto inmobiliario, pregunta abierta y de opción múltiple, la encuesta arrojó lo siguiente:

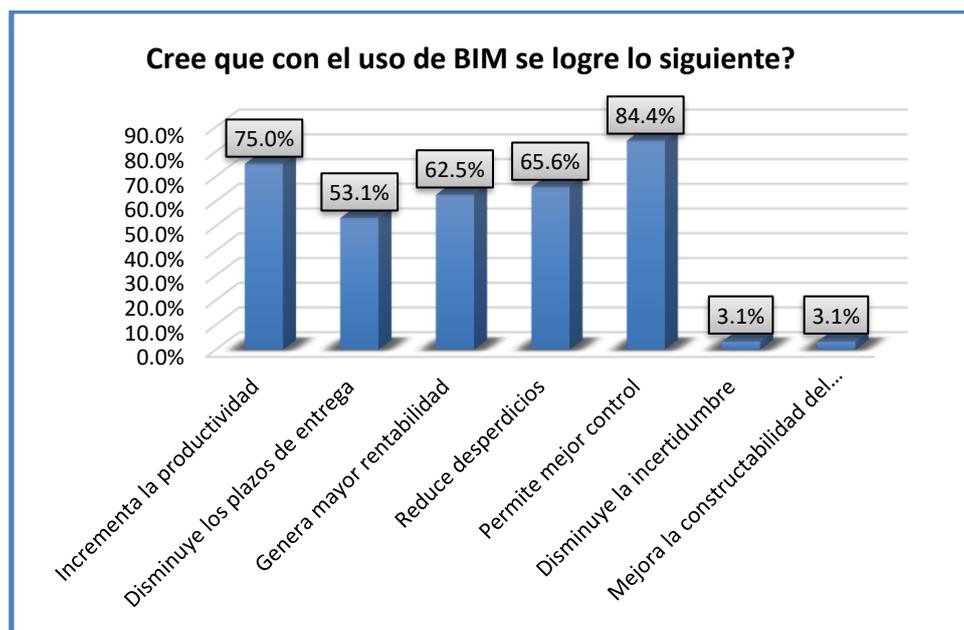


Figura 21. Encuesta sobre logros en el uso del BIM

Del universo de encuestados sobre los logros de usar BIM, la opinión fue que el 84.4 % indica que el uso de BIM permite mejor control, 75% incrementa la productividad, 62.5% genera mayor rentabilidad, 65.6% reduce el desperdicio y 53.1% reduce el plazo de entrega.

De la pregunta realizada en la encuesta sobre el uso de BIM en el desarrollo de

proyectos inmobiliarios, la encuesta arrojó lo siguiente:

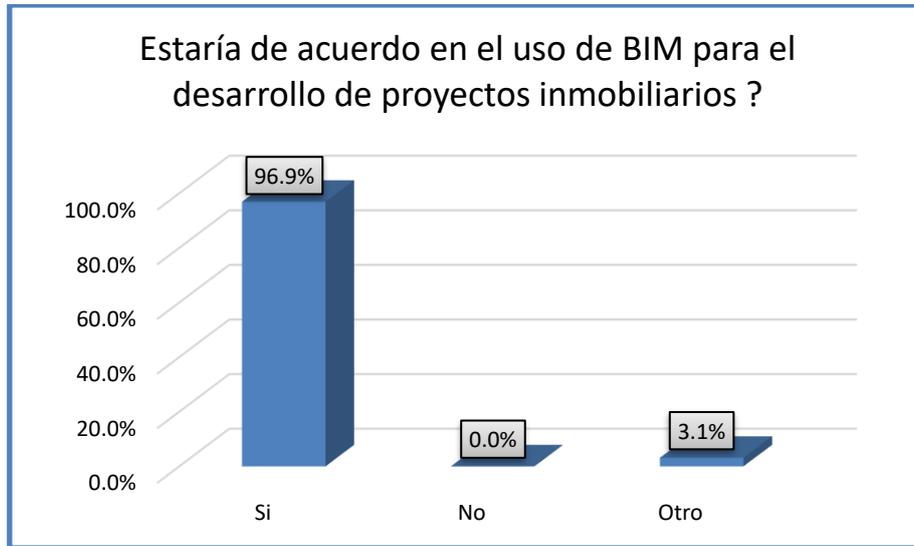


Figura 22. Encuesta respecto a uso del BIM

Del 89 % de encuestados que conocen sobre herramientas de gestión el 96.9 % recomienda usar la metodología BIM y el 3.1% indica que dependería del enfoque de gestión que se quiera lograr.

De la pregunta realizada en la encuesta sobre el conocimiento de Lean Construction como herramienta de gestión la encuesta arrojó lo siguiente:



Figura 23. Conocimiento de LEAN CONSTRUCTION

El gráfico muestra que del universo de encuestados que conoce Lean Construction, el 25% lo conoce totalmente, el 28% lo conoce poco y el 47% regular, en este punto también es

importante mencionar que los encuestados que están dentro del porcentaje que conoce poco la herramienta Lean Construction, se encuentra el personal administrativo contable de empresas inmobiliarias.

De la pregunta abierta de opción múltiple realizada en la encuesta sobre el conocimiento de las herramientas que usa el Lean Construction la encuesta arrojó lo siguiente:

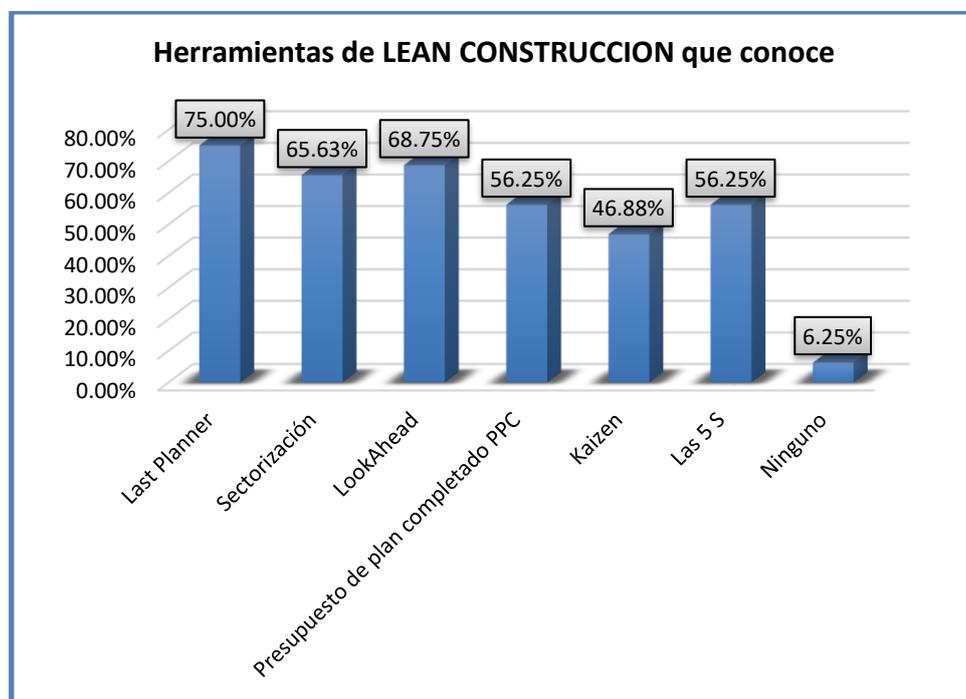


Figura 24. Herramientas de Lean Construction

La figura muestra que del universo de encuestados que conocen Lean Construction y las herramientas que utiliza el 75% conoce Last Planner System, 68.75% Lookahead, 65.63% Sectorización, 56.25% PPC, 56.25% las 5S y 46.88% Kaizen.

De la pregunta abierta de opción múltiple realizada en la encuesta sobre los logros del uso de Lean Construction en proyectos inmobiliarios la encuesta arrojó lo siguiente:

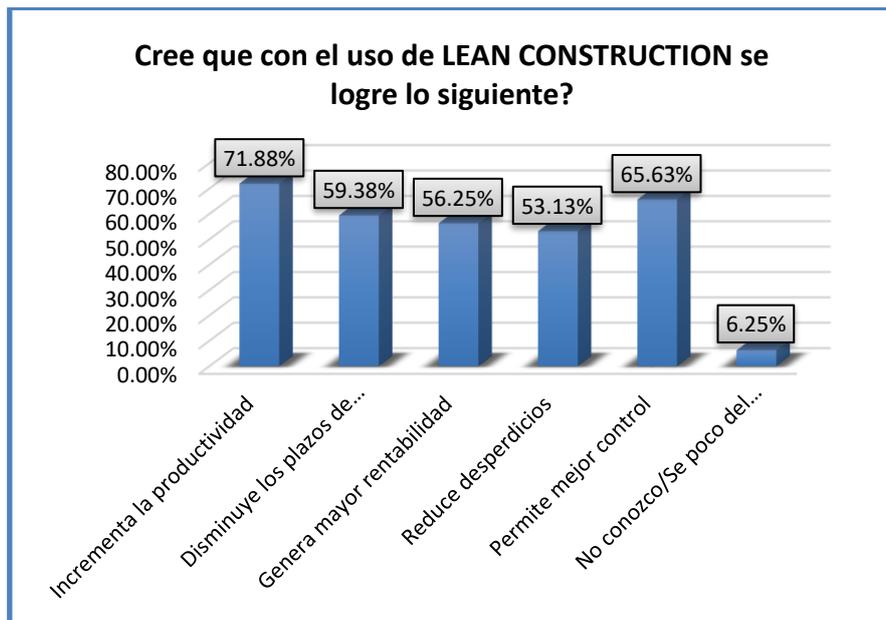


Figura 25. Logros sobre uso de LEAN CONSTRUCTION

Del universo de encuestados sobre los logros de usar Lean Construction, el 71.88% considera que incrementa la productividad, 65.63% permite mejor control, 59.38% disminuye plazos de entrega, 56.25% genera mayor rentabilidad, 53.13% reduce el desperdicio.

De la pregunta realizada en la encuesta sobre el uso de LEAN CONSTRUCTION en el desarrollo de proyectos inmobiliarios, la encuesta arrojó lo siguiente:

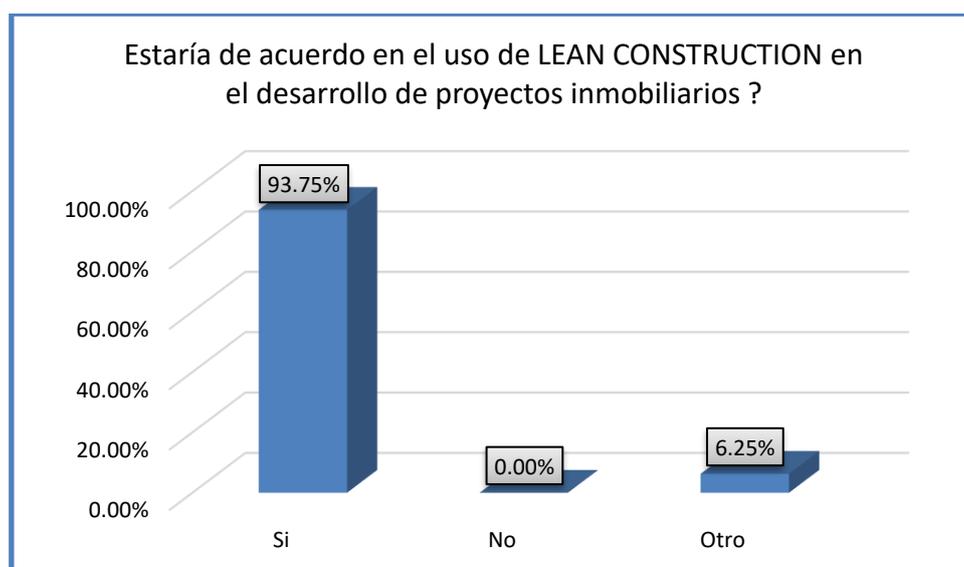


Figura 26. Lean Construction en proyectos inmobiliarios

Del 89 % de encuestados que conocen sobre herramientas de gestión el 93.75 % recomienda usar la metodología LEAN CONSTRUCTION y el 6.25% indica que debido a su poco conocimiento no sabría recomendarlo.

El uso de tecnología en la construcción es necesario si queremos mejorar técnicamente, en la implementación de estas herramientas, se deberá tener en cuenta la curva de aprendizaje y la inversión económica. También se debe tener en cuenta la inversión económica en la compra o adquisición de estas herramientas de gestión.

4 CAPÍTULO IV: ANALISIS Y RESULTADOS

De acuerdo con el análisis realizado al proyecto inmobiliario Spuknit – Surco, en las etapas de diseño y proceso constructivo, se identificaron errores en ambos casos, generando atrasos, inseguridad, reprocesos en las partidas, ampliación de plazos de entrega y pérdidas económicas. El flujo de caja elaborado para el proyecto, no salió de su etapa estática, un flujo estático se usa al inicio del proyecto, luego se debe ajustar a la realidad de acuerdo al desarrollo del proyecto convirtiéndose en un flujo dinámico. El análisis inicial de rentabilidad del proyecto arrojó 17% de utilidad neta (después del pago de impuestos), por lo que el proyecto resultaba económicamente viable. La proyección de ingresos por ventas o créditos bancarios no se cumplió, en pleno proceso constructivo los egresos llegaron a superar los ingresos generando una brecha económica que impacto sobre el proyecto demorando su ejecución.

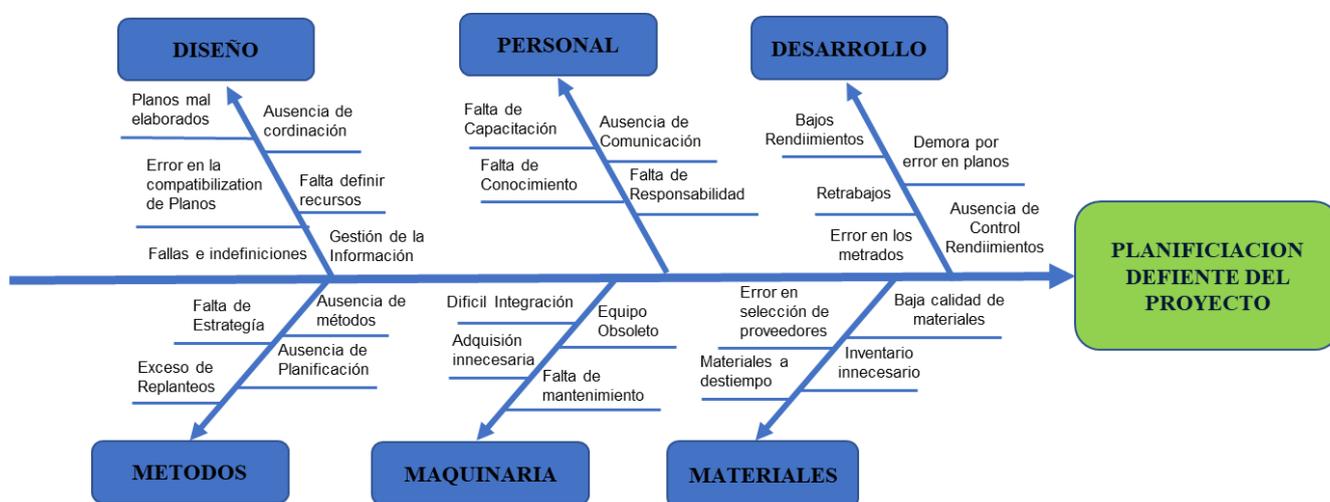


Figura 27. Situación problemática proyecto inmobiliario Spuknit - Surco

La figura muestra el diagrama de Ishikawa causa y efecto de la situación problemática del proyecto inmobiliario Spuknit – Surco.

Características del proyecto inmobiliario Spuknit-Surco, utilizado para la presente

investigación en las etapas de diseño y proceso constructivo.

Tabla 1
Descripción del proyecto

PROYECTO INMOBILIARIO SPUNKNIT - SURCO	
Edificación	Vivienda Multifamiliar
Área de terreno	360 m ²
Frente	12 m
Fondo	30 m
Niveles	10
Departamentos	10 (2 por Piso)
Estacionamientos	20
Área Construida	1,943 m ²

Nota. Fuente: Propia

La tabla muestra los linderos del terreno de fundación donde se desarrolló el proyecto; de acuerdo con los parámetros urbanísticos del distrito.

Tabla 2
Cuadro de Áreas edificio Spuknit-Surco

PROYECTO INMOBILIARIO SPUTINK – SURCO LIMA						
NIVEL	PISO	COCHERAS	DEPARTAMENTOS		PARES	AREA M2
			IMPARES	AREA M2		
1	Sótano	10				
2	Semisótano	8				
3	1RO.	2	101	114.93	102	114.93
4	2DO.	-	201	114.93	202	114.93
5	3ERO.	-	301	114.93	302	114.93
6	4TO.	-	401	114.93	402	114.93
7	5TO.	-	501 dúplex PB	114.33	502 dúplex PB	114.33
8	AZOTEA	-	501 dúplex PA	32.67	502 dúplex PA	32.67

Nota. Fuente: Propia

La tabla muestra el cuadro de áreas por piso y departamento, para el caso del quinto piso los departamentos son dúplex. Los estacionamientos están ubicados en el sótano, semisótano y primer piso.

Tabla 3
Presupuesto general edificio Spuknit

PROYECTO INMOBILIARIO SPUKNIT - SURCO PRESUPUESTO GENERAL			
PARTIDA	ESPECIALIDAD	IMPORTE	% INCIDENCIA
1	ESTRUCTURA	S/ 1,662,119.74	49.02%
2	ARQUITECTURA	S/ 1,065,320.01	31.42%
3	INSTALACIONES SANITARIAS	S/ 148,588.12	4.38%
4	INSTALACIONES ELECTRICAS	S/ 514,372.33	15.17%
COSTO DIRECTO		S/ 3,390,400.20	100.00%
Gastos Generales 12%		S/ 406,848.02	
Sub Total		S/ 3,797,248.22	
IGV 18%		S/ 683,504.68	
TOTAL, PRESUPUESTO		S/ 4,480,752.90	

Nota. Fuente: Propia

La tabla muestra el presupuesto general de proyecto por especialidad, el importe en la especialidad de estructura es la que porcentualmente tiene la incidencia más alta en el presupuesto general con un 49.02%, le sigue Arquitectura con 31.42% del presupuesto total.

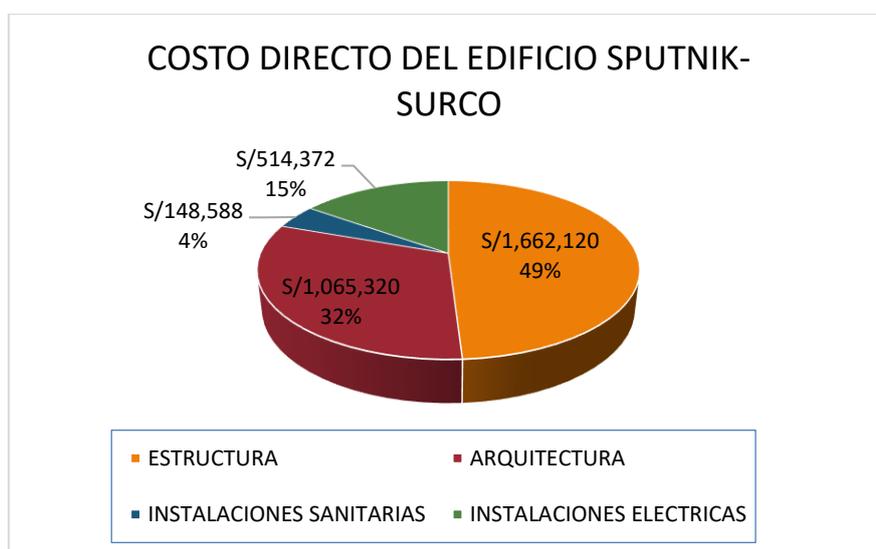


Figura 28. Gráfico del Costo directo del Edificio Spuknit

El costo directo es el presupuesto obtenido antes de impuestos, utilidad y gastos

generales del proyecto.

Tabla 4
Presupuesto por insumos

PROYECTO INMOBILIARIO SPUKNIT - SURCO		
PRESUPUESTO POR INSUMO		
DESCRIPCION	IMPORTE	% INCIDENCIA
MANO DE OBRA	S/ 1,309,271	39%
MATERIALES	S/ 1,501,330	44%
EQUIPOS	S/ 126,382	4%
SUBCONTRATOS	S/ 454,151	13%
TOTAL	S/ 3,391,134	100.00%

Nota. Fuente: Propia

La tabla muestra el presupuesto por insumo del proyecto, se puede apreciar que el rubro Materiales es el insumo que más impacta en el presupuesto del proyecto con 44%, le sigue Mano de Obra con 39%.

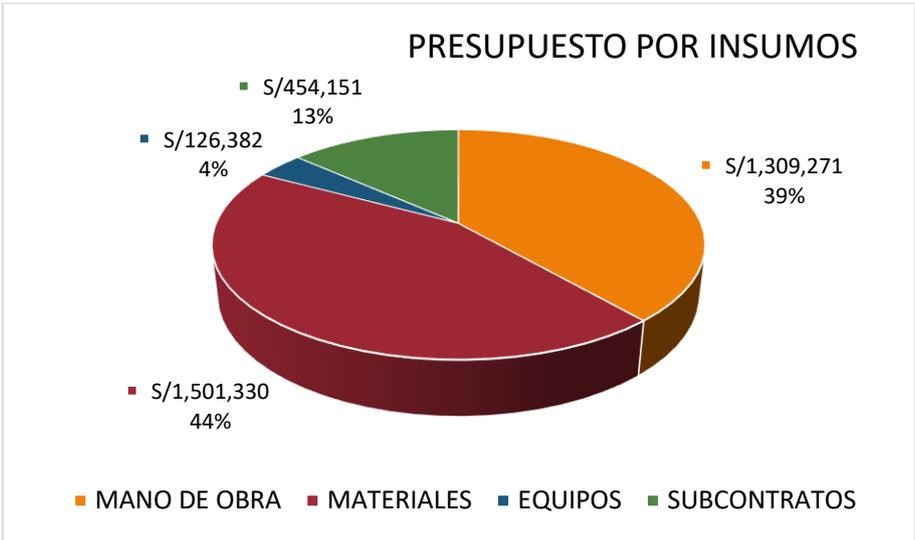


Figura 29. Presupuesto por Insumos Edificio Spuknit - Surco

La siguiente figura describe el flujo de caja elaborado para el proyecto Spuknit al inicio del proyecto en el cual se hace referencia a los ingresos y salidas de dinero para

solventar el proyecto, facilitando la información sobre la inversión, el momento y la capacidad de la empresa para enfrentarlas.

FLUJO DE CAJA - PROYECTO SPUKNIT - SURCO																			
INGRESOS		Factibilidad e Inversión				Preventa			Construcción								Independización		
DESCRIPCION		MES 0	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	MES 17
INGRESOS POR VENTAS																			
# de Meses de Ventas	11																		
Total de Ventas (10 Dptos)	\$2,489,105					\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282	\$226,282
Velocidad de Ventas	100%					9.09%	9.09%	9.09%	9.09%	9.09%	9.09%	9.09%	9.09%	9.09%	9.09%	9.09%	9.09%	9.09%	9.09%
Cuotas Iniciales 20%	\$497,821					\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256	\$45,256
Desembolso de Crédito Hipot.	\$1,991,284					\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128	\$199,128
Retenido hasta Independización	\$124,455																	\$124,455	
TOTAL INGRESO	\$2,489,105	\$0	\$0	\$0	\$0	\$45,256	\$244,385	\$244,385	\$0	\$0									
EGRESOS																			
TOTAL	MES 0	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	MES 17	
COSTO DEL TERRENO																			
Terreno	\$648,000	\$64,800																	
Demolición	\$10,500						\$583,200												
COSTOS DE CONSTRUCCIÓN																			
# de Meses de Construcción	8																		
Desarrollo de la Construcción	100%								20.0%	15.0%	15.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%			
Casco, Acabados, GG, Util. (1213.45m2)	\$776,608								\$155,322	\$116,491	\$116,491	\$77,661	\$77,661	\$77,661	\$77,661	\$77,661			
Acumulado	\$1,435,108	\$64,800	\$64,800	\$64,800	\$64,800	\$64,800	\$648,000	\$658,500	\$813,822	\$930,313	\$1,046,804	\$1,124,465	\$1,202,126	\$1,279,786	\$1,357,447	\$1,435,108			
COSTOS INMOBILIARIOS																			
Indeci	\$0																		
Estudio de Suelos	\$1,180	\$1,180																	
Proyecto	\$17,217		\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013	\$1,013
Licencias (0.5% de Construcción)	\$38,830		\$38,830																
Alcabala (3% de Precio de Terreno)	\$19,440						\$19,440												
Serpar	\$5,646																	\$5,646.49	
Servicios Públicos	\$5,646					\$5,646													
Notariales y Registrales (1% de Construcción)	\$7,766																	\$7,766.08	
Gastos de Publicidad (1.5% de Ventas)	\$37,337					\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394	\$3,394
Gastos Generales Inmobiliarios	\$99,307					\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028	\$9,028
Comisión de Banco	\$1,829					\$166	\$166	\$166	\$166	\$166	\$166	\$166	\$166	\$166	\$166	\$166	\$166	\$166	\$166
COMISIONES INMOBILIARIAS																			
Comisión de Ventas (2%)	\$49,782					\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526	\$4,526
Comisión por Gerencia de Proyectos	\$0																		
COSTOS FINANCIEROS																			
Supervisión de Banco	\$5,310								\$664	\$664	\$664	\$664	\$664	\$664	\$664	\$664	\$664	\$664	\$664
Interes Compra de Terreno (% mensual)	\$0																		
TOTAL EGRESOS	\$1,724,407	\$65,980	\$39,843	\$1,013	\$1,013	\$23,773	\$620,767	\$28,627	\$174,112	\$135,282	\$135,282	\$96,451	\$96,451	\$96,451	\$96,451	\$96,451	\$96,451	\$14,425	\$1,013
EGRESO IGV POR PAGAR	TOTAL	MES 0	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	MES 17
Crédito Fiscal Mensual	\$94,837	\$180	\$154	\$154	\$154	\$698	\$698	\$698	\$799	\$799	\$799	\$799	\$799	\$799	\$799	\$799	\$1,339	\$154	\$154
Crédito Fiscal Acumulado		\$180	\$334	\$489	\$643	\$1,341	\$2,039	\$2,736	\$3,535	\$4,334	\$5,133	\$5,932	\$6,731	\$7,529	\$8,328	\$9,127	\$9,926	\$10,725	\$11,524
IGV de las Ventas	\$205,522	\$0	\$0	\$0	\$0	\$3,737	\$20,179	\$20,179	\$20,179	\$20,179	\$20,179	\$20,179	\$20,179	\$20,179	\$20,179	\$20,179	\$20,179	\$20,179	\$20,179
IGV de las Ventas Acumuladas		\$0	\$0	\$0	\$0	\$3,737	\$23,915	\$44,094	\$64,272	\$84,451	\$104,630	\$124,808	\$144,987	\$165,165	\$185,344	\$205,522	\$225,701	\$245,880	\$266,059
TOTAL IGV POR PAGAR	\$110,685	\$0	\$0	\$0	\$0	\$2,396	\$19,481	\$19,481	\$19,380	\$19,380	\$19,380	\$19,380							
FLUJO ECONOMICO ANTES DE IMPUESTOS																			
TOTAL	MES 0	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	MES 17	
Total de Ingresos	\$2,489,105	\$0	\$0	\$0	\$0	\$45,256	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385
Total de Egresos	\$1,835,093	\$65,980	\$39,843	\$1,013	\$1,013	\$26,169	\$640,248	\$48,108	\$193,492	\$154,661	\$154,661	\$115,831	\$115,831	\$115,831	\$115,831	\$115,831	\$115,831	\$115,831	\$115,831
Ingresos - Egresos	\$654,013	(\$65,980)	(\$39,843)	(\$1,013)	(\$1,013)	\$19,087	(\$395,863)	\$196,277	\$50,893	\$89,723	\$89,723	\$128,554	\$128,554	\$128,554	\$128,554	\$128,554	\$128,554	\$128,554	\$128,554
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	\$654,013	(\$65,980)	(\$105,823)	(\$106,836)	(\$107,849)	(\$88,761)	(\$484,624)	(\$288,347)	(\$237,454)	(\$147,731)	(\$58,007)	\$70,546	\$199,100	\$327,654	\$456,208	\$584,762	\$713,316	\$841,870	\$970,424
EGRESO IMPUESTO A LA RENTA																			
TOTAL	MES 0	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	MES 17	
Total de Utilidades	\$654,013																		
Pago del 30% de las Utilidades	\$196,204																		\$196,204
FLUJO DE CAJA	\$196,204	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
FLUJO ECONOMICO DESPUES DE IMPUESTOS																			
TOTAL	MES 0	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	MES 17	
Total de Ingresos	\$2,489,105	\$0	\$0	\$0	\$0	\$45,256	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385	\$244,385
Total de Egresos	\$2,031,296	\$65,980	\$39,843	\$1,013	\$1,013	\$26,169	\$640,248	\$48,108	\$193,492	\$154,661	\$154,661	\$115,831	\$115,831	\$115,831	\$115,831	\$115,831	\$115,831	\$115,831	\$115,831
Ingresos - Egresos	\$457,809	(\$65,980)	(\$39,843)	(\$1,013)	(\$1,013)	\$19,087	(\$395,863)	\$196,277	\$50,893	\$89,723	\$89,723	\$128,554	\$128,554	\$128,554	\$128,554	\$128,554	\$128,554	\$128,554	\$128,554
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	\$457,809	(\$65,980)	(\$105,823)	(\$106,836)	(\$107,849)	(\$88,761)	(\$484,624)	(\$288,347)	(\$237,454)	(\$147,731)	(\$58,007)	\$70,546	\$199,100	\$327,654	\$456,208	\$584,762	\$713,316	\$841,870	\$970,424

Figura 30. Flujo de caja ingresos egresos proyecto Spuknit

Las metas en ventas, fijadas en el flujo de caja no se cumplieron, el proceso constructivo inició después de la fecha planeada, la conclusión del proyecto se logró con financiación privada externa. La rentabilidad proyectada se redujo de 17% a 8%, diferente a las expectativas iniciales. Los bancos con los cuales solía trabajar la empresa para cubrir la parte financiera cambiaron sus condiciones y no apoyaron el proyecto, los potenciales clientes también se vieron sorprendidos por el cambio de condiciones de los bancos para el otorgamiento de los créditos hipotecarios, alargando los tiempos de ventas y el tiempo de entrega del proyecto.

El desarrollo del proyecto se ejecutó con un enfoque tradicional identificándose falta de supervisión y control del rendimiento en las partidas del proyecto. El incumplimiento de los rendimientos planificados en las partidas correspondientes demoró el desarrollo y la entrega del proyecto identificándose:

- Demora en la obtención de permisos municipales
- Demoras y errores en el diseño de planos
- Deficientes e insuficientes proyecciones financieras
- Bajos rendimientos en el desarrollo de las tareas.
- Falta de supervisión en el proceso constructivo.
- Planos incorrectos generando cambios de diseño y/o construcción
- El tiempo de construcción se extendió por encima de lo estimado
- El costo de la mano de obra se elevó.
- Se trabajó con patrones y criterios convencionales (antiguos).
- Reprocesos en la ejecución de las tareas programadas.

- Ausencia de mano obra calificada.
- Errores en le ejecución de la obra
- Falta de uso de herramientas de gestión.

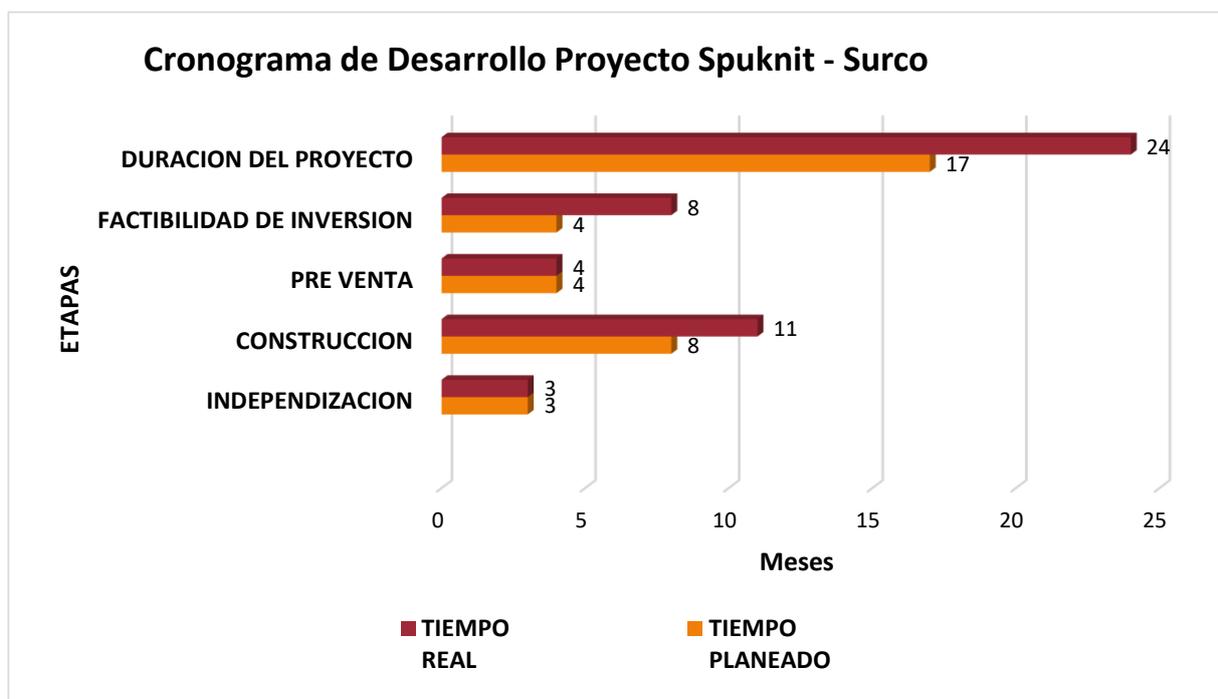


Figura 31. Cronograma para el desarrollo del proyecto

De las etapas principales de proyecto podemos ver que el cronograma muestra dos retrasos, en la etapa de factibilidad de inversión, donde está incluida el desarrollo de los diseños o planos y en la etapa de construcción. Las otras etapas se mantuvieron en el tiempo, pero en la etapa de preventa no logro los resultados esperados.

CRONOGRAMA DE DESARROLLO DEL PROYECTO SPUKNIT - SURCO				
DESCRIPCION	TIEMPO EN MESES			
	PLANEADO	REAL	EXCESO	% CUMPLIMIENTO
DURACION DEL PROYECTO	17	24	7	-41%
FACTIBILIDAD DE INVERSION	4	8	4	-100%
PRE-VENTA	4	4	0	100%
CONSTRUCCION	8	11	3	-38%
INDEPENDIZACION	3	3	0	100%

Figura 32. Planificación de etapas del proyecto

4.1 Análisis del proceso de Diseño Convencional

El desarrollo de la fase de diseño del proyecto Spuknit fue encargada a diferentes especialistas, en el estudio realizado a esta etapa se identificaron demoras y deficiencias en la elaboración y entrega de los planos, faltaron detalles importantes y no obstante la compatibilización de planos, en el proceso constructivo se identificaron interferencias entre especialidades ocasionando retrasos y retrabajos.

El desarrollo de la etapa de diseño del proyecto Spuknit – Surco tuvo un enfoque tradicional, se utilizó el software Autocad de Autodesk y se inició con el desarrollo de los planos de arquitectura, ubicación, cortes y elevaciones para la aprobación del anteproyecto. Después de la aprobación dio inicio al desarrollo de planos de las diferentes especialidades, estructura, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas etc., formándose el expediente para el proyecto que posteriormente fuera aprobado por el municipio.



Figura 33. Plano elevación con corte frontal Edificio Spuknit

La figura muestra el plano de elevación frontal generado con Autocad en 2D, para el

proyecto. De acuerdo con el diseño podemos ver una vista final del edificio multifamiliar, con algunos detalles como las puertas de ingresos y balcones.

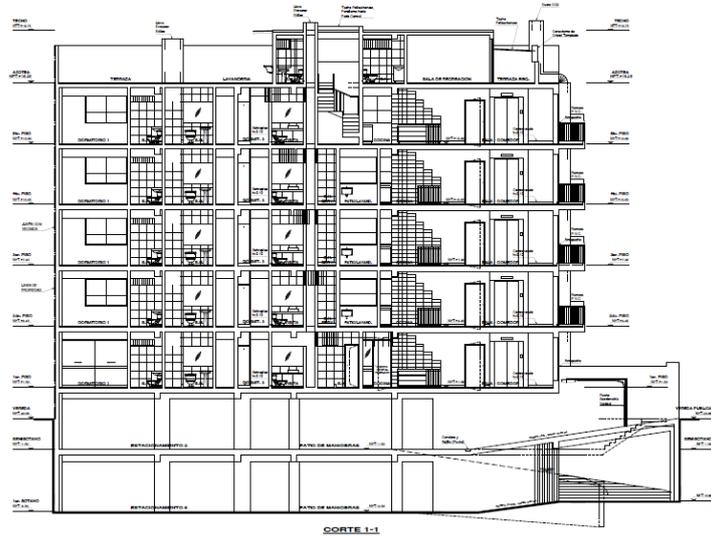


Figura 34. Plano de Elevación lateral 2D Edificio Spuknit - Surco

Plano de elevación lateral del edificio Spuknit elaborado con Autocad en 2D muestra algunos detalles de los departamentos, el ingreso peatonal y vehicular de acceso al edificio, el sótano y semisótano con los estacionamientos.

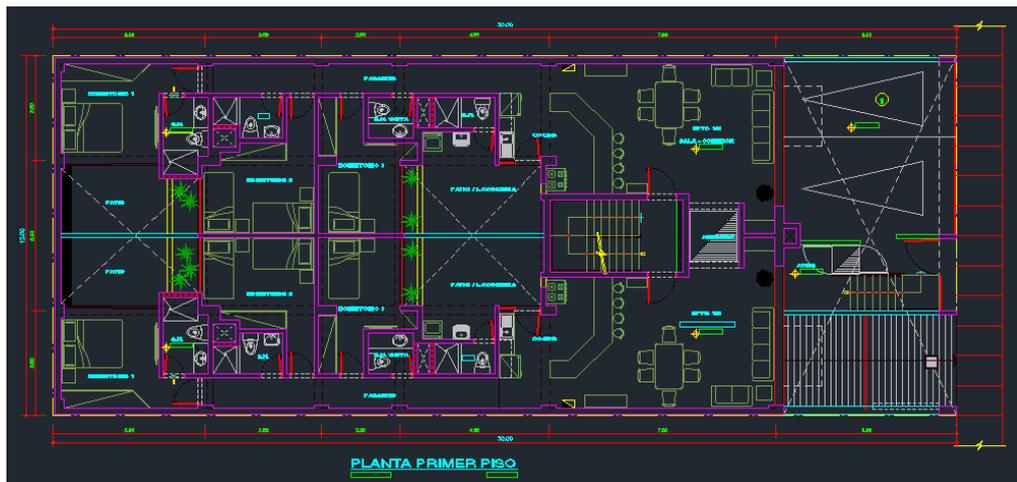


Figura 35. Plano de planta primer piso Edificio Spuknit - Surco

La figura muestra el plano de arquitectura del primer piso del proyecto, la

distribución de los departamentos, escaleras, ascensor, ubicación del mobiliario y estacionamientos en la parte frontal del edificio.

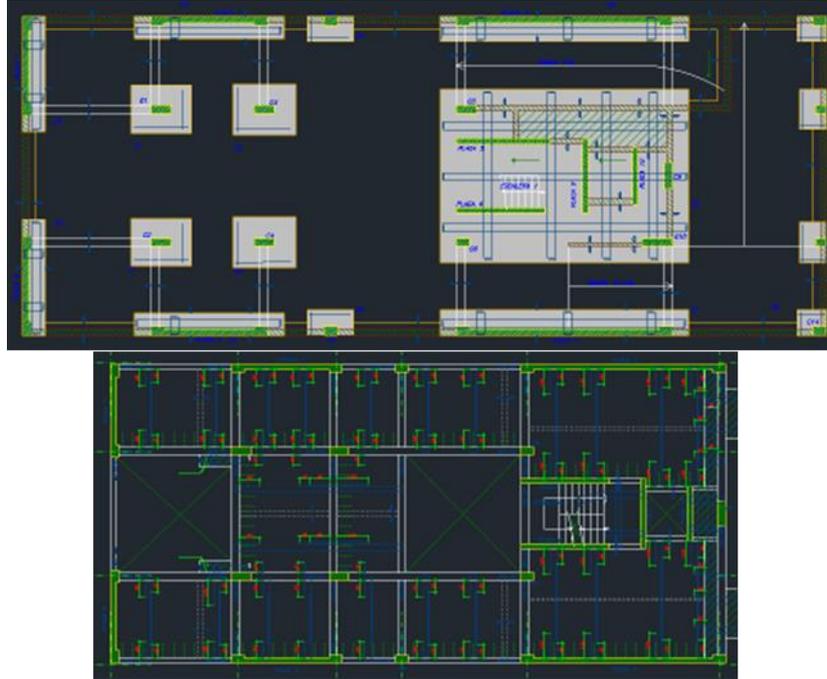


Figura 36. Plano estructural de planta 2D edificio Spuknit - Surco

El plano muestra la cimentación del proyecto, zapatas, placas columnas, luego el plano de los techos aligerados donde se puede ver vigas y columnas.

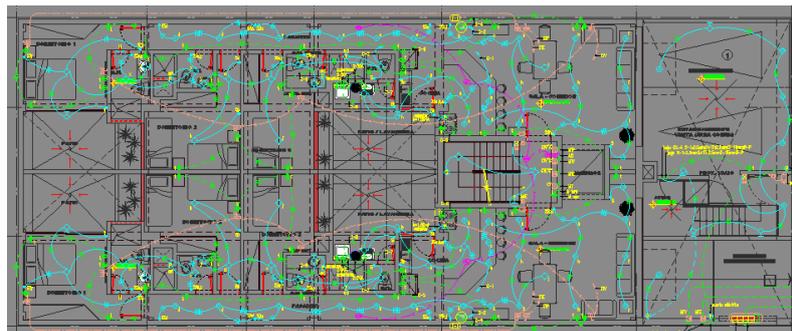


Figura 37 Plano Instalaciones Eléctricas 2D edificio Spuknit - Surco

El plano de IIEE describe la ubicación de los tableros y sub tableros, el tendido de los cables para la alimentación eléctrica, también describe la ubicación del lugar de instalación de los accesorios como interruptores, toma corrientes luminarias, fuentes de poder,

conductores con alimentación trifásica entre otros.

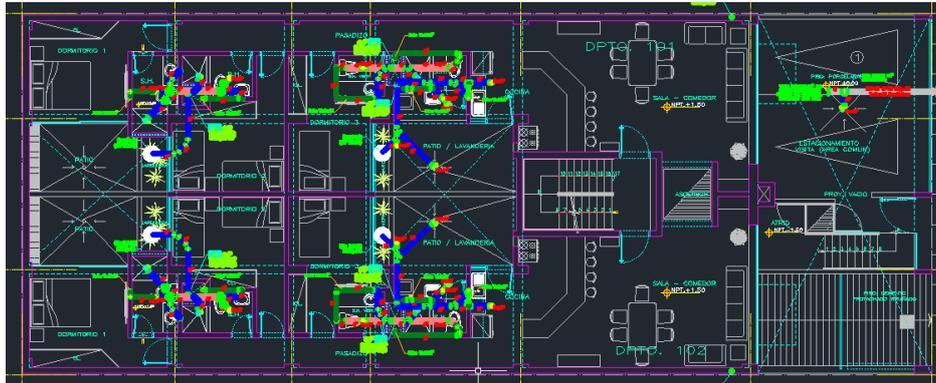


Figura 38. Plano Instalaciones Sanitarias 2D edificio Spuknit - Surco

Los planos de instalaciones sanitarias indican como se deberá realizar el tendido de las tuberías de las redes de agua y desagüe las medidas de las tuberías los accesorios para las uniones, así como el lugar de los equipos y accesorios que permitirán el funcionamiento y servicio.

El siguiente cuadro muestra el cronograma planificado para el desarrollo de la etapa de diseño donde se desarrollaron los planos de arquitectura, estructuras, Instalaciones Sanitarias y Eléctricas y el proceso de consolidación que determino que estaban aptos para uso en el desarrollo del proyecto.

CRONOGRAMA ELABORACION DE DISEÑOS - ENFOQUE TRADICIONAL					
Concepto	Descripción	Tiempo en días			
		Planeado	Real	Exceso	% Cumplimiento
Anteproyecto	Planos Arquitectura Planos Cortes y elevaciones Planos de Ubicación	60	90	30	-50%
Proyecto	Planos Estructura Planos Instalaciones Sanitarias Planos Instalaciones Eléctricas Compatibilización	60	150	90	-150%
Total		120	240	120	-100%

Figura 39. Tiempo planeado para elaboración de diseños.

La figura muestra el tiempo planeado y tiempo real usados para la fase de diseño del proyecto, el cronograma incluyo los tiempos de aprobación por parte de municipio del anteproyecto y proyecto. El tiempo planificado fue 4 meses (120 días) el tiempo final utilizado fue de 8 meses (240 días). Los errores en los diseños de todas las especialidades se evidenciaron en el proceso constructivo, teniendo que replantearse y modificarse en obra.

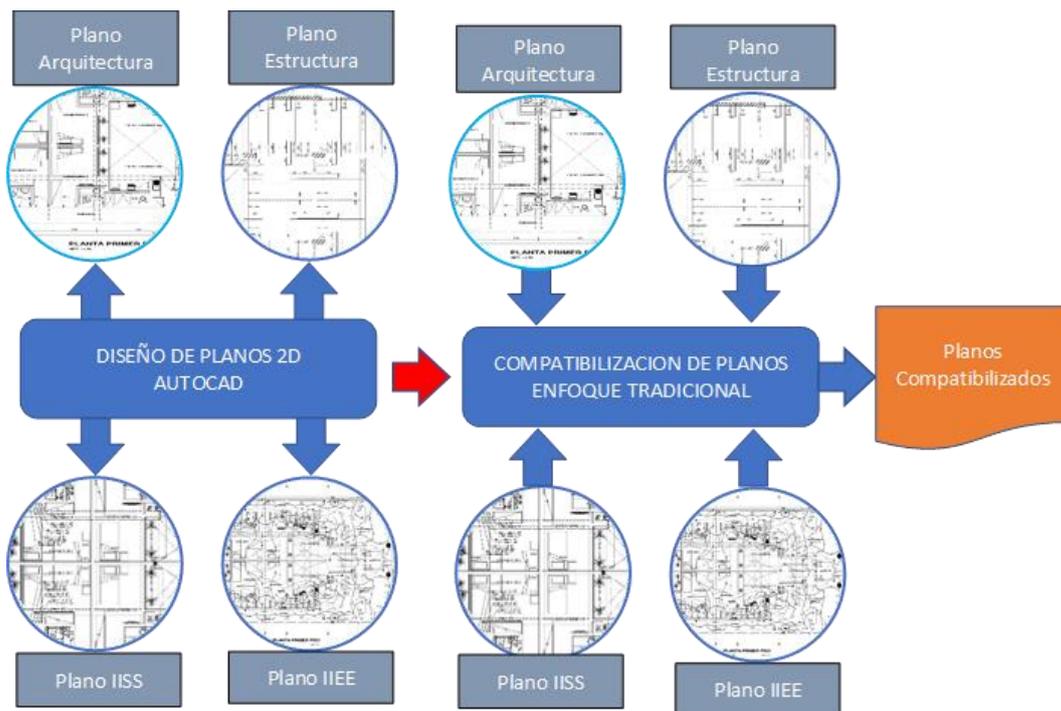


Figura 40. Desarrollo de Planos 2D enfoque tradicional

La figura muestra, como se desarrolla el proceso de elaboración de planos del proyecto inmobiliario Spuknit-Surco bajo el enfoque tradicional; con el uso del Autocad y después de la idealización del edificio, cada profesional desarrolla su especialidad partiendo del plano de arquitectura aprobado por los Stakeholders, para finalmente compatibilizarlos visualmente y tratar de descubrir interferencias entre cada especialidad. La compatibilización de planos es un proceso que unifica los diseños (planos) de todas las especialidades involucradas en un proyecto con la finalidad de reducir las interferencias y facilitar el proceso constructivo de la obra. Generalmente se realiza después que los planos de las diferentes especialidades estén completos.

Metrados de materiales para el proyecto

El desarrollo y elaboración de los metrados son parte de la etapa de diseño y se elaboran después que todos los planos hayan sido terminados. El metrado de materiales en el

sistema convencional se realiza con la información contenida en los planos de cada especialidad y consiste en cuantificar cada uno de los materiales necesarios con un resumen necesarios para la construcción de proyecto. El metrado es necesarios para obtener la cantidad de materiales y un presupuesto económico como parte de la inversión en el proyecto. En el sistema convencional el metrado está sujeto a la habilidad y experiencia del especialista que lo realice y que los planos estén correctamente elaborados incluyendo detalles pudiendo incurrir en error.

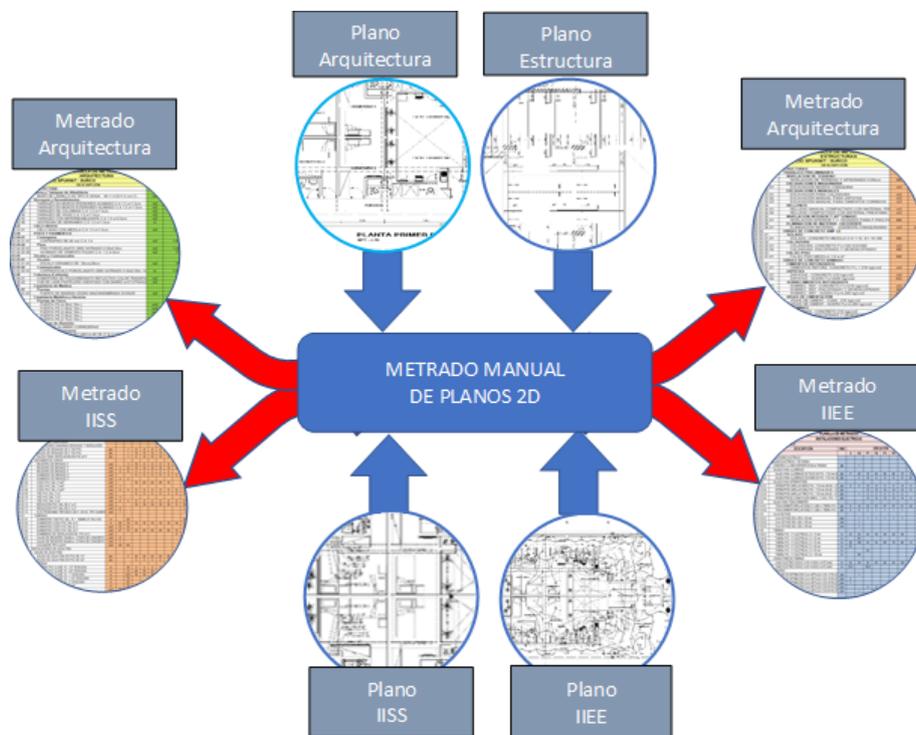


Figura 41. Flujo del metrado bajo el sistema convencional

La figura muestra el flujo del proceso de metrado convencional, los datos de ingresos para el inicio del proceso son los planos desarrollados en Autocad 2D, el programa de soporte usado es el Excel y la salida o entregables es un archivo en Excel conteniendo la cantidad de materiales en sus respectivas unidades como se verá en los cuadros siguientes.

En la figura siguiente se puede apreciar el conteo de los materiales para la especialidad de arquitectura que es el sustento para luego elaborar la planilla de metrados.

ARQUITECTURA										
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	MODULO	CANT.	MEDIDAS LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	PARCIAL	TOTAL
03	ARQUITECTURA									
03.01	Muros y Tabiques de Albañilería									
03.01.01	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA M:1:1:4 E=1.5 cm (*)	m2								2,005.16
	1ER SOTANO									
	Muro de ladrillo		1.00	1.00	4.50		2.75		12.65	
	SEMISOTANO									
	Muro de ladrillo		1.00	1.00	16.90		2.75		46.48	
	1ER PISO									
	EJE A		1.00	1.00	16.15		2.75		44.41	
	EJE B		1.00	1.00	5.15		2.50		12.88	
	EJE D		1.00	1.00	16.15		2.75		44.41	
	EJE 3		1.00	1.00	4.30		2.75		11.83	
	EJE 5		1.00	1.00	9.40		2.75		25.85	
	EJE 7		1.00	1.00	4.50		2.75		12.38	
	EJE 3 A EJE 7 ENTRE EJE B A EJE C		1.00	1.00	4.55		2.95		13.42	
			1.00	1.00	6.85		2.75		18.84	
			1.00	1.00	4.65		2.95		13.72	
			1.00	1.00	1.00		2.75		2.75	
			1.00	1.00	1.50		2.75		4.40	
			1.00	1.00	2.00		1.80		3.60	
	EJE 3 A EJE 7 ENTRE EJE A A EJE D		1.00	1.00	1.40		1.80		2.52	
			1.00	2.00	16.35		2.75		89.93	
			1.00	2.00	16.65		2.75		91.58	
	DESCUENTO VENTANAS									
	V.		1.00	(2.00)	0.75		0.70		(1.05)	
			1.00	(2.00)	1.15		0.70		(1.61)	
			1.00	(2.00)	1.85		1.40		(5.18)	
			2.00	(2.00)	1.00		0.70		(2.80)	
			1.00	(2.00)	2.30		1.40		(6.44)	

Figura 42. Sustento de metrado Arquitectura

PLANILLA DE METRADOS			
ARQUITECTURA			
PROYECTO: EDIFICIO SPUKNIT - SURCO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TOTAL
03	ARQUITECTURA		
03.01	Muros y Tabiques de Albañilería		
03.01.01	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA M:1:1:4 E=1.5 cm (*)	m2	2,005
03.02	Revoques y Revestimientos		
03.02.01	TARRAJEO EN MUROS INTERIORES ACABADO C:A 1:5 e=1.5cm	m2	8,016
03.02.02	TARRAJEO EN MUROS EXTERIORES ACABADO C:A 1:5 e=1.5cm	m2	544
03.02.03	TARRAJEO DE COLUMNAS C:A 1:5 e=1.5cm	m2	361
03.02.04	TARRAJEO DE VIGAS C:A 1:5 e=1.5cm	m2	848
03.02.05	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE C:A 1:5 e=2.0cm	m2	45
03.02.06	VESTIDURA DE DERRAMES C:A 1:5 e=1.5cm	m	334
03.03	CIELO RASOS		
03.03.01	CIELO RASO CON MEZCLA C:A 1:5 e=1.5cm	m2	1,701
03.04	PISOS Y PAVIMENTOS		
03.04.01	Contrapisos		
03.04.01.01	CONTRAPISO DE 48 mm C:A 1:4	m2	1,973
03.04.02	Pisos		
03.04.02.01	PISO PORCELANATO GRIS SATINADO 0.50x0.50m.	m2	1,266
03.04.02.02	ACABADO DE CEMENTO PULIDO C:A 1:2 e=2cm	m2	732
03.05	Zócalos y Contrazócalos		
03.05.01	Zócalos		
03.05.01.01	ZOCALO CERAMICO DE 30cmx30cm	m2	755
03.05.02	Contrazócalos		
03.05.02.01	CONTRAZOCALO PORCELANATO GRIS SATINADO 0.50x0.50m. H<	m	1,082

Figura 43. Planilla de metrados de Arquitectura

En la figura se muestra el metrado en la especialidad de Arquitectura, despues de

realizado el conteo, se generó la planilla de metrados con las cantidades por unidad de medida.

PLANILLA DE METRADOS											
INSTALACIONES ELECTRICAS											
PROYECTO: SPUKNIT - SURCO											
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	UBICACIÓN								TOTAL
			S	SS	P1	P2	P3	P4	P5	AZ	
09	INSTALACIONES ELECTRICAS										
09.01	SALIDAS ELECTRICAS Y DE FUERZA										0
09.01.01	CONEXIÓN A LA RED EXISTENTE DE BAJA TENSION	glb		1							1
09.01.02	SALIDAS PARA ALUMBRADO										0
09.01.02.01	SALIDA PARA ALUMBRADO EN TECHO DE PVC - P 20 mm (NH-80 2x4+1x2)	pto	17	20	78	66	66	66	70	10	393
09.01.02.02	SALIDA PARA ALUMBRADO EN PARED DE PVC - P 20 mm (NH-80 2x4+1x2)	pto		2	16	8	8	8	8	22	72
09.01.03	SALIDAS PARA INTERRUPTORES										0
09.01.03.01	INTERRUPTOR UNIPOLAR SIMPLE PVC - P 20 mm (NH-80 - 2.5 mm2) - CAJA	pto	8	8	16	13	9	9	14	6	83
09.01.03.02	INTERRUPTOR UNIPOLAR DOBLE PVC - P 20 mm (NH-80 - 2.5 mm2) - CAJA	pto			12	12	14	14	12	6	70
09.01.03.03	INTERRUPTOR UNIPOLAR TRIPLE PVC - P 20 mm (NH-80 - 2.5 mm2) - CAJA	pto		1	2	2	2	2	2		11
09.01.03.04	INTERRUPTOR DE CONMUTACION SIMPLE (3 VIAS) PVC - P 20 mm (NH-80	pto			12	12	12	12	14	2	64
09.01.04	SALIDA PARA TOMACORRIENTES										0
09.01.04.01	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE C/ LINEA A TIERRA PVC - P 20 mm (NH	pto	6	10	55	57	57	57	51	24	317
09.01.04.02	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE C/ LINEA A TIERRA PVC - P 20 mm (NH	pto	4	6	2	1	1	1	1		16
09.01.05	CAJAS DE PASE										0
09.01.05.01	CAJA DE PASE 250 x 250 x 120 mm	pza		1	1	1	1	1	1		6
09.01.05.02	CAJA DE PASE 400 x 400 x 100 mm	und		1							1
09.01.05.03	CAJA DE PASE 400 x 300 x 100 mm	und		1							1
09.01.06	TUBERIAS										0
09.01.06.01	TUBERIA PVC - P (ELECTRICAS) D = 15 mm	m	33	24	24	30	36	42	48		237
09.01.06.02	TUBERIA PVC - P (ELECTRICAS) D = 25 mm	m		60							60
09.01.06.03	TUBERIA PVC - P (ELECTRICAS) D = 35 mm	m	36	180	42	54	66	78	90	12	558
09.01.06.04	TUBERIA PVC - P (ELECTRICAS) D = 40 mm	m	27								27
09.01.06.05	TUBERIA PVC - P (ELECTRICAS) D = 55 mm	m			24						24
09.01.06.06	TUBERIA PVC - P (ELECTRICAS) D = 105 mm	m		90							90
09.01.07	CONDUCTORES EN TUBERIAS										0
09.01.07.01	CABLE ELECTRICO N2XH(3-1x16+1x16(N)+1x10T)mm2	m	42	36	50	65	80	94	108	15	490
09.01.07.02	CABLE ELECTRICO N2XH(3-1x35+1x35(N)+1x10T)mm2	m	32.4		28.8						61.2
09.01.08	TABLEROS										0
09.01.08.01	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CAJA METALICA CON 12 POLOS (DEL TIPO P	pza		1						1	2

Figura 44. Planilla de metrado de Instalaciones Eléctricas

El cuadro muestra la planilla de metrados para la especialidad de instalaciones eléctricas, detalla la cantidad de materiales necesarios por nivel con un resumen que permite la compra a nivel de proyecto.

PLANILLA DE METRADOS											
INSTALACIONES SANITARIAS											
PROYECTO: EDIFICIO SPUKNIT - SURCO											
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	S	SS	P1	P2	P3	P4	P5	AZ	TOTAL
04	INSTALACIONES SANITARIAS										
04.01	INSTALACIONES SANIARIAS DESAGUE Y VENTILACIÓN										
04.01.01	SALIDA DE DESAGUE DE 4" EN PVC	pto		1	8	8	8	8	6	4	43
04.01.02	SALIDA DE DESAGUE DE 2" EN PVC	pto		1	12	12	12	12	8	4	61
04.01.03	SALIDA PARA VENTILACION EN PVC Ø 2"	pto		1	6	12	12	12	8	8	59
04.02	ADITAMENTOS VARIOS										
04.02.01	REGISTRO DE BRONCE 2"	und		3	10	8	8	8	6	8	51
04.02.02	REGISTRO DE BRONCE 3"	und	3	14	14	14	14	14	14	6	93
04.02.03	REGISTRO DE BRONCE 4"	und	2	8	4	2	2	2	4		24
04.02.04	SUMIDERO DE BRONCE 2"	und			6	6	6	6	4	2	30
04.02.05	SUMIDERO DE BRONCE 3"	und	2	2							4
04.02.06	CODO PVC SAL 2"x45º	und			16	22	22	20	12		92
04.02.07	CODO PVC SAL 3"x45º	und	1								1
04.02.08	CODO PVC SAL 4"x45º	und	4	5	8	8	8	8	8	8	57
04.02.09	YEE PVC SAL 2"x2"	und			6	6	6	6	4	6	34
04.02.10	YEE PVC SAL 3"x3"	und	1								1
04.02.11	YEE PVC SAL 4"x4"	und	4	5	8	8	8	8	8	8	57
04.02.12	REDUCCION PVC SAL DE 4" a 2"	und			10	10	10	10	10	8	58
04.02.13	REDUCCION PVC SAL DE 4" a 3"	und	4								4
04.02.14	ELECTROBOMBA TRIFASICO 220 V -60 HZ. TIPO SUMER	und	1								1
04.03	TUBERIAS										
04.03.01	SUMINISTRO TUB PVC SAL Ø = 160MM UF SN-2 ISO	m		20							20
04.03.02	SUMINISTRO CODO PVC SAL Ø 4"	m	59	18	10	10	10	10	10	16	143
04.03.03	SUMINISTRO CODO PVC SAL Ø 3"	und	12	34							46
04.03.04	SUMINISTRO CODO PVC SAL Ø 2"	und	47	12	20	20	20	20	20	10	169
04.03.05	SOMBRERO DE VENTILACION EN PVC Ø 2"	und								8	8
04.03.06	CAJAS DE REGISTRO 30x60cm. C/TAPA DE CONCRETO	und	2								2
04.03.07	CAJAS DE REGISTRO 60x60cm. C/TAPA DE CONCRETO	und	1								1
04.03.08	COLGADOR TIPO CLEVI	und	30	40							70

Figura 45. Planilla de metrado de Instalaciones Sanitarias

El cuadro muestra la cantidad de materiales por nivel en la especialidad de Instalaciones Sanitarias necesarios para el proyecto, los totales permiten la compra de material para la construcción del proyecto. Se puede observar el detalle específico de los materiales y su unidad de medida.

4.2 Análisis del Proceso Constructivo Convencional

En el análisis realizado al proceso constructivo del proyecto se identificaron problemas originados desde la etapa de diseño, pero también la falta de uso de herramientas de gestión para controlar los rendimientos y solucionar las restricciones que se presentaron en el proceso.

De otro lado el tiempo planificado para el proceso constructivo en base a los rendimientos por partida fue 8 mes (240 días), el tiempo real fue de 11 (330 días) meses.

PROCESO CONSTRUCTIVO TRADICIONAL PROYECTO INMOBILIARIO SPUKNIT - SURCO				
DESCRIPCION	TIEMPO EN DIAS			% CUMPLIMIENTO
	PLANEADO	REAL	EXCESO	
ESTRUCTURA	95	140	-45	-47%
ARQUITECTURA	65	110	-45	-69%
IISS (Sanitarias)	40	40	0	0%
IIEE (Electricas)	40	40	0	0%
Total días	240	330	-90	-38%

Figura 46. Tiempos en el proceso constructivo tradicional Spuknit – Surco

La figura muestra los tiempos planificados y reales utilizados en el desarrollo del proceso constructivo bajo el enfoque tradicional, se incluye todas las especialidades hasta la entrega total del proyecto.

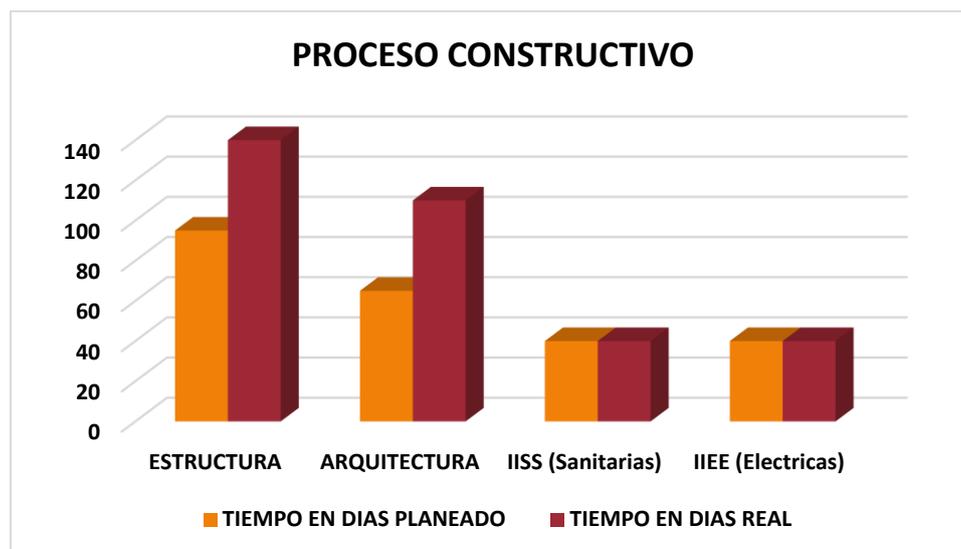


Figura 47. Tiempos usados en el desarrollo del proyecto Spuknit – Surco

En la figura podemos ver en el eje vertical los tiempos y en el eje horizontal las especialidades, se puede verificar que los tiempos reales de ejecución superaron los planificados.

Las principales razones fueron:

- Demora en la entrega de los planos finales.
- Modificación al diseño en pleno proceso constructivo
- Bajos rendimientos en el desarrollo de las actividades.
- Deficiente supervisión en el proceso constructivo.
- Retrabajos por malos diseños y falta de detalle.
- Ausencia de mano obra calificada.
- Exceso y mala distribución de inventario por error en el metrado.
- Se trabajo con patrones y criterios convencionales (antiguos).
- Falta de uso de herramientas de gestión.



Figura 48. Acero almacenado innecesariamente en obra proyecto Spuknit – Surco

El proceso constructivo tuvo demoras en su desarrollo, los plazos no se cumplieron debido entre otros a errores por interferencia encontrados en los planos que originaron consultas previas y correcciones en pleno proceso de construcción.



Figura 49. Bajos rendimientos en el desarrollo de las actividades Spuknit – Surco

En el siguiente cuadro se puede ver el rendimiento de la partida que no se cumplió al igual de otras partidas.

COSTO UNITARIO POR PARTIDA						
02.02.02.01	CALZADURA, CONCRETO F'c=140 KG/CM2	Rendimiento = 12.5000 m ³ /día	Costo unitario	S/ 322.75		
Código	Descripción de recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	H-H	0.1000	0.0640	28.13	1.80
0147020001	OPERARIO	H-H	1.0000	0.6400	23.44	15.00
0147030001	OFICIAL	H-H	1.0000	0.6400	18.53	11.86
0147040001	PEON	H-H	4.0000	2.5600	16.76	42.91
Total Mano de Obra						71.57
Materiales						
0204050001	ARENA GRUESA	m3		0.5200	50.85	26.44
0205050001	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" Y 3/4"	m3		0.5700	59.32	33.81
0205350001	AGUA	m3		0.1840	5.51	1.01
0221010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I	bl		8.0200	22.04	176.76
Total Materiales						238.02
Equipos						
0348100001	HERRAMIENTA	%MO		3.0000	71.57	2.15
0349500005	MEZCLADORA DE CONCRETO 20-35 HP, 16p3	h-m	0.5000	0.3200	28.74	9.20
0349500012	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP, 1.5 plg	h-m	0.5000	0.3200	5.66	1.81
Total Equipos						13.16

Figura 50. Análisis de precios unitarios

La figura muestra el precio y rendimiento de la partida Calzadura de Concreto $f'c=140$ kg/m², el rendimiento de esta partida por jornada de trabajo es de 1.5 m³, el costo unitario de la partida es de S/.322.75, esta información junto con todas las demás partidas sirvió para elaborar el cronograma de obra y el presupuesto del proyecto.

4.3 Identificación de las alternativas de solución y/o mejora

En el presente capítulo identificaremos y describiremos algunas alternativas para la mejora de los procesos en el proyecto inmobiliario Spuknit – Surco, alternativas de solución en la etapa de diseño y proceso constructivo.

4.3.1 Alternativas para la etapa de diseño

4.3.1.1 Plataforma Colaborativa de trabajo

Las plataformas colaborativas son conceptos que están cambiando la forma que tienen las empresas para trabajar, la colaboración y la comunicación están en el centro de las organizaciones internas de la empresa. Una plataforma colaborativa como herramienta es una conexión accesible para múltiples personas, que favorece las intervenciones mutuas, gracias a la posibilidad de sincronizar y compartir información, conocido también como *groupware* en la versión en inglés, término que abarca los softwares de grupo. Con la plataforma colaborativa adecuada, los equipos de trabajo trabajan de forma más agradable y fluida haciendo su trabajo más eficientes.



Figura 51. Trabajo colaborativo

Una plataforma colaborativa es comunicación y colaboración que reúne herramientas usadas internamente en un software con espacio virtual común accesible en línea y puede incluir:

- Gestión de proyectos;
- Documentos electrónicos.
- Red Social Corporativa de la empresa.
- Mensajería en línea y en tiempo real.
- Videoconferencias.
- Blogs, grupos o comunidades para gestar el conocimiento.
- Gestión para la innovación participativa, creatividad múltiple.
- Cronograma y calendario compartido.

4.3.1.1.1 Funciones y características de las herramientas colaborativas

Muchas son las características que permiten que las herramientas colaborativas sean bastante útiles para el desarrollo de proyectos específicos:

a) Centralización herramientas: desde el enfoque de la gestión, las plataformas colaborativas permiten una transformación digital que replantea las relaciones internas. El ámbito de las RR. HH. se ve impactada positivamente, ya sea si hablamos de una gran empresa o de una pyme.

b) Optimización de flujos de trabajo: la centralización de la información de un proyecto, permite una mejor visibilidad del trabajo que llevara a cabo cada persona, se quiebra el

personalismo y se lograr mayor y mejor comunicación en toda dirección en la empresa, generando mayor compromiso entre equipos.

c) Fluidez en la comunicación: un espacio de intercambio entre las personas anima a permanecer en contacto, todos pueden expresarse, opinar, comentar o contribuir con ideas.

Los equipos de trabajo hacen más fluidos sus ideas u opiniones aun trabajando a distancia o en múltiples sedes, el trabajo se hace más dinámico.

d) Versatilidad de opciones: las plataformas colaborativas pueden desplegarse a nivel local; o remota en línea con acceso desde cualquier lugar y en cualquier momento. Las plataformas desarrolladas bajo el modo SaaS, brindan ventajas operativas de movilidad eficientes.

4.3.1.1.2 Mejores plataformas colaborativas

En el mercado informático existen muchos tipos de plataformas colaborativas que se pueden clasificar de acuerdo a las ventajas y usos que ofrecen:

1. Plataformas multifuncionales: son aquellas que tiene el mayor número de herramientas posibles para su uso operativo y para la gestión de los proyectos, con capacidad para satisfacer las diferentes necesidades de los diferentes sectores empresariales.

2. Redes sociales corporativas: La evolución de las redes sociales se basan en las herramientas de comunicación utilizadas como el intranet y la extranet, usadas para comunicarse con proveedores y clientes. Esta conceptuado como un lugar de trabajo virtual que fomenta el intercambio de conocimientos entre los trabajadores, además de ser una herramienta de socialización.

3. Soluciones de comunicación unificada: La comunicación unificada en una empresa como chats, mensajería, telefonía virtual, videoconferencia, pantalla y documentos compartidos en

una sola plataforma, con una sola interfaz es una nueva herramienta de las plataformas colaborativas cuyo objetivo es centralizar todos los canales de comunicación de una empresa.

4. Herramientas para transferir y compartir información: Todos los requerimientos en el uso y seguridad para la transferencia de información como archivos de la empresa están pensados en este tipo de herramienta; archivos en la nube compartidos con todos los requisitos de uso y seguridad que necesitan las empresas para su información son las bondades que ofrecen estas herramientas.

5. Gestión de proyectos y tareas: esta herramienta permite coordinar eficazmente el desarrollo de un proyecto, incluye la gestión documental, el flujo de los trabajos, la comunicación entre equipos y otros aspectos que permiten la realización de tareas.

6. Herramientas de oficina: las plataformas colaborativas permiten el uso de editores de texto, hojas de cálculo y presentación de diapositivas como herramientas básicas para los trabajadores. Conectadas y coordinadas con programas afines como agenda, libreta de direcciones y mensajería instantánea que constituyen herramientas de ofimática en la vida cotidiana de la empresa.

4.3.1.1.3 Criterios de selección

Una plataforma colaborativa debe ser capaz de adaptarse a la forma de trabajo de la empresa y evolucionar con ella, por lo cual sugerimos tener en cuenta ciertas características que ayudaran a la elección:

- Debe ser una herramienta versátil.
- Permitir flujos de trabajo automatizados.
- Tener capacidad de comunicación,
- Permitir la gestión documental.

- Compatibilidad y conectividad con otras herramientas o funciones complementarias.
- Facilidad de uso y amigable en la operación.

Herramienta Colaborativa	Útil para
Asana	Gestión de proyectos, diseño, ventas, marketing.
ClickUp	Gestión de proyectos, integración con otras plataformas, todo el trabajo en un solo lugar, tareas, documentos, chat, metas y más.
Figma	Diseño gráfico y gestión de proyectos.
G Suite	Gestión documental y comunicación.
Ideaflip	Gestión de tareas y gestión de proyectos.
Microsoft Office 365	Gestión documental y comunicación.
Slack	Comunicación.
Trello	Gestión de proyectos, tareas, recursos humanos y marketing.
Visme	Diseño gráfico, comunicación, imagen de marca, plataforma educativa.
Wimi	Gestión de tareas, proyectos y comunicaciones.

Figura 52. Descripción de algunas plataformas colaborativas

4.3.1.1.4 Asana.

Es un programa de gestión de actividades y proyectos, facilita la coordinación y el trabajo en equipo, brinda a los equipos de trabajo de un proyecto, lo necesario para mantenerse coordinados, cumplir con los plazos y alcanzar sus objetivos.

Funciones:

- Objetivos estratégicos: permite definir y monitorear objetivos y resultados clave (OKR); permite la asignación de objetivos por trabajador.
- Cronograma de trabajo: permite crear el cronograma de trabajo (Gantt); creación de hitos y planes de proyecto para cumplir con los plazos de entrega.
- Gestión del portafolio: permite el monitoreo de los proyectos en curso; organización y priorización de tareas.

- **Procesos Automatizados:** permite vincular de forma automática las tareas creadas en Slack, Gmail o Outlook; permite la dependencia de que se actualizan automáticamente cuando surgen conflictos en el cronograma.
- **Gestión de recursos:** Seguimiento y monitoreo completo de la capacidad productiva de cada equipo; asignación de valores a las tareas (horas, puntos, etc.) para calcular la dedicación que requieren; reprogramación de tareas con la función arrastrar y soltar; vistas filtradas por rol y por persona.

4.3.1.1.5 ClickUp

ClickUp es una plataforma colaborativa con todas las herramientas necesarias para gestionar proyectos y tareas, se integra fácilmente con otras aplicaciones y servicios. Este software fue construido debido a las limitaciones que encontraron en otras herramientas de gestión de proyectos, es un software de uso fácil y sencillo para gestionar proyectos.

ClickUp tiene la capacidad de organiza el proyecto en categorías desde el nivel más genérico descendiendo hasta el nivel más específico. El concepto divide el proyecto en espacios, carpetas, listas, tareas y, subtareas.

De acuerdo con la cantidad de clientes con los que trabajes se puede crear un espacio de trabajo para cada uno de ellos con una carpeta de proyectos para cada usuario.

Los proyectos ClickUp son equivalentes a listas podemos tener una serie de tareas relacionadas con el proyecto. Las listas pueden tener descripciones y archivos adjuntos asía como fechas de inicio y fin. El programa permite la configuración personalizada de las tareas dentro de los proyectos (listas). Puede utilizar las listas para organizar las fases de un proyecto, asignar trabajadores, establecer línea de tiempo, configurar sprints, asignar diferentes ubicaciones, etc.

Funciones:

- **Mejora la comunicación en el ambiente laboral.** Permite que la toma de decisiones sea mejor y crea equipos con relaciones duraderas y sólidas. Además, genera un ámbito de organización y responsabilidad en cada trabajador que forman parte del equipo.
- **Brinda beneficios como:** almacenamiento ilimitado, usuarios ilimitados, tareas ilimitadas, chat en tiempo real, entre otros beneficios.
- **Compartir documentos de forma colaborativa** con personas de un mismo equipo.
- **Enlace de correos electrónicos** para recibir notificaciones sobre las asignaciones de las tareas.
- **Grabación de pantallas de la aplicación.**
- **Servicio de atención al cliente 24 horas del día.**
- **ClickUp puede trabajar sin conexión a internet** y se sincroniza automáticamente cuando te conectes a una red de internet.
- **Asigna y ejecuta todos los proyectos** desde una sola aplicación, por esto es considerada como una plataforma todo en uno.
- **Mejora el flujo del trabajo.** Permite analizar varios trabajos a la vez y se pueden tener reuniones de equipos.
- **Es una aplicación de fácil uso,** no requiere la afiliación de otras herramientas. Por esta razón, se distingue de la mayoría de software relacionados con la gestión de tareas.

4.3.1.1.6 Figma

La plataforma digital Figma que permite a los equipos de trabajo crear, compartir, evaluar y enviar diseños de calidades altas. Cuenta con diferentes alternativas capaces de simplificar flujos de trabajo, promueve la colaboración entre equipos de trabajo, zonas

horarias y a cambiar el proceso de diseño para que sea más amigable, divertido y sencillo.

Este mecanismo de diseño en la nube puede ser usado por personas independientes, pequeñas y grandes empresas que deseen implementen diseños.

Funciones:

- **Herramientas colaborativas:** Crea, modifica, actualiza y permite el acceso al proyecto, monitoreo por usuario y perfil; permite visualizar los proyectos, trabajadores, equipos y organización; los diseñadores trabajan colaborativamente monitoreando el proceso de diseño, con acceso a versiones histórica anteriores; enlaces, comentarios, comunicaciones con las trabajadores o equipos del proyecto para obtener respuestas o retroalimentación.
- **Características para diseño:** Permite crear información histórica con archivos, imágenes, fondos, fuentes, iconos, etc. Usa la función *drag & drop* para copiar archivos, componentes y diseños reutilizables fácilmente, usa la intuición para su uso y facilita el intercambio y la creación de componentes para facilitar el trabajo de los diseñadores.

4.3.1.1.7 G-Suite

G-Suite, cambio de nombre a *Google Workspace*, es un programa que brinda un grupo de alternativas de comunicación y trabajo colaborativo en línea. Las alternativas de solución de G-Suite brindan conectividad a nubes privadas y públicas, permitiendo que las empresas puedan modernizarse y generar mayor velocidad, independientemente del entorno.

Las alternativas de Google son ideales para simplificar y optimizar el trabajo de startups, pymes y grandes organizaciones de todos los sectores que necesiten trabajar en simultáneo y de forma colaborativa.

Funciones:

- Productividad y colaboración: permite el uso de correo electrónico, Google Chat, Google Calendar, Google Docs, Google Meets. Google Drive.
- Seguridad y gestión: los controles de acceso se verifican en diferentes etapas con el programa de protección avanzada y con la administración de puntos de conexión.
- Herramientas adicionales: programa AppSheet para crear aplicaciones sin necesidad tener que programar Apps. Cloud Search utilizado para trabajos que necesitan búsqueda inteligente avanzada. Pizarra digital colaborativa *Jamboard*, brinda acceso y conectividad a un panel interactivo, desde el navegador web o teléfono móvil, facilitando la creación de contenido colaborativo en tiempo real. Puede dibujar, importar imágenes, documentos y otros contenidos desde la web para añadirlos al proyecto.

4.3.1.1.8 Ideafliip

Ideafliip es un programa de trabajo colaborativo que brinda importancia a la lluvia de ideas a partir de notas adhesivas, un novedoso de sistema que permite tenerlas presente. El diseño moderno y sencillo del software Ideafliip permite fluides y flexibilidad en la planificación de proyectos y organización de las actividades. Las reuniones remotas en línea se tornan divertidas y eficaces. El uso del programa ha sido creado para que pueda ser usado por cualquier tamaño de equipos de trabajo y que deseen sacarles el mayor provecho a sus reuniones creativas.

Funciones:

- **Notas autoadhesivas:** tiene funciones para adherir notas adhesivas para que durante la lluvia de ideas se puedan animar y dinamizar las reuniones, permite la organización de los flujos de trabajo, priorizar tareas y definir subtareas en cada proyecto, permite un sistema democrático de votación para evaluar las ideas propuestas, conceptos y planes, se puede

anotar comentarios a con forme vayan surgiendo; enlaza ideas y actividades para generar flujos de trabajo más claros.

- **Exporta, descarga archivos y documentos** permite compartir archivos y documentos con otros equipos.
- **Crear tableros y los difunde**, tableros con notas adhesivas entre los integrantes del equipo no importando la distancia de esa forma el trabajo conjunto se pueda conducir con éxito.
- **Envío de enlaces para sesiones rápidas** permite el envío de enlaces a integrantes externos de la organización para que puedan participar en el proceso creativo. Contiene un conjunto de plantillas, diseños de rejilla, procesos que incluye análisis retrospectivos de diferentes tipos.

4.3.1.1.9 Microsoft Office 365

Microsoft Office 365 es un software colaborativo en la nube que brinda un entorno seguro y privado para crear, almacenar, compartir, editar y compartir archivos y documentos.

Microsoft office proveedor software como Word, Excel y PowerPoint, brinda también servicios en línea a través de Sharepoint.

Las alternativas de Microsoft son ampliamente usadas por empresas de todos los sectores económicos que deseen trabajar con archivos compartidos.

Funciones:

- **Comunicación y trabajo colaborativo:** el aplicativo Microsoft Teams usado para reuniones y videollamadas en línea soporta hasta un máximo de 300 personas; opciones de chat disponible desde la PC o cualquier otro dispositivo móvil; crea espacios para los equipos de trabajo, comparte información y contenido y archivos; se puede organizar seminarios web, así como creación de informes y confirmaciones por correo.

- **Calendario y correo electrónico:** permite almacenamiento de 50 GB; se puede acceder a correos empresariales desde teléfonos móviles, tabletas, equipo de escritorio y desde la web; puede administrar el calendario compartidos y programar reuniones.
- **Gestión de empresa:** Microsoft Forms permite recoger comentarios de clientes y trabajadores; Microsoft Lists permite el seguimiento del trabajo en equipo; Microsoft Bookings permite la programación y administración de reuniones y entrevistas. Microsoft Office 365 puede integrarse con la RSE Yammer y *Skype for Business*, convirtiéndola en un gran instrumento para las comunicaciones, además de la opción documental; ofrece almacenamiento personalizado para grandes volúmenes de información.

4.3.1.1.10 Slack

Slack es un software de correspondencia que brinda servicios de mensajería a las empresas para mantenerse conectadas en todo momento. Mediante la tecnología de Slack, los equipos de las empresas pueden trabajar colaborativamente de forma eficaz e interconectada.

La seguridad del software Slack ha sido ideado para brindar a empresas de todos los tamaños, la seguridad que requieren respecto a su información.

Funciones:

- **Espacios organizados:** permite crear medios de comunicación abiertos o cerrados, según el nivel de confidencialidad necesario para los proyectos, permite compartir la visión de los trabajos realizados, permite el envío de enlaces a usuarios externos a la organización para comunicarse con ellos; conversaciones de voz en tiempo real; centralización de almacenamiento de información histórica.

- **Flujos de trabajos personalizados:** permite personalizar y definir notificaciones, según el estado del usuario si está ausente u ocupado, etc., automatiza las tareas diarias; crea procesos de solicitudes estándar; envía reconocimientos y organiza la lluvia de ideas.
- **Comunicaciones:** permite enviar anuncios internos para toda la empresa o por niveles; llamadas con voz y video; videoconferencias con alternativa de compartir pantalla.

4.3.1.1.11 Trello

Es un software colaborativo visual, permite gestionar y organizar los trabajos en el proyecto., faculta la organización y priorizar actividades y tareas en el ámbito personal y laboral a través de tableros, listas y tarjetas.

Trello puede ser usado por pequeñas y grandes empresas que buscan optimizar procesos de marketing, ventas, recursos humanos y más.

Funciones:

- **Organización del trabajo:** permite crear listas, tableros y tarjetas para organizar tareas y actividades; creación de calendarios y cronogramas; opciones estadísticas para la consulta de diferentes datos.
- **Gestión de tareas:** monitoreo y difusión del avance de las tareas; creación y visualización de tarjetas y listados de acuerdo al estado de la tarea; permite la separación y repartición de cargas de trabajo, monitorear fechas de vencimiento, archivos adjuntos, conversaciones, etc.;
- **Automatización del flujo de trabajo:** usa comandos lingüísticos naturales para automatizar acciones y tareas comunes para el uso de Inteligencia Artificial (Butler), permite la configuración y personalización de botones, registro de actividades y alertas de plazos por vencer.

- **Elaboración de informes:** permite crear y personalizar campos; *Power-ups* con los que integra diferentes herramientas y programas como Google Drive, Slack, Confluence y otras.
- **Marketing:** permite crear canales de comunicación, monitorear visualmente el progreso de actividades y establecer flujos de trabajo.

4.3.1.1.12 Visme

Visme es un instrumento conceptualizado para auxiliar a empresas y particulares a diseñar, almacenar y repartir calidad de contenido visual.

Se le considera como una factoría de trabajo para diseñadores, también una plataforma colaborativa donde se puede intercambiar contenido educativo y proporcionárselos a usuarios sin conocimientos en diseño gráfico, es una alternativa que requieren para convertirse en comunicadores visuales.

Funciones:

- **Imagen de marca:** permite crear contenido de marca; almacenamiento de logotipos, diseño, fuentes, colores, imágenes y plantillas centralizando la ubicación para garantizar que el contenido se ajuste a la marca del cliente en todo momento; análisis de los contenidos creados; difusión y descarga de contenidos.
- **Creación de contenido:** el área de ventas podrá crear presentaciones para la captación clientes potenciales, crear infografías para diferentes site y cuadros de mando de clientes informando de los resultados de las campañas; visualizaciones de datos, blog e informes interactivos y gráficos para redes sociales.
- **Marketing:** alternativas para crear campañas de marketing.
- **Recursos Humanos:** podrá crear manuales de formación para nuevos trabajadores, documentos internos y presentaciones corporativas.

4.3.1.1.13 Wimi

Wimi herramienta colaborativa que otorga funciones para la productividad como espacios de trabajo unificados, a través de su interface dinámica sencilla y atractiva. Sus principales soluciones, propone funciones para el trabajo en equipo, gestión de tareas, intercambio de documentos, optimizar la comunicación entre equipos.

Este concepto de gestión online all inclusive está diseñada para pequeños y grandes equipos de trabajo de cualquier sector económico.

Funciones:

- **Unificados espacios de trabajo:** permite personalizar y desarrollar proyectos y tareas.
- **Comunicaciones:** permite crear canales de comunicación para discusión, mensajes privados, llamadas audio y video, pantalla compartida para interactuar en tiempo real.
- **Gestión documental:** permite la permuta de documentos y archivos organizados entre equipos de trabajo y los clientes; previsualización de archivos y documentos; actividades históricas de archivos y versiones.
- **Gestión de tareas:** permite crear y administrar tareas por categorías, generar y recepcionar notificaciones y comentarios de tareas en curso, simulando una visita Kanban.
- **Cronograma:** Crea y visualiza hitos y eventos; fechas clave por proyecto, calendarios compartidos; crea eventos recurrentes; sincroniza calendarios vía Outlook Connector.
- **Reportes:** permite crear gráficos de las actividades de los proyectos; fechas de entrega estimadas, informes del desempeño de los equipos de trabajo.

4.3.1.2 Lean Design, en la etapa de diseño

Enfocar la etapa de diseño con Lean Design (arquitectura e ingeniería) conduce con

mayor frecuencia a un resultado exitoso del proyecto. El diseño esbelto elimina los desperdicios que se producen por la falta de planificación colaborativa, lo que inevitablemente afecta el valor para el cliente. Trabaja para eliminar el pensamiento aislado y evitar o eliminar retrabajos producto de un mal diseño como suele suceder en los proyectos convencionales.

4.3.1.2.1 Diseño Integrado Esbelto

Lean fomenta un enfoque de diseño diferente, se centra en impulsar en gran medida la innovación y la excelencia en el diseño, mediante la eliminación de desperdicios que se encuentran en cualquier proceso productivo. La eliminación de estos desperdicios, incrementa la productividad y mejora el valor para los Stakeholders. Eliminando estos desperdicios como el sobre stock de materiales hasta el talento mal utilizado se podrán eliminar lo siguiente:

1. Defectos
2. Espera
3. Transporte de Mercancías
4. Movimiento
5. Inventario
6. Superproducción
7. Pasos de proceso innecesarios
8. Talento no utilizado.

4.3.1.2.2 Facetas de Lean en el diseño

Al comprender el desperdicio y eliminarlo siempre que sea posible, Lean Construction Institute (LCI) y la comunidad de diseño puede mejorar el proceso de diseño así

como el diseño como producto.

4.3.1.2.3 Mejora del Proceso de Diseño

El concepto Lean se enfoca en las acciones de eliminar desperdicios en los procesos, mediante la introducción de una mayor colaboración y planificación de los equipos de trabajo con un enfoque holístico para la ejecución de decisiones. En esencia, los principios Lean promueve la integración de un trabajo efectivo en equipo, utilizando métodos de mejora en la entrega de proyectos y proceso de diseño generando valor.

4.3.1.2.4 Mejora el diseño como producto

La colaboración genera innovación. La excelencia en el diseño se puede mejorar en gran medida a través de los aportes de todas los stakeholders en un proyecto, mirar el diseño del proyecto a través de un lente diferente, permite que los equipos que usan la mentalidad Lean vean enormes mejoras en la competencia para resolver problemas de forma creativa y efectiva, mejorando así el producto del diseño. Cuando los diseñadores de productos planifican y resuelven problemas en colaboración, resuelven juntos algunos de los aspectos más abrumadores de la ingeniería y la arquitectura. A través de todo, desde la agrupación de trabajo y la planificación de extracción hasta Big Rooms efectivos, el diseño Lean organiza el trabajo para avanzar juntos, no en silos.

En el mundo actual, el diseño adolece de una falta de colaboración. Las estructuras de contrato de diseño-construcción y diseño-oferta-construcción impiden inherentemente la colaboración entre las etapas de diseño y construcción, lo que lleva a

una serie de solicitudes de reelaboración que pueden respaldar los plazos de finalización del proyecto.

Como resultado, el 70% de los proyectos de construcción se entregan con retraso y el 73% se entregan por encima del presupuesto. Esto se debe a un exceso de solicitudes de reelaboración y grandes cantidades de desperdicio, lo que genera clientes insatisfechos y márgenes de ganancia reducidos. De hecho, solo el 9% de los propietarios creen que están logrando un alto nivel de excelencia en el desempeño total del proyecto.

Mientras tanto, los diseñadores bajo el modelo actual tienen muy pocos incentivos para innovar o encontrar el mejor diseño de producto posible para las partes interesadas involucradas. Al aplicar los principios Lean, los equipos de diseño y construcción no solo pueden colaborar, sino que se les anima financieramente a hacerlo para encontrar los mejores resultados posibles para las partes interesadas.

4.3.1.2.5 Beneficios de la Arquitectura Lean y la Ingeniería Lean.

Los diseñadores que han implementado métodos Lean ven un fuerte aumento de la productividad y los resultados del proyecto. Los diseñadores también ven un aumento en las ganancias y un mayor porcentaje de proyectos completados a tiempo. Lo que es más importante, el pensamiento Lean da como resultado más a menudo mayores niveles de excelencia e innovación en el diseño.

4.3.1.2.6 Target Value Delivery (TVD) en Lean Design

El TVD es un ejercicio de gestión disciplinado usado a lo largo de la fase de diseño que garantiza que los facilitadores satisfagan las necesidades operativas y los

valores de sus usuarios y entreguen los proyectos dentro del presupuesto permitido. Al establecer el valor objetivo desde el principio, los contratistas, propietarios y diseñadores promueven la innovación a lo largo del proceso de diseño para aumentar el valor ahorrando tiempo, dinero y esfuerzo humano.

El diseño de valor objetivo abarca los enfoques de entrega de valor objetivo implementados durante las etapas de entrega de diseño del proyecto. El objetivo del diseño de valor objetivo es minimizar los residuos producidos por los ciclos de diseño-estimación-rediseño del enfoque de ingeniería de valor tradicional.

4.3.1.2.7 Implementación Lean en el proceso de diseño

Si cree que utilizar un sistema Lean de entrega de proyectos es el paso correcto para su próximo proyecto, considere familiarizarse con los principios, prácticas y herramientas de diseño Lean para comprender los principios Lean del diseño. El primer paso para implementar Lean en el proceso de desarrollo del diseño es aplicar los seis principios que Lean Construction Institute recomienda:

1. Respeto por la gente
2. Optimizar el Todo
3. Retiro de Residuos
4. Centrarse en el proceso y el flujo
5. Generación de Valor
6. Mejora continua.

4.3.1.2.8 Utilización de herramientas y prácticas para el diseño Lean.

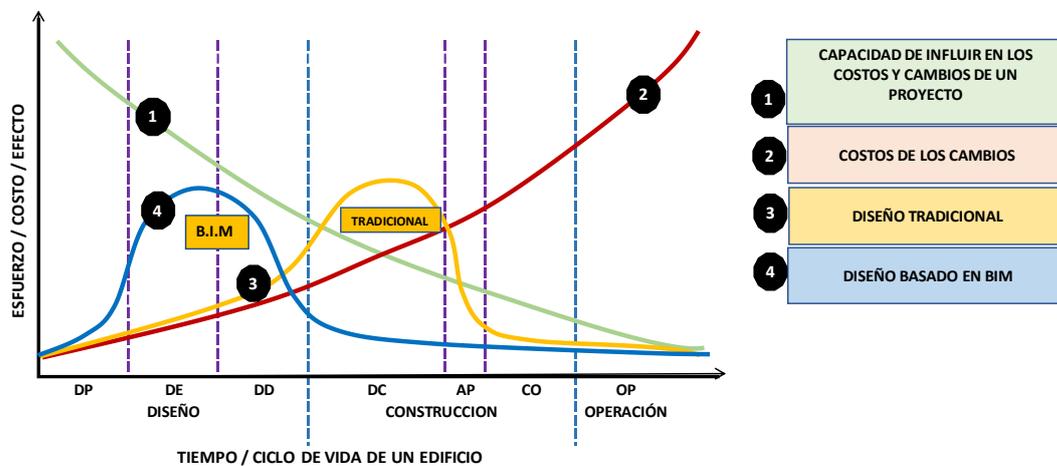
Los diseñadores Lean pueden aprovechar varias prácticas y herramientas para optimizar su implementación de métodos Lean.

- a) **Organizar el Clúster de Trabajo.** - Una selección de líderes de equipos de coordinación que permanecen en constante coordinación y comunicación entre sí para mejorar el flujo y disminuir el desperdicio.
- b) **Mentalidad de sala grande.** - Un enfoque de proyecto destinado a reunir a personas clave para acelerar la comunicación, mejorar la toma de decisiones y reducir el pensamiento o los enfoques aislados.
- c) **Last Planner System en Diseño.** – es un sistema de planificación y control de la producción de los proyectos, orientado a generar un flujo de trabajo que logre una ejecución confiable.
- d) **A3 pensando.** - Una metodología colaborativa que respalda la toma de decisiones acertadas al incluir todas las perspectivas de las partes interesadas clave.
- e) **Diseño basado en conjuntos.** - Un método que mantiene los requisitos y las opciones flexibles durante el mayor tiempo posible en el diseño.
- f) **Condiciones de Satisfacción.** - Una forma de establecer claramente el proyecto como una promesa creando así una cultura de rendición de cuentas. Cuando se utilizan como puntos de control, las condiciones de satisfacción impulsan la tensión creativa que conduce a la innovación.

4.3.1.3 BIM en la etapa de diseño

El Modelamiento de la Información para la Construcción (BIM) con sus herramientas como trabajo colaborativo y desarrollo del diseño o modelado con Revit de

Autodesk, permiten crear el modelo virtual antes de la etapa de construcción, detecta interferencias tempranas y toma decisiones con más impacto y menos costo para el proyecto. El grafico con la curva de MacLeamy permite identificar como la detección de errores e interferencias en la etapa de diseño ahorra tiempo y dinero para el proyecto lo que significa que los diseñadores deberán trabajar el modelo cuando sus decisiones tienen el mayor impacto y el menor costo asociado.



DP: DISEÑO PREVIO / DE: DISEÑO ESQUEMATICO / DO: DESARROLLO DE DISEÑO / DC: DOCUMENTACION / AP: APROVISIONAMIENTO / CO: CONTROL DE OBRA / OP: OPERACION

Figura 53. Curva de MacLeamy
Fuente MacLeamy 2011

Descripción de las cuatro curvas del grafico que muestra el grafico.

- Curva 1 es la capacidad de influir en los costos y cambios de un proyecto
- Curva 2 Costos de los cambios
- Curva 3 Diseño tradicional
- Curva 4 Diseño basado en BIM
- El eje horizontal es el periodo de vida del edificio, describe el tiempo de diseño, Construcción y operación.
- Eje vertical está el esfuerzo, el costo y el efecto que tiene un cambio en un proyecto.

La implementación de conceptos BIM aporta muchos beneficios en todas las etapas de un proyecto tanto en arquitectura como en la ingeniería y es valioso para la transformación digital de las empresas. Las ventajas más preponderantes son la conexión entre equipos, los flujos de datos y trabajo durante todo el periodo del proyecto. El concepto BIM permite optimizar el modo de trabajo en todas las fases, desde la etapa de diseño y la ingeniería hasta el proceso constructivo. Es debido a la implementación de soluciones BIM que las empresas incrementan la operatividad, disminuyen costos y riesgos, logran mejores resultados y mejoran la calidad de sus procesos.

En las etapas de diseño y construcción en BIM los equipos de trabajo pasan por diferentes fases. Primero se conceptúa el diseño, luego se realiza un análisis de este, donde se estudian, corrigen errores y se añaden elementos. Luego de estos procesos, se llega al detallado y documentación del diseño. Todas estas fases generan información que quedan registrados en la base de datos BIM, de forma que, si se cambia alguna de las variables, todas las demás variables se modifican sin tener que hacerlo manualmente. Las actualizaciones o modificaciones en BIM se realizan en toda la base de datos manteniendo la información en todo momento actualizada, guardando historia de cambios sin necesidad de volver a empezar todo el proceso.

La metodología tradicional no aporta mucho comparada con BIM que ofrece variedad de ventajas reconocidas y de ayuda para cualquier empresa dedicada al diseño o la construcción. La ventaja de representar con volúmenes elementos en lugar de líneas 2D en un diseño o la posibilidad de cambiar un elemento en un plano y que se actualicen todos los demás son ventajas que brinda BIM; permite a todas la especialidades trabajar en un mismo modelo desde las plataforma colaborativa, logrando flujos de trabajo dinámicos y

comunicación sin trabas.

4.3.1.3.1 Ventajas BIM en las fases de diseño.

- a) Cambios o actualizaciones al proyecto en tiempo real, todos los stakeholders del proyecto se mantienen informados de cualquier cambio, pueden consultar en cualquier momento la documentación válida, existiendo también un control de versiones.
- b) Planifica detalladamente un proyecto antes de su inicio. BIM hace posible prever de forma digital cómo será el ciclo de vida del proyecto antes de empezar a mover nada. Con lo que logra aumentar la productividad y satisfacer los requerimientos del cliente.
- c) Hace posible ver el proyecto en 3D, y analizar el plan del proyecto, incorporando, consultando y obteniendo información actualizada y real, tanto de archivos de trabajo como de comunicaciones entre los participantes, como correos electrónicos.
- d) BIM brinda facilidades para la secuencia en el montaje y proceso constructivo.
- e) BIM cuenta controles y niveles de accesos, no todos los participantes tienen los mismos accesos a la información con lo cual se evita modificaciones no autorizadas o pérdidas de información.

Los flujos de trabajo quedan optimizados e integrados haciendo eficaz y más fácil la gestión los recursos y documentación.

4.3.1.4 Software para Modelamiento de la información para la Construcción.

Los programas para diseño en la construcción con enfoque arquitectónico denominados BIM, Modelamiento de la información para la Construcción sirven como herramientas para el diseño o modelado digital de proyectos de construcción. Estos programas

se han vuelto indispensables porque permiten visualizar la volumetría del proyecto a través del modelado, permiten el almacenamiento de información, la impresión de planos y conceptos para el desarrollo en la etapa de diseño. Los stakeholders de los proyectos utilizan estas aplicaciones para obtener todas las herramientas necesarias para realizar cualquier tipo de proyecto de construcción, gestionar y elaborar flujos de trabajo.

Algunas de las ventajas en el uso de estos programas para el diseño en la construcción son:

- Visualizar todas las opciones de diseño, prueba de conceptos antes del trabajo en la obra.
- Presentaciones profesionales diseñadas para el proyecto.
- Mejora las decisiones y la evaluación de riesgos.
- Comunicación efectiva entre los miembros del equipo.
- Mejora la gestión y supervisión de tareas.
- Fácil gestión documental.

Programas BIM para el modelado de proyectos:

- 1) Archicad
- 2) AutoCAD
- 3) CAD Pro
- 4) Cedreo
- 5) Chief Architect
- 6) DataCAD
- 7) Edificius
- 8) FreeCAD
- 9) MacDraft Professional
- 10) MicroStation

- 11) Revit
- 12) Rhino3D
- 13) RISA
- 14) SAFE
- 15) SAP2000
- 16) SketchUp
- 17) Smart Draw
- 18) Space Designer 3D
- 19) STAAD
- 20) VectorWorks Architect

4.3.1.4.1 Archicad.

Proporciona un amplio conjunto de herramientas de dibujo y visualización en 2D y 3D, cada nueva versión incluye un edificio que se creó usando el programa. Está fuertemente vinculado con el ecosistema de GRAPHISOFT que incluye productos como BIMcloud y BIMx para un trabajo más eficiente. Según muchos profesionales Archicad proporciona una gran experiencia de diseño. Su interfaz de modelado es intuitiva, similar al dibujo a mano alzada, con la capacidad de modelar con varios grados de complejidad, desde un concepto rápido a un modelo BIM completo. Archicad también ofrece una interfaz 2D/3D altamente sofisticada que almacena toda la documentación del proyecto; el modelo 3D junto con las vistas, los diseños y la trayectoria de la cámara que lo acompañan.

Principales características de Archicad:

- Fácil de usar, con bibliotecas de diseño sencillas
- Los modelos grandes se pueden administrar en un solo archivo

- Fuerte interfaz 2D/3D
- Soporte para Open BIM/IFC
- Compatibilidad con flujos de trabajo de realidad virtual.

Precio: Archicad para uso individual, 240 \$ al mes o 1.800 \$ al año. Archicad Full Version para trabajo en equipo, por 280 \$ al mes o 2.250 \$ al año. Prueba gratis por 30 días.

4.3.1.4.2 AutoCAD.

Es una aplicación de diseño asistido por ordenador en 2D y 3D (Computer Aided Design). Usado para crear planos de edificios e infraestructuras. Cuenta con herramientas y bibliotecas de piezas, objetos, estilos, colores y texturas preinstaladas y la posibilidad de animar objetos pudiendo simular un recorrido virtual en 3D. Su formato de archivo (DWG) permite exportar archivos a otras aplicaciones de diseño gráfico como Adobe Illustrator o CorelDRAW. Una de sus dificultades es su pronunciada curva de aprendizaje además de requerir mucha memoria RAM y gráficos del computador.

Principales características de AutoCAD:

- Modelado y visualización en 2d y 3D
- Representación fotorrealista
- Estilos visuales
- Importar/exportar/referencia de archivos PDF y DGN
- Planos de sección
- Nubes de puntos y escaneo 3D
- Navegación en 3D.

Precio: Suscripción mensual 220 \$, suscripción anual 1.775 \$. Prueba gratuita por 30 días.

4.3.1.4.3 CAD Pro

Sus creadores afirman que CAD Pro es el software de diseño más rentable disponible en el mercado. CAD Pro se usa comúnmente en reformas, diseño, ingeniería, dibujo técnico y paisajismo. Con la ayuda de este software puedes crear fácilmente planos profesionales para dibujos arquitectónicos y mecánicos, esquemas eléctricos, comercios, etc. El programa incluye herramientas para ayudarte en la creación de cualquier proyecto, también contiene funciones interactivas que permiten a los usuarios añadir fotos, frases, comentarios de voz y grabaciones de audio. CAD Pro permite crear dibujos completos para solicitudes de patentes. Este software fácil de usar ofrece herramientas de cotas inteligentes, complementos de fotos, herramientas de forma automática, patrones de relleno y vistas personalizadas.

Principales características de CAD Pro:

- Dibujo avanzado en 2D y 3D
- Biblioteca de símbolos arquitectónicos
- 256 capas
- Herramientas automáticas de ajuste para una alineación precisa
- Cotas asociativas
- Modelado BIM.
- Evaluación del diseño.
- Plantillas para diseño.
- Herramientas para la presentación.

Precio: 99.95 \$ por función, como pago único. CAD Pro no ofrece una prueba gratis.

4.3.1.4.4 Cedreo.

Es un software de diseño arquitectónico en 3D apoyado en la nube permitiendo a los usuarios crear y personalizar planos de planta en 2D y 3D, diseñar interiores y exteriores de viviendas y materializar ideas conceptuales con representaciones en 3D de alta calidad. Con Cedreo cualquier persona con poca experiencia y conocimientos puede crear dibujos detallados, añadir paredes, puertas y ventanas utilizando guías. Los planos de planta existentes también se pueden importar y crear en Cedreo para verlos en 3D. Las ayudas al diseño incorporadas agilizarán la creación de planos y minimizarán el tiempo de dibujo. Las dimensiones, la codificación por colores para distintos tipos de habitaciones, la identificación visual de los tipos de paredes, el etiquetado de las habitaciones y los símbolos de los muebles se pueden agregar a los dibujos en 2D. Cedreo proporciona una herramienta para la gestión de proyectos que permite a los usuarios organizar sus diseños por clientes, guardar múltiples versiones de cada proyecto, puede examinar en la base de datos todos los proyectos asociados con un cliente en particular, ver el historial del proyecto y descargar representaciones 2D y 3D.

Principales características de Cedreo:

- Dibujo 2D
- Imágenes 3D
- Anotaciones
- Biblioteca de componentes de materiales y elementos de mobiliario (más de 7.000 elementos personalizables disponibles)
- Bocetos
- Diseño de exteriores
- Modelado y simulación

- Herramientas de presentación
- Renderizado.

Precio: El precio por usuario 79 \$ al mes. No hay disponible una prueba gratuita. Sin embargo, hay una versión gratuita limitada que te permite crear un proyecto en Cedreo con acceso limitado a muebles, materiales y 5 representaciones 3D realistas.

4.3.1.4.5 Chief Architect.

Creado principalmente para diseño residencial, Chief Architect se puede utilizar para producir planos de planta y panorámicas de 360 grados de manera automática. Los constructores también pueden utilizar la plataforma para intercambiar modelos 3D con propietarios o subcontratistas. Además de las herramientas y funciones de construcción Chief Architect permite crear mediciones, tus clientes podrán decidir rápidamente si continuar con el plano o ajustarlo para que coincida con su presupuesto, ahorrando tiempo. También puedes obtener un visor 3D móvil de Chief Architect para tu móvil iOS o Android, esto permite exportar planos 3D y compartirlos en cualquier momento.

Principales características de Chief Architect:

- Dibujo 2D
- Imágenes 3D
- Modelado BIM
- Biblioteca de componentes
- Bocetos
- Diseño de exteriores
- Herramientas de presentación.

Precio: Hay dos planes: Premier (2.195 \$) e Interiors (1.595 \$), así como una suscripción por 199 \$ al mes. Hay disponible una prueba gratis.

4.3.1.4.6 DataCAD.

Las funciones de DataCAD incluyen dibujo, diseño, modelado 3D y preparación de documentos. La representación fotorrealista y las cotas asociativas permiten a los arquitectos utilizar DataCAD para el dibujo en producción. Ayuda a los contratistas a visualizar la colocación de puertas y ventanas en proyectos de construcción. Se pueden utilizar modelos tridimensionales para construir planos y ajustar elevaciones. El software también se puede utilizar en determinados procesos de construcción, como la construcción con troncos de madera y casas prefabricadas. DataCAD es un programa fácil de usar para la gestión de documentos de construcción. Es uno de los programas de creación de modelos 2D más rápidos. En cuanto a la visualización en 3D este software va un poco por detrás de sus competidores, pero podría ser una buena opción para una empresa pequeña.

Principales características de DataCAD:

- Herramienta de diseño
- Creación de planos de construcción mediante un proceso evolutivo
- Automatización de modelado 3D
- Encuadre en tres dimensiones
- Representación fotorrealista
- Inserción de puertas y ventanas automáticamente
- Sombreado y acotación asociativa
- Traductores DXF/DWG basados en Teigha

Precio: Según las funciones se puede elegir entre; Precio de la primera licencia LT 395 \$, precio de primera licencia profesional 1.295 \$, precio de la primera licencia de suscripción 1.595 \$. Hay disponible una prueba gratuita.

4.3.1.4.7 Edificius.

Proporciona a sus usuarios herramientas de diseño modernas y actualizaciones periódicas que le permiten cumplir con los requisitos de los proyectos más recientes. Este software de diseño tiene un motor de renderizado en tiempo real que se integra sin problemas con otras funciones como el diseño 3D, la estimación de costes y otras. Además, Edificius te ofrece opciones para optimizar espacios exteriores en proyectos de paisajismo y jardinería. Tiene acceso a una biblioteca de muebles y componentes de iluminación para ayudarlo a crear un diseño atractivo. Edificius te permite hacer diseños inmersivos realistas, esto es posible gracias a las representaciones de video que puedes compartir con tu cliente para involucrarlo en el proceso de diseño.

Principales características de Edificius:

- Diseño de arquitecturas en 3D
- Diseño de interiores.
- Diseño de jardines y paisajes.
- Integración con Google Maps para incorporar el modelado del terreno.
- Nube de puntos.
- Modelado BIM.
- Modelado de sistemas MEP.
- Renderizado con IA.

- Realidad virtual inmersiva.
- Renderizado en tiempo real.

Precio: A partir de 48 €/mes. Puedes utilizar una prueba gratuita durante 30 días.

4.3.1.4.8 FreeCAD.

Aplicación de modelado 3D paramétrico de código abierto, FreeCAD te permite crear objetos reales de cualquier tamaño. Proporciona buenas herramientas de personalización, dibujo, renderizado y visualización en 3D. FreeCAD cuenta con una interfaz gráfica de usuario (GUI) construida en el marco Qt, así como un visor 3D innovador que permite a los usuarios ajustar la representación gráfica de la escena y el renderizado. El programa proporciona ayuda en forma de manuales y lecciones. Entre las desventajas del software se encuentran una interfaz complicada y funciones limitadas. Se necesita algo de tiempo para acostumbrarse a las secuencias de comandos de Python, pero funciona sin problemas incluso para los principiantes una vez que lo pillas. El aspecto más atractivo es que FreeCAD es un software de diseño absolutamente gratuito con muchas capacidades.

Principales características de FreeCAD:

- Núcleos de geometría
- Herramientas de renderizado y bocetado
- Arquitectura modular
- Simulación de robots
- Modo ruta
- Intérprete de Python y API de representación geométrica, interfaz y aplicación.

Precio: Es un software gratuito y de código abierto.

4.3.1.4.9 MacDraft Professional.

Es un programa CAD 2D para Mac que se utiliza en la creación de planos de planta, dibujo arquitectónico e ilustración. Con esta herramienta puedes crear dibujos precisos y profesionales en segundos. El software es ideal para la enseñanza, profesionales y usuarios individuales que necesitan crear dibujos, planos de planta, diseños de jardines, dibujos mecánicos o topografías de calidad. Los usuarios pueden cambiar las unidades de medida y la escala de los dibujos según sea necesario. Pueden utilizar la herramienta de capas para modificar y agregar detalles a partes de los dibujos sin afectar a otras capas. Las funciones de MacDraft también incluyen herramientas vectoriales y la biblioteca de paletas, permitiendo a los usuarios guardar cualquier objeto dibujado y arrastrarlo en nuevos dibujos. El software es fácil de usar, pero en caso de que enfrente algunas dificultades, puede obtener formación de la empresa en forma de documentación, o clases en línea o en persona.

Principales características de MacDraft Professional:

- Dibujo 2D
- Biblioteca de símbolos arquitectónicos
- Formateo automático
- Plantillas de diseño
- Bocetos
- Sistema de dimensiones precisas
- BIM
- Herramientas de presentación.

Precio: Hay licencias únicas y múltiples disponibles a partir de 399 \$ por persona (pago único). Hay disponible una prueba gratuita.

4.3.1.4.10 MicroStation.

Es una aplicación de diseño y modelado 3D paramétrico que permite a los expertos en infraestructuras colaborar y entregar proyectos de cualquier escala y complejidad. El programa es compatible con BIM, lo que permite a los usuarios crear modelos para su uso en operaciones de construcción, diseño, ingeniería y obra civil. Con la ayuda de MicroStation es posible producir modelos virtuales de cualquier forma geométrica y cumplir con los requisitos del proyecto, así como mantener una colaboración efectiva entre los participantes del proyecto. Aunque tiene una interfaz fácil de usar, las funcionalidades de este software pueden resultar intimidantes para los principiantes. Al haber múltiples versiones del programa puede resultar confuso.

Principales características de MicroStation:

- Visualización y análisis del diseño.
- Trabajo de diseño colaborativo.
- Animaciones y renders.
- Diseño contextual.
- Dibujos de diseño y anotaciones.
- Modelado paramétrico.

Precio: Hay diferentes versiones, para pequeñas y medianas empresas y para multinacionales, con precios que empiezan desde los 1.208 \$ por una suscripción anual.

4.3.1.4.11 Revit.

Es un programa muy completo que abarca muchas disciplinas dentro de la construcción, incluida la gestión. Cuenta con un software de diseño paramétrico

multidisciplinario que puede generar cualquier edificio de manera realista. Revit más que un modelador, funciona como un agregador de componentes de construcción que siguen un conjunto de criterios. Proporciona excelentes herramientas como; Tablas (usadas para obtener las mediciones de los materiales), Muros Cortina (usados para crear paredes con patrones específicos), Rellenos de Color (usados para crear vistas conceptuales de planos de planta). Si bien la precisión de Revit es una de sus características más notables, carece de funcionalidad en otros aspectos, por ejemplo, otros programas proporcionan modelos más detallados. Esto se debe a que tienen acceso a herramientas de diseño más amplias, como comandos y mallas, que no están incluidas en el paquete de Revit. En general es una buena herramienta para aportar información a un proyecto y preparar proyectos precisos. Para hacer que tus modelos de Revit destaquen puedes usar un software de renderizado adicional.

Principales características de Revit:

- Diseño generativo
- Componentes paramétricos
- Trabajo compartido
- Funcionalidad ampliada con acceso API, soluciones de terceros, complementos
- Edición WYSIWYG y funciones que te permiten controlar las anotaciones
- Interfaz de programación gráfica de código abierto.

Precio: Hay 3 planes de pago; suscripción mensual por 320 \$, anual por 2.545 \$ y suscripción de 3 años por 6.870 \$. Hay una prueba gratuita disponible.

4.3.1.4.12 Rhino3D.

Proporciona una gran cantidad de herramientas integradas de modelado 3D para ayudarlo a visualizar casi cualquier idea, ya sea un edificio grande o un objeto de

construcción pequeño. Este software de diseño se usa habitualmente para arquitectura, diseño industrial y de joyas. Incluye una variedad de elementos de anotación, como flechas, bloques de texto, cotas, lo que te permite hacer dibujos e ilustraciones en 2D. También proporciona herramientas para crear modelos, marcar curvas de intersección, administrar diseños, combinar bordes y capturar datos 3D existentes. Rhino3D es muy bueno para materializar conceptos, pero a veces carece de la precisión que obtendría con Revit u otro software CAD. En general este software es más adecuado para la etapa de diseño y menos apropiado para la fase de construcción.

Principales características de Rhino3D:

- Modelado de accesorios personalizados
- Visualización del espacio
- Imágenes 2D
- Modelado 3D de geometría compleja
- Diseño paramétrico con Grasshopper
- Ilustraciones de moda
- Herramientas de presentación
- Diseño de patrones textiles
- Animación
- Herramientas CAD.

Precio: Pago único de 995 \$ por licencia. Hay disponible una prueba gratuita.

4.3.1.4.13 RISA.

Software popular de estructuras para ayudar en el diseño de edificios, puentes, estadios, construcciones industriales, rieles de grúas y más. RISA ofrece una interfaz fácil de

usar y se integra con una variedad de otros productos, incluidos RISA Floor y RISA Foundation. Incluye los códigos estructurales más actualizados del acero, acero conformado en frío, hormigón, aluminio, mampostería y madera. Con la ayuda de la impresión por lotes de informes detallados y la vista previa de impresión dinámica, puedes presentar y analizar rápidamente un proyecto. Como resultado tendrás una herramienta eficiente todo en uno para trabajar en proyectos de múltiples materiales con facilidad.

Principales características de RISA:

- Dibujo 2D y 3D
- Interfaz y entorno de trabajo intuitivos
- Presentación clara de los resultados.
- Plantillas personalizables
- Visualización de datos
- Modelado y simulación.

Precio: 1.700 \$ por año, hay disponible una prueba gratuita con funciones limitadas.

4.3.1.4.14 SAFE.

Es una herramienta de diseño estructural y sísmica para sistemas de cimentación y forjados de hormigón. SAFE une todos los componentes del proceso de ingeniería en un entorno sencillo y directo, desde el diseño del armazón hasta la creación de dibujos de detalle. La combinación de amplias funcionalidades y sencillez hace que su uso sea muy popular entre ingenieros. El software proporciona una interfaz de usuario unificada para modelado, análisis, diseño e informes. Para acceder fácilmente a objetos, atributos y formularios, ahora se puede acceder a un nuevo explorador de modelos. SAFE es una excelente herramienta para crear cimientos, sótanos y zapatas. Permite evaluar sistemas de cimentación dentro de estructuras

más grandes e importa datos de CAD, ETABS y SAP2000.

Principales características de SAFE:

- Interfaz fácil de usar para realizar modelado, análisis, diseño e informes
- Características de diseño basadas en código para hormigón armado y vigas postensadas
- Diseño de losas y vigas compuestas de acero
- Deformaciones geométricas
- Postensado
- Tiras de diseño.

Precio: Hay diferentes tipos de licencia para elegir que van desde 4.000 \$ a 7.800 \$. La versión de prueba está limitada a 30 días.

4.3.1.4.15 SAP2000.

Es un software de diseño y análisis estructural de Csiamerica. Es un software extremadamente poderoso capaz de diseñar prácticamente cualquier tipo de estructura de ingeniería civil. El software proporciona una interfaz de usuario unificada para modelado, análisis, diseño e informes. Su interfaz es totalmente personalizable, lo que permite a los usuarios especificar diseños de ventanas y barras de herramientas. Las capacidades de creación de mallas incluyen la capacidad de fusionar mallas separadas entre marcos, cubiertas y objetos sólidos, así como coordinar la teselación con la orientación del objeto. Los ingenieros pueden manejar los modelos con considerable libertad mediante el uso de ventanas acoplables, formas flotantes y numerosas vistas.

Principales características de SAP2000:

- Gráficos DirectX con capacidad completa de dibujo y selección en 2D y 3D
- Una amplia gama de códigos estructurales.

- Intuitivo entorno de modelado basado en objetos 3D
- Técnicas de mallado sofisticadas y eficientes
- Edición de base de datos interactiva, asignación de restricciones de diafragma y borde, herramientas de diseño de secciones.

Precio: Licencia de suscripción a partir de 2.000 \$ y hasta 15.600 \$. Está disponible una versión de prueba de 30 días.

4.3.1.4.16 SketchUp.

Aplicación de modelado 3D usado para el diseño arquitectónico, industrial, de productos, paisajismo, ingeniería civil, mecánica y videojuegos. Permite crear y editar modelos 2D y 3D usando la herramienta «Empujar y tirar». El programa es muy popular entre los creadores de modelos tridimensionales para usar con impresoras 3D.

Todos los que usan SketchUp por primera vez se sorprenden de la sencillez del programa: hay una cantidad mínima de paneles de trabajo y funciones de modelado. Parece erróneamente que este software de diseño es adecuado sólo para las tareas más básicas. Sin embargo, hay muchos complementos en la biblioteca Extension Warehouse que pueden ampliar las posibilidades de SketchUp y harán que el trabajo en proyectos de construcción sea más rápido y eficiente.

Principales características de SketchUp:

- Texturas
- Efectos de iluminación
- Modelos 3D/2D
- Gestor de capas
- Animaciones.

Precio: Hay varios planes de suscripción profesional, individual y educación superior que van desde 109 €/año hasta 639 €/año. Un paquete limitado está disponible de forma gratuita durante 30 días.

4.3.1.4.17 SmartDraw.

Este programa es una alternativa sencilla a las aplicaciones de dibujo CAD más sofisticadas. Con plantillas integradas y herramientas sencillas puede crear planos de construcción y personalizarlos rápidamente con cientos de elementos y símbolos predefinidos. Es posible usar SmartDraw en cualquier dispositivo que tenga conexión a Internet. Puedes exportar fácilmente el diseño de tu edificio a Microsoft Word o PowerPoint. Permite colaborar a varias personas en el mismo diseño guardándolo en una carpeta SmartDraw compartida o usando servicios en la nube como Dropbox, Google Drive, Box o OneDrive. Permite fácilmente compartir archivos con otras personas que no tienen SmartDraw simplemente enviándoles un enlace por correo electrónico. SmartDraw es una opción perfecta si necesitas ordenar conceptos y representarlos visualmente, crear diseños de vehículos, diagramas de cableado eléctrico y diagramas de flujos de trabajo. Este programa puede resultar especialmente útil para equipos interdisciplinarios.

Principales características de SmartDraw

- Diseñador de planos
- Modelos de planos de planta de inicio rápido
- Amplia biblioteca de símbolos de planos de planta
- Potentes herramientas para hacer planos de planta
- Diferentes tipos de diagramas, incluidos diagramas arquitectónicos y de ingeniería.
- Capa de anotaciones similar a AutoCAD.

Precio: 9,95 \$ por mes, suscripción de equipo 5,95 \$ (por usuario por mes), suscripción anual 2.995 \$. Prueba gratuita de 7 días disponible.

4.3.1.4.18 Space Designer 3D.

Es una aplicación web que permite crear fácilmente casas en 3D y proyectos de diseño de interiores a los diseñadores y arquitectos. Es una plataforma modular donde los usuarios pueden añadir extensiones, nuevas herramientas y su propio catálogo personalizado. Cada proyecto crea una lista de objetos que se puede personalizar y contiene diferentes métricas (dimensiones de los objetos, productos, cantidades). Su facilidad de uso, sus funciones de visualización, las herramientas para transformar elementos 3D, las funciones de colaboración del cliente y las funciones en la nube se encuentran entre las principales ventajas de este software. Sin embargo, para profesionales el programa tiene algunas limitaciones técnicas, por ejemplo, no es posible trabajar en varios componentes de un edificio al mismo tiempo. En su lugar el usuario debe crear cada habitación por separado y de forma consecutiva. Esto puede dificultar la finalización del proyecto, especialmente si hay varios usuarios involucrados.

Principales características de Space Designer 3D:

- Tecnología de muros inteligentes
- Optimización de dispositivos móviles
- Experiencia inmersiva
- Visualización en 3D
- Se pueden añadir modelos 3D
- Control de inventario
- Desarrollo personalizado

- Compatibilidad VR.

Precio: tarifa plana a partir de 9,99 \$ al mes. Hay una prueba gratuita disponible.

4.3.1.4.19 STAAD.

Es un software de estructuras que permite crear diseños en acero, madera, hormigón, madera, aluminio y acero formado en frío en cualquier lugar del mundo utilizando al menos 90 códigos estructurales. Con STAAD Pro los especialistas en construcción pueden realizar análisis y diseños completos para cualquier tamaño o tipo de edificio. El software te permite simplificar tu flujo de trabajo BIM mediante el uso de un modelo físico convirtiéndose de forma automática en modelo analítico para análisis estructural. Estos modelos se pueden compartir de forma segura y rápida dentro de tu equipo. Hay 3 tipos de software STAAD para adaptarse a cualquier necesidad comercial; STAAD.Pro una opción primordial que incluye análisis FEM y modelado físico, STAAD.Pro Advanced brinda un análisis más avanzado y rápido y Structural Enterprise WorkSuite incluye aplicaciones estructurales más populares en una sola licencia.

Principales características de STAAD:

- Visualización
- Renderizado
- Dibujo
- Edición
- Actualización dinámica.

Precio: Dependiendo de la versión entre 2.791 \$ y 4.076 \$ por licencia de suscripción anual.

Dispone de una prueba gratuita de 30 días.

4.3.1.4.20 VectorWorks Architect.

Es un software BIM, de dibujo 2D y 3D con funciones de dibujo y modelado, renderizado rápido y herramientas de gestión que trabaja tanto en Mac como en Windows. Los diseñadores utilizan VectorWorks para crear modelos ricos en datos sin sacrificar el diseño y colaborar durante todo el tiempo de vida del proyecto. Los arquitectos y los responsables de obra pueden comunicarse rápidamente e intercambiar documentos en un sólo lugar gracias a funciones como; análisis de energía, cronogramas automáticos, hojas de cálculo e informes. Aunque el software VectorWorks tiene muchas críticas positivas por ser una herramienta personalizable y de calidad, tiene una funcionalidad móvil limitada y está un poco saturado.

Principales características de VectorWorks Architect:

- Modelado en 2D y 3D
- Modelado BIM
- Programación gráfica
- Modelado con subdivisión de superficies
- Herramientas de dibujo y anotación.

Precio: La versión completa cuesta 3.045 \$ en pago único. Tiene una versión de prueba gratuita disponible.

4.3.1.4.21 Integración con openBIM en PlanRadar

El software de PlanRadar hace el día a día de la gestión de obras mucho más fácil, una de sus ventajas es que permite cargar los archivos IFC desde Revit, ArchiCAD, AllPlan y

más. Los extractos de BCF de PlanRadar se pueden exportar de nuevo al software CAD, para una conexión perfecta desde el diseño hasta la construcción y más allá.

Para mejorar la productividad reduciendo o eliminando los trabajos que no agregan valor en el proyecto en la etapa de diseño y proceso constructivo y de acuerdo con el porcentaje de encuestados que conocían de BIM y Lean el 89 % acuerda el uso de estas herramientas de gestión al igual que MacLeamy con su gráfico donde demuestra la ventaja del uso del BIM se propone lo siguiente:

4.3.2 Alternativas para el Proceso Constructivo

Para el proceso constructivo hemos identificado como alternativas de solución Lean Construction, Estándares para la dirección de proyectos PMBOK 7ma., edición y BIM modelamiento de la información para el proceso constructivo.

4.3.2.1 Lean Construction

Para poder entender el concepto Lean debemos remontarnos a su concepción en los años de 1980. Sobre la investigación realizada por el MIT que convergió en hechos considerados como una revolución en el mundo de la construcción debido a los grandes beneficios en el desarrollo de proyecto de infraestructura.

La empresa Toyota en su búsqueda de obtener mejoras continuas en sus procesos empezó a buscar alternativas que permitieran mayor eficiencia en el diseño y ello derivó en lo que hoy conocemos como Lean Construction.

4.3.2.1.1 Optimización en la Construcción

El concepto de Lean Construction es la mejora y el desarrollo sin pérdida. Este enfoque metodológico se define como mejora todas las actividades que añaden productividad de una construcción y reduce o elimina todas aquellas que no agregan productividad.

Esto de entrada podría leerse o sonar como algo fácil o lógico, pero su puesta en marcha involucra tener en cuenta múltiples aspectos como:

- Aprovechar y mejorar el talento no utilizado.
- Conceptuar y revisar inventarios.
- Evaluar y controlar tiempos y movimientos.
- Eliminar traslados o esperas innecesarias.
- Monitorear el transporte.
- Eliminar defectos.
- Controlar o eliminar la sobreproducción.
- Evitar el sobre procesamiento.

4.3.2.1.2 Procesos en Lean Construction

Estas variables en Lean Construction se resumen en 3 procesos que finalmente terminan incrementando la productividad en un proceso de diseño o constructivo.

- Transformación.
- Planificación.
- Control.

4.3.2.1.3 Last Planner System

Para llevar adelante estos procesos es necesario tener en cuenta 2 acciones:

Planeación y medición. Se realiza a través de un proceso llamado «Last Planner System» que programa y planifica con tiempos todas las actividades requeridas para generar un diseño o para el proceso constructivo.

4.3.2.1.4 Medición de objetivos

De otro lado está la medición de objetivos, la medición hace posible conocer los avances. La medición que realiza Lean Construction es con respecto a las «pérdidas», especialmente la pérdida de tiempo en mano de obra y materiales desperdiciados.

4.3.2.1.5 Beneficios del Lean Construction

El concepto Lean correctamente aplicado logra múltiples beneficios, entre los principales tenemos:

- **Reducción de tiempos en los procesos.** Está demostrado que los proyectos ejecutados bajo este concepto redujeron el tiempo de construcción entre 15 y 25% con respecto al método convencional.
- **Mayor margen de utilidad.** La reducción del tiempo en proyectos de construcción es sinónimo de un incremento del margen de utilidad para las empresas.
- **Obras más seguras.** Uno de los enfoques más importantes de Lean en los proyectos de construcción es que todas las actividades sean 100% seguras, elevando con ello la seguridad general de la obra y reduciendo considerablemente el número de accidentes.
- **Mayor eficiencia.** Se elimina o reducen los errores o improvisaciones en el diseño.

4.3.2.1.6 Reducción de Costos en Obra

El uso de Lean Construction otorga grandes beneficios, como la reducción de costos en obra. Es fundamental e importante la selección adecuada de proveedores para poder llevar

adelante todos los procesos con eficiencia. No solo se debe evaluar el precio final que es importante sino también tomar en cuenta factores como el transporte, distancia a la obra, instalación etc., que son necesarios para encontrar proveedores idóneos.

Esto finalmente conlleva en reducir costos en la obra, pero también tiempos y plazos de ejecución y entrega. El ahorro puede obtenerse por el precio menor de un proveedor o por las ventajas en tiempo que represente.

4.3.2.1.7 Software BIM

Un programa BIM es el mejor aliado si se desea implementar Lean Construction para los proyectos u obras. Es necesario recordar que estos programas abarcan todo el ciclo de una construcción, desde la etapa de diseño hasta la ejecución, documentación y data necesaria para poder ejecutar el proyecto. El uso del concepto de trabajo de Construcción sin Perdidas significa aplicar herramientas como Last Planner, Lookahead, Eliminación de Restricciones, Carta Balance y Verificación del Porcentaje de Plan Completado mientras dure el proyecto. Los esquemas de trabajos tradicionales establecen dinámicas de trabajo piramidales, Lean propone una cultura de trabajo colaborativo que permite mejores procesos productivos, identifica todo aquello que aporta valor al cliente, genera flujo mediante la eliminación de desperdicios; para la ejecución de las actividades usa el concepto de Jalar en lugar de empujar “Pull” y busca la mejora continua.

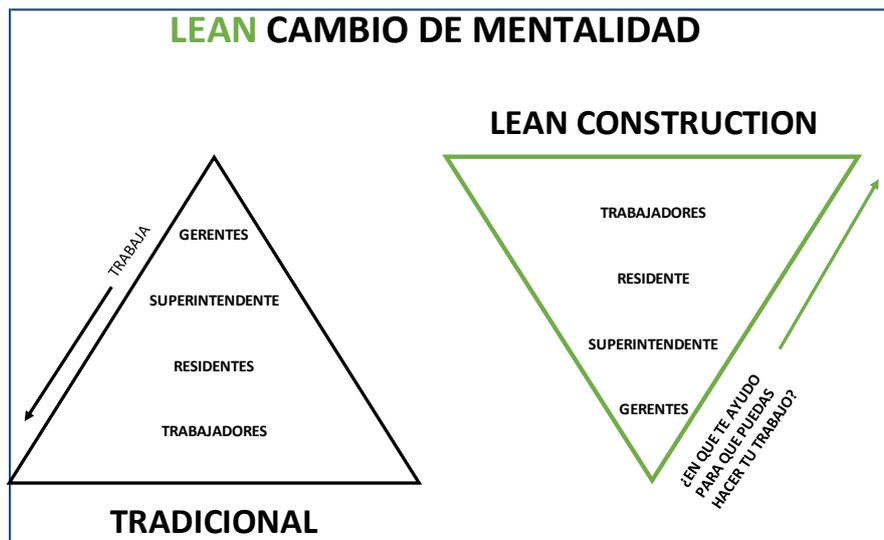


Figura 54. Etapa de diseño Proceso Convencional-Herramientas de Gestión

4.3.2.2 PMBOK Estándares para la dirección de proyectos

El PMI en su 7ma. edición realizó actualizaciones importantes para los Estándares y el Body of Knowledge, conocido también como Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Debido a la importante reducción del volumen total de páginas, el PMI aguarda que el nuevo la 7ma. edición del PMBOK obtenga legibilidad y manejabilidad. La nueva versión tiene aproximadamente 370 páginas versus las 750 de la 6ta edición, lo que supone una gran ventaja comparativa para su lectura y manejo.

El enfoque **predictivo** que predominaba en la 6ta. Edición del PMBOK fue cambiada por el concepto de **metodologías ágiles** que ha ganado peso en la Dirección de Proyectos. Los nuevos conceptos de negocios requieren de rápida adaptabilidad ante los cambios, como lo afirmó el vicepresidente de Global Experience & Solutions PMI, Michael DePrisco, *“debemos respetar el derecho de los profesionales de elegir y aplicar en su proyecto el enfoque que estimen correcto, tanto si es predictivo, ágil, adaptativo o híbrido”*.

La verdadera agilidad empresarial proviene de la libertad de realizarse, no de los marcos, la manera de trabajar para un equipo es específica para ese equipo. Sin embargo, se apega a un marco ampliamente utilizado como Scrum o SAFe o uno de los crecientes enfoques ágiles que existen; un marco puede ayudar, pero el camino más inteligente a menudo toma prestado el pensamiento de varios.



Figura 55. Esquema tradicional y metodología Agil.

Los marcos ágiles pueden ser un buen punto de partida, pero impiden que muchas organizaciones obtengan la mejora esperada. Esto se debe a que la agilidad empresarial proviene de la libertad, no de los marcos. Y cuando combina la libertad de elegir entre las mejores fuentes ágiles, eficientes y tradicionales con la orientación para tomar mejores decisiones, obtiene Disciplined Agile, que es un conjunto de herramientas híbridas que aprovecha cientos de prácticas ágiles para guiarlo hacia la mejor manera de trabajar. para su equipo u organización. Disciplined Agile (DA) está diseñado en cuatro vistas y cuatro capas. Las cuatro vistas son:

1. **Mentalidad** la mentalidad de DA se basa en los cimientos de Agile y Lean para abordar las realidades empresariales. Esta mentalidad se crea y se basa en ocho principios ágiles centrales que guían a las organizaciones para que sean más adaptables y eficaces, siete promesas que nos hacemos a nosotros mismos y a las personas con las que trabajamos, y ocho pautas que nos permiten cumplir estas promesas.

2. **Gente** Disciplined Agile le da a cualquier persona uno o más roles para ayudar a crear un equipo verdaderamente adaptable. No hay una coincidencia de uno a uno entre los roles tradicionales y los roles ágiles disciplinados, es libre de elegir su propia forma de trabajar (WoW), la estrategia sigue evolucionando y la gente también debe hacer lo mismo.

3. **Caudal.** Disciplined Agile proporciona un proceso simplificado para la agilidad de su negocio para que pueda adoptar su proceso de una manera sensible al contexto. Cada organización es única, aplicar herramientas ágiles permite comprender cómo las actividades segmentadas pueden fluir juntas de manera efectiva.

4. **Prácticas.** Disciplined Agile a diferentes escalas del marco ágil, significa aplicar estrategias ágiles en equipos grandes al software distribuido geográficamente. El marco Scaled Agile en Disciplined Agile distingue entre dos tipos de ágil a escala, escalando ágil a nivel de equipo (ágil táctico) o escalando ágil a nivel organizacional (agilidad estratégica). Además de las cuatro vistas, Disciplined Agile también está diseñado en cuatro capas o niveles de proceso:

1. **Base.** La capa Foundation proporciona los fundamentos conceptuales de DA. Incluye los principios, las promesas y las pautas de la mentalidad del DA; conceptos fundamentales de Agile y Lean; conceptos fundamentales de enfoques seriales/tradicionales; roles y estructuras de equipo; y los fundamentos para elegir tu forma de trabajar (WoW).

2. **DevOps disciplinado.** DevOps es la racionalización del desarrollo de software y las actividades de operaciones de TI. Este es un gran comienzo, y en Disciplined DevOps, con un enfoque empresarial integra la seguridad y la gestión de datos para brindar resultados más efectivos para la organización.

3. **Flujos de valor.** La capa Value Streams se basa en DA FLEX. DA FLEX es el pegamento que une las estrategias de una organización en el sentido de que visualiza cómo se ve un flujo de valor efectivo, lo que le permite tomar decisiones para mejorar cada parte de la organización dentro del contexto del todo. No es suficiente ser innovador, también necesita aumentar la realización de valor: esta capa le muestra cómo hacer exactamente eso en el entorno al que se enfrenta.

4. **Empresa ágil disciplinada.** Una empresa ágil disciplinada (DAE) es capaz de detectar y responder rápidamente a los cambios en el mercado. Lo hace a través de una cultura y estructura organizacional que facilita el cambio dentro del contexto de la situación que enfrenta. Tales organizaciones requieren una mentalidad de aprendizaje en el negocio principal y procesos ágiles y esbeltos subyacentes para impulsar la innovación. La capa DAE se enfoca en el resto de las actividades empresariales que respaldan los flujos de valor de su organización. Cuando combina la libertad de elegir entre lo mejor de Agile con orientación para comprender y reducir sus opciones, obtiene Disciplined Agile, un conjunto de herramientas que aprovecha cientos de prácticas ágiles para guiarlo hacia la mejor manera de trabajar para su equipo u organización.

PMBOK se focaliza en 12 principios que establecen una verdad fundamental, una clase de norma o regla que guíe nuestro comportamiento sustituyendo a las áreas del conocimiento. No te dicen qué hacer, sino pretenden responder al *qué* y al *porqué* sobre la

dirección de proyectos. Donde lo importante no es el proceso, sino los resultados.

1. **Stewardship.** Ser respetuoso, diligente y respetar las jeraquias.
2. **Equipo.** Crear una cultura de responsabilidad y respeto.
3. **Stakeholders.** Comprometer a los interesados entendiendo sus intereses y necesidades.
4. **Valor.** Concentrarse en el valor.
5. **Pensamiento holístico.** Identificar y responder a las interacciones de los sistemas.
6. **Liderazgo.** Enseñar, motivar e influir.
7. **Tailoring.** Acomodar la estrategia de entrega basada en el contexto.
8. **Calidad.** Integrar la calidad en los procesos y resultados.
9. **Complejidad.** Afrontar la complejidad a través del conocimiento, experiencia y aprendizaje.
10. **Oportunidades y amenazas.** Afrontar las oportunidades y amenazas.
11. **Adaptabilidad y resiliencia.** Ser adaptable y resiliente.
12. **Gestión del cambio.** Permitir el cambio para alcanzar el futuro deseado.



Figura 56. 12 principios del PMBOK 7ma. Edición

Fuente: PMBOK 7ma. Edición

4.3.2.3 Lean Project Delivery System

La entrega de Proyectos Lean o Lean Project Delivery System (**LPDS**) es un método de entrega de valor en el que el equipo del proyecto ayuda a los clientes a definir y decidir qué es lo que desean, a tomar decisiones y realizar tareas en favor del proyecto. Glenn Ballard explico que **LPDS** es como “**sistema de producción basado en proyectos**” debido a que es un sistema de producción temporal. A diferencia de los metodos tradicionales de ejecución de proyectos, **LPDS** cuestiona qué se debe hacer y quién es responsable de la tarea desde el inicio del proyecto.

De acuerdo al PMBOK un **Sistema de Entrega de Valor** es un conjunto de actividades estratégicas comerciales destinadas a construir, mantener y/o hacer avanzar una organización. Los portafolios, proyectos, programas, operaciones y productos pueden ser parte de una organización para crear la entrega de valor. Procedimientos para la entrega de valor son parte del ambiente interno de una organización que está sujeto a políticas, procedimientos, metodologías, marcos, estructuras de gobierno, etc. Ese ámbito interno existe dentro del ambiente externo más amplio, que incluye la economía, la competitividad, las limitaciones legislativas, etc. Los siguientes temas son características claves de **LPDS**:

- El proyecto es gestionado y estructurado como un proceso de generación de valor.
- La participación oportuna de los stakeholders para diseñar y planear las etapas del proyecto mediante equipos funcionales.
- Para gestionar el flujo de la información y material entre los stakeholders la aplicación de técnicas pull son necesarias.

- Contemplar buffers de seguridad para asimilar variaciones en el sistema de producción a través de una optimización general.

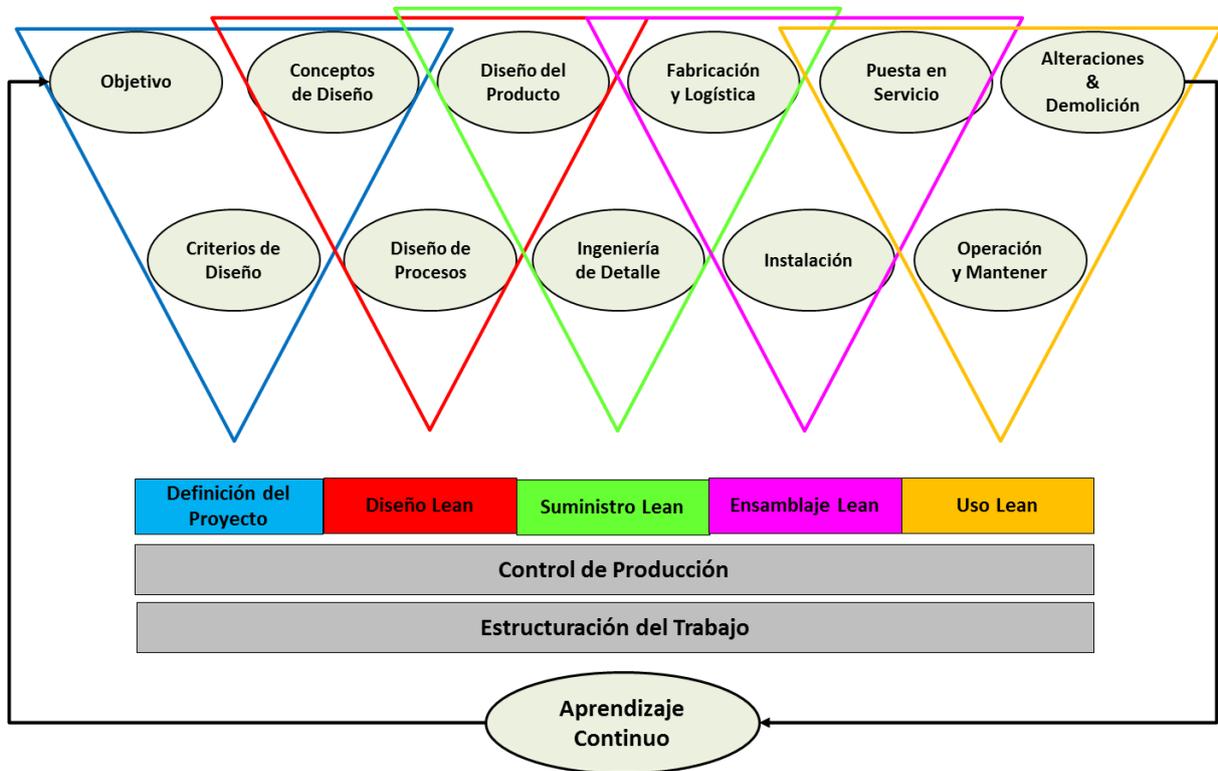


Figura 57. Lean Project Delivery System
Fuente: Lean Project Delivery System

Cada etapa contiene tres procesos en el proyecto. Cada triángulo representa una etapa del proyecto que se superpone, algunos procesos son parte de dos etapas debido a la intercesión en la entrega del proyecto. De tal forma que cada etapa del proyecto tiene un impacto en el siguiente y está ascendencia para la etapa anterior. Las decisiones, que se toman en una etapa, afectan a la otra. Con respecto a la entrega tradicional de proyectos, LPDS muestra explícitamente las relaciones e influencias entre las diferentes fases, que a menudo se ignoran.

El objetivo de la primera etapa, **Definición del proyecto**, es entender mejor el proyecto, como los que se desea (los fines), lo que se debe proporcionar (los medios) y la ubicación, tiempo, costo y regulaciones (limitaciones) se aclaran con la conversación. El concepto de diseño alinea los intereses de los stakeholders a través de valores, conceptos, criterios y especificaciones y conecta las dos primeras etapas del LPDS, debido a que es final de la primera etapa e inicio de la segunda. La segunda etapa, **Lean Design**, continúa con el intercambio de ideas entre los stakeholders luego en base al diseño conceptual se desarrolla el proceso y diseño del producto. Para tener la mayor cantidad de información y el mejor conocimiento sobre las alternativas; las decisiones son tomadas al último momento sin perder de vista maximizar el valor del cliente y minimizar el desperdicio. Si surgen nuevas propuestas y oportunidades durante el intercambio de ideas, el proyecto puede volver a la etapa de “Definición del proyecto”. De la etapa Lean Design se pasa a **Lean Supply**. Basados en el diseño del producto, se genera los requerimientos para la compra o fabricación de todos los suministros (materiales). Esta etapa implica un desarrollo logístico para minimizar el inventario y reducir el tiempo de entrega.

Lean Assembly se continúa con la entrega de suministros (materiales, equipos y materiales) e información y labores para la instalación. Durante esta etapa, las actividades de construcción se realizan usando el concepto de Last Planner para evitar cambio de órdenes y retrabajos. Después de la instalación, la etapa finaliza con la puesta en servicio y el uso de la instalación y continua con **Lean Use**. Esta última etapa reúne los valores generados para el usuario final. La información sobre el mantenimiento, la operación y el desmantelamiento debe ser considerado al inicio del proyecto para poder otorgar valor al usuario final y a un costo total de propiedad más bajo. Para maximizar el valor del activo se debe tener muy en cuenta esta

etapa y continuar después con la etapa de Lean Assembly. En un desarrollo tradicional de proyectos, esta fase no es tomada en cuenta, a menudo no forma parte del proceso y conduce regularmente a usuarios finales insatisfechos.

Cada etapa del proyecto implica estructurar el trabajo y controlar la producción. Estructurar el trabajo tiene como finalidad obtener confiabilidad en el flujo de trabajo sobre todo si se divide el trabajo en partes más pequeñas. El control de producción se focaliza en el flujo de trabajo y la fase de producción utilizando procesos de anticipación para gestionarlos. El control de producción tiene como objetivo gobernar la ejecución de planes en lugar de detectar variaciones. LPDS incluye un Learning Loop para aprender y adecuar el sistema en cada paso y fase, siempre que se necesite.

El Last Planner System (LPS), el objetivo de darle valor al diseño (TVD) y el diseño basado en conjuntos (SBD) son procedimientos que forman parte del LPDS. Por ejemplo, TVD asegura que el proyecto se entregue dentro de las condiciones de satisfacción y restricción del cliente final. El LPS se utiliza como control de producción en LPDS. El SBD ayuda al equipo del proyecto a evitar iteraciones negativas innecesarias. La implementación del LPDS con éxito, se requiere participación temprana, colaboración, incentivos e integración de los stakeholders del proyecto.

4.3.2.4 BIM Modelado de la Información para la Construcción.

En la actualidad existe confusión sobre el uso de BIM y cómo puede ayudar a las empresas. Una idea equivocada muy común es que BIM es un sistema referido al desarrollo de diseños 3D, cuando BIM es un concepto creado para administrar toda la información de un proyecto, de ahí su nombre Modelo de información para la construcción, que contiene

información digital relevante de cada aspecto del proyecto.

4.3.2.4.1 Principales usos de BIM en proyectos de construcción

4.3.2.4.2 Generación de planos en 3D

El modelo BIM que se obtiene a partir de las nubes de puntos 3D generadas por el láser escáner y/o la fotogrametría es usado entre otras tareas para ver el avance de la obra. En estos planos se muestra con total claridad el entramado de tuberías, cables, sistema de iluminación, ventilación y todo lo que tiene que ver con la infraestructura que se está construyendo. Cualquier modificación en el diseño o la ejecución de la obra llevada a cabo por los responsables de los distintos departamentos aparece de inmediato en el modelo BIM para que todos lo sepan a la vez. De esta manera se evitan errores o malentendidos, ya que todos tienen acceso inmediato a los últimos planos en 3D.

4.3.2.4.3 Seguimiento de la obra

Es junto a la toma de mediciones uno de los usos más extendidos de BIM y es que el seguimiento de una obra es el que más quebraderos de cabeza puede dar a los responsables. Esta herramienta puede aportar certificaciones objetivas y transparentes sobre el avance mensual o semanal de la obra con parámetros que pueden medir y comparar la evolución de la construcción del edificio.

4.3.2.4.4 Simulaciones

BIM se puede utilizar para llevar a cabo simulaciones de todo tipo en el edificio. Estas son algunas de ellas:

- **Simulación de evacuación:** sirve para diseñar y evaluar vías de evacuación seguras dentro del edificio o la instalación.
- **Simulación energética:** se utiliza para diseñar equipamientos que se ajusten a la eficiencia energética y los objetivos de coste energético propuestos.
- **Simulación de ventilación:** sirve para la correcta instalación de dispositivos de ventilación mediante el análisis CFD (Computational Fluid Dynamics) de ventilación de túneles.
- **Simulación de iluminación:** se utiliza para desarrollar de manera eficiente el diseño de iluminación del edificio o la infraestructura.
- **Simulación acústica:** sirve para diseñar sistemas acústicos eficaces y con el mínimo impacto durante la ejecución de la obra y hasta su finalización.
- **Simulación de gestión de los residuos de excavación:** BIM realiza una gestión simulada del transporte de los residuos de la excavación de la obra para que tengan el menor impacto posible.
- **Simulación de visibilidad:** los modelos BIM y la realidad virtual pueden ofrecer información importante sobre la visibilidad y los puntos ciegos del edificio.

4.3.2.4.5 Condiciones antes de realizar el proyecto

El uso de BIM junto con el uso del láser escáner y de drones para escanear y elaborar mapas del lugar donde se desarrollará el proyecto facilita el proceso y el cumplimiento de costes y plazos. Así, se pueden recopilar aspectos importantes a tener en cuenta antes incluso del diseño del edificio, como la ubicación de parcelas colindantes, zonas naturales protegidas, áreas de exclusión, infraestructuras que se ven afectadas, etc.

4.3.2.4.6 Conservación y mantenimiento

Los modelos BIM sirven para planificar la conservación y el mantenimiento integral de un edificio de manera óptima. En el caso de infraestructuras, como por ejemplo una vía férrea o carreteras, se utilizan junto con otras herramientas tecnológicas.

4.3.2.4.7 Ventajas de BIM en proyectos de construcción

Sabemos que la principal ventaja de BIM es la capacidad de generar modelos en 3D e interconectar a todos los stakeholders en el desarrollo del proyecto. Pero también hay otros beneficios importantes a tener en cuenta en la construcción:

- Se minimizan errores.
- Se ahorran reuniones improductivas.
- Mejora la coordinación de equipos.
- Información compartida en tiempo real.
- Se reducen los costes.
- Aumenta la productividad.
- Minimiza los conflictos entre los distintos departamentos.
- Permite estimar los costes de la obra y los materiales que se van a usar.
- Permite comprobar todas las variables de la obra de manera clara y precisa.
- Se puede detectar cualquier defecto de la estructura.

5 CAPÍTULO V. - PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La propuesta de solución para el desarrollo del proyecto inmobiliario Spuknit – Surco en su etapa de diseño y proceso constructivo después de haber descrito y analizado las herramientas de gestión descritas son, BIM con su plataforma colaborativa y Revit para el proceso de modelado en la etapa de diseño y Lean Construction para el proceso constructivo. Hay muchos vínculos que unen a BIM y Lean en el desarrollo de un proyecto sobre todo en los objetivos que ambos persiguen. BIM mediante el manejo de datos de calidad en un proyecto busca crear valor para los clientes, Lean busca crear valor mediante el concepto de construcción sin pérdidas y mejora continua.

La relación de vínculos entre ambos es primordial porque BIM cubre todas las necesidades del proyecto por sí mismo, por lo que se corre el riesgo de no aprovechar al máximo esta herramienta. BIM utiliza procesos eficaces y confiables para implementar, controlar y especificar; Lean proporciona métodos efectivos para una construcción sin pérdida y mejora continua, ofreciendo un marco estructural para llevar adelante modelos BIM, teniendo en cuenta que los impactos en BIM están directamente relacionados con principios Lean. Es por ese motivo que los equipos BIM aplican con éxito procesos Lean para planificar, ejecutar y controlar. BIM posibilita la automatización de los flujos y Lean los optimiza.

DESARROLLO DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCION	
CON HERRAMIENTAS DE GESTION	SISTEMA TRADICIONAL DE CONSTRUCCION
Trabajo Colaborativo en el Diseño del Proyecto.	Trabajo independiente entre especialidades
Metrados de materiales despues de finalizado el modelado 3D de la obra	Metrado usando los planos 2D con el metodo tradicional
Disminución de incertidumbre por el modelado 3D con Revit, detección de interferencias entre especialidades (Arquitectura, estructura, IIEE, IISS IIGas).	Se descubre en el desarrollo del proyecto
Mejora de la planificación y logistica por el uso del modelado 3D y el uso de materiales (LOD400).	Se trabaja con los reportes emitidos por el Software S10 despues del metrado
Precisión en la estimación del presupuesto de obra producto del modelado 3D del proyecto (LOD500)	Con precios actualizados en el S10 y en base a los metrados se establece una estimación de presupuesto aceptable
Acceso permanente al modelo desde cualquier dispositivo y desde cualquier lugar	Acceso a los planos 2D en obra
Disminuye la incertidumbre y el riesgo en el proceso constructivo	Se descubre con el desarrollo del proyecto segun el avance de obra
Elimina errores y costos en el proceso constructivo por errores en el diseño	Se trabaja con planos 2D despues de la compatibilización de todos los planos del proyecto
Posibilita el uso de diferentes alternativas en el diseño y acabados	Se visualiza y se metra despues de terminado el casco del la obra
Ayuda al proceso de selección de ofertas en la compra de materiales y en la selección de empresas constratistas para la ejecución del proyecto	Con la relación de Materiales y precios emitod por el S10, se puede iniciar la solicitud de ofertas en materiales y contratistas en la ejejcución.
Mejora las relaciones con los contratistas	Se estable relaciones con contratistas con insertidumbresx
Reduce el tiempo en la ejecución y entrega del proyecto	En el desarrollo de la obra de presentan los reprocesos y sus costos con tiempos adicionales en su ejecución dilatando la entrega del proyecto
Reduce los reprocesos y sus costos en el desarrollo del proyecto	Los reprocesos se descubren en la ejecución de la obra
Apoya al area comercial con planos 3D e infografías para ventas	Apoya con planos de panta 2D para la venta

Figura 58. Esquema del desarrollo de un proyecto

La figura mostrada describe el desarrollo de un proyecto inmobiliario bajo el enfoque tradicional y con el uso de herramientas de gestión, que incluye un sistema colaborativo, de trabajo donde todos los profesionales participan interactivamente, uso de Revit para el desarrollo de los diseños, uso de Lookahead, eliminación de restricciones, carta balance y el cumplimiento del porcentaje de plan completado para mejorar el proceso constructivo.

5.1 Propuesta de solución y/o mejora en la Etapa de Diseño

Un proceso de diseño es el desarrollo descriptivo de un nuevo proyecto, que se representan por modelos 3D, planos y memorias. Permite tener la idea del futuro edificio, calcular el metrado de los materiales, costos de los mismos y a determinar las tareas y los recursos necesarios para su construcción. Se deben usar aplicaciones que permitan crear diseños 3D realistas, modelos paramétricos que se pueden compartir entre el equipo de trabajo, estos modelos 3D pueden ser usados por software de simulación como herramientas de gestión para el proyecto. El uso de estas aplicaciones en la construcción permite a los arquitectos crear edificios más eficientes y ecológicos.

Los modelos del proyecto deben proporcionar una descripción detallada de la volumetría y geometría de los objetos y sus partes, ya sea de un edificio residencial, un puente, un túnel o una fábrica. Los dibujos de diseño deben crear un alto nivel de detalle para obtener una representación visual clara de todos los componentes del edificio. Deben incluir los elementos principales del proyecto, como los sistemas mecánicos, eléctricos, estructurales de suministro de agua y desagüe.

El uso, implementación, aplicación de un software para el modelado de un proyecto dependerá de las necesidades de los Stakeholders del proyecto, se puede diseñar con programas para principiantes que permiten crear un dibujo y una presentación sencilla del proyecto, como también se puede diseñar con aplicaciones más completas para firmas de construcción profesionales que necesitan detalles y funciones de dibujo y modelado muy precisas. Existen gran variedad de aplicaciones en el mercado para cada necesidad y presupuesto. De la relación anterior de software para modelado hemos elegido Revit de Autodesk. Tener en cuenta que el software que se elija debe ayudar a implementar con éxito

su proyecto de construcción.

5.1.1 Razones para elegir ClickUp como plataforma colaborativa.

ClickUp es de la empresa Unicornio los startups fueron testigos de un crecimiento acelerado debido al mayor énfasis acuñado al trabajo remoto. La plataforma de productividad ofrece soluciones basadas en tecnología de oficina para la gestión del tiempo, de proyectos y del flujo de trabajo, entre otras cosas. Es una aplicación cuyos costos son asequibles, propone el ahorro unicornio, promete 52 días de ahorro cada año, con espacio ilimitado, en las tareas, puedes subir ficheros adjuntos, hasta de 1 giga. La jerarquía que propone la herramienta es muy buena, organizando la empresa con la correspondencia en un espacio de trabajo y a partir de ahí, puedes crear gestiones, operaciones y a su vez carpetas y listas, y dentro de estas últimas tareas y checklist. Las integraciones nativas de ClickUp, es un requerimiento que cada vez demanda más y en este sentido varias aplicaciones se han integrado a ClickUp como slack, zapier, ifttt, zoom y muchas más.

Tiene hasta 10 formas diferentes de visualizar la información, dispones de una lista tradicional, de modo Kanban (tipo Trello), modo calendario, o modo Gantt. Puedes ver como todos los proyectos se dibujan en un gráfico de gantt, para ver cuál es la carga de trabajo pendiente. ClickUp tiene la opción de WorkLoad que permite controlar y monitorear los trabajos asignados al personal, así como su cumplimiento. Los usos de ClickUp no solo son para gestionar tareas o proyectos, la potencia de la herramienta, el espacio ilimitado, te permite crear un sistema de facturas emitidas y recibidas, un programa formativo o un capturador de información que puedes localizar en segundos. Brinda una opción para consultores, diseñadores, coaches, trafickers, arquitectos, profesores, o cualquiera que quiera

compartir conocimiento, experiencias de procesos de cómo realizarlos, permite copiar, pegar e insertar tareas individuales o masivas, integrar tu correo electrónico, exporta e importa información de otros aplicativos como Excel y otros.

5.1.2 Razones para elegir Revit para el modelado en la etapa de diseño

Autodesk es una de las empresas desarrolladoras de programas para diseño más reconocida e importante en el mundo. Hablar de software para la industria de la construcción hoy en día, es hablar de Autodesk. Los softwares de Autodesk se han vuelto esenciales para todos los profesionales en el ámbito del modelado. Actualmente, existen muchos programas para diseño arquitectónico, generando en muchos casos problemas de compatibilidad. Por esa razón, nace **BIM**, un modelo informático universal que otorga soluciones a la mayor parte de problemas de compatibilidad entre las distintas plataformas, otorgando la opción de visualizar proyectos completos, sin importar dónde fueron desarrollados. Revit es un programa de diseño arquitectónico de múltiples funciones que permite el modelado y desarrollo de todo tipo de proyectos, con este programa, los especialistas realizan diferentes desarrollos de modelado de proyectos arquitectónicos, estructurales y MEP. La característica más destacadas de Revit, es su forma de diseñar basado en el modelado con objetos o familias de objetos, brindando la posibilidad del desarrollo de objetos 3D conforme se avanza el modelo, a través de este programa se pueden dibujar planos, pero también construir virtualmente un modelo 3D del proyecto, al cual se le llama “**modelar en BIM**”, con el volumen desarrollado se puede visualizar y revisar el edificio y toda su volumetría, construyendo muros, ventanas, puertas, usando diferentes materiales. Cualquier modificación o actualización en el modelo se actualiza automáticamente, lo que agiliza el tiempo de trabajo, mejorando las operaciones y el rendimiento. Algunas otras características y funciones principales de porque elegir Revit son

las siguientes:

- Es un software de diseño arquitectónico, permite modelar y maquetar proyectos desde cero, efectuar modificaciones, recorrer las etapas del proyecto en un mismo archivo, crear simulaciones, diseñar y ubicar objetos, realizar cálculos de áreas, como habitaciones en concreto, plantas y demás.
- Revit un programa desarrollado con el concepto BIM, permite usar diferentes funciones específicas para las distintas especialidades y stakeholders que participan en el proceso de desarrollo del producto.
- El proyecto se puede visualizar de forma real y tener una visión más real del mismo, todo gracias a la capacidad de simular diseños en 3D.

La existencia de muchos programas para diseño BIM, puede hacer más difícil la decisión de elección. En la actualidad los programas más usados son **Revit**, **Allplan**, **AECOSim** y **Archicad**. Todos ellos con características y herramientas diferentes, unas mejores que otras, sin embargo, el que más destaca entre ellos es Revit.

1. Más que un software de diseño arquitectónico, Revit permite realizar modelos y módulos especializados como instalaciones eléctricas y sanitarias **MEP**, es decir diseño de del proyecto y sus especialidades.

2. Versión educativa de larga duración, Revit, posibilita el acceso a una licencia educativa gratuita permitiéndole adecuarse, capacitarse y obtener las habilidades para el desarrollo de cualquier proyecto a través de este software.

3. Cuenta con el respaldo de Autodesk, que es una empresa de software de diseño más importante del mundo, lo que hace del producto una herramienta confiable y de calidad además de las constantes actualizaciones que Autodesk frecuentemente realiza a sus

productos.

4. Cuenta con gran cantidad de complementos, el programa cuenta con muchas funciones y complementos a través de plugins. También cuenta con gran cantidad de recursos previamente diseñados, se puede acceder a la biblioteca del fabricante y otros portales para acceder a muchos recursos través de Internet.

5. Compatible con otro software de Autodesk, compatibilidad total con otros software desarrollados por la empresa, como *Dynamo* para programación, *Robot Structural Analysis* para el estudio y cálculo estructural y con *Autocad*, que es sin dudarle una de las mejores herramientas BIM. Autodesk, brinda soporte, actualizaciones y facilidades para el aprendizaje, es por esa razón que hemos elegido este software para el desarrollo en la etapa de diseño en el proyecto Spuknit – Surco.

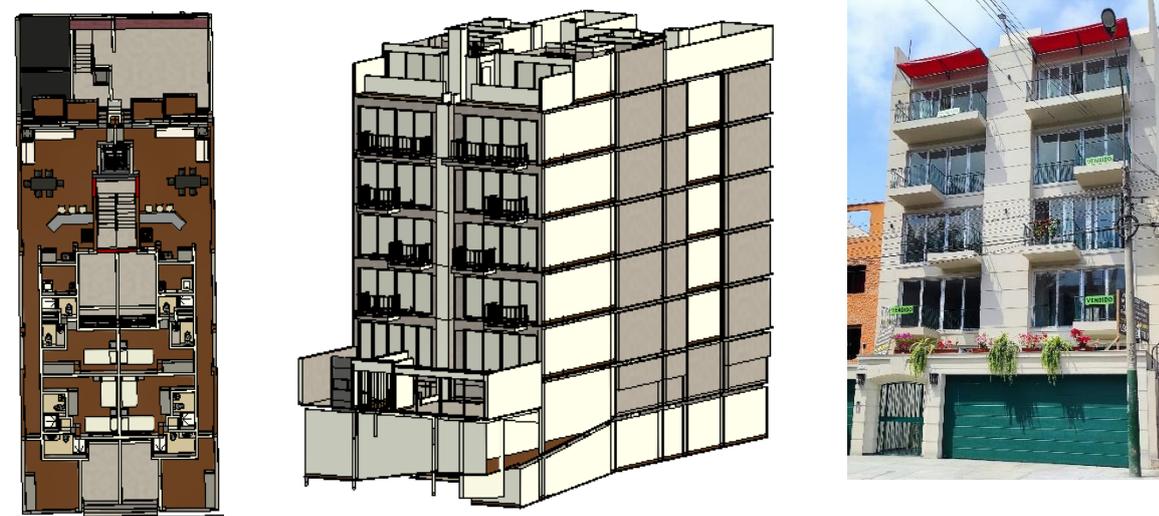


Figura 59. Desarrollo del modelo con Revit

Revit permite visualizar el proyecto finalizado en la etapa de diseño, verifica interferencias entre especialidades además de brindar el metrado de los materiales, evitando retrabajos en la etapa constructiva por malos diseños.

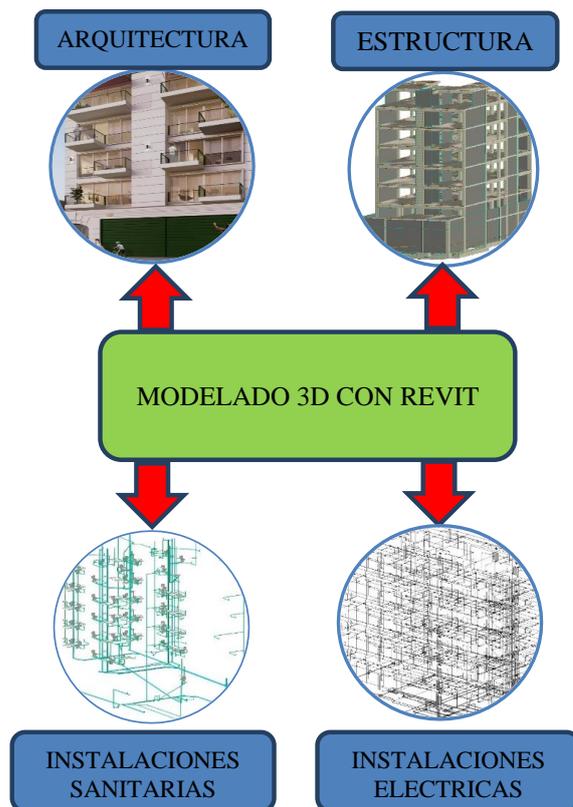


Figura 60. Esquema del modelado 3D con Revit

El uso de Revit para el modelado del proyecto bajo el enfoque BIM requiere conocer cómo se gestionará el proyecto. Su uso brinda claridad en el conocimiento del proyecto permite conocer y mostrar la volumetría a construir, brindando alternativas para quien lo necesite de extraer datos como materiales, medidas, dimensiones, ubicación entre otros. Si algún involucrado en el proyecto decide realizar modificaciones, toda la información se actualiza automáticamente actualizando toda la documentación del proyecto favoreciendo las revisiones y mediciones.

Antes del inicio del proceso constructivo, el modelado con Revit permite resolver interferencias entre espacialidades, detecta colisiones existentes ahorrando tiempo y dinero.

El diseñador genera el modelo de la edificación que será usado por el constructor, no

obstante, el constructor puede hacer cambios posteriores, esto es posible gracias a que la base de datos es compartida y los cambios son incorporados agilizando el intercambio de información entre diseñador y constructor.

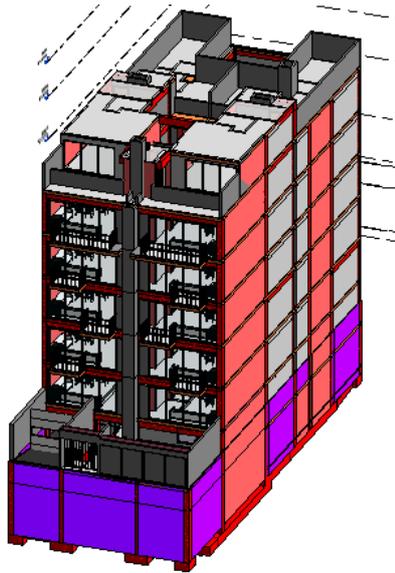


Figura 61. Modelado de Arquitectura 3D edificio Spuknit (Revit)

La figura muestra el modelado con Revit, permitiendo conocer la volumetría y detalle del proyecto.

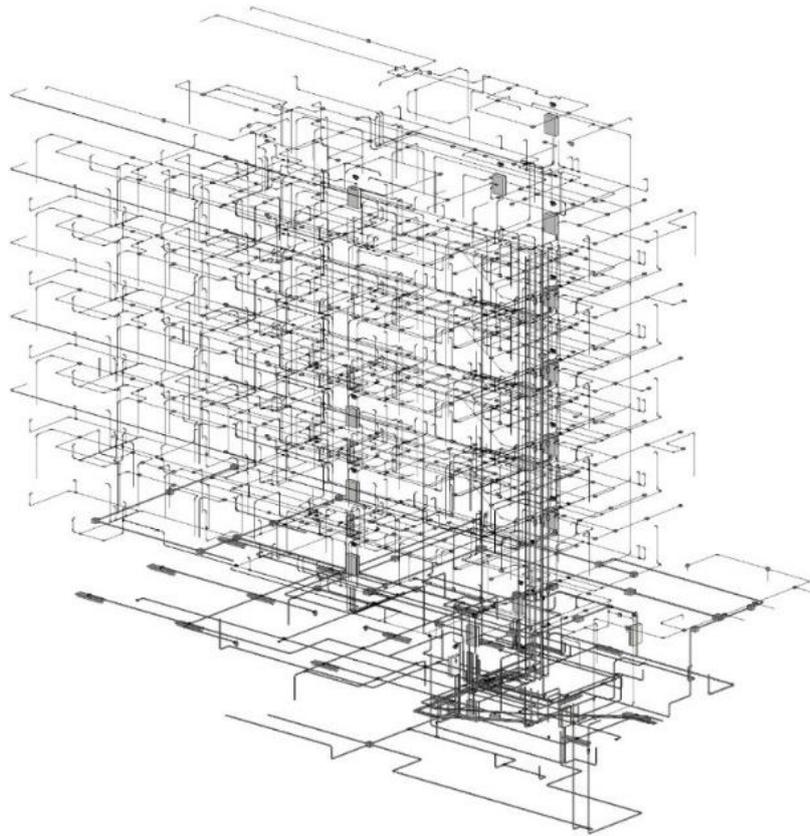


Figura 62. Modelado del Acero del edificio Spuknit – Surco

El especialista estructural pueda revisar la cuantía del acero para cada uno de los elementos estructurales del edificio mientras se desarrolla el modelado. También puede realizar análisis dinámico de cargas y desplazamientos del edificio con el programa Etabs compatible en información con Revit.



Figura 63. Corte 3D Edificio Spuknit

La figura muestra en corte del proyecto, los cortes son muy rápidos y sencillos cuando se modela con Revit,

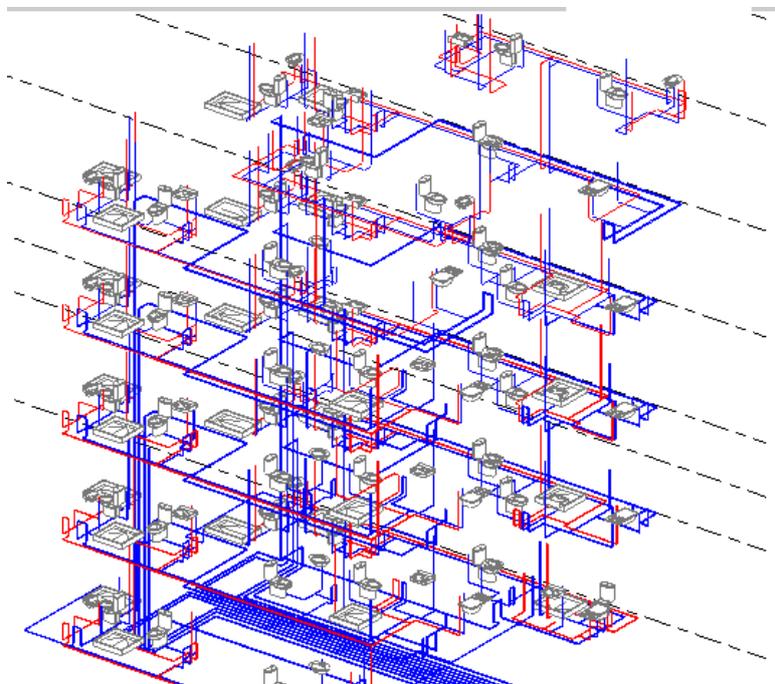


Figura 64. Instalaciones Sanitarias 3D Edificio Spuknit

El especialista en instalaciones sanitarias puede revisar el recorrido de las tuberías en el modelo 3D, como si el edificio estuviera construido, detectando y solucionando interferencias en la etapa de diseño.

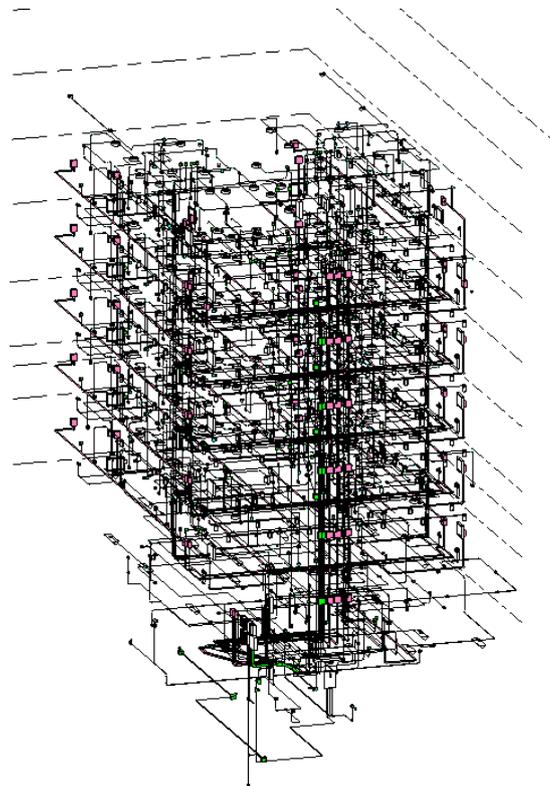


Figura 65. Modelado IIEE Multifamiliar Spuknit – Surco

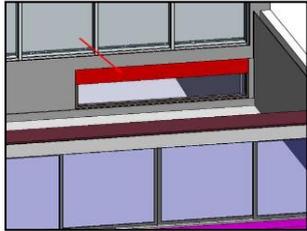
El especialista en instalaciones eléctricas puede revisar el recorrido de las tuberías en el modelo 3D, como si el edificio estuviera construido, detectando y solucionando interferencias en la etapa de diseño.

El uso Revit permite identificar interferencias entre especialidades, la plataforma colaborativa permite compartir con los profesionales estas interferencias para su solución, estas interferencias que no se pueden lograr identificar en etapa temprana con el desarrollo convencional se logran con el modelado en Revit done puede ver de forma real el edificio

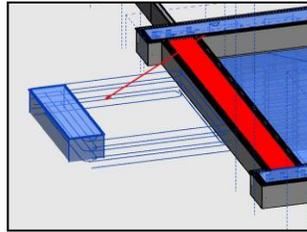
terminado, hacer un recorrido virtual para verificar que todo este correctamente desarrollado.

Los errores o interferencia se pueden solucionar en la etapa de diseño, evitando tener que descubrirlo en el proceso constructivo eliminando retrabajos, pérdida de tiempo y dinero. A continuación, algunas interferencias detectadas en el modelado.

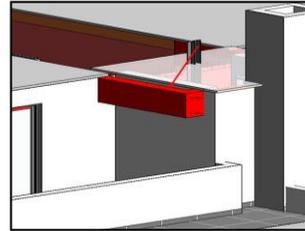
- En el sótano el pozo séptico no se encuentra registrado en planos arquitectura y estructuras.
- Viga atraviesa ventana de fachada en nivel de vereda.
- Viga en azotea no registrada en plano arquitectura.
- Viga estructural atraviesa ingreso a hall de semisótano.
- Nivel de viga muy baja, no apto para pase vehicular.
- Losa atraviesa ductos de baños en todos los niveles.
- Viga en ducto de ascensor es más ancho al ancho registrado en arquitectura.
- Zapata atraviesa pozo séptico.



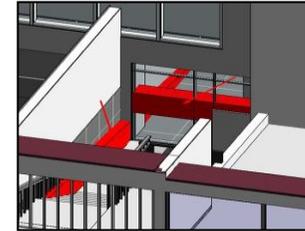
Viga atraviesa ventana de fachada en nivel de vereda.



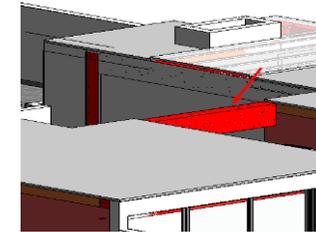
Pozo séptico no registrado en plano de arquitectura ni estructuras.



Viga en azotea no registrada en plano arquitectura



Viga estructural atraviesa ingreso a hall de semisótano

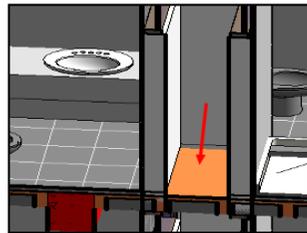


Viga no registrada en plano de arquitectura

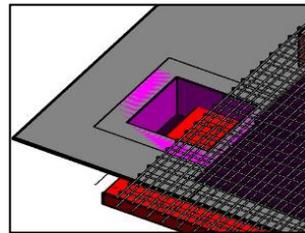
Figura 66. Interferencia Etapa de Diseño modelado 3D



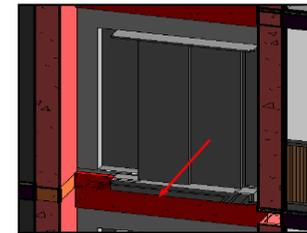
Viga muy baja, no apto para pase vehicular.



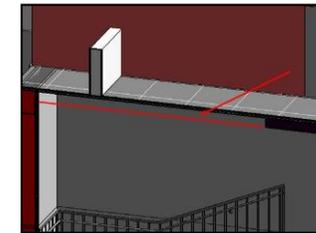
Losa atraviesa ductos de baños en todos los niveles.



Zapata atraviesa pozo séptico.

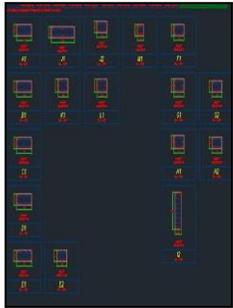


Viga en ducto de ascensor es más ancho al ancho registrado en arquitectura.

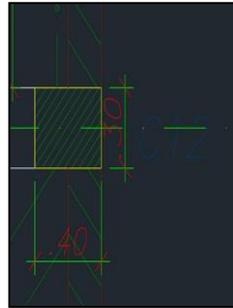


Losa en techo de escalera 5to nivel no registrada en estructuras.

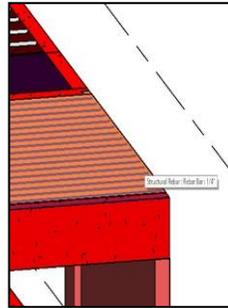
Figura 67. Interferencia Etapa de Diseño Estructura-Arquitectura



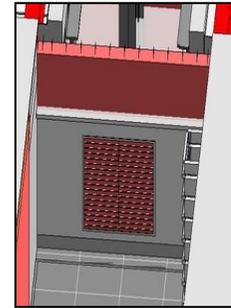
Nombres de columnas no corresponden a plano de encofrados.



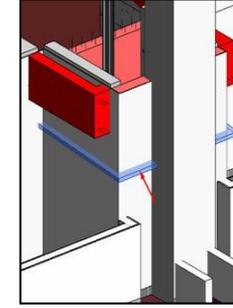
Columna C12 sin detalles de medidas en planos



Acero de temperatura en losas no considerado en planos



No hay vano para inspección de ascensor en estructuras.



Estructuras y arquitectura tienen diferente nivel en techo de ascensor.

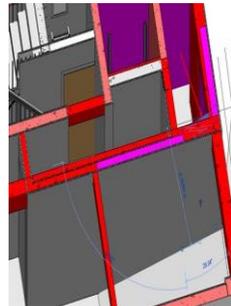
Figura 68. Interferencia Etapa de Diseño Estructura-Arquitectura



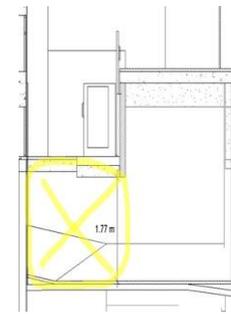
Giro de rampa no definida en proyecto de arquitectura



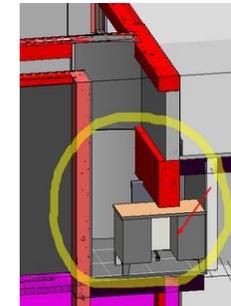
Placa no registrada en estructuras



Placa curva no registrada en estructuras



Insuficiente altura para autos en rampa bajo ascensor de discapacitados.



Área de administración queda sin uso por falta de altura.

Figura 69. Interferencia Etapa de Diseño Estructura-Arquitectura

La figura siguiente describe los beneficios de usar la metodología BIM en el desarrollo de un proyecto inmobiliario en la etapa de diseño versus el enfoque tradicional.

ETAPA DE DISEÑO DEL PROYECTO	
METODO TRADICIONAL	METODOLOGIA BIM
Actividades independientes en el desarrollo los planos	Actividades coordinadas y sincronizadas, uso de software colaborativo
Dibujo lineal de planos y vistas del proyecto en planta	Modelamiento real 3D del proyecto y generación automática de vistas
Proceso manual de compatibilización de planos para identificar interferencias entre especialidades	Compatibilidad automática, genera interferencias entre especialidades indicando los detalles y ubicación
Usa elementos genéricos 2D	Usa elementos constructivos reales con vistas 3D
Su desarrollo requiere mucho trabajo, cualquier cambio obliga a revisar todas las especialidades	Requiere poco trabajo debido a su modelado real, todo cambio es actualizado automáticamente en el diseño y en las bases de datos
Alto nivel de riesgo de error humano en la etapa de diseño y proceso constructivo	Minimiza el factor de error humano, detectando errores en la etapa de diseño, evitando se descubra en el proceso constructivo

Figura 70. Etapa de diseño enfoque Tradicional vs BIM

En la presente investigación para el desarrollo del proyecto en su etapa de diseño utilizo el concepto BIM con su enfoque de trabajo colaborativo y modelado 3D como herramienta de gestión, se inició con el uso del ClickUp como plataforma colaborativa permitiendo compartir el proyecto con todos los Stakeholders. Esta herramienta permite la colaboración y la comunicación en un espacio profesional virtual común. Su uso elimina toda razón para no colaborar con el proyecto. El ingreso a la plataforma es en cualquier momento está abierta 24/7 durante todo el tiempo que lo decidan o tiempo de vida del proyecto. Con ClickUp puedes organizar el trabajo como mejor lo decidas, toda la información es compartida por todos Stakeholders del proyecto.

Para el desarrollo del diseño se usó Revit de Autodesk, es un software de modelado de edificios usado por arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros mecánicos, eléctricos y sanitarios (MEP) etc., permite diseñar el proyecto y crear vistas reales y precisas. Finalizado el modelado puede emitir reportes de metrados de todos los elementos del proyecto, teniendo así las cantidades de materiales listos para su cotización y elaboración de presupuesto general de obra.

CRONOGRAMA ELABORACION DE DISEÑOS - MODELADO 3D con herramientas de gestión					
Concepto	Descripción	Tiempo en días			
		Planeado	Real	Exceso	% Cumplimiento
Anteproyecto	Planos Arquitectura Planos Cortes y elevaciones Planos de Ubicación	60	60	0	100%
Proyecto	Planos Estructura Planos Instalaciones Sanitarias Planos Instalaciones Eléctricas Compatibilización	60	60	0	100%
Total		120	120	0	100%

Figura 71. Cronograma de diseño, modelado 3D

La figura muestra el desarrollo de la etapa de diseño con BIM – Revit del proyecto inmobiliario Spuknit Surco, se puede apreciar que los tiempos planeados se cumplieron mostrando ventaja comparativa con respecto al desarrollo bajo el enfoque tradicional, sobre todo por toda la información adicional que puede brindar Revit al proyecto.

Metrados con Revit Modelado 3D

El metrado con el software Revit es parte del modelamiento 3D, permite cuantificar todos los materiales involucrados por cada especialidad en el proyecto. Metrar con Revit resulta fácil, en el proceso de modelado de los elementos de la edificación se registran los materiales que lo conforman para después obtener una relación o resumen de ellos, también

sucede con la estimación del presupuesto de obra, si se requiere cambios o actualizaciones estos se harán de forma automática.

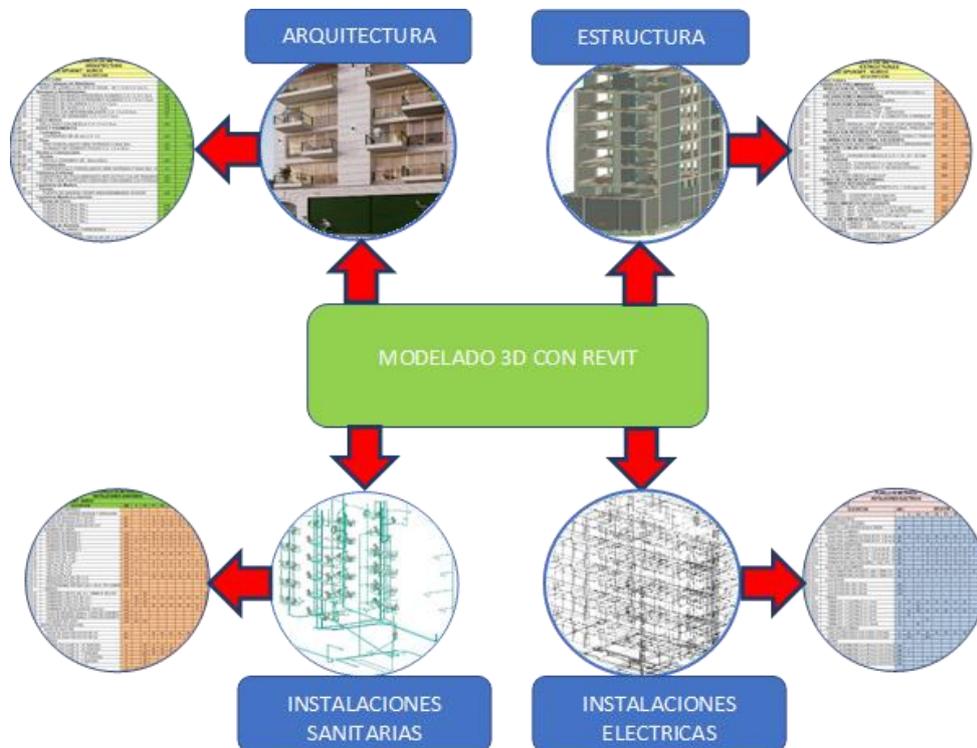


Figura 72. Metrado del Edificio Spuknit – Surco proyecto con Revit

La figura muestra la secuencia del proceso de metrado del proyecto elaborado con Revit. Con el proceso de modelado se genera simultáneamente el metrado de los materiales. El modelamiento con Revit de un muro, columna, viga o placa incluye definir los materiales que lo conforman, cada elemento modelado tiene la posibilidad de incluir los materiales que lo conforman. Los cambios, actualizaciones o modificaciones de materiales en los elementos se actualizan automáticamente.

La información utilizada para desarrollar el modelo se encuentra en una única base de datos que se actualiza cada vez que se realiza un cambio. No importa en qué parte del modelo haya realizado el cambio, cualquier nueva información que cargue se usa en todo el

proceso de modelado. Son consideradas modificaciones dinámicas y se realizan en tiempo real ahorrando tiempo, evitara los problemas de coincidencia de información cuando se tiene muchos dibujos diferentes.

MUROS DE ALBAÑILERÍA							
DESCRIPCIÓN	MATERIAL	LONGITUD	ANCHO	VOLUMEN	ALTURA	ÁREA	Nº LADRILLOS
	2	3	4	5	6	7	8
Muro albañilería 10cm	LADRILLO	62.74 m	0.10 m	0.58 m ³	0.10 m	5.76 m ²	211
Muro albañilería 15cm	LADRILLO	793.83 m	0.15 m	262.54 m ³		1750.68 m ²	65,366
Muro albañilería 20cm	LADRILLO	204.48 m	0.20 m	94.78 m ³		473.91 m ²	17,710
Muro albañilería 25cm	LADRILLO	5.75 m	0.25 m	3.66 m ³	2.86 m	14.63 m ²	547
Muro albañilería 30cm	LADRILLO	60.63 m	0.30 m	12.50 m ³		41.66 m ²	1,556
Muro albañilería cortafuego 15cm	LADRILLO	9.91 m	0.15 m	3.81 m ³	3.00 m	25.39 m ²	948
Muro albañilería cortafuego 20cm	LADRILLO	32.31 m	0.20 m	14.67 m ³		73.37 m ²	2,742
Sardinel .60	LADRILLO	2.73 m	0.60 m	0.25 m ³		0.41 m ²	15
Total general		1172.39 m		392.78 m³		2385.83 m²	89,095

Figura 73. Metrado con Revit de Arquitectura

El metrado generado con Revit tiene la ventaja de actualizarse automáticamente cuando la configuración de un elemento cambia en sus componentes o medidas. La base de datos Revit ofrece beneficios como reducir la cantidad de repeticiones que debe realizar al diseñar su modelo.

Si pensamos en un diseño desarrollado con Autocad 2D con planos de planta y un modelo general de construcción tendríamos que revisar constantemente los diseños de las diferentes especialidades para hacer cambios, tan pronto el cambio se realice se tendría que hacer el mismo cambio en todas las demás especialidades para evitar conflictos, lo que hace trabajoso, complejo y lento ese tipo de opción. Suele conducir a errores si dado el caso se pierde un dibujo creando inconsistencias. Se suele repetir trazos y objetos constantemente reduciendo la productividad y documentación adicional no necesaria. El proyecto se detiene en papeleo y diseños. Revit permite el ingreso desde diferentes lugares centralizando la información en una sola base de datos eliminando completamente el trabajo repetitivo.

VENTANAS					
DESCRIPCIÓN	ANCHO	ALTO	ALFEIZAR	ÁREA (m2)	ALUMINIO
	2	3	4	5	6
0.50X1.30	0.50 m	1.30 m	1.00 m	1.3	Sí
0.55X1.30	0.55 m	1.30 m	1.00 m	4.29	Sí
0.75X0.70	0.75 m	0.70 m	2.00 m	5.25	Sí
0.80x0.60	0.80 m	0.60 m	1.85 m	0.96	Sí
1.00X0.70	1.00 m	0.70 m	2.00 m	12.6	Sí
1.8x1.3	1.80 m	1.30 m	1.00 m	14.04	Sí
1.15X0.70	1.15 m	0.70 m	2.00 m	8.05	Sí
1.40X1.30	1.40 m	1.30 m	0.94 m	3.64	Sí
1.825X1.40	1.83 m	1.40 m	1.00 m	25.55	Sí
2.00x1.30	2.00 m	1.30 m	1.00 m	20.8	Sí
2.25x1.45	2.25 m	1.45 m	1.00 m	3.26	Sí
2.65x1.05	2.65 m	1.05 m	0.20 m	2.78	Sí
2.275X1.40	2.28 m	1.40 m	1.00 m	31.85	Sí
Vano de barrotes 50x50	0.50 m	0.50 m	1.80 m	0.25	
Vano de Cisterna				0	
Total general				134.63	

Figura 74. Detalle de los materiales Arquitectura

Revit brinda mayor de detalle en los metrados, modelado parte del hecho de conocer el proyecto. La posibilidad de crear un modelo en 3D permite comprender la volumetría a construir, se puede extraer datos del proyecto como ubicación, materiales, mediciones, dimensiones, entre otros, las modificaciones son automáticamente actualizadas favoreciendo la revisión y extracción de datos. Puede trabajar con volúmenes previamente establecidos reduciendo la cantidad de dibujos necesarios para el modelado, ayudará a tener menos impresiones, la documentación está en la base de datos de la plataforma colaborativa donde se registra automáticamente toda la información que necesita el proyecto, puede identificar la información con etiquetas o notas de esa forma accederá más fácilmente a la información.

El acceso es rápido y simple, no necesitará imprimir la información para documentar el progreso del proyecto.

5.2 Propuesta de solución para el Proceso Constructivo.

Los recursos tecnológicos para el desarrollo de un proyecto de construcción son cada vez más numerosos, hay herramientas variadas y de diferentes tipos, estamos cerca de contar con una herramienta para cada necesidad específica. Sin embargo, antes de recurrir a la

tecnología es conveniente tener claro las características de cada proyecto. La idea nos es usar la herramienta más novedosa o la que tenga mayor prestigio en el mercado. La elección debe basarse en criterios como, la funcionalidad y los beneficios que otorga. Podríamos elegir la herramienta más sofisticada que ofrezca más recursos, pero si ésta no es compatible con la naturaleza del proyecto, se habrá tomado una mala decisión. Es importante tener claro que *“debe ser la herramienta la que se adapte al proyecto y no el proyecto a la herramienta”*.

Lean Construction es una de las mejores herramientas para el desarrollo de un proceso constructivo, es por eso que lo estamos proponiendo como una solución para el desarrollo del proceso constructivo del proyecto Spuknit-Surco, detallaremos a continuación algunos de los sustentos para la elección.

5.2.1 Razones para elegir LEAN en el proceso Constructivo

Las herramientas de Lean Construction están basadas en un concepto de planificar colaborativamente definida como Last Planner, que es una herramienta que permite mejorar la producción y planificación en los proyectos inmobiliarios. El control en la gestión del proyecto está basado en *“lo que debería hacerse”*, *“lo que se puede hacer”*, *“lo que se hará”* y finalmente en *“lo que se hizo”*. Es importante que la empresa en su conjunto se involucre con este concepto desde las primeras etapas del proyecto. Los hitos principales del proyecto deben quedar perfectamente definidos al inicio de la obra, cualquier atraso en su ejecución generara sobre costos económicos y una nueva planificación.

Uno de los objetivos de Lean Construction es buscar la mejora continua de los procesos en el proyecto. La innovación tecnológica y su aplicación en los procesos así como

la investigación y desarrollo de la industria nos permite ser más eficientes, productivos y competitivos.

5.2.1.1 Estrategias de LEAN Construction

La planificación del proyecto debe permitirnos optimizar todos los recursos que se utilizaran en una obra, recursos humanos y materiales. Debemos tener en cuenta que no solo debemos valor el costo de la ejecución de la tarea y el material sino también valorar el tiempo que dedica cada persona en ejecutarlo. Se debe involucrar a proveedores, fabricantes, instaladores y subcontratas en los procesos de decisión permitiendonos reducir los plazos de entrega y anticiparnos a posibles problemas en obra, por ejemplo:

- **Análisis:** definición de los costos por objetivos.
- **Diagnóstico:** planificar la mejora y cuantificar los tiempos.
- **Corregir:** identificar las pérdidas para que no se repitan.
- **Aplicar:** definir las estrategias y procesos para mejorar.
- **Método de mejora:** aplicar nuevos sistemas de producción.

5.2.1.2 Programas para LEAN Construction

Cada vez existen más programas cuya misión es la ayudar a trabajar en equipo. Donde la planificación, programación, gestión de trabajos y seguimiento de obra se pueda realizar de una manera sencilla, sin tener que usar diferentes programas, por ejemplo:

5.2.1.2.1 Autodesk BIM 360

Es un programa en la nube que brinda la posibilidad de acceder a todos los stakeholders en el proyecto. Su integración con software como Autocad, Revit o Navisworks es total, al ser Autodesk la misma empresa la creadora del software. Esta desarrollado para su uso desde la etapa de diseño del proyecto.

Se divide en 3 módulos:

- **Glue:** Es la plataforma colaborativa para la empresa y los subcontratistas o instaladores.
- **Field:** Este módulo permite realizar anotaciones en planos, subir fotografías y hacer un seguimiento de los flujos de ejecución es más completo que el módulo Glues.
- **Plan:** Este módulo permite la incorporación del Last Planner para pronosticar los resultados del proyecto.



Figura 75. Autodesk BIM 360

5.2.1.2.2 LEAN Station

Es un programa compatible con cualquier programa BIM permite planificar y visualizar el proyecto, al igual que Autodesk BIM 360 brinda la posibilidad de trabajar en tiempo real.

Se divide en los siguientes módulos:

- **Lean PlanDo Insights:** Permite monitorear los procesos y actividades capaz de generar información de mejora continua basada en el análisis de resultados. Es compatible con Microsoft Project y Oracle Primavera, permite la importación datos y registrar al menos 20.000 actividades.
- **Lean PlanDo + BIM 4D Visualización:** este módulo brinda la ventaja de visualizar los modelos en dispositivos smartphones y 4D en la web.

- **Lean PlanDo+BIM Planning:** este módulo permite combinar el diseño con los datos planificados, pudiendo tener una estimación más exacta de los hitos del proyecto en el proceso constructivo.

5.2.1.2.3 COCOPLAN

Un programa que facilita la implementación de Lean Construction en las empresas gracias a su concepto 6C: Construcción, Cooperación, Coordinación, Colaboración, Comunicación y Compromiso, el concepto se basa en el Last Planner System, cuenta con una interfaz muy sencilla e intuitiva que facilita el manejo al usuario, compatible con BIM 4D. Trabaja y se conecta en tiempo real y su plataforma tiene una alternativa que posibilita el poder adaptarse a las necesidades de cada proyecto.

5.2.2 Gestión en la cadena de abastecimientos.

En el sector de la construcción hay cada vez un mayor nivel de exigencia en la planificación de la logística, estas exigencias han conducido a la necesidad de que cada proyecto cuente con una cadena de abastecimiento planificada y gestionada, apoyada en la tecnología y el uso de la información. La logística en construcción es un conjunto de actividades orientadas a suministrar en las mejores condiciones los recursos necesarios para llevar a cabo un proyecto. El abastecimiento se define como la acción destinada a proveer de los recursos necesarios a los distintos frentes de la obra. Los requerimientos en construcción son identificados durante la etapa de planificación o en la obra. Un buen abastecimiento aumenta la productividad, por lo que se requiere maximizar la relación con los proveedores para obtener puntualidad en las entregas de materiales y poder medir el procesamiento mejorado de pedidos. Los beneficios de una productiva gestión en abastecimientos son:

- **Mejor control de calidad:** crear procedimientos para las adquisiciones, mejora los controles de calidad, es importante establecer estándares mínimos para los proveedores ahorra tiempo y mejora el abastecimiento y los tiempos de entrega.
- **Costos generales reducidos:** entregar la cantidad justa de productos en el momento adecuado ahorra costos de almacenamiento y fabricación. Optimizando la cadena de suministro aumentará la productividad y adicionalmente reducirá los requisitos de capital de trabajo.
- **Tasas de rotación más bajas:** Es beneficioso contar con trabajadores permanentes en el sector logístico y la cadena de suministro, se disminuye o elimina los tiempos de capacitación y se cuenta con una fuerza laboral más experimentada, los costos se minimizan al no tener que buscar y capacitar nuevos talentos.
- **Mejor colaboración:** La colaboración, el compromiso y la eficiencia aumenta en la fuerza laboral el proceso constructivo mejora, los trabajadores pueden trabajar juntos cuando sea necesario porque tienen pautas claras a seguir, la gerencia puede dirigir al personal en nuevas direcciones y aprender de su equipo para resolver problemas. Para una mejora continua del abastecimiento la clave es transformar y mejorar cualquier proceso de gestión en obras, el desafío es arduo, pero finalmente beneficioso, especialmente porque hasta los más pequeños cambios pueden generar resultados. Un enfoque de mejora continua es una decisión proactiva para ofrecer un servicio basado en la participación de los trabajadores que permita desarrollar soluciones a los retos de cada empresa conforme vayan surgiendo.

Existen seis etapas distintas para implementar un proyecto de mejora continua en la cadena de abastecimiento:

1. **Evaluar la situación actual**, identificar y reconocer cómo se encuentra la cadena de suministro para permitir la detección de puntos débiles en el proceso y conseguir implementar estrategias de mejora.
2. **Identificar el problema principal**. Identificar el lugar y situación donde se encuentran los procesos de la cadena de abastecimiento y el lugar ideal en el que deberían estar.
3. **Se establece un objetivo**. Fijar el objetivo para saber hacia qué trabajar y cómo medir los progresos es de suma importancia.
4. **Con las metas claras, hay que trazar una estrategia**. En esta fase es primordial involucrar a todos los miembros del equipo. Se deben realizar consultas internamente para que cada trabajador pueda contribuir con ideas y desarrollar una estrategia coherente. Se debe precisar las partes principales involucradas, proponer soluciones, indicar los beneficios previstos y los desafíos. Con estas acciones aumentará el reconocimiento empresarial y se elevará la moral de los trabajadores en vista que verán representados en las decisiones.
5. **Medir la efectividad**. Para evidenciar las mejoras, es necesario analizar la eficacia de las acciones llevadas a cabo en relación con los objetivos planeados. Se debe monitorear los proyectos con frecuencia mensuales, trimestrales y anuales para maximizar la inspección control e implementación del proceso de mejora continua.
6. **Festejar el éxito de los nuevos procedimientos y estrategias**. Es una etapa importante del proceso de mejora continua porque es una ocasión para fortalecer la empresa. Se promueve una cultura orientada al equipo, compuesta por personal comprometidos con la mejora continua.

Estas etapas resultan clave para lograr el éxito no tan sólo en abastecimiento, sino también en establecer una empresa próspera, donde los stakeholders de cada proyecto son capaces de tomar decisiones y mejorar las deficiencias existentes por ellos mismos.

El compromiso del personal se vuelve clave en el desarrollo de toda empresa, para crear una formación de mejora continua posible y fructífera en resultados de gestión en todos las áreas.

La propuesta de solución para el proceso constructivo es el uso del concepto Lean Construction, construcción sin pérdidas y sus herramientas como Last Planner, Lookahead, porcentaje de plan completado PPC, Carta balance, análisis de restricciones y otras herramientas que describiremos en este estudio que permitirán reducir o eliminar los trabajos que no agregan valor y permitir la entrega del proyecto a tiempo.

Aplicar el concepto de Construcción sin pérdidas consiste en establecer procedimientos (estándares de producción) para todas las actividades del proyecto basados en métodos que propongan optimización, sencillas y seguridad para llevarlas a cabo. De otro lado tenemos el factor humano y el compromiso de la empresa (directivos, operarios, personal en general) para la motivación y formación del personal para que grabe en las personas el cambio en la forma de pensar y trabajar, tener en cuenta lo siguiente:

- Compromiso total de la alta dirección para implementar el concepto Lean en la empresa.
- Inculcar a todo nivel de la empresa el concepto de mejora continua, trabajadores que reflexionen y apoyen sobre lo que puede mejorar en su puesto de trabajo.
- Formar líderes de grupo, para que puedan enseñar y transmitir este concepto a sus compañeros.
- Usar el concepto Gemba, verificar las tareas “in situ”, en el momento que se realizan, para detectar y corregir errores a tiempo.
- Preparar trabajadores multi trabajos, para la ejecución de diferentes tareas, menos

especialización.

- Descentralizar las decisiones, para que todos los stakeholders del equipo tengan la posibilidad de tomar medidas cuando se requiera.
- Identificar y eliminar actividades y funciones no necesarias en para el proyecto.
- Establecer relaciones transparentes y cercana con los proveedores que incluya una comunicación continua de información y apoyo mutuo.
- Compartir las técnicas, ideas y objetivos que se van a emplear para el desarrollo del proyecto.
- Utilice el concepto de empujar (Pull), para no tener stocks innecesarios evitando sobreproducción.
- Aplique el conceto de flujo continuo en las actividades, los errores se verán más rápido.
- Aplique la teoría de las restricciones para nivelar la producción.
- El control visual ayudara a la identificación de las restricciones o problemas.
- Disminuya los tiempos improductivos de las actividades.
- Reduzca los stocks lo máximo posible.
- Consiga que todas las tareas tengan cero defectos.
- Estandarice las actividades para dar paso al concepto de mejora continua en todos los procesos.

El resultado de la aplicación del concepto de construcción sin perdidas con todas sus normas y fundamentos traerá como resultado el cumplimiento del cronograma planeado con la entrega del proyecto en la fecha establecida.

El cuadro siguiente muestra cual sería el resultado de la aplicación de la filosofía

Lean Construction.

PROCESO CONSTRUCTIVO CON LEAN CONSTRUCTION PROYECTO INMOBILIARIO SPUKNIT - SURCO				
DESCRIPCION	TIEMPO EN DIAS			%
	PLANEADO	REAL	EXCESO	CUMPLIMIENTO
ESTRUCTURA	95	95	0	100%
ARQUITECTURA	65	65	0	100%
IIS (Sanitarias)	40	40	0	100%
IIEE (Electricas)	40	40	0	100%
Total días	240	240	0	100%

Figura 76. Proceso constructivo con Lean Construcción

El cuadro siguiente muestra algunas diferencias entre la producción bajo el enfoque tradicional y Lean

DIFERENCIAS ENTRE EL SISTEMA TRADICIONAL Y LEAN CONSTRUCTION	
PRODUCCIÓN TRADICIONAL	PRODUCCIÓN LEAN
División de trabajo en grandes tamaños	División de trabajo en pequeños tamaños
Producción poco flexibles	Producción flexible
Grandes inventarios	Inventarios necesarios, reducidos sistema Just in Time
Trabajadores especializados	Trabajadores para multiples tareas
Producción bajo presión (push)	Producción bajo solicitud (pull)
Control de calidad sobre tareas terminadas	Control de calidad antes o en el proceso de la tarea
Mantenimiento correctivo de equipos y máquinas	Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos y máquinas
Restricciones para la ejecución de las tareas	Análisis y levantamiento de restricciones antes del inicio de las tareas.
Producción orientados a los procesos	Producción orientado al proyecto

Figura 77. Diferencias Sistema Tradicional vs Lean Construcción
Fuente: Pons 2014

La implementación del método empujar (Pull) permite iniciar un nuevo trabajo solo cuando hay una demanda que lo solicite. Ese concepto otorga la oportunidad de reducir y optimizar los tiempos y costos de almacenamiento.

Herramientas de Medición.

Para el proceso constructivo es necesario usar herramientas para medir el desempeño del proceso, es un punto de inicio para la mejora continua. El levantamiento de información sobre la ejecución de los trabajos, los controles semanales y diarios que permiten medir demoras e incumplimientos y las cartas balance permiten identificar las pérdidas, permitirán tomar medidas para reducirlas o eliminarlas e incrementar el trabajo productivo (Alarcón 1993).

La obtención de información para las mediciones consiste en observaciones continuas de los trabajos en la obra. Las tareas se categorizan y se realiza seguimiento clasificándolas como trabajo productivo, trabajo que contribuye y trabajo que no contribuye.

Trabajo productivo se considera como el tiempo usado por un trabajador en la producción de alguna unidad de construcción. Por ejemplo, la colocación de acero, el vaciado del concreto o el asentado de ladrillos en muros.

Trabajo que contribuye se considera como el tiempo que emplea un trabajador en labores necesarias de apoyo para que se puedan ejecutar otras actividades productivas, por ejemplo, encofrados, mediciones, inspecciones, transportes de materiales, armado de andamios y seguridad o limpieza.

Trabajo que no contribuye es cualquier otra actividad realizada por un trabajador que no clasifica para ninguna de las anteriores categorías y son consideradas como pérdidas ya que no agrega valor al proyecto. Por ejemplos reprocesos, descansos, tiempos de esperas, tiempo ocioso, etc.

Después de identificadas las causas se trabaja en mejorar el desarrollo de los

procesos, buscar la eficiencia en el trabajo productivo, minimizando los tiempos en el trabajo contributivo y eliminando o disminuyendo los tiempos no contributivos. Este proceso además de tener validez estadística es sencillo, permite medir los cambios en las actividades durante el proceso constructivo e identificar oportunidades de mejora (Revista Universidad EAFIT No. 130 2003)

En el modelo clásico de transformación o conversión existe el enfoque en el que cada actividad como el asentado de ladrillo, el vaciado de concreto o el encofrado es tipificado como un modelo de entrada-transformación-salida, centrado solo en la conversión sin considerar o incluir los flujos que ocurren dentro del proceso de conversión o transformación como los tiempos y movimientos como esperas e inspecciones por lo que no puede medir las pérdidas.



Figura 78. Modelo de transformación clásico

El modelo FLUJO de Lean Construction considera necesario monitorear actividades como inspecciones, transporte y esperas para cuantificarlas y si es el caso eliminarlas por genera pérdidas. Este enfoque busca reducir al máximo o eliminar los tiempos no contributivos, disminuir los tiempos contributivos y aumentar el tiempo productivo.



Figura 79. flujo de un proceso productivo
Fuente: Botero 2003

Los procesos de color son actividades que generan pérdidas ya que no agregan valor al proyecto. Conversiones son todas actividades en el proceso constructivo que transforman una información y/o materiales en elementos sólidos como parte de la edificación pensando en la solicitud del siguiente proceso y de lo que el cliente requiere. Son actividades que agregan valor al proceso constructivo, pero también hay actividades que no agregan valor, pero consumen recursos económicos, espacio y tiempo por lo que son consideradas pérdidas. El enfoque de Lean Production en construcción es hacer más eficiente las actividades del proceso constructivo agregando valor, disminuyendo o eliminando las actividades que no generan valor al proyecto.

Un ejemplo pérdida en un proceso constructivo son las esperas por falta de instrucciones, espera por materiales, por interferencias entre especialidades, transporte no necesario de material o de equipos, tiempos ociosos del personal y reprocesos entre otras ocasionado por defectos o ausencia de planificación en la distribución de los recursos.

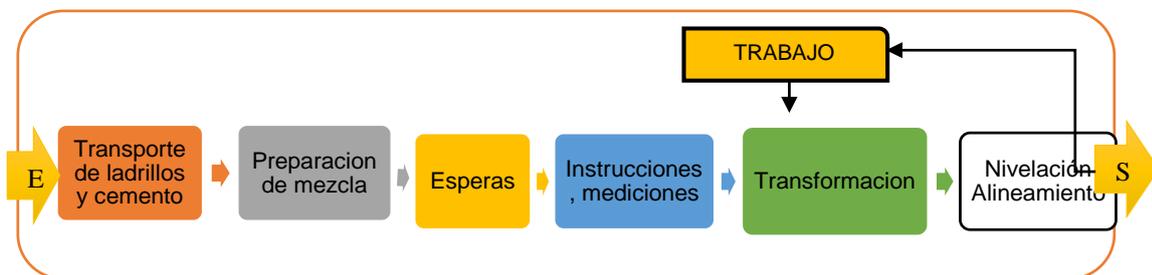


Figura 80. Flujo considerando todas las actividades.

APLICACION DE LEAN PARA SOLUCIONAR ERRORES EN EL PROCESO CONCECIONAL	
PROCESO CONVENCIONAL	PROCESO LEAN CONSTRUCCION
Demora en la entrega de los planos finales. Modificación al diseño en pleno proceso constructivo.	Trabaje con una plataforma colaborativa Modelado con Revit
Bajos rendimientos en el desarrollo de las actividades. Deficiente supervisión en el proceso constructivo. Retrabajos por malos diseños y falta de detalle Ausencia de mano obra calificada. Exceso y mala distribución de inventario por error en el metrado	Forme equipo de trabajo para el proyecto. Seleccionar los líderes del proyecto en obra y en oficina. Plan de entrenamiento para el equipo del proyecto. Elabore Cronograma de General de Obra o Plan Maestro. Elabore Programación de Hitos. Dimensione las cuadrillas por actividad. Revise actividades previas para el desarrollo Verifique los recursos. Elabore Programación General Elabore Programación diaria y semanal Elabore Programación Lookahead. Analice y levante de restricciones. Implemente la carta balance, analice motivo de incumplimiento. Verifique el PPC
Se trabajo con patrones y criterios convencionales (antiguos). Falta de uso de herramientas de gestión.	Aplique Lean Construction

Figura 81. Lean solución de los problemas en proceso convencional.

La figura describe la solución a los problemas presentados en el desarrollo del proceso constructivo con el enfoque tradicional.

5.3 Implementación

De la investigación realizada se puede concluir la necesidad del uso de herramientas de gestión en el desarrollo de proyecto inmobiliarios. Esta implementación se debe realizar desde la concepción del proyecto. Inicio de actividades, diseño, construcción y cierre.

Tener en cuenta que todo cambio en los procesos de una empresa siempre genera resistencia, por lo que recomendamos tener en cuenta:

5.3.1 Modelo de Cambios de Virginia Satir

Este prototipo tiene la finalidad de ayudar a los involucrados en los equipo del proyecto, a entender sus sentimientos y posibilitarles avanzar a través del cambio. El modelo

transita por las siguientes etapas.

a) Último statu quo. Es la etapa inicial y se caracteriza como una normalidad y se cree que las cosas vienen funcionando bien, sin embargo, para algunas personas del equipo puede llegar a ser monótono y aburrido.

b) El elemento extraño. Sucede cuando se decide realizar los trabajos de manera diferente. Generalmente se presenta un periodo de resistencia y merma en el desempeño.

c) Caos. Las personas transitan en territorio desconocido y pierden su zona de confort. El caos genera que las personas se tornen más creativas y busquen mejores formas enfrentar la situación.

d) La idea transformadora. Las personas llegan a un momento en el que encuentran una idea de trabajo que les posibilitara salir de la situación incómoda y el desempeño laboral se incrementa.

e) Práctica e integración. Las personas pueden implementar y estandarizan la nueva forma de trabajo, en dicho periodo pueden presentarse ensayos de prueba y error hasta encontrar lo que funciona y permitirles realizar la mejora.

f) Nuevo statu quo. Los involucrados se sienten cómodos con el nuevo entorno, y su desempeño se estabiliza. Con el correr del tiempo, el nuevo statu quo se vuelve la forma normal de trabajar.

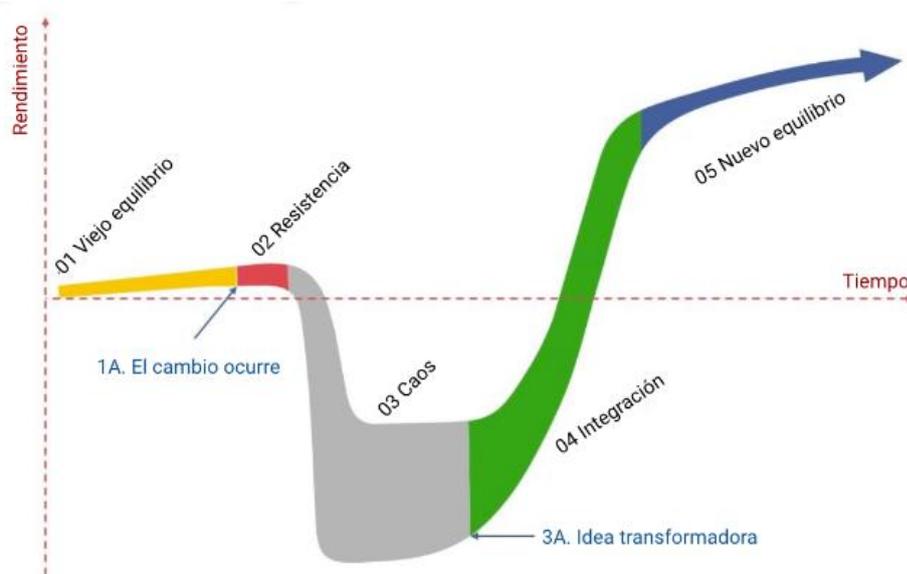


Figura 82. Modelo cambios Virginia Satir.

5.3.2 Aplicación del Modelo en un proyecto de Construcción en la etapa de diseño

En el presente acápite describiremos y desarrollaremos los métodos para la implementación del modelo de Cambios de Virginia Satir, en un proyecto inmobiliario de edificaciones en la etapa de diseño.

a) Último statu quo. En el desarrollo de proyectos, actualmente la situación característica denominada como normalidad sería el uso de herramientas convencionales las cuales implican:

Uso de Autocad (Dibujos en 2D)

Desarrollo de las especialidades por separado y compatibilización al final

Metrados de manera manual

b) El elemento extraño. El elemento extraño sería el uso de nuevas herramientas de gestión, como uso de la metodología BIM, Lean Construction, Lean Desing, Metodologías ágiles, entre otros. Dichas herramientas van a generar resistencia en un inicio, debido a que el personal no conoce las herramientas y lo cual llevará a la disminución del desempeño.

c) **Caos.** El caos generado con la implementación de nuevas herramientas, generara en el personal buscar formas creativas de enfrentar dicha situación, lo que le llevara a prepararse y buscar información de las herramientas y su mejor uso.

d) **La idea transformadora.** En un momento el personal llegará a conocer las herramientas de gestión y su aplicación lo cual les permitirá salir de la situación incómoda.

e) **Práctica e integración.** El uso de las nuevas herramientas de gestión se estandariza en los proyectos, a base de ensayos de prueba y error. Eventualmente se determina una forma ideal y se generan protocolos y procedimientos.

f) **Nuevo statu quo.** Las personas sentirán una nueva comodidad con el uso de dichas herramientas y se volverá una nueva normalidad.

g) Modelo de Conflicto

Los conflictos resultan productivos si se manejan de una manera adecuada. Pueden generar mayor confianza entre los involucrados en el equipo del proyecto y lograr mayor compromiso con los resultados del proyecto. El miedo al cambio es un conflicto que puede restringir la comunicación y la creatividad. El modelo basado en el trabajo de Ken Thomas y Ralph Kilmann describe 6 maneras de abordar el conflicto:

h) **Confrontación/resolución del problema.** Este formato se usa cuando la relación entre los involucrados es importante y cada persona confía en la capacidad de la otra.

i) **Colaboración.** Colaborar incluye, incorporar varios puntos de vista sobre el conflicto. Este método funciona cuando hay confianza entre los involucrados y se tiene el tiempo necesario para llegar a un consenso. Un ejecutivo de alta jerarquía puede facilitar la solución del conflicto.

j) **Compromiso.** El compromiso de incluir la plena voluntad de ganar y ceder. Esto permite a

todas las partes lograr algo que quieren, y evita mayor conflicto.

k) Estabilización/complacencia. Este planteamiento conserva el entendimiento en las relaciones personales y puede crear buena voluntad entre las partes. Este concepto también se usa cuando hay una diferencia en los mandos o el poder relativos de las personas.

l) Imposición. Esta opción se traduce en órdenes y usa cuando no hay suficiente tiempo para colaborar o resolver problemas.

m)Retirada/evasión. Esta opción se usa cuando las discusiones se enardece y se requiere de un periodo de enfriamiento, a veces un problema desaparece por sí solo si no fuera así, es preferible enfriar el clima de la discusión.

5.3.3 Implementación en la Etapa de Diseño

Para implementar herramientas para la etapa de diseño y en general para el proyecto es necesario que los más altos funcionarios de la empresa este convencida y comprometida con del beneficio del uso de estas herramientas, de esa manera la implementación contará con el soporte de la dirección y será exitosa.

5.3.3.1 Implementación de Plataforma colaborativa

La implementación de una plataforma colaborativa para la gestión del proyecto pasa por la instalación de un software que simula una oficina virtual llamada plataforma de trabajo, donde todos los involucrados tienen que asistir para realizar su trabajo, el uso de esta plataforma de trabajo en el proyecto supone que todos los stakeholders tengan conocimiento y acceso para apoyar a su desarrollo. Los profesionales del proyecto deben tener conocimiento previo de lo que significa trabajo colaborativo y su uso, nuestra recomendación es el software ClickUp por ser una de las plataformas con suficientes herramientas para su uso y

colaboración, es una de las más usadas en el mundo, con mayor soporte y fácil de usar. Es probable que la empresa tenga que invertir en cursos y talleres de capacitación para que el personal tenga conocimiento en su uso.

Una de las bases de la implementación de la plataforma colaborativa esta referida las declaraciones de Adam Pisoni, el co-fundador de Yammer, una empresa de networking social utilizada para la comunicación interna dentro de las organizaciones, donde menciono los siguientes criterios:

- **Comparte información:** El comprender el valor de la información es uno de los cambios que se han experimentado en las empresas, anteriormente los directivos no acostumbraban compartir información con sus trabajadores por temor a que esta acción fuese un riesgo. En la actualidad, con el ritmo diario de trabajo, la información cambia constantemente y se obsoletisa rápidamente. Es recomendable compartir la información con los involucrados usarla y sacarle el máximo provecho.
- **Misión común:** Una forma de que las empresas puedan colaborar mejor y más rápido internamente, es que haya un objetivo común para todos los involucrados. Así se consigue unidad y colaboración, tanto con los trabajadores como con los clientes. Esto será una fortaleza frente a la competencia, tener una gran alianza que incluye a clientes y socios, es un rival muy difícil de vencer.
- **Haz que crean en ti y ofrece lo que necesitan:** Para conseguir la cultura colaborativa es necesario que los clientes e involucrados crean en tus acciones y que quieran ser parte de lo que estás haciendo, así te brindaran la ayuda requerida. Por otro lado, tienes que asegurarte que les estás dando a los clientes lo que necesitan. Una forma de constatarlo es crear una comunidad virtual para tus clientes, darles un espacio y la posibilidad que ellos expresen

sus opiniones y necesidades, así se sentirán parte del proceso y se asegura que lo que estás ofreciendo lo que ellos quieren.

- **Experimentar sin miedo:** Para promover la colaboración, los directivos deben estar decididos a experimentar el cambio y no tener miedo a hacerlo. Dirigir empresa es estar constantemente tratando con los trabajadores diariamente. Se puede optar por una de las dos formas de experimentar el cambio, con un grupo reducido a pequeña escala sin que afecte a toda la organización, o a gran escala con toda la organización.
- **Desaprender para transformar:** Para poder llevar adelante una transformación y un cambio cultural, hay que dejar de lado lo hasta el momento aprendido. Es una transformación difícil ya que puede sentir que está haciendo las cosas mal porque se encuentra en una fase desconocida, pero aun así debes de hacerlo. Tenemos que adaptarnos al mundo en que vivimos y a los cambios y evolución del medio.
- **Liderazgo fuerte:** Las empresas están organizadas para conseguir eficacia y estabilidad, mientras que hoy en día es más destacado estar estructurado para la agilidad, transformación y velocidad es uno de los problemas actuales a enfrentar. Para conseguir esta nueva organización es necesario un fuerte y decidido liderazgo, capaz de tomar riesgos para evolucionar rápidamente.
- **Crea cultura corporativa desde los inicios:** El desafío de los emprendedores es crear una empresa, como crear el producto. Pero luego surge el olvido entre los fundadores y es que se olvidan de la empresa y se centran en el producto. Se debe crear Cultura Colaborativa desde el inicio no debe quedar en el olvido. En el proceso surgirán dificultades que debe superarlas, a pesar de ellas, hay que mantener la cultura colaborativa y no caer en una cultura jerárquica y rígida, que a la larga ocasionará más problemas.

5.3.3.2 Implementación de Modelado con Revit de Autodesk

Para la fase de diseño después la idealización del proyecto, definir objetivos y usos BIM la implementación deberá considera estos pasos.

1. Cree un equipo de trabajo y permítale el acceso a la plataforma colaborativa.
2. Inicie el modelado con Revit identificando las condiciones y lugar de desarrollo.
3. Use el modelo para evaluar la ubicación adecuada de la edificación.
4. Con el modelado finalizado podrá obtener costos del proyecto en cada una de sus etapas.
5. Use el modelo para planificar el trabajo ajustando los procesos de acuerdo con el tiempo.
6. Use el modelo para evaluar si el diseño con respecto a los parámetros urbanísticos y el RNE es beneficioso para los stakeholders.
7. Revise el modelo para tomar decisiones de replanteo o mejora.
8. Use el modelo para realizar cálculos, análisis estructurales, IIEE y IISS y demás.
9. Detecte interferencias entre especialidades y elimínelas antes del inicio de la obra.
10. Use el modelo para ubicar equipos y almacén así podrá determinar tiempos y trabajos a realizar.
11. Use el modelo para la fabricación de elementos constructivos fuera de obra.
12. Use el modelo para corregir el diseño de vigas, columnas, placas antes de la etapa constructiva.
13. Use el modelo para ubicar y gestionar casetas, vestuarios, maquinaria y flujo de personal en la obra.
14. Use el modelo para gestionar, distribuir o modificar espacios de acuerdo a las necesidades reales.
15. Use el modelo para revisar las opciones financieras en la etapa constructiva del proyecto.

16. Use el modelo para crear un recorrido virtual con Naviswork ayudara antes y después para mejorar de la edificación.

Para la implementación de Revit y modelado o desarrollo de los planos como se denomina en el enfoque tradicional, se deberá seleccionar una persona con experiencia en el uso del programa por la cantidad de información que deberá brindar después de concluido el modelado, como el metrado de materiales, interferencias entre especialidades etc., otro software como el Naviswork ayudara a realizar un recorrido virtual por todo el modelado permitiendo la visualización del diseño e identificando interferencias.



Figura 83. Modelado del edificio multifamiliar Spuknit-Surco

5.3.4 Beneficios para la etapa de Diseño con el uso de BIM

CUADRO COMPARATIVO PARA LA ETAPA DE DISEÑO DEL PROYECTO SPUKINIT - SURCO - BENEFICIOS								
Etapa	DESARROLLO CONVENCIONAL			DESARROLLO CON HERRAMIENTAS DE GESTION			Tiempo Ahorro	
	Especialidad	Tiempo en días	Metodología y Software utilizados	Desarrollo	Tiempo en días	Metodología y Software utilizados	Dias	%
Anteproyecto	Planos Arquitectura Planos de Cortes Elevaciones Planode Ubicación	90	Diseño con Autocad 2D planos de planta	Incluye: a) Reuniones iniciales de coordinación. b) Taller para el uso de herramientas colaborativas y metodos de trabajo c) Modelado Arquitectura Estructura	120	Modelado con Revit 3D diseño tridimensional	120	200%
Proyecto	Planos Estructurales Planos Instalaciones Electricas Planos Instalaciones Sanitarias	150						
Compatibilizacion de Planos	Todas las especialidades			No Aplica				
Totales		240			120		120	200%

Figura 84. Modelado del edificio multifamiliar Spuknit-Surco

Para la etapa de diseño la figura muestra un ahorro en tiempo de 120 días, usando BIM y sus herramientas, sistema colaborativo y modelo con Revit, tiempo que pudo aprovechar la empresa para:

➤ Dar inicio al proyecto.

➤ Costo de oportunidad. $Costo\ de\ oportunidad = \frac{Lo\ que\ se\ sacrifica}{Lo\ que\ se\ gana}$

➤ Ahorro de tiempo y dinero

5.3.5 Costos de la implementación de la etapa de diseño

Tabla 5
Costos para la implementación en la etapa de Diseño

COSTO DE IMPLEMENTACION PARA LA ETAPA DE DISEÑO		
Descripción	Costo en US\$ Aproximado	Observación
Plataforma Colaborativa		
Talleres de capacitación	\$9.00	Mensual por usuario 10 usuarios = 90
Software - ClickUp	\$60.00	Membresía anual por miembro 10 miembros = \$ 600
Etapa de Diseño		
Talleres de capacitación Revit Arquitectura	\$390.00	Precio del curso por usuario
Talleres de capacitación Revit Estructura	\$420.00	Precio del curso por usuario
Talleres de capacitación Revit MEP	\$450.00	Precio del curso por usuario
Software - Revit	\$2,545.00	Membresía anual

Nota : Fuente propia

5.3.6 Implementación para el Proceso Constructivo

Para el proceso constructivo se deberá implementar el concepto de trabajo Lean Construction, utilizando la misma plataforma colaborativa de BIM, implementando el uso de las herramientas necesarias para la construcción de la obra con ellas se evitará pérdidas en el proyecto. De acuerdo con el avance de la obra se implementará cada una de estas herramientas enfocadas a realizar el control en la ejecución de todas las especialidades. Cada etapa contiene hitos y actividades que deben cumplirse el objetivo del equipo es disminuir o eliminar toda actividad que no agregue valor al proyecto, para lo cual sugerimos implementar:

- Un equipo de trabajo que tenga y comparta la misma visión en la ejecución del

proyecto.

- Seleccionar los líderes del proyecto en obra y en oficina.
- Plan de entrenamiento para el equipo del proyecto.
- Desarrolle el Cronograma de General de Obra o Plan Maestro.
- Confeccione la Programación de Hitos.
- Dimensione las cuadrillas por actividad.
- Revise actividades previas para el desarrollo
- Prepare una lista de verificación.
- Prepare la programación General
- Elabore la Programación semanal
- Elabore la Programación diaria
- Elabore la Programación Lookahead.
- Analice y levante de restricciones.
- Implemente la carta balance para saber el motivo del incumplimiento.

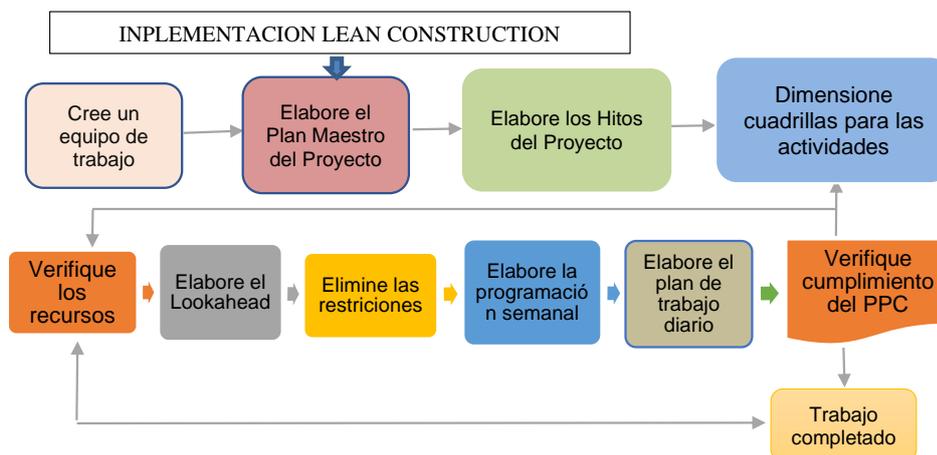


Figura 85. Diagrama del proceso de implementación

5.3.6.1 Cronograma General de Obra – Plan Maestro

Después de generar el metrado del proyecto y rendimientos con precios unitarios, desarrolle el plan maestro o cronograma general de ejecución de obra; detalle todas las actividades (partidas) tiempo de duración, fechas de inicio y fin del proyecto, estos indicaran lo que queremos conseguir y en el tiempo que lo queremos conseguir. Para el desarrollo del cronograma tenga en cuenta los rendimientos unitarios por partida o actividad ya que con ellos obtendrá la duración del proceso constructivo.

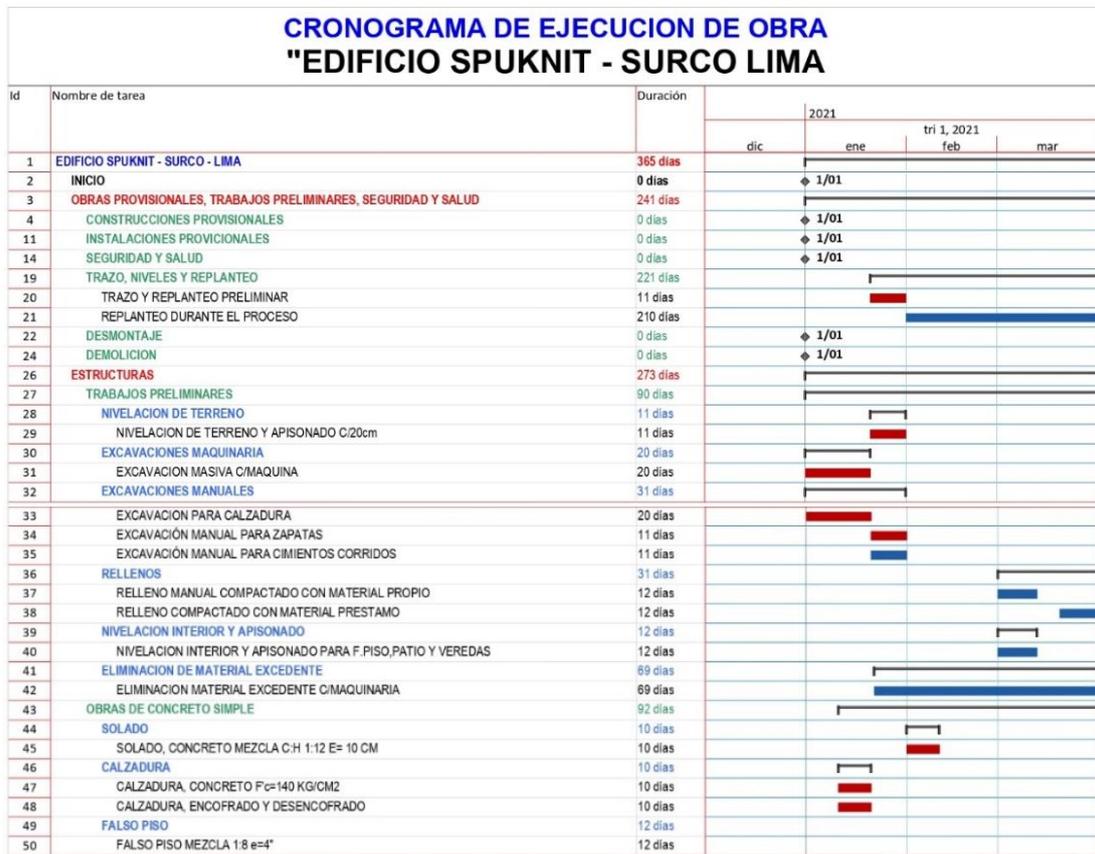


Figura 86. Modelo de plan maestro o cronograma general de obra

El cronograma general es la herramienta para planificar en detalle la ejecución y tiempo de la obra este deberá coincidir o ser menor que el plazo de entrega acordado. Ordene las actividades en secuencia para que pueda ser seguido, los stakeholders podrán encontrar

esta y otras informaciones en la plataforma colaborativa de trabajo. Divida el desarrollo de la obra en partes:

- Estructuras (zapata, columnas, vigas, losas etc.),
- Arquitectura (Muro, tarrajeo, cielo raso, pisos etc.),
- IISS (Instalaciones de agua fría, caliente, desagüe, etc.),
- IIEE (Alumbrado, interruptores, tomacorrientes, cajas de paso etc.).

5.3.6.2 Programación de hitos

Un hito es un evento significativo importante para el proyecto, sirve para medir el progreso y mostrar cómo se acerca a los objetivos establecidos. El proyecto tiene tareas que requieren un tiempo para completarse. Los hitos son momentos que indican un progreso hacia adelante. El hito no es una fase de proyecto, la fase abarca múltiples tareas, mientras que un hito es un indicador de verificación entre una etapa y la siguiente.

PROYECTO:		HITOS		
DESCRIPCION	FECHA INICIO	FECHA FIN	OBSERVACIONES	
MOVIMIENTOS DE TIERRA				
CIMENTACION				
ESTRUCTURA				
INSTALACIONES SANITARIAS				
INSTALACIONES ELECTRICAS				
ACABADOS HUMEDOS DEPARTAMENTOS				
ACABADOS SECOS DEPARTAMENTOS				
ACABADOS EN INSTALACIONES				
PINTURA INTERIOR Y EXTERIOR				
SISTEMAS DE EQUIPOS Y BOMBAS				
ASCENSOR				

Figura 87. Modelo de Hitos de un proyecto

Todos los proyectos tienen fechas límites, no todos los stakeholders saben cuándo se han cumplido las fechas límite. Transformar los entregables claves en hitos de gestión en el cronograma del proyecto ayudará a ver lo que está sucediendo en el proyecto.

Los hitos ayudan a identificar cuellos de botella y posibles retrasos, algunas veces obligan a hacer una pausa y evaluar el progreso del proyecto, ayudan a crear un plan sencillo para el mapeo y facilita la planificación de las tareas con anticipación, no necesita ser detallado, debe incluir fechas planeadas de inicio y fin del hito.

Todas las actividades evaluadas en lookahead deben contar con todos sus recursos (materiales, mano de obra etc.) para ser ejecutadas, de otra manera se convierte en una restricción y deberá ser levantada antes que la actividad precedente lo requiera.

Realizar seguimiento continuo cada semana con el equipo de trabajo, es la oportunidad de revisar las restricciones identificadas y confirmar que cada restricción está siendo resuelta por el responsable.

5.3.6.7 Análisis de restricciones

Las restricciones se identifican en el formato del lookahead, se estudian las actividades que se realizaran en las siguientes al menos 4 semanas y los recursos que necesitaran para ejecutarlas sin ninguna restricción.

En el formato de seguimiento de restricciones se deberá consignar la fecha límite para solucionar la restricción, así como el área o persona responsable que deberá levantarla.

Proyecto: ANALISIS DE RESTRICCIONES																			
DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DE LA RESTRICCION	FECHAS		RESPONSABLE	SEMANA XX														
		RESTRICCION	LEVANTAMIENTO		L	M	M	J	V	S	D								
					13/10/2020	14/10/2020	15/10/2020	16/10/2020	17/10/2020	18/10/2020	19/10/2020								

Figura 93. Modelo de Análisis de Restricciones

5.3.6.8 Porcentaje de plan completado (PPC)

El seguimiento y control de actividades planificadas y su cumplimiento se puede medir usando el formato modelo descrito, en él se describe las actividades completadas porcentualmente. Es el desglose de las tareas completadas entre las programadas que se describen en el lookahead. El Porcentaje de Plan Completado es un monitoreo del cumplimiento planeado, pretende identificar la confiabilidad del sistema de programación usada, su objetivo no es medir el avance de obra sino la confiabilidad.

$$PPC = \frac{\text{Numero de tareas completadas}}{\text{Numero de tareas programadas}} \times 100$$

Proyecto:		PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO						Fecha: XX/XX/XX	
Semana No.	FECHAS		No. de Actividad planificada	No. Acumulado Activ. Planif.	No. Actividad Ejecutada	No. Acumulado Activ. Ejecut.	PPC Semanal	PPC Acumulado	PPC Meta
	Inicio	Fin							

Figura 94. Modelo de Porcentaje de Plan Completado

Para ilustrar mejor los resultados puede representar la información de forma gráfica como instrumento visual para describir los conceptos, datos numéricos, facilitara su comparación y análisis de la información. Los gráficos le permitirán analizar y comparar más rápidamente el cambio que muestra una o varias actividades.

5.3.6.9 Programación Semanal

Realice una programación semanal de las actividades a ejecutar, incluya el metrado y

Proyecto: TAREO Y REDIMIENTO SEMANAL						
Nombre de la actividad o tarea (Ejem: Encofrado de losa sotano)						
Apellidos y Nombres	HORAS SEMANALES LABORADAS					
	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
Trabajador 1	8.5	8.5		8.5	8.5	5.5
Trabajador 2	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	5.5
Trabajador 3	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	5.5
Trabajador 4	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	5.5
Trabajador 5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	5.5
Trabajador 6	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	5.5
Total Horas Hombre	51.0	51.0	42.5	51.0	51.0	33.0
	Avance Ejecutado XXX (m²)					
Metrado	38.0	48.0	46.0	50.0	36.0	20.0
CALCULO DE HORAS HOMBRE PERDIDAS O GANADAS						
Descripción	17/02/21	18/02/21	19/02/21	20/02/21	21/02/21	22/02/21
HH Diario	51.00	51.00	42.50	51.00	51.00	33.00
Avance Diario	38.00	48.00	46.00	50.00	36.00	20.00
HH Acumulado	51.00	102.00	144.50	195.50	246.50	279.50
Avance Acumulado	38.00	86.00	132.00	182.00	218.00	238.00
Rendimiento Diario	1.34	1.06	0.92	1.02	1.42	1.65
Rendimiento Acumulado	1.34	1.19	1.09	1.07	1.13	1.17
Rendimiento Presupuesto	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
HH ganadas/perdidas	-19.08	-29.76	-33.62	-42.62	-63.38	-79.58

Figura 96. Modelo de rendimientos semanal por actividad

De acuerdo con las horas semanales de trabajo y el avance del metrado objetivo realizado, el seguimiento semanal por actividad indica si se cumple con el metrado planificado para la semana. Las horas ganadas o perdidas a la fecha indicara la necesidad de mantener, aumentar o disminuir las horas hombre.

5.3.6.11 Estudio de Incumplimientos

Analice los incumplimientos en cuanto a los diversos requerimientos del proyecto. Su uso es para saber dónde realizar los ajustes necesarios en la obra y cuáles son las restricciones necesarias a liberar para poder cumplir con lo requerido en el proyecto.

Proyecto:		CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO							Fecha: XX/XX/XX		
CAUSAS DE CUMPLIMIENTO		TOTAL		S1	S2	S3	S4	S5	S6	SX	SX
		% ACUM.	ACT.								
ING	INGENIERIA	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGS	CAMBIO O INDEFINICIONES DE INGENIERIA POR SUPERVISION	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROG	PROGRAMACION	8%	6	0	0	0	0	0	0	0	6
LOG	LOGISTICA	11%	8	0	0	0	0	0	0	0	6
EQU	FALTA DE EQUIPOS O AVERIAS	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REND	MALOS RENDIMIENTOS	6%	4	0	0	0	0	0	3	0	0
EXT	EVENTOS EXTERNOS (VECINOS, MUNICIPALIDAD, ETC)	10%	7	0	0	0	0	0	0	0	0
QAQC	CONTROL DE CALIDAD	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SC	SUBCONTRATAS	55%	39	0	7	9	5	4	4	5	5
EJEC	ERRORES DE EJECUCION	3%	2	0	0	0	0	2	0	0	0
ADM	ADMINISTRATIVOS	7%	5	2	0	0	0	0	0	3	0
OTROS	OTROS	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE ACTIVIDADES INCUMPLIDAS		100%	71	2	7	9	5	6	7	8	17

Figura 97. Modelo de análisis de incumplimiento

Existen tareas que se ejecutan en obra y otras que se tercerizan, esto hace más complejo la gestión del proyecto porque requiere de coordinación y seguimiento para que los trabajos se ejecuten según lo planeado y con éxito. El análisis de causas de incumplimiento ayudara a la gestión y a las actividades que se deben realizar para solucionar estos incumplimientos para que no vuelvan a repetirse.

5.3.6.12 Medición de tareas con Carta Balance

La reducción o eliminación de los trabajos que no agregan valor y el desarrollo del concepto de mejora continua para el proyecto, son actividades que requerirán medición de tiempos. Inicie el monitoreo dividiendo las actividades por tipo de trabajo, los que son productivos, los que contribuyen y los que no contribuyen, las mediciones puede realizarlas para la obra en general o para una partida específica, podrá identificar las principales perdidas y balancear recursos y mano de obra.

TIPOS DE TRABAJOS			
TP	TRABAJO PRODUCTIVO	VC	Vaceado de Concreto
		VI	Vibrar
		NC	Nivelación de concreto
		CC	Curado de concreto
TC	TRABAJO CONTRIBUTIVO	TA	Transportar Andamio
		CA	Colocar andamio y línea de vida
		CU	Cambiar zona de trabajo
		GM	Golpear c/martillo de goma
		DA	Desarmar andamios
		LI	Limpiar encofrado y zona de trabajo
		TG	Transporta concreto con bugui
		DI	Dar instrucciones
		ME	Mediciones
TNC	TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	PA	Picado de pases
		CP	Colocación de pases
		ES	Esperar mixer y/o bomba
		TR	Trabajo rehecho
		VIP	Viaje improductivo
		CO	Conversar
		IM	Imprevistos
		NF	Necesidades fisiológicas

Figura 98. Nomenclatura por tipo de trabajo

Cree una nomenclatura para cada actividad a medir, use códigos y colores para una más rápida identificación, los tipos de trabajos se registrarán de forma ordenada para el resumen y análisis.

5.3.6.13 Procedimiento de Carta Balance

Realice las observaciones de forma aleatoria, no realizar observaciones al inicio o final de la jornada, la persona que realice las observaciones debe estar capacitado para la labor a desarrollar. Realice dos mediciones de 1 hora en total. Defina previamente el tipo de trabajo a medir.

Clasifique los trabajos entre los que producen, los que contribuyen y los que no contribuyen. Cada medición debe tener una duración de un minuto.

Proyecto:		MEDICIONES EN OBRA		Fecha: XX/XX/XX
		(Describe la actividad a medir)		
Ubicación		Piso 1		
Hora de inicio de labores		8:00 a. m.		
Hora de Primera muestra		10:00:00 a.m.- 11:00 a.m.		
Hora de Segunda muestras		02:00:00 p.m.- 03:00 p.m.		
Hora de termino de labores		5:30 p. m.		
Metrado:		XXX (m ² /m ³)		
Item	Nombre y Apellidos	Cat.	Trabajo Asignado	
1	Trabajador 1	pe.	Traslada Andamios, Resanes, Curado, Armado de Andamios	
2	Trabajador 2	pe.	Picado de Pases, Colocacion de pases Armado de Andamios	
3	Trabajador 2	pe.	golpea con martillo de goma	
4	Trabajador 3	pe.	Coger manguera vibrado de concreto	

Figura 99. Modelo de medición de actividad

En el modelo se deberá registrar la actividad a medir, el lugar en la obra donde se realizará la muestra, la hora de la muestra y el metrado como objetivo.

La medición detallada de los tiempos y la toma de las muestras se registrarán en el modelo de formulario abajo mostrado. La muestra es por cada trabajador y por la actividad a medir, se registrará minuto a minuto el tipo de trabajo realizado de acuerdo a la tabla con las nomenclaturas previamente elaborada.

Proyecto:		RESULTADO DE LA MEDICION (Describe la activada)				Fecha: XX/XX/XX			
PRIMERA MEDICION									
Hora	Pe 1	Pe 2	Pe 3	Pe 4	Hora	Pe 1	Pe 2	Pe 3	Pe 4
10:01	CP	PA	CC	PA	10:31	VIP	PA	CC	PA
10:02	CP	PA	CC	PA	10:32	VIP	PA	CC	PA
10:03	VIP	PA	CC	PA	10:33	VIP	PA	CC	PA
10:04	VIP	PA	CC	PA	10:34	VIP	PA	CC	PA
10:05	VIP	PA	CC	PA	10:35	VIP	PA	CC	PA
10:06	VIP	PA	CC	PA	10:36	VIP	PA	CC	PA
10:07	CO	PA	CC	PA	10:37	VIP	PA	CC	PA
10:08	CO	PA	CC	PA	10:38	CP	PA	CC	PA
10:09	CO	PA	CC	PA	10:39	CP	PA	CC	PA
10:10	CO	PA	CC	PA	10:40	CP	PA	CC	PA
10:11	TA	PA	TA	VIP	10:41	CP	PA	CC	PA
10:12	TA	PA	TA	VIP	10:42	CP	PA	CC	VIP
10:13	TA	PA	TA	VIP	10:43	CP	PA	CC	VIP
10:14	TA	PA	TA	VIP	10:44	CP	PA	VIP	PA
10:15	TA	PA	TA	VIP	10:45	VIP	PA	VIP	PA
10:16	TA	PA	TA	VIP	10:46	VIP	PA	VIP	PA
10:17	TA	PA	TA	VIP	10:47	VIP	PA	VIP	PA
10:18	TA	PA	TA	VIP	10:48	VIP	PA	VIP	PA
10:19	TA	PA	TA	VIP	10:49	VIP	PA	VIP	PA
10:20	TA	PA	TA	VIP	10:50	VIP	PA	VIP	PA
10:21	TA	PA	TA	VIP	10:51	VIP	PA	VIP	PA
10:22	TA	PA	TA	VIP	10:52	VIP	PA	LI	PA
10:23	TA	PA	TA	VIP	10:53	VIP	PA	LI	PA
10:24	TA	PA	TA	VIP	10:54	VIP	PA	LI	PA
10:25	TA	PA	TA	VIP	10:55	VIP	PA	LI	PA
10:26	TA	PA	TA	VIP	10:56	VIP	PA	LI	VIP
10:27	CP	PA	TA	VIP	10:57	CA	PA	LI	VIP
10:28	CP	PA	TA	VIP	10:58	CA	PA	LI	VIP
10:29	CP	PA	TA	PA	10:59	CA	PA	LI	VIP
10:30	CP	PA	TA	PA	11:00	CA	PA	LI	VIP

Figura 100. Modelo de primera medición de actividad (Carta de Balance)

Ejemplo de primera medición por actividad y trabajador asignándole la nomenclatura del trabajo realizado.

Proyecto:		RESULTADO DE LA MEDICION (Describe la activada)				Fecha: XX/XX/XX			
SEGUNDA MEDICION									
Hora	Pe 1	Pe 2	Pe 3	Pe 4	Hora	Pe 1	Pe 2	Pe 3	Pe 4
10:01	CA	VC	VI	VIP	10:31	VIP	PA	CC	PA
10:02	CA	VC	VI	VIP	10:32	VIP	PA	CC	PA
10:03	CA	VC	VI	VIP	10:33	VIP	PA	CC	PA
10:04	CA	VC	VI	VIP	10:34	VIP	PA	CC	PA
10:05	CA	VC	VI	VIP	10:35	VIP	PA	CC	PA
10:06	CA	VC	VI	VIP	10:36	VIP	PA	CC	PA
10:07	CA	VC	VI	VIP	10:37	VIP	PA	CC	PA
10:08	CA	VC	VI	VIP	10:38	CP	PA	CC	PA
10:09	CA	VC	VI	VIP	10:39	CP	PA	CC	PA
10:10	CA	VC	VI	VIP	10:40	CP	PA	CC	PA
10:11	CA	VC	VI	VIP	10:41	CP	PA	CC	PA
10:12	CA	VC	VI	VIP	10:42	CP	PA	CC	VIP
10:13	LI	VIP	VIP	VIP	10:43	CP	PA	CC	VIP
10:14	LI	VIP	VIP	VIP	10:44	CP	PA	VIP	PA
10:15	LI	VIP	VIP	VIP	10:45	VIP	PA	VIP	PA
10:16	LI	VIP	VIP	VIP	10:46	VIP	PA	VIP	PA
10:17	LI	VIP	VIP	VIP	10:47	VIP	PA	VIP	PA
10:18	LI	VIP	VIP	VIP	10:48	VIP	PA	VIP	PA
10:19	LI	VIP	VIP	VIP	10:49	VIP	PA	VIP	PA
10:20	GM	VC	VIP	VIP	10:50	VIP	PA	VIP	PA
10:21	GM	VC	VIP	VIP	10:51	VIP	PA	VIP	PA
10:22	GM	VC	VIP	VIP	10:52	VIP	PA	LI	PA
10:23	GM	VC	VIP	VIP	10:53	VIP	PA	LI	PA
10:24	GM	VC	VIP	VIP	10:54	VIP	PA	LI	PA
10:25	GM	VC	VI	VI	10:55	VIP	PA	LI	PA
10:26	GM	VC	VI	VI	10:56	VIP	PA	LI	VIP
10:27	GM	VC	VI	VI	10:57	CA	PA	LI	VIP
10:28	GM	VC	VI	VI	10:58	CA	PA	LI	VIP
10:29	GM	VC	VI	VI	10:59	CA	PA	LI	VIP
10:30	GM	VC	VI	VI	11:00	CA	PA	LI	VIP

Figura 101. Modelo de segunda medición de actividad (Carta de Balance)

Ejemplo de la segunda medición por actividad y trabajador asignándole la nomenclatura del trabajo realizado.

5.3.6.14 Análisis de carta balance

Con los datos obtenidos de las mediciones realice el análisis de para identificar los porcentajes de tiempo utilizados en los diferentes tipos de trabajos (TP, TC, TNC)

Proyecto: ANALISIS DE CARTA BALANCE Fecha: XX/XX/XX																	
Tp Trab	COD	DESCRIPCION	Nº DE MEDICIONES	% TP, TC, TNC	% PART. EN CADA TIPO TRAB.	Trabajador 1			Trabajador 2			Trabajador XX			Trabajador XX		
						Nº	%		Nº	%		Nº	%		Nº	%	
						Med.	Part	Total	Med.	Part	Total	Med.	Part	Total	Med.	Part	Total
TP	VC	Vaceado de concreto	44	29%	32%	0	0%	0%	44	37%	37%	0	0%	48%	0	0%	30%
	VI	Vibrar	72		52%	0	0%		0	0%		36	30%		36	30%	
	NC	Nivelación de concreto	0		0%	0	0%		0	0%		0	0%		0	0%	
	CC	Curado de Concreto	23		17%	0	0%		0	0%		23	18%		0	0%	
			139		100%	0	0%	44	37%		59	48%		36	30%		
TC	TA	Transportar Andamio	36	23%	33%	16	15%	73%	0	0%	0%	20	17%	25%	0	0%	0%
	CA	Colocar Andamio y Linea de vida	29		27%	29	27%		0	0%		0	0%		0	0%	
	CU	Cambiar zona de trabajo	0		0%	0	0%		0	0%		0	0%		0	0%	
	GM	Golpear c/martillo de goma	19		17%	19	17%		0	0%		0	0%		0	0%	
	DA	Desarmar andamios	0		0%	0	0%		0	0%		0	0%		0	0%	
	LI	Limpiar encofrado y zona d/trabajo	25		23%	16	15%		0	0%		9	8%		0	0%	
	TG	Transportar concreto c/agua	0		0%	0	0%		0	0%		0	0%		0	0%	
	DI	Dar instrucciones	0		0%	0	0%		0	0%		0	0%		0	0%	
ME	Mediciones	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%						
			109		100%	80	73%	0	0%		29	25%		0	0%		
TNC	PA	Picado de pases	95	48%	41%	0	0%	27%	60	50%	63%	0	0%	27%	35	29%	70%
	CP	Colocación de Pases	13		6%	13	11%		0	0%		0	0%		0	0%	
	ES	Esperar mixer y/o bomba	0		0%	0	0%		0	0%		0	0%		0	0%	
	TR	Trabajo Rehecho	0		0%	0	0%		0	0%		0	0%		0	0%	
	VIP	Viaje Improductivo	120		52%	23	13%		16	13%		32	27%		49	41%	
	CO	Conversar	4		2%	4	3%		0	0%		0	0%		0	0%	
	IM	Imprevistos	0		0%	0	0%		0	0%		0	0%		0	0%	
	NF	Necesidades Fisiológicas	0		0%	0	0%		0	0%		0	0%		0	0%	
			232		100%	40	27%		76	63%		32	27%		84	70%	
	TOTAL		480	100%		120	100%	100%	164	137%		208	173%		156	130%	

Figura 102. Modelo de análisis de carta balance

Ilustre los resultados representando la información de forma gráfica como instrumento visual para describir los conceptos y datos numéricos, facilitara su comparación y análisis de la información plasmada, permitirán analizar y comparar de forma visual y con rapidez los datos que cambiaron en el tiempo.

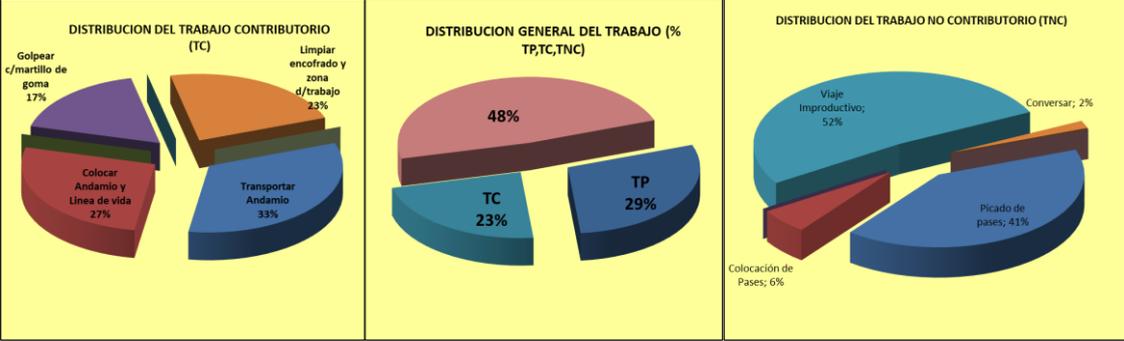


Figura 103. Modelo grafico de distribución de trabajos

Para realizar la identificación y reducción de pérdidas es necesario clasificar los tipos y tiempos de los trabajos, servirá para decidir si se reduce o eliminan los trabajos que no agreguen valor al proyecto.

5.3.7 Beneficios de la aplicación de solución en el proceso constructivo

BENEFICIOS EN EL USO DE LEAN CONSTRUCTION - PROCESO CONSTRUCTIVO		
ACTIVIDAD	RESULTADO	BENEFICIOS
Formar un equipo de trabajo que comparta la misma visión en la ejecución del proyecto.	Con personal capacitado se evitara demoras en el desarrollo del proyecto, ayudara a la planificación y ejecución de la obra	1.- Construccion sin perdidas 2.- Ahorro de tiempo 3.- Ahorro de dinero
Seleccione líderes para el proyecto, en obra y en oficina.	Ayudara a la coordinación y ejecución del proyecto, permitira establecera la responsabilidad para todas las etapas del proyecto	
Elabore un plan de capacitación para el equipo del proyecto en el manejo de los software a usar en el proyecto	Los talleres de capacitación del personal ayudara al manejo y uso de la plataforma colaborativa, modelado, calculo estructural y retroalimentación de información.	
Cronograma de General de Obra o Plan Maestro.	Brinda claridad sobre la duración y fecha de entrega del proyecto. Los tiempos de ejecución de cada actividad permitiran supervisar los rendimientos y planificar la logistica.	
Programación de Hitos.	Permite monitorear los tiempos, medir los objetivos y progreso del proyecto mostrando cómo se acercan a los objetivos planificados. Es un indicador de verificación entre una etapa y la siguiente. las fechas de inicio y fin del proyecto ayudan a identificar cuellos de botella y posibles retrasos, crea un plan sencillo para el mapeo, facilita la planificación de las tareas con anticipación.	
Dimensionar las cuadrillas por actividad.	El cumplimiento de los rendimientos en la obra son claves para la culminación del proyecto, el dimensionamiento ayuda a reformular los tiempos y rendimientos.	
Revisar actividades previas para el desarrollo	Brinda la seguridad de contar con los recursos como la mano de obra equipos y materiales para la ejecución de las actividades para el cumplimiento de las tareas.	
Lista de verificación.	El objetivo es verificar cuantos y cuáles son los recursos con los que se cuentan en personal, equipos y herramientas, materiales condiciones de calidad y seguridad etc	
Programación semanal	Ayuda a programar el trabajo semanal actividades a ejecutar. La programación semanal es un metodo para monitorear las actividades previamente analizadas en el Lookahead libres de restricciones para ser ejecutadas regularmente.	
Programación diaria	Asegura que la cuadrilla de trabajo conozca el trabajo diario, asegurando que los avances sean cumplidos diariamente.	
Programación Lookahead.	Asegura que las tareas sean ejecutadas sin impedimentos o restricciones, se analiza y asegura que cada partida o actividad este libre de restricción y considerarla preparada para su ejecución.	
Analice y levante de restricciones.	Permite gestionar las acciones para que los trabajos con restricciones puedan ser ejecutados en la fecha planeada, se gestionan los recursos necesarios para ejecutar las actividades sin ninguna restricción.	
Implemente la carta balance	Permite identificar, reducir o eliminar los trabajos que no agregan valor al desarrollo del proyecto. La mejora continua de las actividades evitara perdidas y el mal balance de los recursos.	
Porcentaje de plan completado	El monitoreo del cumplimiento de las actividades permite ver el avance y cumplimiento de las actividades planificadas. Permite identificar la confiabilidad del sistema de programación usada, su objetivo no es medir el avance de obra sino la confiabilidad del método.	
Control de rendimientos	Permite controlar los rendimientos y verificar si los avances son los planificados indicando si se cumple con el metrado. Las horas ganadas o perdidas a la fecha indicara la necesidad de mantener, aumentar o disminuir los recursos.	
Analisis de Incumplimiento	Permite conocer los motivos de incumplimiento de las actividades, gestionar su solución, realizar los ajustes y cumplir con las fechas planeadas. Se identifican las actividades a realizar para solucionar los incumplimientos para que no vuelvan a repetirse.	

Figura 104. Beneficios del uso de Lean Construction en el proceso constructivo

5.3.8 Costos de implementación en el proceso constructivo

Tabla 6
Costos para la implementación en el Proceso Constructivo

COSTO DE IMPLEMENTACION PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO		
Descripción	Costo en US\$ Aproximado	Observación
Lean Construction		
Capaticación en Lean Construction		
Herramientas de Gestión y control.		
Ishikawa diagrama y usos		
Flujo diagrama y usosr		
Diagramas de Control.		
Diagramas de Dispersión.		
Pareto curva y usos		
Histogramas.		
Listas de verificación.		
Control y gestión formatos y usos.		
No conformidades (RNC).		
Reportes de supervisión (ROB).		
Listas de pendientes de entrega (PL).	\$460.00	Precio del curso por usuario
Logs de equipos de medición.		
Indicadores de gestión de la calidad.		
Estado de RNC.		
Estado de ROB.		
Estado de PL.		
Ejecución control e indicadores.		
Entrega control e indicadores.		
Porcentaje de plan completado.		
Panel de control.		
Elaboración de panel integrador usando Google Data Studio.		
Capacitación en Project Manager	\$60.00	Precio del curso por usuario

Nota : Fuente propia

5.4 Formas de mediciones y evaluación

Mediciones y evaluaciones realizadas a los tiempos en las diferentes etapas del proyecto multifamiliar Spuknit-Surco. Para el desarrollo del Proyecto se describen los tiempos planeados y los tiempos reales utilizados.

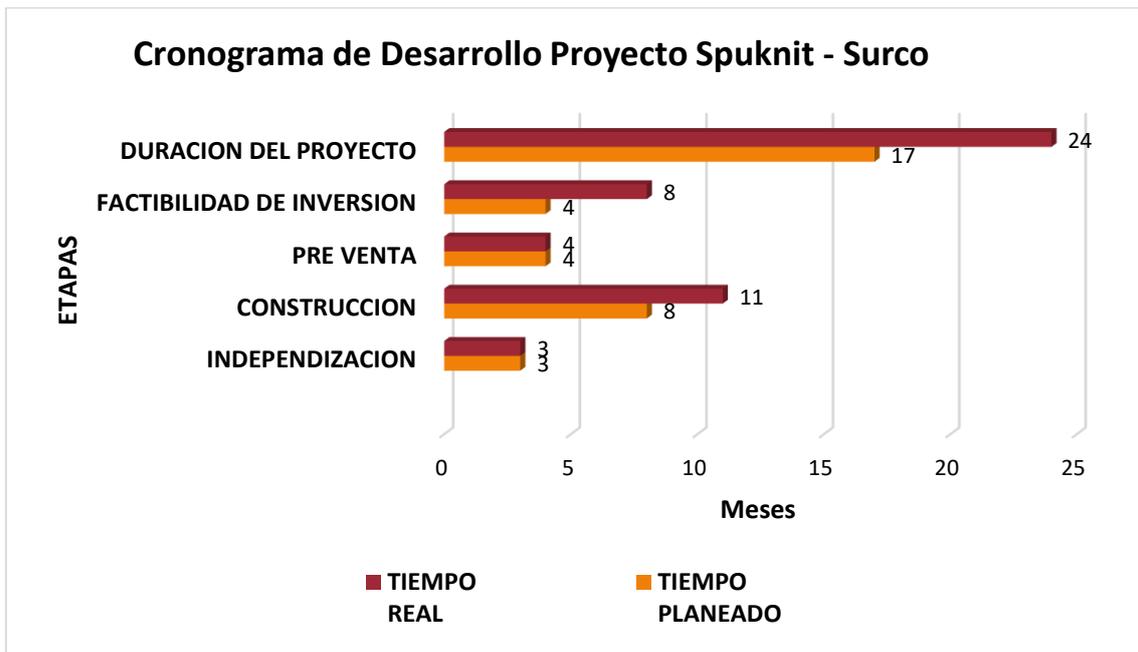


Figura 105. Cronograma para el desarrollo del proyecto

En la planificación del proyecto se identificaron dos retrasos en su desarrollo, en la etapa de factibilidad de inversión, donde está incluido el desarrollo de los planos del proyecto y en la construcción.

En el siguiente grafico se podrá identificar como en la etapa de diseño con el enfoque tradicional, las especialidades de arquitectura y estructuras son los que muestran el mayor retraso al emplear mayor tiempo del planificado.

FLUJO DEL TIEMPO DEL PROYECTO MULTIFAMILIAR SPUKNIT - SURCO																																													
TIEMPO	MES 0	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	MES 17	MES 18	MES 19	MES 20	MES 21	MES 22	MES 23	MES 24																				
PLANEADO	DURACION DEL PROYECTO																																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																											
	FACTIBILIDAD DE INVERSION																																												
	1	2	3	4																																									
	PRE-VENTA																																												
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																														
	CONSTRUCCION																																												
								1	2	3	4	5	6	7	8																														
																INDEPENDIZACION																													
																1	2	3																											
REAL	DURACION DEL PROYECTO																																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25																				
	FACTIBILIDAD DE INVERSION																																												
	1	2	3	4	5	6	7	8																																					
	PRE-VENTA																																												
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																										
													CONSTRUCCION																																
												1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																							
																						INDEPENDIZACION																							

Figura 106. Flujo del tiempo del proyecto planeado y ejecutado

La figura muestra retrasos de tiempo con respecto a lo planificado en la confección de los planos de arquitectura y estructura.

En la figura siguiente veremos los tiempos usados para la fase de diseño, confección de planos con el concepto convencional y el modelado del edificio desarrollado con Revit como herramienta de gestión.

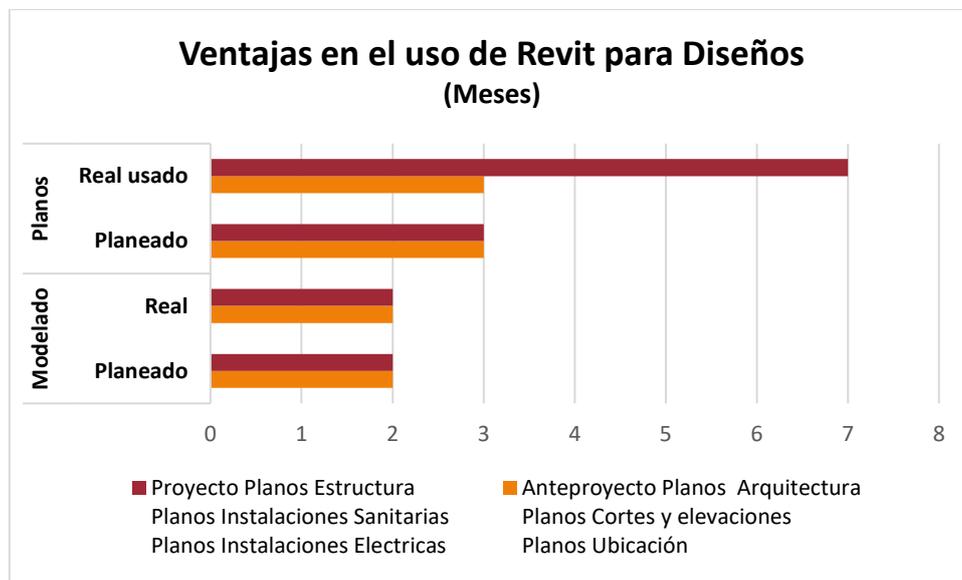


Figura 107. Tiempo usado para modelado y Planos

El tiempo real usado en la fase de diseño para la elaboración de planos con el enfoque convencional fue de 7 meses. El tiempo real de diseño de modelado 3D con Revit fue de 4 meses. Los errores en los diseños de todas las especialidades con el enfoque tradicional se evidenciaron en el proceso constructivo, teniendo que replantearse y modificarse en plena ejecución de la obra.

En el proceso de modelado se identificaron interferencias entre Arquitectura, Estructura e Instalaciones Sanitarias, estas fueron explicadas en el capítulo de Propuesta de Solución donde se muestra en detalle las interferencias identificadas. Todas estas

interferencias identificadas, fueron solucionadas en la misma etapa de diseño sin llegar hasta el proceso constructivo para solucionarla ahorrando tiempo y dinero al proyecto.

Tiempo final de entrega del diseño modelado con Revit 3D incluido observaciones y aprobaciones municipalidades 4 meses, ahorro de 7.5 meses respecto al diseño con el enfoque tradicional.

5.4.1 Medición de los trabajos realizados Proceso Constructivo

La medición de los trabajos es el monitoreo de las partidas del proyecto, identifica y muestra las pérdidas en cada una de ellas, es un control que permite obtener mejoras en el proceso de construcción. En el desarrollo del proyecto Spuknit - Surco se realizó seguimiento al proceso constructivo en las partidas más representativas del mismo comparándolos luego con los registros de la empresa; ese monitoreo permitió identificar las pérdidas en el proyecto.

Para el análisis de pérdidas se realizaron varios tipos de mediciones teniendo en cuenta las diferentes partidas del proyecto, así como las cuadrillas que las realizan. De otro lado se parte del hecho que perdida es todo trabajo que no aporta valor al proyecto en este caso podemos decir que el trabajo contributivo y no contributivo son trabajos que arrojan pérdidas porque ninguno de ellos agrega valor al proyecto.

Para identificar las pérdidas en el proyecto se realizó una medición de tiempos en el proyecto clasificándolos en trabajo productivo, contributivo y trabajo no contributivo, también se hizo una medición a 3 tipos de partidas del plan maestro, encofrado y desencofrado, habilitación e instalación del fierro y vaciado de concreto en una losa.

El grafico abajo mostrado es producto de la medición general realizada al proyecto, este arroja cifras que deberán ser corregidas para nuevos proyectos.



Figura 108. Análisis de trabajos en el proceso constructivo

La figura muestra las pérdidas en la medición realizada al proyecto, los porcentajes de tiempos invertidos en el proceso constructivo en el edificio Spuknit – Surco identifican que el tiempo invertido en el trabajo productivo es 46%, el tiempo en el trabajo contributivo es 28% y el tiempo en el trabajo no contributivo 26%.

La pérdida porcentual identificada en el proyecto de acuerdo con la medición del tiempo realizado es 54% de tiempo, superando el trabajo productivo en el proceso constructivo, tiempo que no agrega valor al proyecto tomándose como pérdida.

En el grafico abajo mostrado su puede identificar cuáles son los motivos y como se ha dividido porcentualmente el trabajo no contributivo.



Figura 109. Componentes del trabajo no contributivo.

La figura explica que del 26% del trabajo no contributivo este se ha dividido en 6 motivos o causas, donde se puede ver que el tiempo de espera en la obra es de 45%, el tiempo de ocio 21%, viajes improductivos 11%, descansos 10%, necesidades fisiológicas 5% y reprocesos 8%.

En el grafico abajo mostrado su puede identificar cuáles son los motivos y como se ha dividido porcentualmente el trabajo Contributivo.



Figura 110. Distribución del tiempo Contributivo.

La figura explica que del 28% del trabajo contributivo este se ha dividido en 5 motivos o causas, donde se puede identificar que el tiempo de transporte es de 48%, el tiempo para instrucciones es de 16%, mediciones 14%, otros 12%, y limpieza 10%.

5.4.2 Análisis de pérdidas en el Proyecto Spuknit - Surco

Para el análisis de pérdidas en la presente investigación se eligieron dos actividades una de cada proceso, es decir en la etapa de diseño se eligió el metrado y del proceso constructivo se eligieron 3 partidas del plan maestro del proyecto; encofrado de losa, habilitación e instalación de acero en losa, vaciado de concreto en losa. El seguimiento de las actividades se realizó a las cuadrillas encargadas de los trabajos y durante el tiempo que duraron, se identificaron las pérdidas en cada una de las actividades partiendo del concepto que los tiempos no contributivos y contributivos son pérdidas para el proyecto.

Habilitar el acero comprende dimensionar, cortar y doblar para confeccionar estribos o varillas longitudinales para posteriormente ser armados en elementos como vigas columnas o placas adicionalmente unirlos y asegurarlos con ganchos de alambre, armar la malla de acero unidos con alambre hasta la colocación de acuerdo con los planos del proyecto.

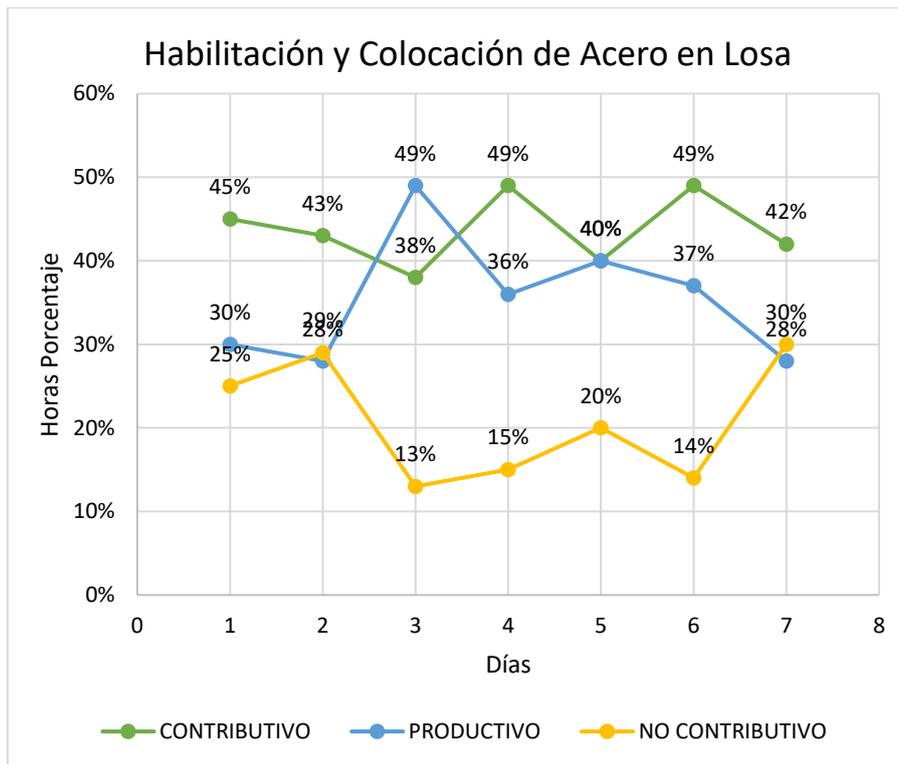


Figura 111. Habilitación e instalación de acero en losa.

El muestreo de la habilitación y colocación de acero se realizó durante 7 días a diferentes horas, los tiempos porcentuales muestreados muestran notoria distorsión entre los tipos de trabajo se puede ver que el tiempo contributivo supera el tiempo productivo, mientras que no contributivo se mantiene bajo y sube al final de la semana a la espera de instrucciones y transporte entre niveles.

HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO EN LOSA								
DIA	JORNADA		TIPO DE TRABAJOS REALIZADOS					
			PRODUCTIVO		CONTRIBUTIVO		NO CONTRIBUTIVO	
	HORAS	MINUT	%	MINUTOS	%	MINUTOS	%	MINUTOS
1	8	480	30.00%	144.00	45.00%	144.00	25.00%	120
2	8	480	28.00%	134.40	43.00%	134.40	29.00%	139
3	8	480	49.00%	235.20	38.00%	235.20	13.00%	62
4	8	480	36.00%	172.80	49.00%	172.80	15.00%	72
5	8	480	40.00%	192.00	40.00%	192.00	20.00%	96
6	8	480	37.00%	177.60	49.00%	177.60	14.00%	67
7	8	480	28.00%	134.40	42.00%	134.40	30.00%	144
Total Minutos				1,190.40		1,190.40		701
Total Horas				19:50:24		19:50:24		11:40:48

Figura 112. Tiempo de Habilitación e instalación de acero en losa

El encofrado es el armado de paneles de madera para dar forma y resistencia a la estructura de concreto, mantiene el peso del concreto durante el proceso de curado. La medición de esta tarea se realizó a la cuadrilla encargada para identificar en que fueron usado los tiempos.

Los tiempos de trabajos en esta actividad que no agregan valor (31.30 hrs.) son mayores que el tiempo productivo (19.50 hrs.) estableciendo pérdidas por 12.20 hrs., de acuerdo con la definición.

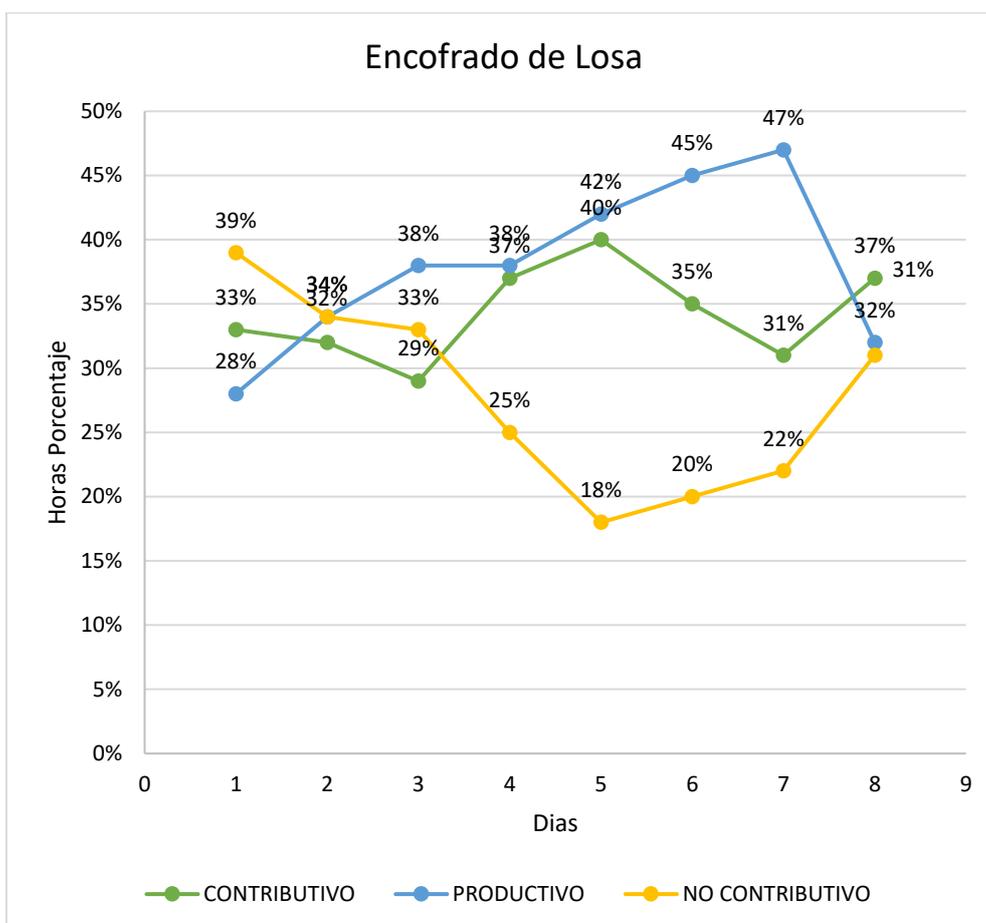


Figura 113. Encofrado de Losa.

Los tiempos usados para el encofrado de losa evidenciaron perdidas, el trabajo contributivo y el no contributivo superaron el trabajo productivo.

ENCOFRADO DE LOSA								
DIA	JORNADA		TIPO DE TRABAJOS REALIZADOS					
			PRODUCTIVO		CONTRIBUTIVO		NO CONTRIBUTIVO	
	HORAS	MINUT	%	MINUTOS	%	MINUTOS	%	MINUTOS
1	8	480	28%	134.40	33%	134.40	39%	187
2	8	480	34%	163.20	32%	163.20	34%	163
3	8	480	38%	182.40	29%	182.40	33%	158
4	8	480	38%	182.40	37%	182.40	25%	120
5	8	480	42%	201.60	40%	201.60	18%	86
6	8	480	45%	216.00	35%	216.00	20%	96
7	8	480	47%	225.60	31%	225.60	22%	106
Total Minutos				1,305.60		1,305.60		917
Total Horas				21:45:36		21:45:36		15:16:48

Figura 114. Tiempo de Encofrado de Losa.

La losa aligerada se encarga de separar los pisos en una vivienda y su función estructural es transmitir las cargas a los elementos estructuras verticales y a su vez a la cimentación, el encofrado, el vaciado del concreto, así como el material utilizado permitirá el buen funcionamiento de ella.

Los tiempos de trabajos en esta actividad que no agregan valor (37 hrs.) son mayores que el tiempo productivo (21.45 hrs.) estableciendo pérdidas por 15.50 hrs., de acuerdo con la definición.

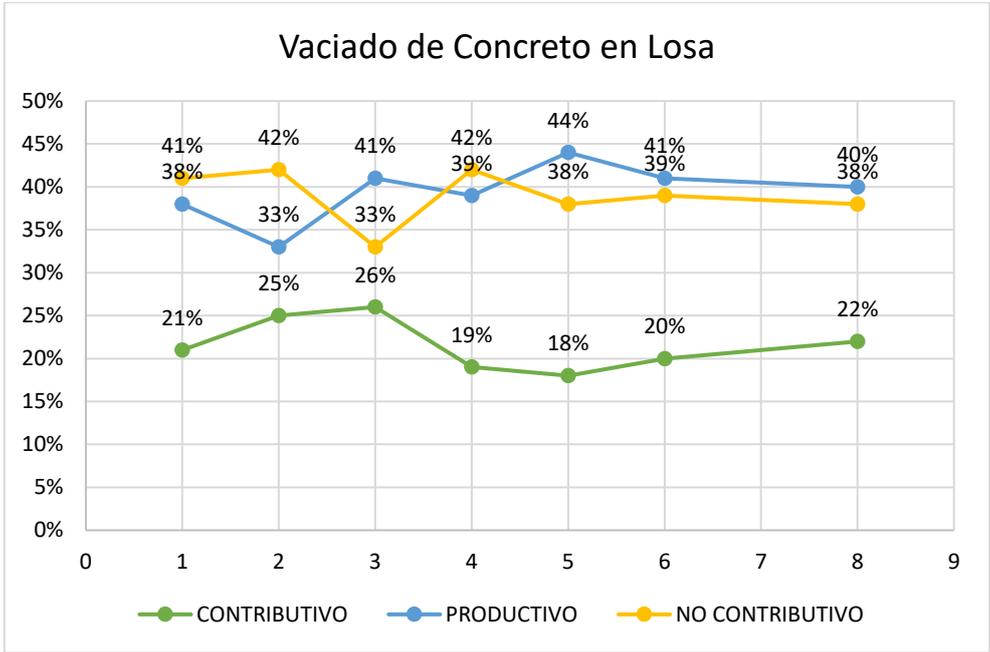


Figura 115. Vaciado de Concreto en Losa.

Los tiempos usados por tipos de trabados en el vaciado de concreto de una losa de entrepiso, evidencio perdidas, el tiempo productivo fue menor que el tiempo contributivo y no contributivo.

VACIADO DE CONCRETO EN LOSA								
DIA	JORNADA		TIPO DE TRABAJOS REALIZADOS					
			PRODUCTIVO		CONTRIBUTIVO		NO CONTRIBUTIVO	
	HORAS	MINUT	%	MINUTOS	%	MINUTOS	%	MINUTOS
1	8	480	38%	182.40	21%	182.40	41%	197
2	8	480	33%	158.40	25%	158.40	42%	202
3	8	480	41%	196.80	26%	196.80	33%	158
4	8	480	39%	187.20	19%	187.20	42%	202
5	8	480	44%	211.20	18%	211.20	38%	182
6	8	480	41%	196.80	20%	196.80	39%	187
7	8	480	40%	192.00	22%	192.00	38%	182
Total Minutos				1,324.80		1,324.80		1310
Total Horas				22:04:48		22:04:48		21:50:24

Figura 116. Tiempo usado para Vaciado de Concreto en Losa.

Los tiempos de trabajos en esta actividad que no agregan valor (43.54 hrs.) son mayores que el tiempo productivo (22.04 hrs.) estableciendo pérdidas por 21.50 hrs., de acuerdo con la definición.

Para Lean Construction y su filosofía de construcción sin pérdidas ninguna de las 3 actividades, tiene comportamiento aceptable, el resultado de los tiempos conceptuados como pérdidas, superan el tiempo productivo.

Otras de las mediciones realizadas al proyecto Spuknit – Surco, como parte de la etapa de diseño fue el metrado; se compararon cifras entre el metrado convencional y el metrado con Revit. Las especialidades elegidas fueron estructuras en el metrado del acero, concreto premezclado y encofrados.

Tabla 7
Comparación de metrados de Acero

COMPONENTE	UND	METRADOS DE ACERO			
		BIM - REVIT	TRADICIONAL	DIFERENCIA	% INCIDENCIA
LOSA ALIGERADA	KG	8,128.61	7,374.98	753.63	10%
SOBRECIMIENTO REFORZADO	KG	5,707.18	5,868.20	-161.02	-3%
COLUMNAS	KG	10,836.36	9,439.42	1,396.95	15%
ESCALERAS	KG	927.08	1,419.38	-492.30	-35%
LOSAS MACIZAS	KG	2,351.64	2,926.17	-574.53	-20%
PLACAS	KG	14,980.76	26,719.88	-11,739.12	-44%
VIGAS	KG	14,551.63	15,112.89	-561.26	-4%
VIGAS DE CIMENTACION	KG	840.36	684.95	155.41	23%
ZAPATAS	KG	5,044.72	4,432.69	612.03	14%
FALSO PISO		1,797.97	0.00	1,797.97	100%
TOTAL		65,166.31	73,978.54	-8,812.23	

Nota: Fuente: Propia

En la tabla arriba mostrada podemos distinguir diferencias en el metrado del acero con el enfoque tradicional y el metrado con Revit, importante mencionar que el metrado con Revit no incluye % de desperdicio, si aplicáramos el 5% de desperdicio la cifra llegaría a 68,424.62 m³. En ambos casos el metrado tradicional sigue siendo mayor. De acuerdo con los registros de la empresa, se identificó que el acero para el proyecto fue sobre dimensionado.

Tabla 8
Comparación de metrados de concreto f'c=210 kg/m2

COMPONENTE	UND	METRADOS DE CONCRETO f'c = 210 kg/cm2			
		BIM - REVIT	TRADICIONAL	DIFERENCIA	% INCIDENCIA
LOSA ALIGERADA	M3	178.49	120.13	58.36	49%
SOBRECIMIENTO REFORZADO	M3	58.87	80.42	-21.55	-27%
COLUMNAS	M3	46.72	45.70	1.02	2%
ESCALERAS	M3	12.78	19.27	-6.49	-34%
LOSAS MACIZAS	M3	44.36	47.22	-2.86	-6%
PLACAS	M3	203.05	236.66	-33.61	-14%
VIGAS	M3	133.78	132.55	1.23	1%
VIGAS DE CIMENTACION	M3	6.06	7.90	-1.84	-23%
ZAPATAS	M3	77.21	77.94	-0.73	-1%
CIMENTOS REFORZADOS		7.39	16.51	-9.12	-55%
TOTAL		768.71	784.30	-15.59	

Nota: Fuente: Propia

La tabla anterior muestra el metrado de concreto de resistencia 210 kg/cm², podemos identificar diferencia de 15.59 m³ entre el metrado tradicional y el metrado con Revit. En esta partida se debe tener en cuenta que el concreto fue premezclado adquirido y subcontratado para la obra. La diferencia fue notoria llegándose a revisar y recalculando el metrado tradicional encontrando finalmente sobre estimación en la cantidad de m³.

Tabla 9
Comparación de metrados de Encofrado y Desencofrado

COMPONENTE	METRADOS DE ENCOFRADO Y DESENCOFRADO				
	UND	BIM - REVIT	TRADICIONAL	DIFERENCIA	% INCIDENCIA
LOSA ALIGERADA	M2	900.72	1,463.98	-563.26	-38%
SOBRECIMIENTO REFORZADO	M2	861.95	708.79	153.17	22%
COLUMNAS	M2	480.00	438.25	41.75	10%
ESCALERAS	M2	97.69	119.06	-21.37	-18%
LOSAS MACIZAS	M2	228.56	236.08	-7.52	-3%
PLACAS	M2	2,008.39	4,005.44	-1,997.05	-50%
VIGAS	M2	915.49	848.11	67.38	8%
CALZADURA	M2	367.45	351.02	16.43	5%
FALSO PICO		331.05	0.00	331.05	100%
TOTAL		8,170.71	8,170.71	-1,979.41	-24%

Nota: Fuente: Propia

La figura arriba mostrada muestra diferencia entre el encofrado y desencofrado en la obra. La diferencia ocasiono revisión en esta partida encontrando excesivo desperdicio por cortes de madera innecesarios, mala elección de l tipo de madera para la obra ocasionando no poder ser reutilizada.

La especialidad de Instalaciones Sanitarias también fue analizada en esta investigación. En los cuadros siguientes se podrá ver diferencias en el metrado de tuberías para agua fría y agua caliente.

Tabla 10
Comparación de metrados de Tuberías de Agua fría

COMPONENTE	METRADOS DE TUBERIAS DE AGUA FRIA				% INCIDENCIA
	UND	BIM - REVIT	TRADICIONAL	DIFERENCIA	
TUBERIA PVC CLASE 10 - 1/2"	M	277.48	84.00	-193.48	-2.30
TUBERIA PVC CLASE 10 - 3/4"	M	289.06	215.00	-74.06	-0.34
TUBERIA PVC CLASE 10 - 1"	M	294.64	359.00	64.36	0.18
TUBERIA PVC CLASE 10 - 1 1/4"	M	105.88	120.00	14.12	0.12
TUBERIA PVC CLASE 10 - 2"	M	10.91	20.00	9.09	0.45
TUBERIA PVC CLASE 10 - 2 1/2"	M	6.29	10.00	3.71	0.37
TOTAL		984.26	808.00	-176.26	-0.22

Nota: Fuente: Propia

La figura arriba mostrada identifica diferencia entre ambos metrados. De acuerdo con el metrado Revit hay 176.26 m. que no ha sido tomado en cuenta con el metrado tradicional. De acuerdo con el registro de compras de la empresa la diferencia está justificada y se acerca a la cifra estimada por Revit, pero de acuerdo con el metrado tradicional esta cifra no fue actualizada. Recordemos que el metrado tradicional se realiza el inicio de obra manteniéndose estático hasta el final proyecto. No ocurre así con Revit.

Tabla 11
Metrado de Tuberías de Agua caliente

COMPONENTE	METRADOS DE TUBERIAS DE AGUA CALIENTE				% INCIDENCIA
	UND	BIM - REVIT	TRADICIONAL	DIFERENCIA	
TUBERIA CPVC - 1/2"	M	312.32	245.00	-67.32	-0.27
TUBERIA CPVC - 3/4"	M	102.65	116.00	13.35	0.12
TOTAL	M	414.97	361.00	-53.97	-0.15

Nota: Fuente: Propia

En el metrado de agua caliente sucedió lo mismo, no se tuvo en cuenta cambios realizados en obra, los registros de compras de la empresa justifican esta diferencia, el metrado tradicional no se actualizo durante la ejecución del proyecto.

6 CONCLUSIONES

6.1 Respecto a la aplicación de herramientas de gestión en la etapa de diseño:

Del total de 96 encuestados, el 89 % conoce por lo menos una de las herramientas de Gestión (BIM y Lean Construction), de las cuales un 75,0 % considera que el uso de herramientas BIM incrementa la productividad y un 96.9 % recomienda su uso.

CONCLUSIONES DE LA ENCUESTA PARA BIM	
Total de encuestados	96 Profesionales
Conocen BIM	89.00%
Revit es la herramienta BIM que más conocen	90.60%
El uso de herramientas BIM incrementa la productividad	75.00%
El uso de herramientas BIM permite mejor control	84.40%
El uso de herramientas BIM disminuye plazos de entrega	53.10%
Están de acuerdo en el uso de herramientas BIM	96.90%

Figura 117. Encuesta BIM conclusiones.

Del modelamiento BIM realizado en la etapa del diseño y la revisión de documentos y registros, en el desarrollo del proyecto multifamiliar SPUKNIT-SURCO, con un área de terreno de 360 m², con 7 niveles, 10 departamentos y 20 estacionamientos, se determina que la aplicación de herramientas de gestión incrementa la productividad, reduciendo los plazos de entrega en 120 días, comparado respecto al plazo real utilizado en la fase del diseño bajo el enfoque tradicional.

CUADRO COMPARATIVO PARA LA ETAPA DE DISEÑO DEL PROYECTO SPUKNIT - SURCO - BENEFICIOS								
Etapa	DESARROLLO CONVENCIONAL			DESARROLLO CON HERRAMIENTAS DE GESTION			Tiempo Ahorro	
	Especialidad	Tiempo en días	Metodología y Software utilizados	Desarrollo	Tiempo en días	Metodología y Software utilizados	Días	%
Anteproyecto	Planos Arquitectura Planos de Cortes Elevaciones Planode Ubicación	90	Diseño con Autocad 2D planos de planta	Incluye: a) Reuniones iniciales de coordinación. b) Taller para el uso de herramientas colaborativas y metodos de trabajo c) Modelado Arquitectura Estructura	120	Modelado con Revit 3D diseño tridimensional	120	200%
Proyecto	Planos Estructurales Planos Instalaciones Electricas Planos Instalaciones Sanitarias	150						
Compatibilizacion de Planos	Todas las especialidades							
Totales		240			120		120	200%

Figura 118. Ventajas en el uso de BIM en el desarrollo de diseño.

El modelamiento con Revit BIM, en la etapa de diseño en el desarrollo del proyecto multifamiliar SPUKNIT-SURCO, permitió identificar 9 principales interferencias de manera anticipada, por lo cual se corrige en la etapa de diseño y se evitan consultas, retrasos y retrabajos cuando se detecta tardíamente, como lo ocurrido en el desarrollo del proyecto bajo un enfoque tradicional.

N°	INTERFERENCIAS DETECTADAS
1	Planos de encofrados no compatibilizan con planos de columnas
2	Columnas sin detalles de medidas
3	Planos de losa en la cual no se considera el acero
4	No hay vano para inspección de ascensor
5	Planos de estructuras y arquitectura presentan niveles en ascensor diferente
6	Giro de rampa no definida en planos de arquitectura
7	No se considera placa en estructuras
8	Altura insuficiente en la rampa para ingreso de autos
9	Área de administración con insuficiente altura

Figura 119. Interferencias en el modelado

El modelamiento con Revit BIM, en la etapa de diseño en el desarrollo del proyecto multifamiliar SPUKNIT-SURCO, permitió obtener metrados más precisos, lo cual permite hacer una planificación más exacta, evitando inventarios, perdidas de dinero, con lo cual se mejora la productividad.

INSUMO	BIM-REVIT	TRADICIONAL	DIFERENCIA
Metrado de Acero	68424.62 m3	73978.54 m3	5553.92 m3
Metrados de concreto $f_c=210$ kg/m2	768.71 m3	784.3 m3	15.59 m3
Metrados de Encofrado y Desencofrado	6191.3 m2	8170.71 m2	1979.41 m2
Metrados de Tuberías de Agua fría	984.26 m	808 m	-176.26 m
Metrado de Tuberías de Agua caliente	414.97 m	361 m	-53.97 m

Figura 120. Perdidas en el metrado de materiales.

Respecto al primer objetivo específico del trabajo de investigación, que fue la

aplicación de herramientas de gestión en la Etapa de Diseño, se puede concluir que la implementación de la metodología BIM en sus procesos colaborativos y modelado, lograron resultados positivos, ya que permitieron mejorar la productividad, reduciendo plazos, identificando interferencias y obteniendo metrados más precisos.

6.2 Respecto a la aplicación de herramientas de gestión en el proceso constructivo:

Del total de 96 encuestados, el 89 % conoce por lo menos una de las herramientas de Gestión (BIM y Lean Construction), de las cuales un 71.88 % considera que el uso de herramientas Lean Construction incrementa la productividad, un 65.63 % permite un mejor control y un 93.75 % recomienda su uso.

CONCLUSIONES DE LA ENCUESTA PARA LEAN CONSTRUCTION	
Total de encuestados	96 Profesionales
Conocen Lean Construction	89.00%
Last Planner es la herramienta LEAN que más conocen	75.00%
El uso de herramientas LEAN incrementa la productividad	71.88%
El uso de herramientas BIM permite mejor control	65.63%
El uso de herramientas BIM disminuye plazos de entrega	59.38%
Están de acuerdo en el uso de herramientas BIM	93.75%

Figura 121. Encuestas Lean conclusiones.

De la revisión de documentos y registros de manera ordenada y sistemática, del desarrollo del proyecto multifamiliar SPUNKIT-SURCO, bajo el enfoque tradicional con las siguientes características; un área construida de 1943 m², con 8 niveles, 10 departamentos y 20 estacionamientos, que tuvo un presupuesto total de insumos de S./3,391,134, en la cual los materiales tienen una incidencia del 44% y la mano de obra un 39%, se determina que la rentabilidad proyectada se redujo del 17% al 8% y el proceso constructivo, pasó de un plazo planeado de 240 días a un plazo real de 330 días, generando un atraso de 90 días.

La aplicación de herramientas de gestión en el proceso constructivo como, Lean

Construction y sus herramientas como Last Planner, Lookahead, porcentaje de plan completado PPC, Carta balance, análisis de restricciones y otras permitieron reducir o eliminar los trabajos que no agregan valor y permitir la entrega del proyecto a tiempo.

PROCESO CONSTRUCTIVO CON LEAN CONSTRUCTION PROYECTO INMOBILIARIO				
SPUKNIT - SURCO				
DESCRIPCION	TIEMPO EN DIAS			% CUMPLIMIENTO
	PLANEADO	REAL	EXCESO	
ESTRUCTURA	95	95	0	100%
ARQUITECTURA	65	65	0	100%
IISS (Sanitarias)	40	40	0	100%
IIEE (Electricas)	40	40	0	100%
Total días	240	240	0	100%

Figura 122. Proceso constructivo con Lean Construcción

Con la aplicación de Lean el cronograma se cumple según lo establecido, aplicar el concepto de Construcción sin perdidas consiste en establecer procedimientos (estándares de producción) para todas las actividades del proyecto basados en métodos que propongan optimización, sencillas y seguridad para llevarlas a cabo.

APLICACION DE LEAN PARA SOLUCIONAR ERRORES EN EL PROCESO CONVENCIONAL	
PROCESO CONVENCIONAL	PROCESO LEAN CONSTRUCCION
Demora en la entrega de los planos finales. Modificación al diseño en pleno proceso constructivo.	Trabaje con una plataforma colaborativa Modelado con Revit
Bajos rendimientos en el desarrollo de las actividades. Deficiente supervisión en el proceso constructivo. Retrabajos por malos diseños y falta de detalle Ausencia de mano obra calificada. Exceso y mala distribución de inventario por error en el metrado	Forme equipo de trabajo para el proyecto. Seleccionar los líderes del proyecto en obra y en oficina. Plan de entrenamiento para el equipo del proyecto. Elabore Cronograma de General de Obra o Plan Maestro. Elabore Programación de Hitos. Dimensione las cuadrillas por actividad. Revise actividades previas para el desarrollo Verifique los recursos. Elabore Programación General Elabore Programación diaria y semanal Elabore Programación Lookahead. Analice y levante de restricciones. Implemente la carta balance, analice motivo de incumplimiento. Verifique el PPC
Se trabajo con patrones y criterios convencionales (antiguos). Falta de uso de herramientas de gestión.	Aplique Lean Construction

Figura 123. Lean solución de los problemas en proceso convencional.

Respecto al segundo objetivo específico del trabajo de investigación, que fue la aplicación de herramientas de gestión en el Proceso Constructivo, se concluye que la implementación de Lean Construction y sus procesos colaborativos, Last Planner System, Lookahead, Carta Balance, Identificación de trabajos Productivo, Contributivo y No Contributivo, permiten medir y controlar los rendimientos y tiempos planificados, su aplicación ayuda a disminuir el trabajo Contributivo y No contributivo, con lo cual disminuyen los plazos de entrega, incrementan rendimientos, con lo cual se mejora la productividad.

En la medición realizada a las 3 actividades encofrado de losa, habilitación e instalación de acero en losa y vaciado de concreto en losa se identificaron trabajos improductivos que generan pérdidas

ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA	PERDIDA TIEMPO
HABILITACION Y COLOCACION DE ACERO EN LOSA	30.90
ENCOFRADO DE LOSA	36.61
VACIADO DE CONCRETO EN LOSA	43.54
TOTAL DE HORAS PERDIDAS	111.05

Figura 124. Horas de trabajo que generan pérdidas.

7 RECOMENDACIONES

Recomendaciones para cualquier empresa inmobiliaria o constructora que desee desarrollar proyectos de inmobiliarios. Implemente herramientas de gestión y tecnología en su proyecto, las filosofías BIM y Lean Construction no son nuevas en el mundo de la construcción su implementación brindara beneficios y ahorro en el desarrollo del proyecto.

La tecnología ha venido para quedarse, debemos hacer uso de ellas para mejorar profesional y empresarialmente. Invertir en preparar al personal o equipo de trabajo en estas herramientas de gestión y nuevas tecnologías será beneficioso para la empresa.

La implementación de nuevas herramientas de gestión o tecnología en la empresa siempre tomara un tiempo adecuarlas al de trabajo de la empresa, se debe ser riguroso y ordenado para lograr el éxito en la implementación para luego trasladar ese éxito al proyecto.

8 BIBLIOGRAFÍA

- León Elescano, M. H., & Salazar Orosco, G. B. (2017). Implementación del análisis de ingeniería de valor aplicado a proyectos inmobiliarios bajo la plataforma BIM en la fase de diseño. Lima, Lima, Peru.
- Aguirre, M. F. (2021). *Recorrido por las 9 mejores plataformas colaborativas: funcionalidades principales*. Madrid España.
- Alvarez Pai, P. J. (2019). Estudio de Productividad Aplicando la Metodología Lean Construction Caso tunel Vial 8 Guaduas - Cundinamarca. Medellin, Medellin, Colombia.
- AluExperience. (2016). *Consejos para Implementar una cultura colaborativa en tu empresa*. Barcelona España.
- Alvarez Olguin, P. K. (2017). Estudio para incrementar el rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad, con la aplicación del enfoque de Lean Construction. Trujillo, La Libertad, Peru.
- Arquínépolis, arquitectura, diseños y mas. (2019). *Lean Construction y sus beneficios*. Barcelona España.
- Ballard, G. (2000). *Sistema de ejecución de proyectos ajustados*. Georgia USA: Instituto de construcción ajustada Revisión 1.
- Ballard, G., & Howell. (2003). *Gestión ajustada de proyectos*. Georgia Usa: Building Research & Information.
- Botero Botero, L. F., & Alvarez Villa, M. E. (2003). *Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción*.
- Brioso Lescano, X. M. (2015). Analisis 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. Madrid, España.
- Cabrera Barrera, J. S. (28 de Enero de 2020). *Caso de aplicación de Last Planner System*.
Obtenido de
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/190671/Trabajo%20de%20Fin%20de%20Master.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón Gutiérrez, M. G., & Negrini Mavila, G. R. (Julio de 2017). *MODELO DE GESTIÓN DE DISEÑO PARA PROYECTOS INMOBILIARIOS BASADO EN LEAN DESIGN*. Lima, Lima, Peru.
- Calderon Rivera, M. (Setiembre de 2020). *Implementacion de Lean Construction en Cuzco Peru*. Valencia, Valencia, España.
- Costa de los Reyes, C. G. (2016). *Estudio para determinar la factibilidad de introduccion de la filosofia Lean Construction en la etapa de planificación y diseño de proyectos en empresas publicas y privadas de ciudades intermedias, casos Cuenca y Loja*. Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- De Pieri, A. C., & Marques, M. (2019). *Lean thinking: Kata approach applied as an aid process for project execution*. Obtenido de
<http://nexos.ufsc.br/index.php/lean/article/view/3023>
- Delgado Ramirez, D. A., & Julca Coba, L. (2020). *Aplicación de Herramientas de Gestión de Proyectos para mejorar el rendimiento de la mano de obra de actividades previas al vaciado de concreto en la construcción de la I.E. 00815 CARRIZAL, JEPELACIO - Moyobamba - San Martin; 2019*. Tarapoto, San Martin, Peru.
- Díaz Morales , L. M. (s.f.). *Incidencia de la Mano de Obra en el Costo de la Construcción de Módulos de Vivienda Programa Techo Propio – Empresa TEGECON ANDINA SAC*. Trujillo, Trujillo, Peru.

- Echeverri Montes, P. (4 de Mayo de 2021). Las mejores herramientas BIM.
- Fernandez Paredes, D. A., & Zamora Herrera, Y. H. (08 de Enero de 2021). Propuesta de un sistema de control focalizado para cuantificar e identificar en tiempo real los desperdicios de mano de obra y materiales en partidas incidentes de acabados húmedos en edificaciones, basados en el enfoque de valor ganado. Lima, Lima, Peru.
- Fundación MUSAAT. (2019). *BIM y Lean Construction por qué van unidos*. Madrid España.
- Goyo, K. (2022). *Todo lo que debes saber sobre Revit, el mejor software BIM*. Barcelona España.
- Ibañez Valenzuela, F. I. (2018). Analisis y Definicion de Estrategias para la Implementacion de las Herramientas del Lean Construction en Chile. Santiago de Chile, Chile.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new Production Philosophy to Construction*. California: Stanford University.
- Lean Construction Institute. (2022). *Una introducción a la arquitectura e ingeniería Lean*. Arlington USA.
- León Elescano, M. H., & Salazar Orosco, G. B. (2017). Implementación del Análisis de Ingenieria de Valor Aplicado a Proyectos Inmobiliarios Bajo la Plataforma BIM en la Fase de Diseño. Lima, Lima, Perú.
- Loffy, E. (16 de Junio de 2014). *Linkedin*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/20140617043744-58881633-common-causes-of-loss-in-productivity-in-construction-projects/>
- Morales Rios, E. V. (2018). Evaluación de la Rentabilidad del uso de Gestión BIM en la construcción de un bloque de viviendas de 10 pisos del distrito de San Martin de Porres-Lima. Lima, Lima, Peru.
- MORALES RÍOS, S. V. (2018). Evaluación de la Rentabilidad del uso de Gestión BIM en la

- Construcción de un Bloque de Viviendas de 10 Pisos del Distrito de San Martín de Porres-Lima. Lima, Lima, Perú.
- Murrieta Ormeño, C. G., & Tapia Campana, E. A. (2020). Disminución de pérdidas en base a planificación, costeo y rendimiento para subcontratistas en trabajos de acabados en Orion Group 2019. Lima, Lima, Peru.
- Ortiz Alamo, L. N. (2019). Planificación financiera y su incidencia en la rentabilidad de la empresa PROYECTOS INMOBILIARIOS INTEGRALES E.I.R.L. periodos: 2017 - 2018. Piura, Piura, Peru. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/45673/Ortiz_ALN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Parker, H., Howell, G. A., & Oglesby, C. H. (1989). *Productivity Improvement in Construction*. McGraw-Hill.
- Pons, J. F. (2014). Introducción al Lean Construction.
- Pozo Moreno, D. F. (24 de Setiembre de 2020). Implementación de un sistema de gestión de datos para la toma de decisiones en la empresa NUO tecnológica. Sangolquí, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Reto KOMMERLING. (2019). *Herramientas para LEAN Construction*.
- Rodríguez, M. (2022). *Las 20 Mejores Aplicaciones de Diseño en la Construcción*. Vienna Austria.
- Salazar Alzate, M. F. (02 de 2017). IMPACTO ECONÓMICO DEL USO DE BIM EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS. Manisales, Manisales, Colombia : Universidad Nacional de Colombia.
- Saldías Silva, R. O. (05 de 2010). ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE REALIZAR UNA COORDINACIÓN DIGITAL DE PROYECTOS CON TECNOLOGÍAS BIM.

Santiago, Santiago de Chile, Chile.

Seys Company. (Setiembre 2022). *Ventajas de BIM en las fases de diseño y construcción.*

Barcelona España.

Sink, D. S. (1985). *Productivity Mangement Planning, Measurement and Evaluation Control and Improvement.* John Wiley & Sons, Inc.

Tovar Medrano, J. A. (2016). Identificación de los Problemas debido a Falencias en la Etapa de Planeación de Obra. en Proyectos de Interés Social por medio de la Gestión de Riesgos. Bogota DC, Bogota, Colombia.

Vargas Chavez, J. O. (2017). EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES UTILIZANDO EL SISTEMA LAST PLANNER-2016. Chiclayo, Chiclayo, Chiclayo.