

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Implementación de la filosofía Lean Construction en una empresa  
subcontratista para mejorar la productividad en la ejecución de las  
instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

José Saul Caja Serrano

**ASESOR**

Maiquel López Silva

Lima, Perú  
2023

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### Datos del autor

Nombres	JOSE SAUL
Apellidos	CAJA SERRANO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	77433682
Número de Orcid (opcional)	

### Datos del asesor

Nombres	MAIQUEL
Apellidos	LOPEZ SILVA
Tipo de documento de identidad	Pasaporte
Número del documento de identidad	J448546
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-0946-6160

### Datos del Jurado

#### Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

#### Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

#### Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

**Datos de la obra**

Materia*	productividad en obras, proceso de ejecución, Pull System, Last Planner System, Value Stream Map.
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a>
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	732016

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ACTA N° 008-2024-UCSS-FI/TPICIV**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

Los Olivos, 29 de febrero de 2024

Siendo el día martes 29 de febrero de 2024, en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se realizó la evaluación y calificación del siguiente informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

**Implementación de la filosofía Lean Construction en una empresa subcontratista para mejorar la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar**

Presentado por el bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil de la Sede Lima:

**CAJA SERRANO, JOSE SAUL**

Ante la comisión evaluadora de especialistas conformado por:

BANCES MEZA, ALCIBIADES  
LAURENCIO LUNA, MANUEL ISMAEL

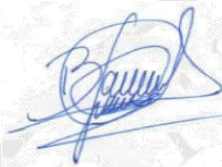
Luego de haber realizado las evaluaciones y calificaciones correspondientes la comisión lo declara:

**APROBADO**

En mérito al resultado obtenido se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller CAJA SERRANO, JOSE SAUL el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

En señal de conformidad firmamos,



Ing. BANCES MEZA, ALCIBIADES  
Evaluador especialista 1



MSc. LAURENCIO LUNA, MANUEL ISMAEL  
Evaluador especialista 2

**Anexo 2**

**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Los Olivos, 12 de febrero de 2024

Señor  
Manuel Ismael Laurencio Luna  
Coordinador del Programa de Estudios de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Católica Sedes Sapientiae

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el informe de trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: **“Implementación de la filosofía Lean Construction en una empresa subcontratista para mejorar la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar”**, presentado por CAJA SERRANO, JOSE SAUL con código 2015101813 y DNI: 77433682 para optar el título profesional de Ingeniero Civil, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser evaluado y calificado por la comisión evaluadora de especialistas.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 6 %**.\* Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



---

Maiquel López Silva  
DNI N°: 49087489  
ORCID: 0000-0002-0946-6160  
Facultad de Ingeniería - UCSS

\* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo implementar la filosofía Lean Construction en una empresa subcontratista para el mejoramiento de la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar. La implementación de la filosofía Lean Construction se aplicó a partir de diversas metodologías y herramientas que mejoran la ejecución de las obras sanitarias. En particular, se aplicó una serie de herramientas estratégicas como el Pull System, sectorización, trenes de actividades, Last Planner System, Value Stream Map, los tableros Kanban, Gemba Walk y Kaizen. Como principales resultados se alcanzó el control de actividades eficaz, identificación de ineficiencias, gestión de inventarios y generación de mejoras continuas del proyecto. La matriz metodológica de la filosofía Lean Construction en su conjunto permitió la optimización de la productividad y reducción de desperdicios en el proceso de ejecución. Como hallazgo principal, se logró un costo ahorrado de 1.66% del costo total planificado y el 21.33% del total contractual.

***Palabras clave:*** productividad en obras, proceso de ejecución, Pull System, Last Planner System, Value Stream Map.

### **Abstract**

The objective of the research was to implement the Lean Construction philosophy in a subcontractor company to improve productivity in the execution of the sanitary facilities of a multifamily building. The implementation of the Lean Construction philosophy was applied using various methodologies and tools that improve the execution of health works. In particular, a series of strategic tools were applied such as the Pull System, sectorization, activity trains, Last Planner System, Value Stream Map, Kanban boards, Gemba Walk and Kaizen. The main results were effective control of activities, identification of inefficiencies, inventory management and generation of continuous project improvements. The methodological matrix of the Lean Construction philosophy as a whole allowed the optimization of productivity and reduction of waste in the execution process. As the main finding, a saved cost of 1.66% of the total planned cost and 21.33% of the contractual total was achieved.

**Keywords:** productivity on construction sites, execution process, Pull System, Last Planner System, Value Stream Map.

## Tabla de contenido

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Tabla de contenido.....	3
Índice de figuras.....	5
Índice de tablas .....	7
Introducción .....	8
Trayectoria del autor .....	11
Descripción de la empresa / institución .....	11
Organigrama de la empresa .....	12
Áreas y funciones desempeñadas.....	12
Experiencia profesional realizada en la organización.....	14
Problemática .....	16
Planteamiento del problema.....	16
Problema general .....	19
Problemas específicos.....	19
Objetivo general.....	20
Objetivos específicos .....	20
Justificación .....	20
Alcances y limitaciones .....	22
Marco teórico.....	24
Antecedentes bibliográficos.....	24
Antecedentes internacionales.....	24
Antecedentes nacionales .....	26
Bases teóricas.....	28



	4
Construcción tradicional .....	28
Filosofía lean construction .....	29
Principios del lean construction .....	31
Herramientas del lean construction.....	34
Definición de términos básicos .....	44
Propuesta de solución .....	46
Metodología de la solución.....	46
Análisis situacional .....	46
Metodología previa utilizada en la ejecución del proyecto .....	51
Metodología implementada en la ejecución del proyecto.....	53
Desarrollo de la solución .....	54
Implementación de la filosofía lean construction .....	54
Factibilidad técnica – operativa .....	83
Cuadro de inversión .....	84
Análisis de resultados .....	86
Análisis costo – beneficio .....	86
Estimación de los ahorros .....	88
Aportes más destacables a la empresa .....	90
Conclusiones .....	92
Recomendaciones .....	95
Referencias.....	96
Anexos .....	99

## Índice de figuras

Figura 1 Organigrama de la empresa subcontratista VWTECH Contratistas S.A.C.....	12
Figura 2 Modelo de producción tradicional.....	29
Figura 3 Modelo de producción Lean o TFV .....	30
Figura 4 Principios y sub-principios .....	32
Figura 5 Definición de principios Lean Construction y prácticas asociadas .....	33
Figura 6 Tren de actividades en muro pantalla.....	36
Figura 7 Last Planner System con proceso Look Ahead Planning .....	38
Figura 8 Sistema del Last Planner System.....	39
Figura 9 Formato para la evaluación del PPC .....	40
Figura 10 Mapa de flujo de valor.....	42
Figura 11 Proyecto edificio multifamiliar Villa Campiña .....	47
Figura 12 Vista en planta del proyecto edificio multifamiliar Villa Campiña .....	48
Figura 13 Vista de fachada principal del proyecto edificio multifamiliar Villa Campiña.....	49
Figura 14 Curva "S" de costos .....	51
Figura 15 Análisis de las causas raíz mediante el diagrama de Ishikawa.....	53
Figura 16 Esquema de herramientas del Lean Construction .....	54
Figura 17 Taller de Lean Construction .....	56
Figura 18 Planificación Pull de la obra Villa Campiña .....	57
Figura 19 Sectorización de las torres de la obra Villa Campiña.....	58
Figura 20 Sectorización de las áreas exteriores de la obra Villa Campiña .....	59
Figura 21 Look Ahead Plannig de la etapa de casco .....	61
Figura 22 Look Ahead Plannig de la etapa de acabados húmedos .....	62
Figura 23 Look Ahead Plannig de la etapa de acabados secos.....	63
Figura 24 Look Ahead Plannig de la etapa de obras exteriores.....	64

Figura 25 Look Ahead Plannig de la etapa de entregas .....	64
Figura 26 Dimensionamiento de las cuadrillas de la obra Villa Campiña.....	67
Figura 27 Value Stream Mapping de la etapa de casco en verticales .....	68
Figura 28 Value Stream Mapping de la etapa de casco en horizontales.....	69
Figura 29 Value Stream Mapping de la etapa de acabados húmedos en tabiquería .....	70
Figura 30 Value Stream Mapping de la etapa de acabados húmedos en montantes.....	71
Figura 31 Value Stream Mapping de la etapa de acabados secos.....	72
Figura 32 Value Stream Mapping de la etapa de obras exteriores .....	73
Figura 33 Revisión del cronograma de pedido de materiales en la etapa de casco .....	74
Figura 34 Histórico del porcentaje de plan cumplido general de la obra Villa Campiña .....	81
Figura 35 Histórico de las causas de incumplimiento general de la obra Villa Campiña .....	82
Figura 36 Curva "S" de costos finales del proyecto Villa Campiña .....	87
Figura 37 Aportes más destacables a la empresa Vwtech Contratistas SAC .....	90

## Índice de tablas

Tabla 1 Los desperdicios considerados por el Lean Construction.....	31
Tabla 2 Aplicación de la herramienta carta balance .....	43
Tabla 3 Porcentajes de plan cumplido de la etapa de casco .....	75
Tabla 4 Causas del incumplimiento de la etapa de casco .....	76
Tabla 5 Porcentajes de plan cumplido de la etapa de acabados húmedos .....	77
Tabla 6 Causas del incumplimiento de la etapa de acabados húmedos .....	77
Tabla 7 Porcentajes de plan cumplido de la etapa de acabados secos .....	78
Tabla 8 Causas del incumplimiento de la etapa de acabados secos.....	79
Tabla 9 Porcentajes de plan cumplido de la etapa de obras exteriores .....	80
Tabla 10 Causas del incumplimiento de la etapa de obras exteriores.....	80
Tabla 11 Costo de inversión para la implementación de la filosofía Lean Construction .....	85
Tabla 12 Costo ahorrado total.....	89

## Introducción

La construcción y el sector inmobiliario son dos elementos clave en la economía de un país por varias razones. En primer lugar, es esencial gestionar de manera sostenible el crecimiento y la densificación de la población en las grandes ciudades, ya que el mundo desarrollado está experimentando una alta demanda de infraestructura y construcción. En segundo lugar, es fundamental adoptar un enfoque que permita a un país tener un control sostenible sobre su economía a través de la construcción. Lo cual, es crucial para una gestión más eficaz de las oportunidades futuras. Además, la industria de la construcción respalda al sector inmobiliario, que se caracteriza por ser uno de los sectores menos volátiles y con un crecimiento constante. Esto brinda confianza a una gran parte de la sociedad que busca asegurar su patrimonio en este sector (Frick, 2022).

En este contexto, el mercado de la construcción se vuelve cada vez más competitivo debido a avances tecnológicos y la industrialización. Por tal motivo, se sigue en la búsqueda de la implementación de nuevas metodologías para mejorar la rentabilidad de los proyectos en sus diferentes fases, partiendo del diseño, ejecución, control y mantenimiento. Entre estas metodologías, viene destacando Lean Construction (LC), una filosofía que se adaptó al campo de la construcción a partir del Lean Manufacturing desarrollada por Toyota en los años 50, e introducida por el docente Lauri Koskela en 1992.

En la actualidad, la aplicación del LC ha tomado mayor fuerza en diversos proyectos ya que posee una variedad de herramientas adaptables que simplifican la organización de los diferentes procesos con el propósito de suprimir los desperdicios y optimizar los tiempos de entrega. En particular, la ejecución de edificaciones ha sido el campo principal para la implementación exitosa del LC. Esta fase suele incluir actividades típicas que se prestan para su aplicación. Sin embargo, es importante señalar que LC se ha adoptado principalmente en empresas contratistas y no tanto en empresas subcontratistas, que a menudo optan por la

ejecución con metodologías vagas y tradicionales lo cual resulta en gastos adicionales no previstos en diversas áreas.

En este sentido, impulsado por esta deficiencia, el objetivo de la presente investigación resulta en implementar la filosofía LC en una empresa subcontratista para mejorar la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar. Para lograr este objetivo, se utilizarán herramientas estratégicas que ofrece el LC, de tal manera que facilite la edificación óptima del proyecto.

Cabe destacar que esta investigación se centra en explorar y evaluar los beneficios y desafíos de implementar LC en una empresa subcontratista específica, brindando así un modelo de referencia para otras subcontratas del mismo sector. Al analizar los resultados, otras empresas podrán identificar las estrategias y técnicas más efectivas en la implementación de LC en la ejecución de las instalaciones sanitarias de edificios multifamiliares. A su vez, permitirá comprender los obstáculos y lecciones aprendidas durante el proceso, evitando errores comunes y maximizando los beneficios. En definitiva, este estudio posee la capacidad necesaria para mejorar la eficiencia, productividad y rentabilidad de las empresas subcontratistas de instalaciones sanitarias, fortaleciendo así su competitividad en el mercado y promoviendo prácticas más innovadoras y eficientes en la industria de la construcción.

Por lo tanto, se analizará, utilizando método tradicional versus la implementación de la filosofía LC, la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña ubicado el Jr. Juno N° 182, distrito Chorrillos.

Por otra parte, es relevante resaltar que la investigación se estructura en una secuencia lógica comenzando con la introducción la cual contempla aspectos desde lo general a lo específico que se pretende solucionar y desarrollar. Seguido de esto, se desarrolla la experiencia laboral del investigador, así como habilidades técnicas y científicas obtenidas en la empresa. Además, se describen las principales funciones y rangos ejecutivos de la empresa. Asimismo,

la sección de Problemática profundiza en el problema a investigar mediante un problema general y específicos, para luego establecer un objetivo general y específicos, también en esta sección se justificará y definirá los alcances y limitaciones de la investigación. Por otra parte, el Marco Teórico proporciona un análisis detallado de la literatura pertinente y establece los fundamentos teóricos de la investigación, seguido por la Propuesta de Solución que detalla la metodología, desarrollo de la solución, factibilidad técnica-operativa y cuadro de inversiones. La investigación continúa hacia el Análisis de Resultados, resalta contribuciones significativas a la empresa, y culmina con Conclusiones y Recomendaciones concretas, apoyadas por las correspondientes Referencias y Anexos que enriquecerán el presente trabajo de investigación.

## **Trayectoria del autor**

### **Descripción de la Empresa / Institución**

La Razón Social de la empresa es VWTECH Contratistas SAC, definida con un número RUC 20601416655. La empresa actualmente tiene como Dirección Legal en la manzana A, lote No 3, asentamiento humano P. Poblet, distrito Pachacamac, departamento Lima, Perú. A unas cuadras de la curva Manchay.

La historia de la empresa VWTECH Contratistas SAC, inició a partir de su constitución como una empresa subcontratista peruana fundada un 10 de agosto del 2016 por el socio principal Terrones Chigne Wilmer Oswaldo. El objetivo principal es ofrecer servicios generales en cuatro áreas principales: Ingeniería, Integración de Proyectos, Servicio de Mantenimiento y Construcción de obras civiles, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias e instalaciones de agua contra incendios.

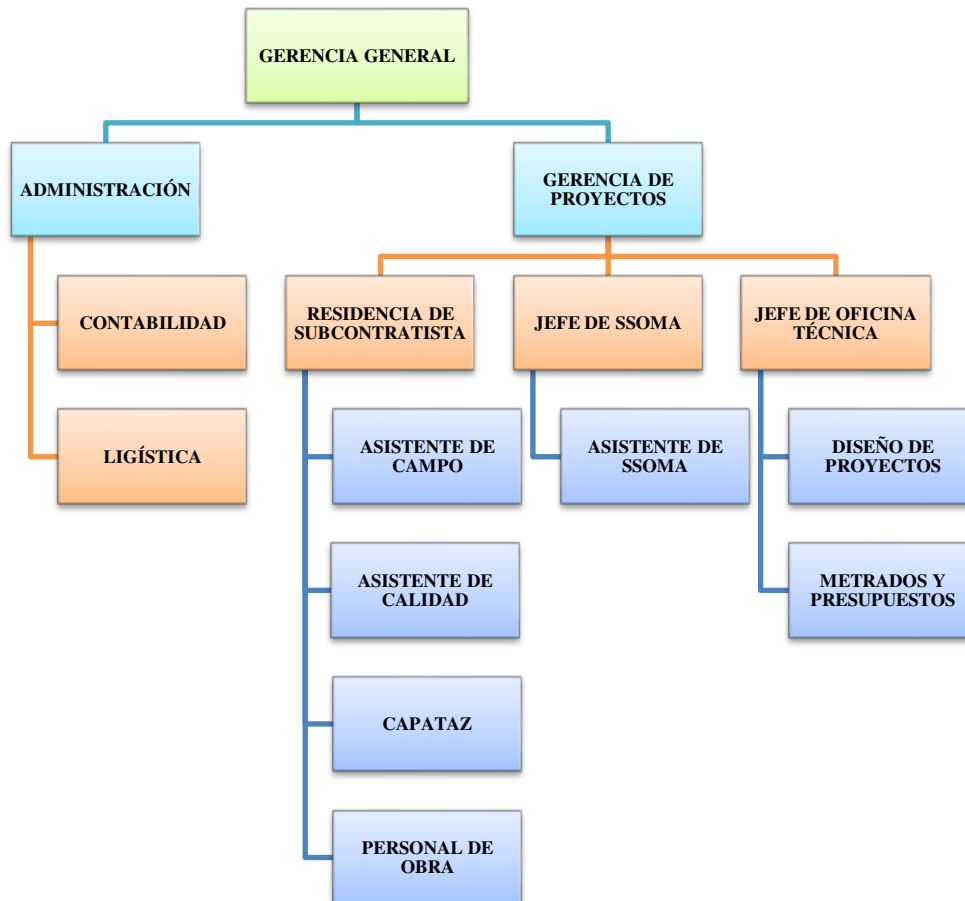
Es destacable señalar que VWTECH Contratistas ha participado en la ejecución de proyectos de centros y locales comerciales, clínicas, hospitales, laboratorios, universidades, institutos, colegios, edificios de oficinas, almacenes y multifamiliares o condominios. Posee una amplia plana de profesionales, personal técnico calificado y personal colaborativo. Así como también, a sus proveedores de materiales, equipos y herramientas con excelente calidad y garantía.



## Organigrama de la Empresa

**Figura 1**

*Organigrama de la empresa subcontratista VWTECH Contratistas S.A.C.*



*Nota.* El autor de la investigación se desempeña en el área de Residencia de Subcontratista.

### Áreas y funciones desempeñadas

Cómo se aprecia en la figura 1, el autor de la presente investigación desempeña sus labores en el área de Residencia de Subcontratista. El cual consigna en dirigir la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar, conforme al expediente técnico y las coordinaciones pactadas y establecidas con el cliente (contratista).

A continuación, se puntualiza las funciones específicas que realiza el investigador en

dicha área:

- a) **Requerimiento de materiales, herramientas y equipos:** antes del inicio del proyecto, se realizan los metrados reales con los últimos cambios del expediente técnico para luego desglosar y ejecutar los requerimientos de materiales, herramientas y equipos necesarios según programación y avance de obra.
- b) **Coordinación y supervisión:** se estructuran planes de trabajo semanal designando responsabilidades a cada profesional y personal de la subcontrata según su especialización, experiencia y desempeño en el área y campo de trabajo con el propósito de mantener un mismo objetivo. Asimismo, efectúa supervisiones constantemente de los trabajos en oficina y campo de forma que se adhieran al requerimiento propuesto por el cliente. Por otro lado, se coopera, en conjunto con los ingenieros y arquitectos responsables del proyecto, en la solución de posibles errores de diseño en el expediente técnico y otras reuniones de trabajo.
- c) **Liberación de protocolos de control:** los protocolos son documentos de control y garantía de ejecución del proceso de un trabajo en específico. El cual se rellena de datos obtenidos antes y después de la ejecución del proceso constructivo. Cabe resaltar, que no se puede continuar con el proceso posterior sin antes haber liberado el protocolo actual satisfactoriamente, para el cual debe ser validado y firmado por los ingenieros responsables de calidad, supervisión, jefe de especialidades y residente de subcontratista.
- d) **Efectuar valorizaciones:** se ejecutan valorizaciones según el avance de obra durante el periodo establecido en el contrato. A su vez, estas valorizaciones deben ser acompañadas con documentos administrativos, seguridad y producción que sustenten el costo valorizado y validen la conformidad del trabajo durante dicho periodo.
- e) **Cierre de obra:** en presencia de los profesionales responsables designados por el cliente, se realizan y se firman los protocolos de entrega final de las pruebas de funcionamiento y

aprobación del sistema ejecutado. Por otro lado, se elaboran y preparan los documentos finales administrativos, valorización al 100% y Dossier de Calidad para la entrega final al cliente. Finalmente, recepcionar el acta de conformidad firmada y sellada por el cliente.

### **Experiencia profesional realizada en la organización**

El autor de la presente investigación durante su estancia en la empresa VWTECH Contratistas SAC ha obtenido experiencias profesionales en áreas de gestión y desarrollo de proyectos de la especialidad de Instalaciones Sanitarias (agua y desagüe). Dicho de otro modo, realizar requerimientos de materiales, equipos y herramientas, coordinación y supervisión, liberación de protocolos de control, efectuar valorizaciones y cierre de obra fueron las labores más resaltantes que ejecutó durante su estadía.

Los proyectos en los que participó el autor, durante su estadía en la empresa, fueron:

- ✓ Edificio multifamiliar Villa Campiña: el siguiente proyecto se encuentra ubicado en el Jr. Juno N° 182, distrito Chorrillos. El proyecto está conformado por 3 torres de 9 pisos más azotea cada una, además de 2 sótanos. El proyecto fue ejecutado desde el mes de febrero hasta noviembre del 2021. Cabe resaltar que el edificio es únicamente de uso residencial que actualmente se encuentra en perfecto funcionamiento.
- ✓ Edificio mixto Plaza 27: el proyecto se ubica en la calle Audiencia N° 186-190-194-196, esquina con Calle Chinchon N° 210, esquina con Av. Petit Thouars N° 3450-3460, esquina con calle Enrique Lembecke N° 135-145-155-165-171-179. Urb. San Isidro, distrito San Isidro. El proyecto está conformado por 2 torres de 10 pisos más azotea, además de 3 sótanos. El proyecto fue ejecutado en un periodo optimizado, pese a su gran envergadura, desde enero del año 2022 hasta agosto del mismo año 2022. Es importante mencionar que el edificio es de uso mixto tanto para comercio y residencia que actualmente se encuentra en perfecto funcionamiento.
- ✓ Edificio Multifamiliar Liv 385: ubicado en la Av. Casimiro Ulloa N°3385 del distrito

Miraflores, este proyecto se constituye por una torre de 8 pisos más azotea. Su diseño incluye, además, 3 sótanos que maximizan el uso de estacionamientos. La construcción del inmueble se desarrolló en un periodo de 8 meses, periodo durante el cual el autor de este informe participó en los primeros 4 meses, fase en la que se llevó a cabo la edificación de la estructura principal o "casco" del edificio. Además, es relevante subrayar que el edificio Liv 385 ha sido diseñado exclusivamente para uso residencial, que actualmente está en funcionamiento.

## **Problemática**

### **Planteamiento del problema**

En la actualidad, subcontratar a una empresa para la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar es una práctica común entre las empresas contratistas puesto que las subcontratas aportan habilidades y conocimientos especializados que son necesarios para proyectos específicos. Todo ello, permite a las empresas contratistas, conservar buenos estándares de eficiencia y calidad de las instalaciones. Adicionalmente, la subcontratación les otorga flexibilidad y capacidad de reacción ante cambios en la carga de trabajo o en las demandas del mercado. De tal manera que, las empresas contratistas pueden reducir sus costos operativos al evitar invertir en personal adicional o en recursos costosos.

Del mismo modo, a nivel global, la filosofía LC viene desempeñando un papel trascendental en la industria de la construcción al priorizar la eficiencia, reducir desperdicios y, como consecuencia, disminuir costos y optimizar los plazos de entrega. Además, fomenta la colaboración y comunicación efectiva entre los participantes del proyecto, mejorando la coordinación y reduciendo errores y conflictos, aspectos cruciales en proyectos de gran envergadura y complejidad. Esto adquiere una importancia particular en un entorno empresarial competitivo, donde la maximización de resultados es una meta constante.

Asimismo, Pons y Rubio (2021) precisan que la filosofía LC no se refiere únicamente a un conjunto de técnicas y herramientas, como muchas personas describen. En realidad, constituye un sistema de producción, una filosofía laboral, una cultura y una mentalidad empresarial. Este sistema impacta en toda la empresa u organización, abarcando tanto las áreas productivas como las de soporte. Además, requiere una implementación cotidiana por parte de todos los individuos, independientemente de su rango jerárquico, y se extiende a lo largo de toda la cadena de suministro, involucrando a proveedores, socios y subcontratistas.

Del mismo modo, Sanchez (2022) afirma que, el sistema LC es una metodología

organizada y adaptable que se enfoca en la creación de herramientas específicas para el proceso de planificación y ejecución de proyectos. Esta metodología se basa en fases claras y definidas con el objetivo de aumentar la productividad, la calidad y la eficiencia. Aunque es estructurado, no es rígido y permite la flexibilidad necesaria para adaptarse a las necesidades del proyecto.

Por otro lado, Bujele (2012) destaca que la filosofía LC, un método eficiente de trabajo, puede implementarse en cualquier tipo de proyecto, sin necesidad de una gran inversión o un terreno amplio. No obstante, no cabe duda que, en la construcción de un edificio con varios departamentos, este método permite que los equipos de trabajo se especialicen más. Esto resulta en un incremento en la productividad y un mejor desempeño en el proceso de aprendizaje.

En este sentido, en el Perú, la aplicación de la filosofía LC en la fase de ejecución ha sido una práctica creciente durante varios años en numerosos proyectos de edificación residencial, comercial e industrial, obras viales, obras de saneamiento, obras de minería, entre otros. Esta tendencia se debe al incremento de la competitividad en el mercado de la construcción, impulsado por avances tecnológicos y la industrialización del sector.

Asimismo, es importante resaltar que LC no se rige estrictamente a normativas nacionales de construcción porque se centra en principios y prácticas de gestión más amplios y universales que van más allá de los requisitos específicos de un país. No obstante, es crucial tener en cuenta que el LC, como metodología de gestión y mejora en la construcción, sí puede estar influenciado o complementado de las normativas existentes que regulan la seguridad, productividad, calidad y sostenibilidad en proyectos de construcción.

En definitiva, LC es una metodología que genera mejoras sustanciales en la ejecución de un proyecto gracias a las diversas herramientas eficientes que posee. Una herramienta importante es la planificación colaborativa, que implica la colaboración de todos los involucrados en la definición de metas y estrategias. Otra herramienta es el flujo continuo, que busca eliminar interrupciones y retrasos en la cadena de suministro y en la ejecución de tareas,

permitiendo un ritmo constante y fluido de trabajo. Además, la tipificación de procesos y la mejora continua son elementos clave del enfoque LC, lo que implica reconocer y suprimir actividades innecesarias que no suman valor. La combinación de estas herramientas aumenta la productividad, reduce tiempos de espera, mejora la calidad del producto final y, en última instancia, optimiza los costos.

En el contexto actual, a pesar de los beneficios potenciales que ofrece LC, muchas empresas subcontratistas dedicadas a la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar, a menudo se encuentran con dificultades para implementar adecuadamente la filosofía LC. Estos problemas pueden atribuirse a la naturaleza particular de sus actividades, el desconocimiento de las prácticas Lean o el temor a invertir tiempo y recursos adicionales en su implementación. Como resultado, estas empresas suelen experimentar pérdidas considerables en términos de eficiencia, productividad y rentabilidad.

Es relevante detallar que, uno de los primordiales motivos que llevan a estas empresas a experimentar desperdicio de recursos, retrasos y costos adicionales está relacionada con una gestión inapropiada de proyectos. La falta de una planificación sólida, la falta de coordinación entre los equipos de trabajo y una administración deficiente de recursos ocasiona problemas graves durante la ejecución. Un enfoque deficiente en la gestión de proyectos resulta en una asignación ineficiente de recursos, lo cual a su vez genera retrasos y costos adicionales. Además, la falta de seguimiento y supervisión adecuados puede dar lugar a una ejecución deficiente, ya que los problemas no se identifican ni se resuelven a tiempo.

Por otra parte, la escasez o sobre obtención de recursos adecuados, como mano de obra calificada, maquinaria y materiales suficientes, resulta ser una causa crítica de pérdida de productividad y generación de sobre costos. Las empresas subcontratistas especializadas en instalaciones sanitarias que luchan por obtener los recursos necesarios pueden enfrentar dificultades para efectuar los plazos y estándares de calidad requeridos, lo que resulta en

retrasos en la ejecución y, por consiguiente, generar costos adicionales. Por otro lado, esta falta de recursos puede generar tensiones en la relación entre la subcontratista y el contratista principal, afectando negativamente la colaboración y la confianza mutua.

En síntesis, el fracaso de las empresas subcontratistas especializadas en instalaciones sanitarias en la ejecución de proyectos se debe principalmente a una gestión ineficiente y a la deficiente logística de recursos adecuados. Estas causas están interrelacionadas y tiene impactos significativos en la capacidad de la subcontratista para ejecutar de manera exitosa un proyecto de construcción.

Por tal motivo, la aplicación de la filosofía LC en la ejecución de instalaciones sanitarias en un edificio multifamiliar por parte de las empresas subcontratistas se muestra como la elección más favorable para abordar las problemáticas mencionadas, ya que ofrece diversas herramientas que contribuirán a optimizar la productividad del proyecto. Al adoptar los principios y prácticas Lean, las empresas subcontratistas pueden mejorar la gestión de proyectos y la utilización de recursos, lo que resultará en una ejecución más eficiente y rentable de las instalaciones sanitarias.

Este estudio se puede considerar como innovador ya que, el autor no ha logrado encontrar investigaciones científicas que apliquen la filosofía LC en una empresa subcontratista de instalaciones sanitarias. Por tal razón, se tiene la expectativa que este estudio posea un impacto demostrativo en muchas empresas de esta área.

### ***Problema General***

¿Cómo la implementación de la filosofía Lean Construction en una empresa subcontratista mejora la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar?

### ***Problemas Específicos***

¿Cómo son los procesos actuales de ejecución de las instalaciones sanitarias en



proyectos de edificios multifamiliares ejecutados por la empresa subcontratista VWTECH Contratistas SAC?

¿Cuáles son las herramientas estratégicas de la filosofía Lean Construction que optimizan y reducen los desperdicios en la ejecución de las instalaciones sanitarias?

¿En qué grado se evidencia el impacto antes y después de la implementación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la ejecución de las instalaciones sanitarias?

### **Objetivo General**

Implementar la filosofía Lean Construction en una empresa subcontratista para el mejoramiento de la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar.

### **Objetivos Específicos**

Analizar los procesos actuales de ejecución de las instalaciones sanitarias en proyectos de edificios multifamiliares ejecutados por la empresa subcontratista VWTECH Contratistas SAC.

Determinar las herramientas estratégicas de la filosofía Lean Construction que optimizan los desperdicios en la ejecución de las instalaciones sanitarias.

Evaluar el impacto antes y después de la implementación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la ejecución de las instalaciones sanitarias.

### **Justificación**

La productividad en la realización de proyectos es un componente crucial que las empresas de construcción deben mejorar continuamente por el cual se busca identificar los procesos que restan valor y optimizarla inmediatamente de tal manera que se pueda lograr una mayor eficiencia operativa. En esta investigación se busca el cumplimiento de plazos, el uso óptimo de los recursos, una mayor calidad del trabajo, una rentabilidad mejorada, una ventaja competitiva y una mayor satisfacción del equipo de trabajo.

En este sentido, es relevante detallar que, hasta el inicio del desarrollo del estudio, el autor no evidenció investigaciones que hayan implementado la filosofía LC en empresas subcontratistas y su relación con la productividad durante la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar. Por tal motivo, este estudio puede considerarse como una investigación novedosa.

Por tanto, la investigación objetiva es implementar la filosofía LC en una empresa subcontratista para mejorar la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar, porque se pretende mejorar los procesos constructivos optimizando recursos y mano de obra.

Las implicancias prácticas de esta investigación radican en que proporciona soluciones a las problemáticas identificadas, considerando dimensiones como la eliminación de desperdicios, la mejora del flujo de trabajo, la colaboración y comunicación, la mejora continua y la eficiencia en la gestión de materiales y recursos. Es decir, se establecerán estrategias para superar la problemática que se haya determinado en función de los resultados obtenidos.

De igual manera, la investigación también ostenta una relevancia técnica ya que, debido al nivel de complejidad y a los significativos recursos asignados a las instalaciones sanitarias, la adopción de LC proporcionará un enfoque sistemático y probado que genera mejoras sustanciales en la productividad hasta en un 20%. Esto, a su vez, progresa la productividad y competitividad de las empresas subcontratistas de instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar. Además, también contribuye al avance del conocimiento técnico en este ámbito específico dentro del sector de la construcción.

Por otra parte, la investigación también posee una relevancia social de manera que, se mejorará la calidad de vida de las 113 familias residentes, al garantizar la entrega puntual y eficiente de instalaciones sanitarias de buena calidad. Esto contribuirá a la satisfacción de los clientes y a la creación de entornos habitables y seguros. En última instancia, esta investigación

tiene el potencial de generar un impacto positivo en la sociedad al mejorar la infraestructura y la eficiencia en la industria de la construcción, lo que se traduce en entornos más saludables y funcionales para los habitantes donde la empresa subcontratista ejecute proyectos similares.

Por último, la investigación tiene una relevancia económica puesto que se espera que la implementación del LC optimice los recursos, reduzca los costos operativos, minimiza los retrasos en la construcción y mejore la eficiencia general en la ejecución de proyectos hasta en un 20%. Mediante la reducción de los desperdicios de tiempo y materiales, se puede lograr una gestión más efectiva de los recursos financieros de las empresas subcontratistas de instalaciones sanitarias, lo que a su vez aumentará la rentabilidad y la competitividad en el mercado de la construcción. Además, la mejora en la productividad también conlleva a una finalización más rápida de los proyectos, lo que permitiría una mayor capacidad para asumir nuevos retos, contribuyendo así a un crecimiento económico para dichas empresas.

### **Alcances y Limitaciones**

Esta investigación se centra en la implementación del enfoque LC en una empresa subcontratista, con el objetivo de mejorar la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias de un edificio multifamiliar. El estudio incluye un análisis detallado de los procesos actuales de ejecución de las instalaciones sanitarias, identificando áreas de mejora y diseñando estrategias lean adaptadas a este contexto específico. Se medirán indicadores clave de rendimiento como la reducción de los tiempos de ejecución, la optimización del uso de recursos y la mejora en la calidad de las instalaciones sanitarias para evaluar el impacto de la implementación.

Sin embargo, hay limitaciones importantes a considerar en este estudio. En primer lugar, factores externos a la empresa, como cambios regulatorios o condiciones del mercado, pueden afectar la implementación de LC, lo que podría reducir su efectividad. Además, la disponibilidad de recursos y el compromiso del personal para llevar a cabo la implementación

Lean pueden influir en los resultados obtenidos. A pesar de estas limitaciones, se espera que los hallazgos proporcionan información valiosa para mejorar la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias en proyectos de edificios multifamiliares.

## Marco teórico

### Antecedentes bibliográficos

#### *Antecedentes Internacionales*

Sanchez (2022) llevó a cabo un análisis de la eficiencia del proceso constructivo con sistema industrializado en el proyecto Torres de Altiva de la Constructora Kuman en Bogotá. Planteó la implementación del sistema LC para incorporar métodos que agreguen valor, mejoren la productividad y eficiencia de actividades, y minimicen procesos que no contribuyan al desarrollo del proyecto. Como principal hallazgo fue la identificación de 10 procesos con sólo 36% bajo seguimiento y 64% sin él. Dentro de las fortalezas fue la provisión de suministros y ejecución de obra. Pero, como debilidades se identificaron los diseños y excesivos controles gerenciales; así como, la categorización de pérdidas en planeación, procedimientos, tiempos y recursos. Por último, el autor concluyó que el sistema industrializado fortalece la construcción, más no, integra todas las fases para optimizar el proyecto. Asimismo, plantea que LC se presenta como una herramienta para fortalecer los procesos constructivos, al detectar fallas y problemas potenciales. Si bien los procesos actuales de la Constructora Kuman han funcionado, una reestructuración podría impactar positivamente a las buenas prácticas y reducción de pérdida de recursos.

Bartolón (2020) investigó la viabilidad y el estado actual de los principios de LC en empresas desarrolladoras de edificación en México para determinar estrategias y mejoras durante la implementación. Por tal razón, se obtuvieron los siguientes resultados: se comprobó que algunas empresas han implementado LC con relativo éxito sin consultoría experta durante 2-8 años. Además, la mayoría conoció LC en conferencias y seminarios. Asimismo, las principales barreras fueron los costos de implementación y capacitación. Por ello, las empresas con baja calificación en LC informaron beneficios regulares o deficientes. Mientras que, las altamente calificadas reportaron buenos o excelentes beneficios. Finalmente, el investigador

concluyó que la mayoría de las empresas que participaron en la encuesta han logrado los beneficios esperados, y además han descubierto nuevas ventajas al aplicar los principios y herramientas de LC en la gestión de sus proyectos. Sin embargo, también se identificaron nuevos desafíos que han obstaculizado la implementación en la gestión de proyectos de las empresas. Estos retos se relacionan principalmente con resistencias al cambio cultural y falta de compromiso por parte de los trabajadores y directivos.

Soto (2016) desarrolló un marco de trabajo que apoya a las empresas constructoras en la realización de un diagnóstico sobre el estado de madurez de los Principios Lean que se presentan en sus proyectos, para ayudar a generar estrategias que permitan interiorizar la filosofía Lean y darle sostenibilidad en el tiempo. Por esta razón, se derivó de la revisión literaria una herramienta de evaluación denominada "Modelo de Madurez para la Implementación de los Principios LC". Este modelo fue sometido a validación y prueba de contenido, criterio y constructo por parte de expertos e implementadores. La estructura del modelo incorpora los cinco Principios Lean y las dieciséis prácticas asociadas, describiendo características y evidencias específicas para cada nivel de madurez. Por último, el investigador determinó que la madurez de los Principios Lean en los proyectos de construcción puede ser evaluada mediante un modelo de madurez. Este modelo facilita la identificación de oportunidades de mejora y establece las bases para diseñar planes de acción estratégicos para el desarrollo de LC. De esta manera, se permite una transformación cultural y el uso sostenible de las herramientas.

Díaz et al. (2014) realizaron una investigación titulada "Filosofía *Lean Construction* para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual". En el documento se realizó una exploración literaria de la filosofía LC o "construcción sin pérdidas", un innovador enfoque en la gestión de proyectos de construcción. Asimismo, se hizo un análisis comparando el modelo tradicional de ejecución de proyectos, la guía de ejecución de proyectos PMBOK en el

enfoque del PMI y el modelo integrando LC. Finalmente, los autores concluyen que LC propone una metodología innovadora en gestión de proyectos de construcción, adoptando un enfoque de Transformación-Flujo-Valor, en lugar de sólo transformación. Asimismo, reconocen que sólo transformar materiales puede resultar en un 30% de desperdicio. Por otra parte, afirman que el Sistema del Último Planificador corrige la incertidumbre en la programación de proyectos del PMI. Es decir, desglosar el cronograma de Gantt en planes semanales específicos con alta probabilidad de cumplirse para evitar retrasos.

### ***Antecedentes Nacionales***

Cherre y Rivasplata (2022) implementaron LC para la mejora de la productividad en la ejecución de actividades de las instalaciones eléctricas en Kapla Inversiones y Construcciones SAC. En consecuencia, se obtuvieron los siguientes resultados: el uso de la carta balance redujo el tiempo de ejecución medido en HHxUnd en 21,3% para cajas de datos y 26,18% en bandejas. Asimismo, la aplicación de Last Planner System incrementó el cumplimiento del cronograma medido a través del PPC en 49,75%. Finalmente, los investigadores concluyeron que la implementación de herramientas LC generó ganancias de eficiencia y productividad en las obras analizadas. Específicamente, el uso de principios Lean permitió un ahorro monetario de S/125,542.24 al optimizar el consumo de HH durante la ejecución de las instalaciones eléctricas. En otras palabras, la adopción de estas metodologías aumentó la eficiencia en el uso de HH en 16.01%, lo que se tradujo en importantes beneficios económicos para el proyecto.

Tenorio (2021) implementó herramientas LC para mejorar la productividad en los trabajos de acabados de un edificio multifamiliar de 10 niveles. Los resultados evidenciaron que estas metodologías incrementaron la productividad de los acabados en 14% y optimizaron los indicadores de gestión. Específicamente, el Last Planner System ayudó a controlar tiempos improductivos. El análisis anticipado de restricciones elevó el cumplimiento de la planificación por encima del 70% considerado óptimo. Al conocer las causas de los tiempos de trabajo, el

tiempo productivo se incrementó 13% y se mantuvo sobre el 60%. Por último, el autor concluyó que los bajos niveles iniciales de productividad se debían a excesivos tiempos improductivos por deficiencias en los procesos y distribución de personal. La implementación de LC corrigió estas problemáticas durante la ejecución al enfocarse en reducir actividades que no agregan valor y mejorar la confiabilidad de la planificación.

Delgado (2021) desarrolló una propuesta que se centra en la planificación y programación de proyectos relacionados con la instalación de Gas Natural en viviendas multifamiliares, utilizando la metodología LC. Como resultado de este estudio, se logró identificar los procesos constructivos que intervienen en la construcción de edificios con instalaciones de gas, desde el inicio de la obra en edificaciones residenciales. Además, se aplicó el sistema Last Planner System para analizar y optimizar los procesos de cada actividad del proyecto. En síntesis, se desarrolló una propuesta detallada de planificación y programación que incorpora los principios Lean en proyectos de viviendas multifamiliares con instalaciones de gas. En última instancia, la autora concluyó que la implementación de la filosofía LC permite una comprensión más profunda de los proyectos al desglosarlos en procesos. Es decir, esto implica que tanto los contratistas de instalaciones de gas como todos los participantes pueden gestionar la información de la obra de manera más eficiente a medida que esta se está ejecutando.

Araujo (2019) implementó herramientas de gestión basadas en la metodología LC con el propósito de cumplir con los objetivos de plazo, costo y calidad en proyectos de edificios multifamiliares de densidad media en Lima. Los hallazgos del estudio resaltan que invertir en la aplicación de estas herramientas, como fomentar la retención del personal clave para la planificación Pull y proporcionar capacitaciones especializadas y talleres al equipo, evidencia una rentabilidad positiva con una probabilidad superior al 80%, según un análisis realizado a través del software @risk. En el caso específico examinado, se logró un ahorro del 6.55% en



el costo total del proceso de construcción. En última instancia, los autores concluyeron que la aplicación de estas herramientas de LC conlleva a la reducción de retrabajos, mejora el cumplimiento de los estándares de calidad, aumenta la rentabilidad del proyecto y reduce la cantidad de observaciones posteriores, lo que se traduce en una mayor satisfacción por parte de los clientes, como se apreció en el caso de estudio de Precursores.

### **Bases Teóricas**

En lo que respecta a la fundamentación o bases teóricas, se llevó a cabo una exhaustiva revisión de trabajos de investigación con el propósito de explorar los conceptos que definen las variables "Lean Construction" y "Productividad" juntamente con sus correspondientes dimensiones.

#### ***Construcción Tradicional***

La metodología tradicional de construcción se destaca por su orientación secuencial y jerárquica, en el que las distintas etapas del proyecto siguen un orden lineal. Los contratistas, subcontratistas y demás partícipes trabajan de manera independiente, lo cual muchas veces ocasiona demoras y falta de coordinación. Es preciso detallar que la planificación y programación se llevan a cabo en conjunto, con decisiones y mandatos comunicados jerárquicamente, lo que limita la participación de todos los implicados en la realización de un proyecto dando lugar a impactos negativos en la productividad y calidad de la construcción. Además, la construcción tradicional se basa en estimaciones y pronósticos teóricos, lo cual conlleva a importantes desviaciones en términos de costos y plazos de entrega. Por otro lado, existe una propensión a acumular inventarios de materiales, equipos y herramientas como medida preventiva para evitar posibles demoras en su adquisición lo cual genera pérdidas y sobre costos a lo estimado.

Porras et al. (2014) señalan que un error común en el pensamiento tradicional de la construcción radica en su enfoque exclusivo en las actividades de conversión, sin considerar

adecuadamente el flujo de recursos necesario para optimizar la generación de valor en los productos resultantes. En este contexto, la construcción se percibe simplemente como un modelo de transformación.

En la figura 2 se muestra el modelo de producción tradicional como esquema interpretativo y visual de sus componentes de entrada y salida.

## **Figura 2**

### *Modelo de producción tradicional*



*Nota.* Adaptado de *Modelo del Producción Tradicional* (p.37), por Porras et al., 2014, Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual.

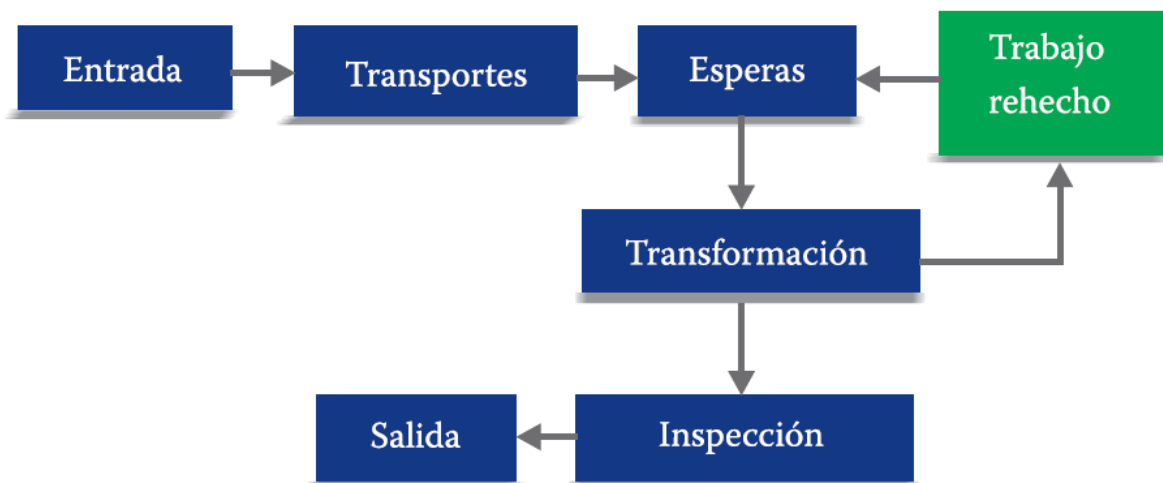
### ***Filosofía Lean Construction***

El término "lean" se originó en Japón a finales de la década de 1950 y principios de la década de 1960 como resultado de investigaciones llevadas a cabo por ingenieros de Toyota Motor, una destacada empresa automotriz que buscaba optimizar su línea de producción. Esta filosofía se conoce en la actualidad como Fabricación Lean. En 1992, Lauri Koskela introdujo esta filosofía en el ámbito de la construcción, como se refleja en su trabajo titulado "Implementación de la Nueva Filosofía de Producción en la Construcción". En su estudio, Koskela argumentó que la mejora de la producción en la industria de la construcción podía alcanzarse a través de la eliminación de flujos de materiales superfluos, destacando que las actividades de conversión podían incrementar la eficiencia general del proceso constructivo. Esta filosofía se hizo conocida como Construcción Lean (Porras et al., 2014).

En este sentido, la filosofía LC, también conocido como el modelo TFV (Transformación-Flujo-Valor), se fundamenta en la gestión de flujos que engloba actividades como inspecciones, transporte y tiempos de espera. Su propósito principal radica en la cuantificación y posterior eliminación de tales ineficiencias. El modelo TFV tiene como objetivo la minimización, e idealmente la eliminación, de los Tiempos No Contribuyentes (TNC), la reducción de los Tiempos Contribuyentes (TC) y, de esta forma, la maximización del Tiempo Productivo (TP) (Bujele, 2012).

### Figura 3

*Modelo de producción Lean o TFV*



*Nota.* Adaptado de *Modelo de producción Lean o TFV [diagrama de flujo]* (p.11), por Bujele, 2012, *Productividad en la Construcción de un Condominio Aplicando Conceptos de la Filosofía Lean Construcción*.

Dicho de otro modo, se puede conceptualizar LC como un enfoque de ejecución de proyectos que emplea métodos Lean para optimizar el valor para las partes interesadas, al mismo tiempo que minimiza el desperdicio al poner énfasis en la colaboración entre los equipos en un proyecto. El propósito fundamental de LC es mejorar la productividad, los rendimientos económicos y la innovación dentro de la industria (Lean Construction Institute [LCI], 2023).

A su vez, es importante mencionar que LC define los desperdicios en ocho actividades significativas que no aportan valor a las actividades esenciales para su finalización de forma productiva. Como se muestra la tabla 1.

**Tabla 1**

*Los desperdicios considerados por el Lean Construction*

<b>Desperdicios</b>
Sobreproducción
Tiempo de espera
Transporte innecesario
Sobre procesamiento o procesamiento incorrecto
Exceso de inventario
Movimientos innecesarios
Productos defectuosos
Desaprovechamiento de la creatividad del empleado

*Nota.* Adaptado de *Los desperdicios considerados por el Lean Construction* (p. 16), por Soto, 2016, Evaluación de la Madurez de los Principios Lean en Proyectos de Construcción.

En la construcción tradicional, se pasan por alto dichos desperdicios debido, como se mencionó anteriormente, a la concepción errónea de la producción a modo de un proceso exclusivamente de entrada, transformación y salida, sin considerar la optimización de los flujos en cada proceso para obtener el producto final.

### ***Principios del Lean Construction***

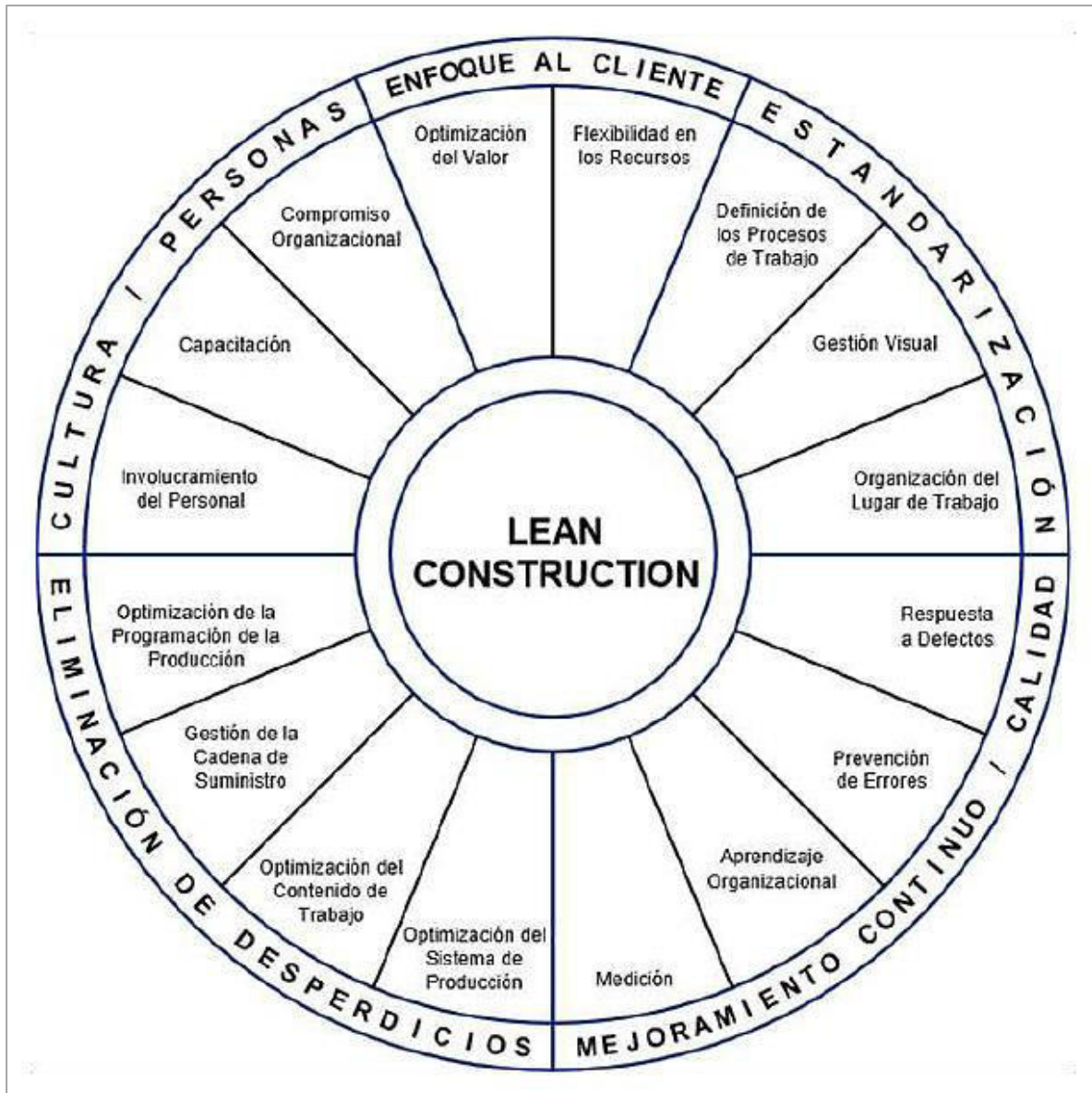
Los principios del LC son esenciales que orientan esta filosofía y enfoque de gestión en el área de la construcción. Estos principios se derivan de los principios del Lean Manufacturing (LM) y se ajustan de manera específica a las particularidades y desafíos propios de la industria de la construcción.

De acuerdo con Soto (2016), los principios LC, que fueron desarrollados, aprobados y respaldados por notables expertos en Lean y profesionales de la construcción, se estructuraron y figuraron de manera comprensible mediante una rueda (consultar figura 4). Esta rueda consta

de 5 principios fundamentales, los cuales se desglosan en 16 subprincipios.

**Figura 4**

*Principios y sub-principios*



*Nota.* Adaptado de *Principios y sub-principios* (p. 46), por Soto, 2016, Evaluación de la Madurez de los Principios Lean en Proyectos de Construcción.

A continuación, se proporcionan definiciones detalladas de cada uno de los principios y subprincipios, basándose en la perspectiva del autor Diekmann. De tal manera que se pueda brindar una comprensión adecuada de cada principio.

Figura 5

## Definición de principios Lean Construction y prácticas asociadas

Concepto	Definición
<b>Eliminación de Desperdicios</b>	Eliminación o reducción de todo aquello que no agrega valor.
Optimización del Sistema de Producción	Mejoramiento del proceso de producción y los elementos que lo componen, el cual se desarrolla con la entrada de recursos, la transformación y la obtención de un producto terminado para su entrega.
Optimización del Contenido de Trabajo	Mejoramiento del tiempo total del ciclo de producción, incluyendo las actividades que agregan valor y las que no añaden valor.
Gestión de la Cadena de Suministro	Proceso de planificar y gestionar todas las actividades necesarias para el suministro, la adquisición, la conversión y la administración en el sistema de producción, coordinando e integrando los recursos y las diversas partes involucradas en el proceso, con el fin de lograr una producción Just In Time (JIT).
Optimización de la Programación de la Producción	Mejoramiento en la forma de secuenciar el trabajo, planificando los recursos para lograr cumplir con los objetivos de tiempo, costo y calidad.
<b>Estandarización</b>	Práctica de crear, comunicar, mantener y mejorar los procedimientos de trabajo con base en reglas y secuencias establecidas.
Gestión Visual	Información en tiempo real y en el lugar sobre el estado del trabajo y el cumplimiento de estándares, mediante ayudas visuales sencillas y eficaces que permiten a los empleados conocer su desempeño y su influencia en los procesos.
Definición de los Procesos de Trabajo	Establecimiento y comprensión de guías claras y detalladas para la ejecución de los procesos de trabajo de forma repetible, eliminando la variación en la producción, los errores y la suposición.
Organización del Lugar de Trabajo	Aseguramiento de que el entorno de trabajo es un espacio ordenado, limpio y organizado, en el cual las herramientas y los materiales estén dispuestos para una mayor eficiencia, productividad, seguridad y correcta ejecución de los procesos de producción.
<b>Cultura / Personas</b>	Valoración de la gente y creación de una cultura que permita un beneficio mutuo cumpliendo los objetivos organizacionales y personales.  Desarrollo de las competencias de las personas y promoción de su participación, para lograr su motivación, su compromiso y el uso de sus competencias en beneficio de la organización.
<b>Compromiso Organizacional</b>	Obligación contraída de todos los niveles de la organización hacia la consecución de una meta, cambio o logro vinculado con la filosofía Lean, lo cual implica adoptar un comportamiento o una actitud con el fin de lograr una predisposición para realizar actos en busca de conseguir los objetivos establecidos.
Involucramiento del Personal	Participación activa de cada colaborador en la organización, donde se le brinda habilidades, recursos, autoridad, oportunidad y motivación, con el propósito de generar autonomía, comprensión y compromiso con los objetivos fijados por la organización.
Capacitación	Adquisición de conocimientos técnicos, teóricos y prácticos que van a contribuir al desarrollo del individuo en la realización de alguna actividad específica de una mejor manera, con un énfasis en los contenidos que se enseñan y generando una actitud receptiva del conocimiento.
<b>Enfoque al Cliente</b>	Determinación de las necesidades y los requerimientos por parte del cliente, para tomar las medidas necesarias para satisfacerlas.
Optimización del Valor	Mejoramiento de la forma de conocer, analizar y evaluar las necesidades, preferencias, motivaciones y requerimientos que tienen los clientes internos y externos, para maximizar los beneficios.
Flexibilidad en los Recursos	Adaptación de la producción a la demanda y necesidades del cliente, por medio de la redistribución de recursos y cambios en los procesos.
<b>Mejoramiento Continuo / Calidad</b>	Conjunto de acciones para mantener y optimizar los procesos y las prácticas de trabajo.  Estrategia que minimiza la necesidad de inspección de los trabajos realizados y permite la resolución de problemas en el sistema.
Medición	Desarrollo, establecimiento y uso de normas de medida, claras y entendibles, para evaluar la eficiencia, el rendimiento, el progreso, la calidad y la capacidad de una actividad o un proceso, comparando lo que se tiene contra el estándar o las metas establecidas.
Aprendizaje Organizacional	Proceso dinámico y continuo de adquisición, asimilación, retención y transferencia de conocimiento, habilidades y actitudes para el desarrollo de recursos hacia la mejora de procesos, mediante el estudio o partiendo de la experiencia, con un énfasis en los procesos de cambio y generando una actitud aplicativa del conocimiento.
Respuesta a Defectos	Creación de un entorno para el aprendizaje organizacional, donde se establezcan procedimientos para dar una resolución eficaz a los problemas, comprendiendo sistemáticamente la causa del defecto generado en la producción y manteniendo las soluciones para ser usadas en otros problemas en el futuro.
Prevención de Errores	Implementación proactiva de herramientas, técnicas y mecanismos cuyo objetivo es evitar que se generen defectos en la producción mediante la prevención, corrección, o llamar la atención sobre los errores que se produzcan.

*Nota.* Adaptado de *Definición de principios Lean Construction y prácticas asociadas* (p. 16), Soto, 2016, Evaluación de la Madurez de los Principios Lean en Proyectos de Construcción.

En definitiva, las definiciones proporcionadas en la figura 5, permiten comprender los principios, subprincipios y las prácticas asociadas del Lean Construction como una guía esencial para abordar proyectos con metodología Lean. Estos principios no solo proporcionan una filosofía de trabajo, sino que también contribuyen al desarrollo de una cultura organizacional. Además, establecen las bases para la implementación efectiva de diversas herramientas y técnicas destinadas a optimizar la eficiencia y eliminar desperdicios en la construcción. De esta manera, la adopción de los Principios Lean Construction implica un cambio integral en la mentalidad y operación, fomentando la mejora continua y la maximización de los recursos en el proceso constructivo.

### ***Herramientas del Lean Construction***

La filosofía de Lean Construction, ha introducido un conjunto de herramientas diseñadas para mejorar la productividad en la ejecución de obras. Estas herramientas, que se centran en la eliminación del desperdicio, la mejora del flujo de trabajo y la maximización del valor, son el eje central de la presente investigación. A continuación, desglosa y define en detalle dichas herramientas.

#### **Pull System (PS)**

En la gestión de proyectos de construcción con enfoque Lean, el inicio de una obra se guía por un plan maestro que puede seguir una de dos estrategias de planificación: Push o Pull. La planificación Push, de carácter más tradicional, se centra en cumplir con plazos preestablecidos y generalmente es elaborada por un grupo reducido de individuos que pueden no estar directamente vinculados con la producción en sitio. Por otro lado, la planificación Pull, que se alinea con la filosofía Lean. Se distingue por ser reactiva a la demanda, orientada hacia la satisfacción del cliente mediante hitos visibles, y por involucrar la colaboración simultánea

de todos los participantes del proyecto. Esta estrategia destaca por su secuencia lógica y definida, su capacidad de limitar la sobreproducción y el exceso de inventario. Así como su flexibilidad para adaptarse a los cambios, lo que optimiza el flujo de trabajo y la eficiencia general del proyecto (Araujo et al., 2019).

### **Sectorización y Tren de Actividades**

La sectorización en proyectos de construcción consiste en fragmentar el trabajo en segmentos más proporcionales y trabajables, permitiendo así optimizar el control y la eficiencia de las cuadrillas de trabajo. Este enfoque exige comunicar detalladamente los segmentos a todo el personal involucrado para asegurar una implementación efectiva en campo. Con la división del proyecto claramente establecida, se aplica la metodología del tren de actividades, que organiza el avance secuencial de las cuadrillas según su especialidad y las fases de construcción. Este método promueve un flujo de trabajo coherente y sistemático, permitiendo que cada equipo progrese ordenadamente de un sector a otro, facilitando así un proceso de construcción continuo y estructurado (Bartolón, 2020).

Para desarrollar un eficaz sistema de tren de actividades en la gestión de proyectos de construcción Lean, se deben realizar los siguientes pasos clave:



- ✓ Sectorizar estratégicamente: medir con precisión la extensión de cada tarea en unidades adecuadas (metros cúbicos, cuadrados o lineales).
- ✓ Listado de actividades: catalogar minuciosamente todas las tareas necesarias para la culminación del proyecto.
- ✓ Secuencia de actividades: establecer claramente cuál es la primera actividad y el orden secuencial en el que cada tarea subsiguiente debe seguirse.
- ✓ Cálculo de tiempos: determinar los tiempos requeridos para la ejecución de cada tarea listada, lo que permitirá una programación efectiva y un flujo de trabajo continuo.

En la figura 6, se puede apreciar un ejemplo de desarrollo del tren de actividades para la ejecución de un muro pantalla.

**Figura 6**

*Tren de actividades en muro pantalla*

Actividades	Días							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Perforación para Anclaje	1A	1B	1C	1D	1E	1F	1G	1H
Inyección de concreto		1A	1B	1C	1D	1E	1F	1G
Excavación de Banqueta			1A	1B	1C	1D	1E	1F
Colocación de Contrafuerte			1A	1B	1C	1D	1E	1F
Perfilado de banquetta y Pañeteo			1A	1B	1C	1D	1E	1F
Colocación de malla de acero				1A	1B	1C	1D	1E
Relleno de longitud de empalme				1A	1B	1C	1D	1E
Encofrado de Muro					1A	1B	1C	1D
Concreto de Muro					1A	1B	1C	1D
Tensado de Anclajes								1A

*Nota.* Adaptado de *Tren de actividades en muro pantalla*. Por Construedu, 2023, ¿Qué herramientas de Lean Construction existen? <https://konstruedu.com/es/blog/que-herramientas-de-lean-construction-existen>

Haciendo énfasis en lo que muestra la figura 6, el tren de actividades se organiza secuencialmente para prevenir el cruce de tareas al acceder a un sector específico, evitando la aglomeración y, de este modo, dando prioridad a una productividad que avanza por procesos constructivos.

### **Last Planner System (LPS)**

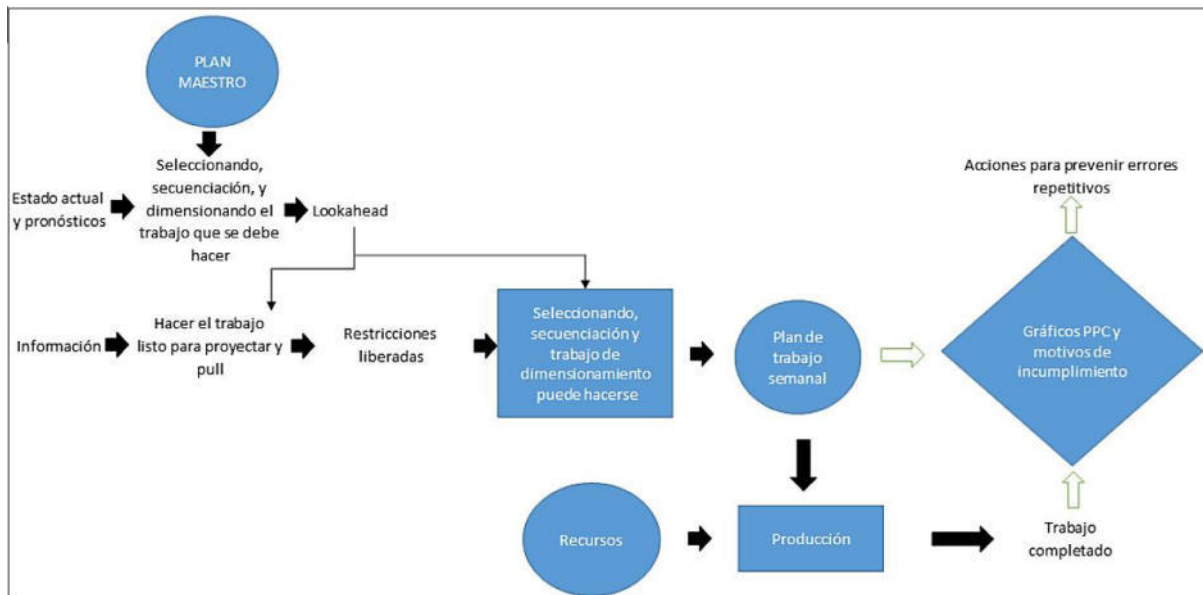
Dentro del ámbito de LC, el Sistema de Último Planificador (SUP) (de la traducción Last Planner System) es una herramienta situada en la etapa de control de producción del Lean Project Delivery System (LPDS). Este sistema abarca un conjunto de herramientas de control de producción, que constituye desde la planificación general (plan maestro) del proyecto y la planificación detallada por fases (plan Pull), hasta métodos de planificación a corto plazo como el Look Ahead Planning (LAP) y los planes semanales. Además, integra la medición del cumplimiento del plan y el análisis de las razones detrás de cualquier incumplimiento (Araujo et al., 2019).

El LPS representa una metodología pragmática donde los gerentes de construcción, ingenieros, arquitectos, capataces y líderes de equipo cooperan estrechamente para desarrollar planes de trabajo altamente confiables, mejorando así la estabilidad en la ejecución de las tareas. Este sistema mejora la gestión de la incertidumbre inherente a la planificación, enfrentando desafíos como la sistematización de la planificación, la evaluación precisa del desempeño de dicho sistema y el análisis crítico para identificar y corregir errores de planificación previos (Porrás et al., 2014).

A continuación, la figura 7 presenta el proceso centrado principalmente en la estrategia de planificación de mediano plazo utilizando la técnica de Lookahead.

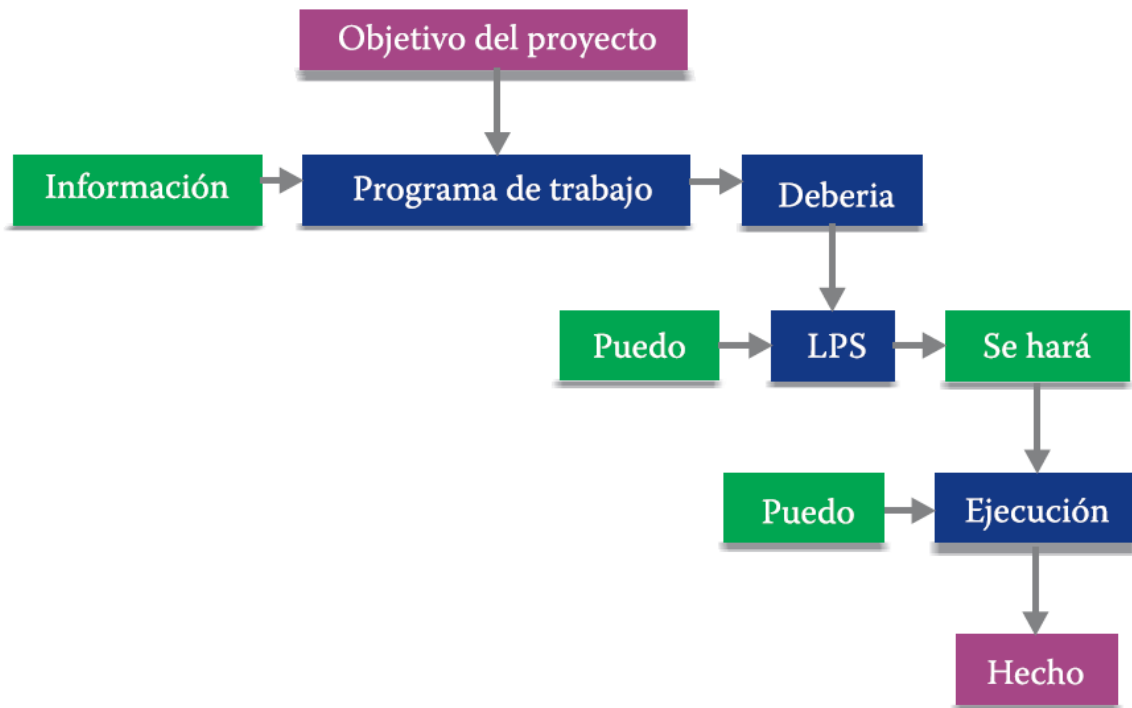
**Figura 7**

*Last Planner System con proceso Look Ahead Planning*



*Nota.* Adaptado del *Last Planner con proceso Lookahead* [Diagrama de flujo] (p.12). Por Araujo et al., 2019, Implementación de herramientas Lean Construction en proyectos multifamiliares de densidad media. Caso Proyecto Precusores en Surco.

Asimismo, es preciso detallar que el LPS reforma los métodos convencionales de programación y control de obra para mejorar la certeza en la planificación y elevar la eficacia en el sitio de construcción, tal como se ilustra en la figura 8.

**Figura 8***Sistema del Last Planner System*

*Nota.* Adaptado de *Sistema de Planificación Lean* [Diagrama de flujo] (p.40). Por Porras et al., 2014, *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*.

En síntesis, el LPS es esencial en proyectos multifamiliares, ya que mejora la planificación, reduce retrasos y sobrecostos, aumenta la productividad, garantiza la calidad y favorece la colaboración. Su enfoque en la eficiencia y la comunicación lo convierte en una herramienta imprescindible para garantizar la entrega puntual y exitosa de proyectos de construcción de viviendas multifamiliares.

### ***Indicadores del Last Planner System***

#### a) Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

Este indicador simplifica la evaluación del progreso de las actividades planificadas en la agenda semanal mediante el cálculo del porcentaje de actividades cumplidas. Se obtiene dividiendo el número de actividades

completamente realizadas entre el total de actividades programadas. La consideración de una actividad como completada se basa en el criterio del 100% de ejecución; de lo contrario, se clasifica como no completada. Así, este indicador proporciona una visión clara de la finalización de las actividades, focalizándose exclusivamente en aquellas que alcanzan el 100% de cumplimiento (Jiménez & Huaman, 2023).

### Figura 9

#### Formato para la evaluación del PPC

SEMANA 1				Fecha 01	Fecha 02	Fecha 03	Fecha 04	Fecha 05	Fecha 06	PPC
				SEMANA 1						
Área	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Término	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	PPC
Lugar de ejecución de la actividad 01	actividad 01	Día 01	Día 06	x	x	x		x	x	83.33%
Lugar de ejecución de la actividad 02	actividad 02	Día 01	Día 06	x		x	x		x	66.67%
Lugar de ejecución de la actividad 03	actividad 03	Día 01	Día 06	x	x		x	x		66.67%
Lugar de ejecución de la actividad 04	actividad 04	Día 01	Día 06	x	x	x	x	x	x	100.00%
Lugar de ejecución de la actividad 05	actividad 05	Día 01	Día 06		x	x	x		x	66.67%
Lugar de ejecución de la actividad 06	actividad 06	Día 01	Día 06	x	x		x	x	x	83.33%
<b>PPC SEMANAL</b>										<b>77.78%</b>

*Nota.* La evaluación periódica del PPC se hacen en función a los metrados.

En la figura 9, mediante el formato, podemos apreciar que la evaluación del PPC parte desde el primer día planificado (día 01) hasta el último día planificado (día 06) comprendientes en la semana evaluada (semana 01). En base a ello se logra obtener el PPC por cada actividad y por consiguiente el PPC final para la semana analizada.

#### b) Causas de No Cumplimiento (CNC)

Las CNC se refieren a todos los motivos que impiden la realización efectiva del plan semanal. En cada reunión, es imperativo analizar e identificar las razones subyacentes que impiden la conclusión de las actividades programadas, y proceder a corregirlas para evitar impactos negativos en el plan general. Así, las CNC se definen como los motivos por los cuales una actividad

no se lleva a cabo según lo planeado, requiriendo un análisis detallado en cada encuentro para implementar las correcciones necesarias y preservar la integridad del plan semanal (Lozano & Manturano, 2020).

### **Just In Time (JIT)**

Justo a Tiempo (de la traducción Just in time) es una estrategia esencial de producción eficiente que se originó en Japón con Taichii Ohno en los años 60 y 70, diseñada para reducir inventarios y eliminar el despilfarro, esencialmente produciendo solo lo necesario, en el momento preciso y en la cantidad justa. Al aplicar el JIT, se busca erradicar cualquier uso de recursos que no contribuya al valor del producto o servicio final, enfocándose en la satisfacción del cliente y en la minimización de costos. El JIT no solo es un método para agilizar la producción, sino que es parte de un compromiso más amplio con la calidad y la eficiencia, fundamentales en la gestión de proyectos de construcción (Bartolón, 2020).

Cabe destacar que la herramienta Kanban, ampliamente reconocida por su eficacia dentro de la metodología JIT, destaca por su enfoque amigable y visual. Utilizando tarjetas, conocidas como “kanbans”, este sistema señala de forma eficiente la necesidad de reabastecimiento de materiales o la ejecución de tareas adicionales. En el entorno de la construcción, el sistema Kanban administra con precisión la demanda de materiales, garantizando que su pedido y entrega se realicen exactamente cuando son necesarios.

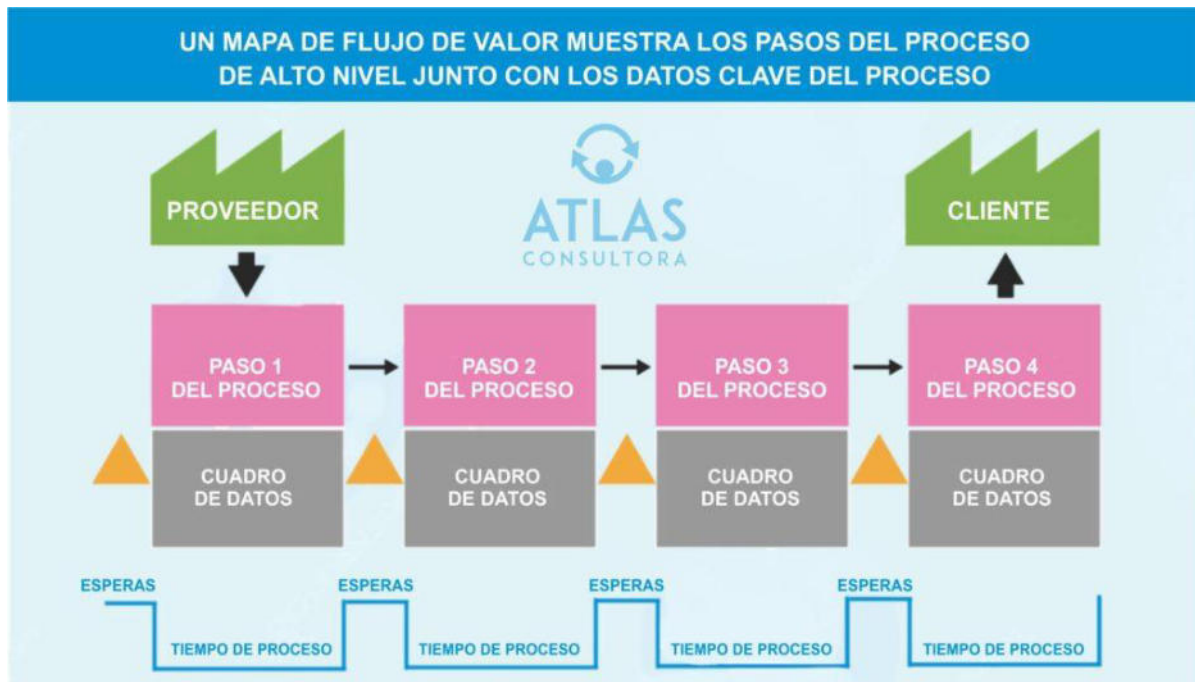
### **Value Stream Map (VSM)**

El Mapeo de la Cadena de Valor (de la traducción Value Stream Map) es una herramienta analítica diseñada para visualizar tanto las actividades productivas como las no productivas involucradas en la entrega de un producto, específicamente en la construcción. A través del VSM, se recopila información detallada sobre diversos aspectos del proceso, incluyendo tiempos de espera, ejecución, paralización y la cantidad de personal implicado. La representación gráfica resultante clarifica el panorama actual del flujo de trabajo, destacando

áreas de ineficiencia y potencial mejora. Este análisis conduce a la formulación de recomendaciones que se plasman en un mapa futuro, evidenciando cómo las mejoras propuestas pueden optimizar y acortar los ciclos de tiempo en el proceso (Araujo et al., 2019).

### Figura 10

*Mapa de flujo de valor*



*Nota.* Adaptado de *Mapa de flujo de valor*. Atlas Consultora, 2023, Mapa del flujo de valor – VSM: ¿Qué es y cómo se construye? <https://www.atlasconsultora.com/vsm/>

El VSM, como muestra en la figura 10, integra una serie de flujos y procesos que involucran a todas las partes interesadas, facilitando así la optimización general de la actividad. Esta integración asegura una coordinación efectiva y una mejora continua en todas las etapas del proceso.

### Carta Balance

En el marco del pensamiento Lean, la Carta Balance emerge como una técnica esencial para la mejora continua, optimizando el desempeño de las cuadrillas y maximizando así el valor a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción. Esta herramienta permite ajustar la

distribución de tareas y recursos entre los trabajadores, evaluando y mejorando métodos de trabajo para reducir la ociosidad y aumentar la eficiencia de las cuadrillas. Mediante la comparación de prácticas actuales con alternativas potenciales y el análisis detallado del uso de recursos (mano de obra, maquinaria y materiales), se pueden cuantificar y ajustar procesos. Recoger datos en distintos momentos asegura una mayor precisión en el análisis, lo que conduce a la generación de una Carta Balance optimizada, resultando en decisiones informadas para mejorar la productividad (Araujo et al., 2019).

El procedimiento de aplicación que debe seguirse es como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Aplicación de la herramienta carta balance*

<b>Proceso</b>	<b>Definición</b>
Antes de comenzar el muestreo	Se identifican los subprocesos que integran los trabajos productivos (TP), trabajos contributivos (TC) y trabajos no contributivos (TNC).
Registrar en el formato de la herramienta Carta Balance	Llevar a cabo un registro detallado, minuto a minuto, de las actividades ejecutadas por las cuadrillas de trabajo.
Procesar la información recolectada en el Microsoft Excel	Representar gráficamente las barras que indican la distribución de tiempos utilizados en trabajos productivos, contributivos y no contributivos.

*Nota.* Adaptado de *Aplicación de la herramienta carta balance* (p. 24), por Huapaya & Torres, 2021, “Implementación de la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad para Mejorar la Productividad en la Obra de Reconstrucción y Modernización de la Institución Educativa N°21508 Ubicado en el Distrito de Imperial - Provincia de Cañete - Departamento de Lima”.

Como se detalla en la tabla 3, el proceso de emplear la herramienta Carta Balance es principalmente intuitivo y experimental, lo que requiere que su implementación sea fiel a las condiciones observadas en el campo. Esto es esencial para asegurar un análisis auténtico y



preciso de los tiempos involucrados.

### **Gemba Walk**

Gemba Walk es un concepto introducido por Taiichi Ohno de Toyota, se refiere al lugar donde realmente ocurre el trabajo y promueve la evaluación y mejora de procesos desde una perspectiva directa y práctica. Este enfoque requiere que los ingenieros se sumerjan en el entorno de trabajo real para identificar problemas y entender sus causas fundamentales. Los Gemba Walks, que son recorridos intencionados por el lugar de trabajo, permiten a los profesionales observar los procesos operativos, identificar oportunidades de estandarización y fomentar una cultura de mejora continua. Este concepto forma la base de Gemba-Kaizen, un método de mejora continua que se concentra en acciones simples y coste-efectivas y compromete a todos los niveles de la organización (Araujo et al., 2019).

### **Definición de Términos Básicos**

- Valor agregado: actividades que transforman un producto o servicio de una manera que el cliente está dispuesto a pagar. El enfoque debe estar en maximizar las actividades de valor agregado.
- Desperdicio: son todas aquellas actividades que no agregan valor y deben eliminarse (sobreproducción, transporte, inventario, movimiento, esperas, sobreprocesamiento, defectos).
- Mejora continua: es un proceso estructurado y continuo para perfeccionar los flujos de trabajo, reducir desperdicios e incrementar calidad.
- Trabajo colaborativo: equipos multifuncionales trabajando de forma integrada y efectiva para resolver problemas y optimizar procesos.
- Pull Sistem: en lugar de producir en exceso y almacenar, un sistema Pull implica realizar actividades en respuesta a la demanda real. Esto ayuda a evitar la sobreproducción y a mantener un flujo de trabajo constante.

- Tablero Kanban: es un sistema visual que utiliza tarjetas o señales para organizar y controlar el flujo de trabajo. Cada tarjeta representa una actividad específica que se debe realizar.
- Just in time: implica abastecer los materiales que se necesitan, en el momento y lugar correctos, para minimizar los inventarios.
- Flujo Continuo: es un proceso de trabajo continuo y sin interrupciones. Evita esperas y acumulaciones, permitiendo una ejecución eficiente de las actividades.
- Look Ahead Planning: consiste en la programación detallada de tareas o actividades a corto plazo en la construcción. Su enfoque busca mejorar la eficiencia y prever posibles desafíos, permitiendo una adaptación constante y decisiones proactivas para asegurar un progreso fluido en el proyecto constructivo.

## **Propuesta de solución**

### **Metodología de la Solución**

#### *Análisis Situacional*

##### **Descripción del Proyecto**

El proyecto analizado para el desarrollo de la presente investigación fue ejecutado principalmente por una empresa contratista con vasta experiencia en el mercado peruano. Quién sub contrató a la empresa Vwtech Contratistas SAC de acuerdo al proyecto aprobado según planos, especificaciones técnicas, presupuesto, y demás documentos de la obra, para la ejecución de los trabajos de “Suministro e Instalaciones Sanitarias”, del proyecto Edificio Multifamiliar “Villa Campiña” ubicada en el Jr. Juno 182, Urb. La Campiña, Distrito Chorrillos, Provincia y Departamento de Lima. El contrato pactado fue bajo la modalidad de suma alzada el cual asciende según la Orden de Compra O.C. N° 134661, por un valor de S/ 794,897.24 más IGV (consultar anexo 1), con plazo de ejecución de 230 días calendario.

El proyecto ejecutado es una edificación multifamiliar conformada por 3 torres de 9 pisos más azotea cada una, además de 2 sótanos. En el sótano 2 se encuentran cisternas de consumo doméstico y de agua contra incendios, cuarto de máquinas, pozo sumidero y pozo a tierra. Además, en el sótano 1 y parte del primer piso se ubican los estacionamientos. Por otro lado, los pisos 1 y 2 de las torres cuentan con 11 departamentos por nivel, 1 sala de reuniones, 1 sala de niños y otras áreas comunes. Del mismo modo, los pisos del 3 al 7 tienen 13 departamentos por piso, mientras que los pisos 9 y azotea alberga 4 departamentos, 9 departamentos dúplex, 1 gimnasio, 1 sala de usos múltiples, 1 centro de lavado y más áreas comunes. Dicho de otro modo, el edificio cuenta con 113 departamentos en total, además de las áreas comunes mencionadas. Para el acceso, cada torre tiene 1 ingreso peatonal, 1 ingreso vehicular, 1 ascensor directo a los departamentos y 1 escalera de emergencia. Dando lugar a un área techada total de 9,755.53 m<sup>2</sup>, además de las áreas de otras instalaciones 117.65 m<sup>2</sup> y

un área libre de 1,007.33 m<sup>2</sup>. Todo ello emplazada en un área de terreno 2062.09 m<sup>2</sup>, como se expresa en la figura 11.

### Figura 11

*Proyecto edificio multifamiliar Villa Campiña*



*Nota.* Adaptado de *Condominio Villa Campiña, Chorrillos* [Ilustración]. Inarco Perú Constructora e Inmobiliaria. Tomado de <https://www.inarco.com.pe/proyectos-en-venta/condominio-departamentos-villa-campina-chorrillos/#gallery-3>

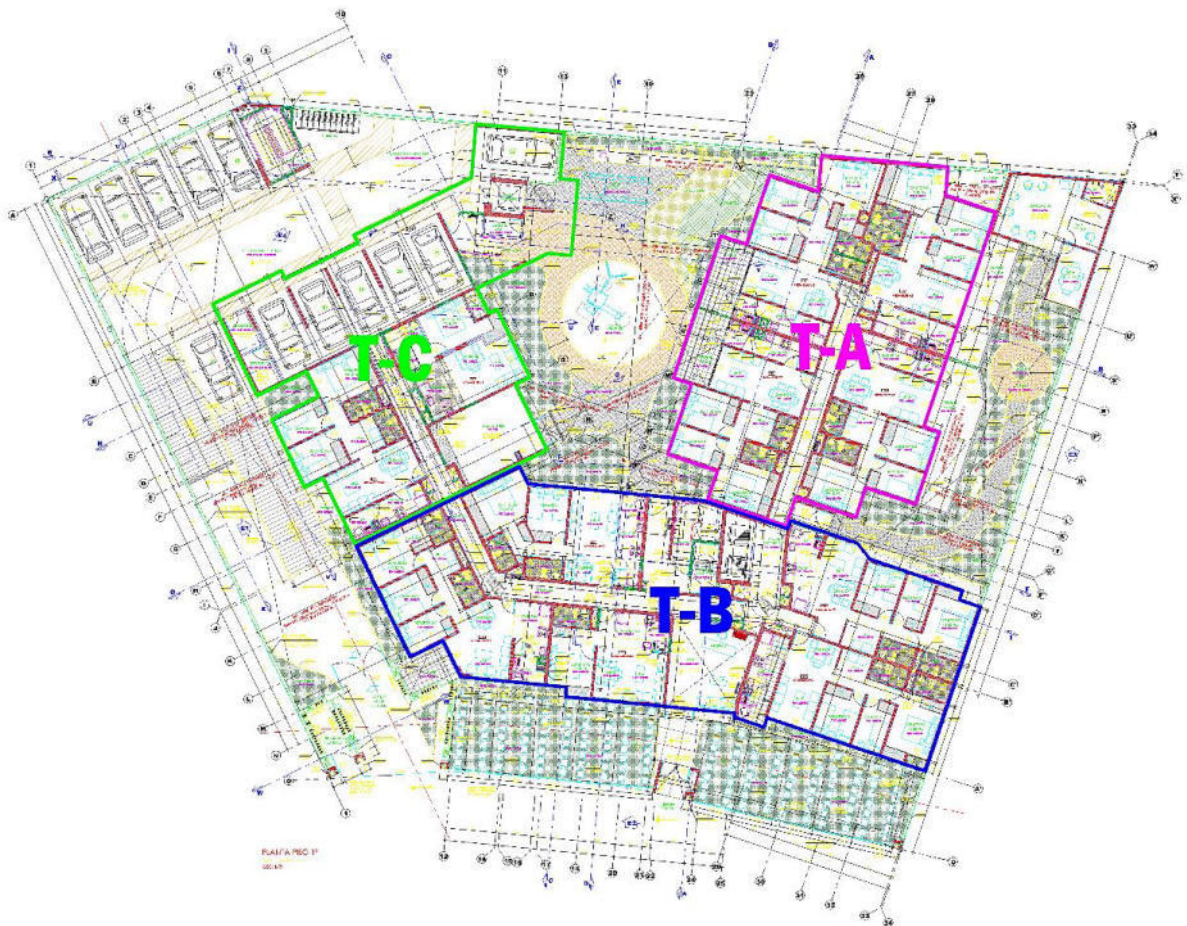
Por otra parte, para efectos del desarrollo del presente informe, es importante describir las instalaciones sanitarias del proyecto. El sistema de agua fría y caliente consiste en 3 electrobombas multietapas de velocidad variable y presión constante, que impulsan el agua a través de 2 montantes adosados por torre. Estas se alimentan seccionalmente mediante líneas empotradas desde el nivel 1 al 5, y del 6 hasta la azotea. El desagüe funciona por gravedad, evacuando las aguas servidas de cada departamento a través de bajadas o montantes en ductos.

Estas se recolectan en tuberías enterradas en el nivel 1 hacia cajas de registro, para luego derivar a 2 conexiones domiciliarias de desagüe de Ø6" hacia la red pública por la calle Juno.

Seguidamente, se muestran perspectivas gráficas de las tres estructuras nombradas como torres A, B y C, ilustradas en la Figura 8 y 9. Localizamos la torre A al margen derecho del diseño, la torre B se emplaza en el fragmento central, y la torre C está posicionada a la izquierda del plano, como se puede identificar en la figura 12.

### Figura 12

*Vista en planta del proyecto edificio multifamiliar Villa Campiña*



**Figura 13**

*Vista de fachada principal del proyecto edificio multifamiliar Villa Campiña*



### **Análisis de los procesos actuales de ejecución**

La empresa Vwtech Contratistas S.A.C., inició la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar el 28 de diciembre del 2020. En esa fecha, el proyecto ya se encontraba en la etapa de cimentación, por tanto, era imprescindible contar con un plan de ejecución estructurado a detalle. Aspectos que en ese periodo de tiempo la subcontratista no había establecido.

A pesar de la dificultad de proyección, la ejecución partió en base al LAP establecido por la constructora que consistía en la edificación simultánea de las torres A, B y C, nivel por nivel, distribuyendo las tareas en seis sectores diferentes.

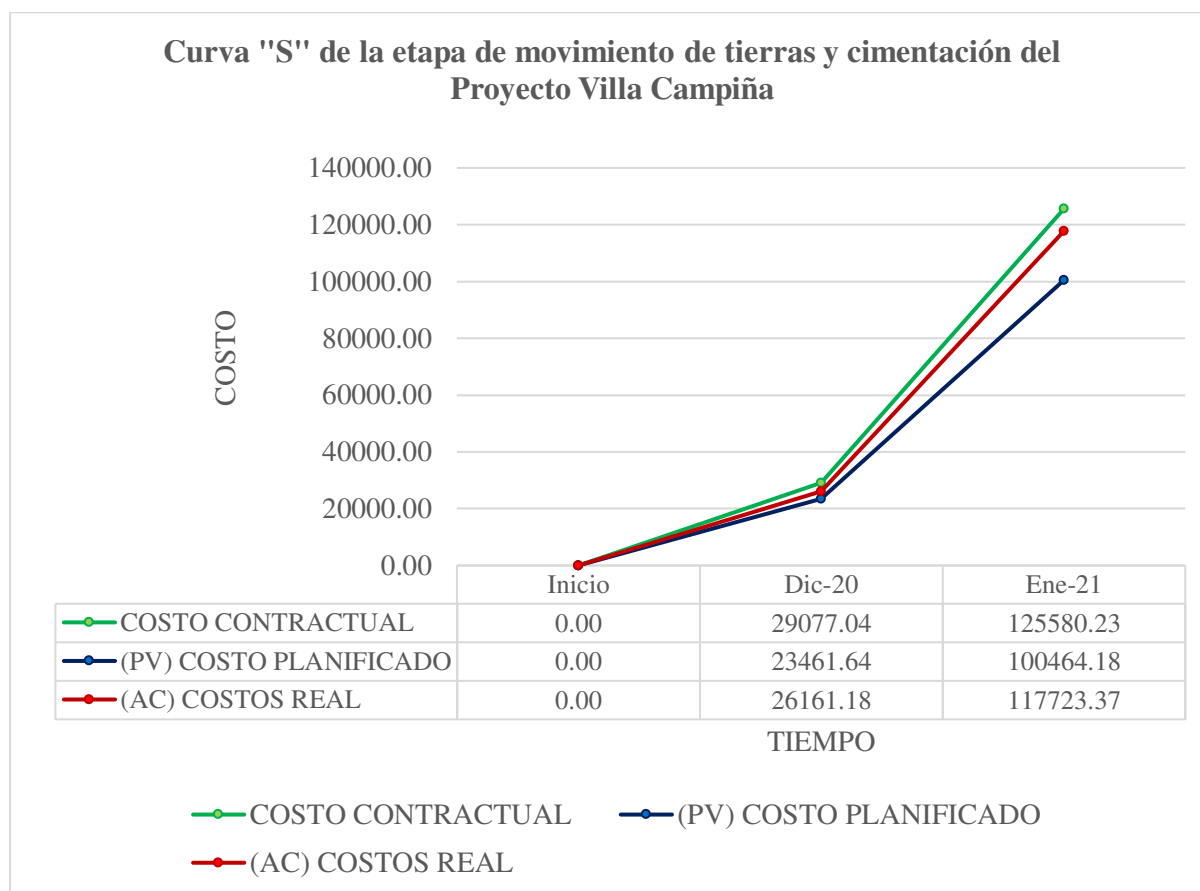
La asignación del personal para la etapa de cimentación (ejecución de las redes enterradas internas) se efectuó mediante la experiencia obtenida en proyectos similares. El cual

consistió en una cuadrilla para las instalaciones de agua y otra para las de desagüe, con 3 operarios (Op) y 2 ayudantes (Ay) en cada una. Además, de un oficial (Of) de apoyo y un capataz (Cap) para supervisar ambos equipos. Por otro lado, el requerimiento de los materiales, equipos y herramientas se pretendía realizar en base a un metrado general, el cual se desglosaría en 6 etapas (cimentación, casco, acabados húmedos, acabados secos y entregas).

Esta estrategia inicial representaba un desafío, principalmente debido a la falta de un plan de gestión, ejecución y control adaptado a una metodología en la subcontratista, lo que llevó a la pérdida de horas hombre. Esta pérdida se presentó por el enfoque erróneo de intentar abordar sectores no establecidos diariamente para acelerar el progreso, en lugar de seguir el rumbo más eficiente de manejar cada sector de manera secuencial, tal como lo dictaba el tren de actividades propuesta por el cliente. Adicionalmente, durante la etapa de excavación y movimiento de tierras, la ausencia de un almacén fijo no era posible, por ende, el sobre stocks de materiales, equipos y herramientas obligó a trasladarlos frecuentes, resultando en más pérdidas de horas hombre, daño a la calidad del producto y, en ocasiones, extravíos de los mismos.

No obstante, para el 29 de enero del 2021, tras haber culminado la etapa de movimiento de tierras y cimentación, se identificó la necesidad de modificar esta construcción tradicional. Un análisis reveló que los costos planificados estaban desviándose progresivamente de los costos reales. Por ello, se dio la necesidad de implementar la filosofía Lean Construction directamente en la subcontrata, con el objetivo de prevenir que el proyecto finalice con pérdidas significativas.

A continuación, mediante la figura 14, se muestra la curva “S” de costos del proyecto hasta el 29 de enero del 2021.

**Figura 14***Curva "S" de costos*

*Nota.* El proyecto inició la ejecución de las instalaciones sanitarias el 28 de diciembre del 2020

Como se aprecia en la figura 14, el costo real (AC) hasta el término de la etapa de cimentación, se encontraba por encima del costo planificado (PV) e incluso acercándose al costo contractual. Si bien la ejecución de las instalaciones sanitarias tenía un buen ritmo en el avance ya que se logró satisfacer las exigencias del cliente referente a la programación. Esta etapa se llevó a cabo sin un control adecuado de las horas hombre por lo que los costos se empezaron a incrementar a medida que se progresaba en la construcción. Esto, a su vez, haciendo una proyección hasta culminar el proyecto completo, conduciría a superar los costos contractuales, lo traería consigo pérdidas significativas en costos e incumplimiento de los plazos de entrega.

***Metodología previa utilizada en la ejecución del proyecto***



Mediante lo descrito en el apartado anterior, se puede determinar que la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña inicialmente adoptó un enfoque constructivo tradicional puesto que se tuvo una orientación secuencial y jerárquica (contratista – subcontratista). En el que la etapa del proyecto se basaba únicamente de las programaciones semanales generales de toda la obra.

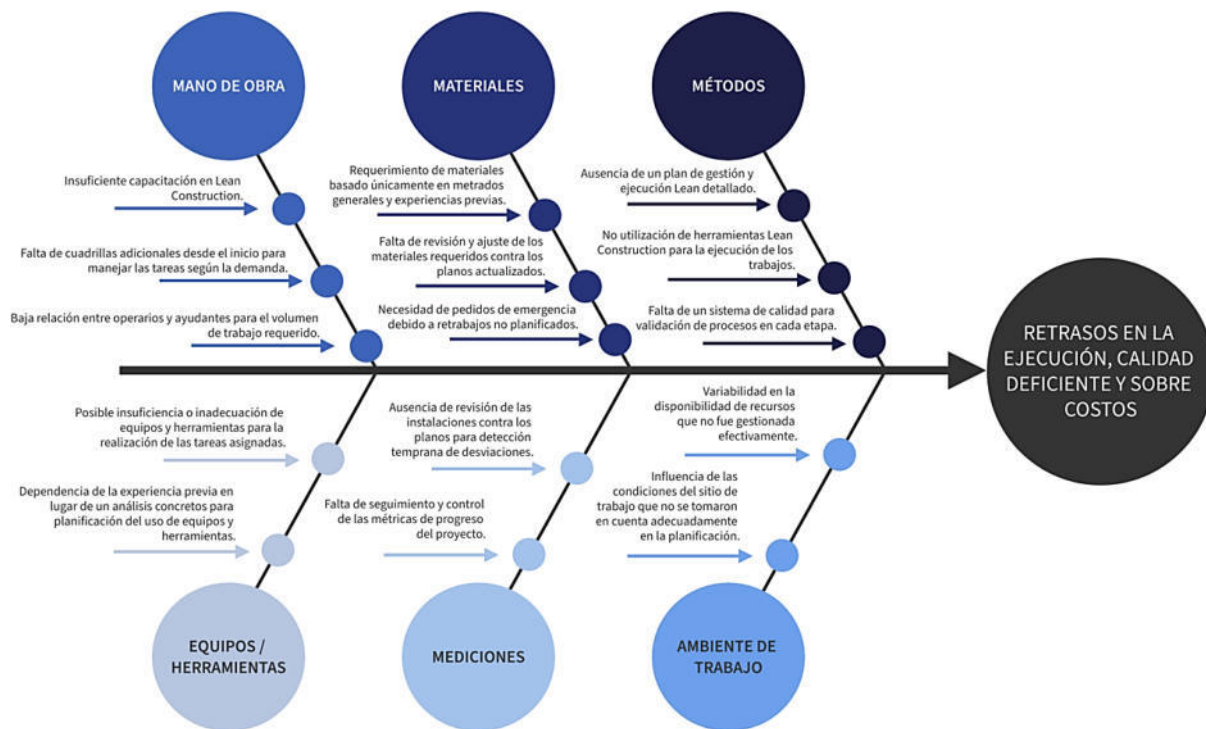
Sin embargo, pese a que la constructora implementó la filosofía LC en la construcción general de la obra, esta aplicación no podía cumplir completamente con las expectativas de la subcontratista. La razón principal radicó en que el enfoque Lean hacia los subcontratistas, se centró principalmente en identificar los trenes de trabajo y establecer las programaciones a seguir, sin abordar de manera integral otros aspectos que son cruciales y que deben ser abordados netamente por la propia subcontratista.

#### **Análisis de la causa raíz del problema**

La implementación efectiva del planeamiento y gestión para la ejecución de proyectos exige un análisis meticuloso, en donde la aparición de retrasos y sobrecostos pueden indicar desviaciones críticas de los principios de Lean Construction. En este análisis, emplearemos el método de Ishikawa para identificar las causas raíz que han dado lugar a problemas significativos en la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar (consultar figura 15).

**Figura 15**

*Análisis de las causas raíz mediante el diagrama de Ishikawa*



*Nota.* El análisis de las causas raíz se elaboró hasta la culminación de la etapa de movimiento de tierras y cimentación.

Como se puede apreciar, en la figura 15, se presenta el estudio de las causas fundamentales de la problemática mediante el diagrama de Ishikawa. Del cual se destaca los retrasos por el planeamiento de construcción tradicional y, en consecuencia, la generación de sobrecostos, fallos de calidad y complicaciones en la postventa, están vinculados directamente con el método implementado.

### ***Metodología Implementada en la ejecución del proyecto***

Para abordar las problemáticas previamente expuestas en la etapa inicial de movimiento de tierra y cimentación, se implementó una metodología eficiente desde la etapa de construcción del casco, centrándose en los principios del LC. Este enfoque se realizó mediante la aplicación secuencial de herramientas estratégicas específicas del LC.

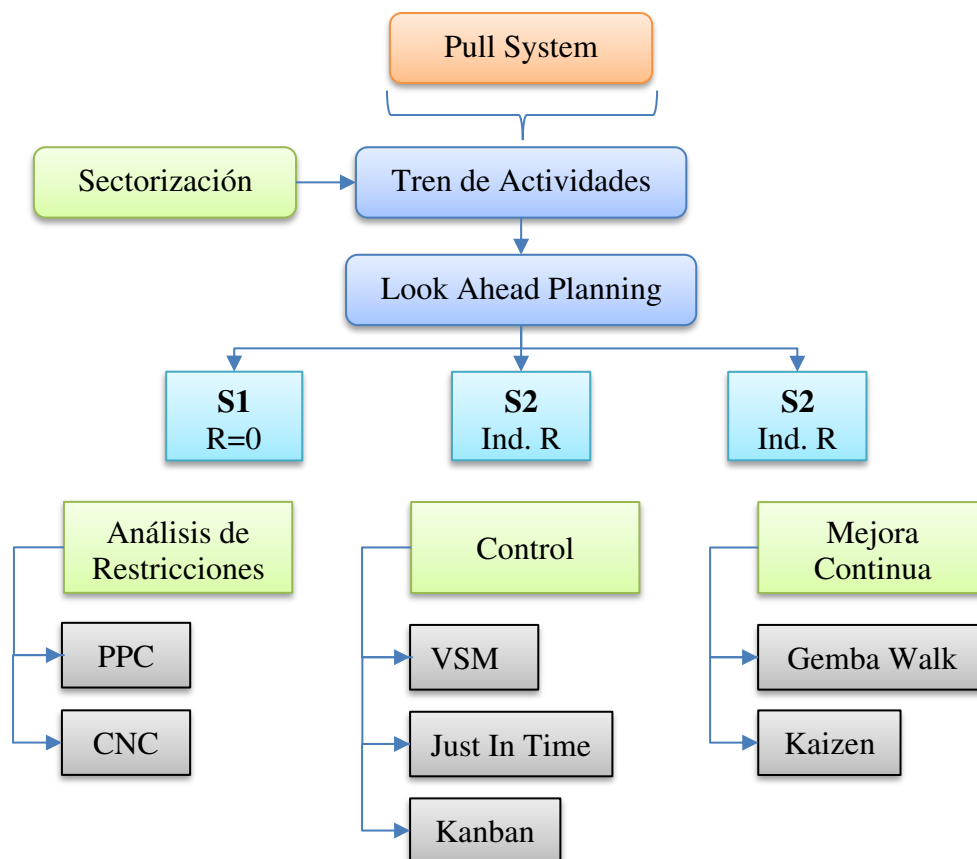
La implementación de esta metodología no solo se limitó a la etapa de casco, sino que

prosperó de manera integral a lo largo de todo el proceso de construcción hasta la entrega final de la obra. De este modo, se logró una gestión más eficiente de los recursos y una optimización significativa de los tiempos de ejecución, aspectos fundamentales para el éxito del proyecto residencial.

La figura 16 proporciona una visión detallada de cómo estas herramientas estratégicas del LC se aplicaron de manera secuencial para garantizar una ejecución productiva.

**Figura 16**

*Esquema de herramientas del Lean Construction*



*Nota.* El desarrollo del LAP se estableció cada 3 semanas para el posterior análisis de restricciones semanalmente.

### **Desarrollo de la Solución**

#### ***Implementación de la Filosofía Lean Construction***

Para abordar los problemas de productividad presentados en la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña, se implementó la filosofía LC directamente en la empresa subcontratista Vwtech Contratistas SAC. Esta implementación se logró a partir de los siguientes procesos.

### **Capacitaciones de Lean Construction.**

Como fue explicado, la empresa Vwtech contratistas SAC es primeriza en la implementación de la filosofía LC por lo que, en primera instancia, se desarrolló una capacitación y comprensión de sus principios. Este proceso implicó educar al equipo sobre los fundamentos de Lean, enfatizando los cinco principios clave: Valor, Flujo de Valor, Flujo, Pull y Perfección. A través de herramientas como talleres, estudios de caso y sesiones de mapeo de valor, los participantes aprendieron a identificar y optimizar el valor agregado, mientras minimizan los desperdicios. Para ello, se solicitó el apoyo del cliente, quien facilitó a sus profesionales expertos en Lean Construction para ejecutar los talleres, como se muestra en la figura 17.

**Figura 17***Taller de Lean Construction*

*Nota.* Los talleres se realizaron con todos los involucrados de la obra con el propósito de capacitar en la implementación del LC a nivel subcontrata para luego aportar mejoras al proyecto en general.

**Planificación Pull**

La planificación Pull, desarrollada por la constructora, está basada en los entregables (hitos). Los principales hitos son, muro cerco perimétrico, sótanos, torres, ascensores, obras exteriores y cierre de obra, como se expresa en la figura 18.

**Figura 18***Planificación Pull de la obra Villa Campiña*

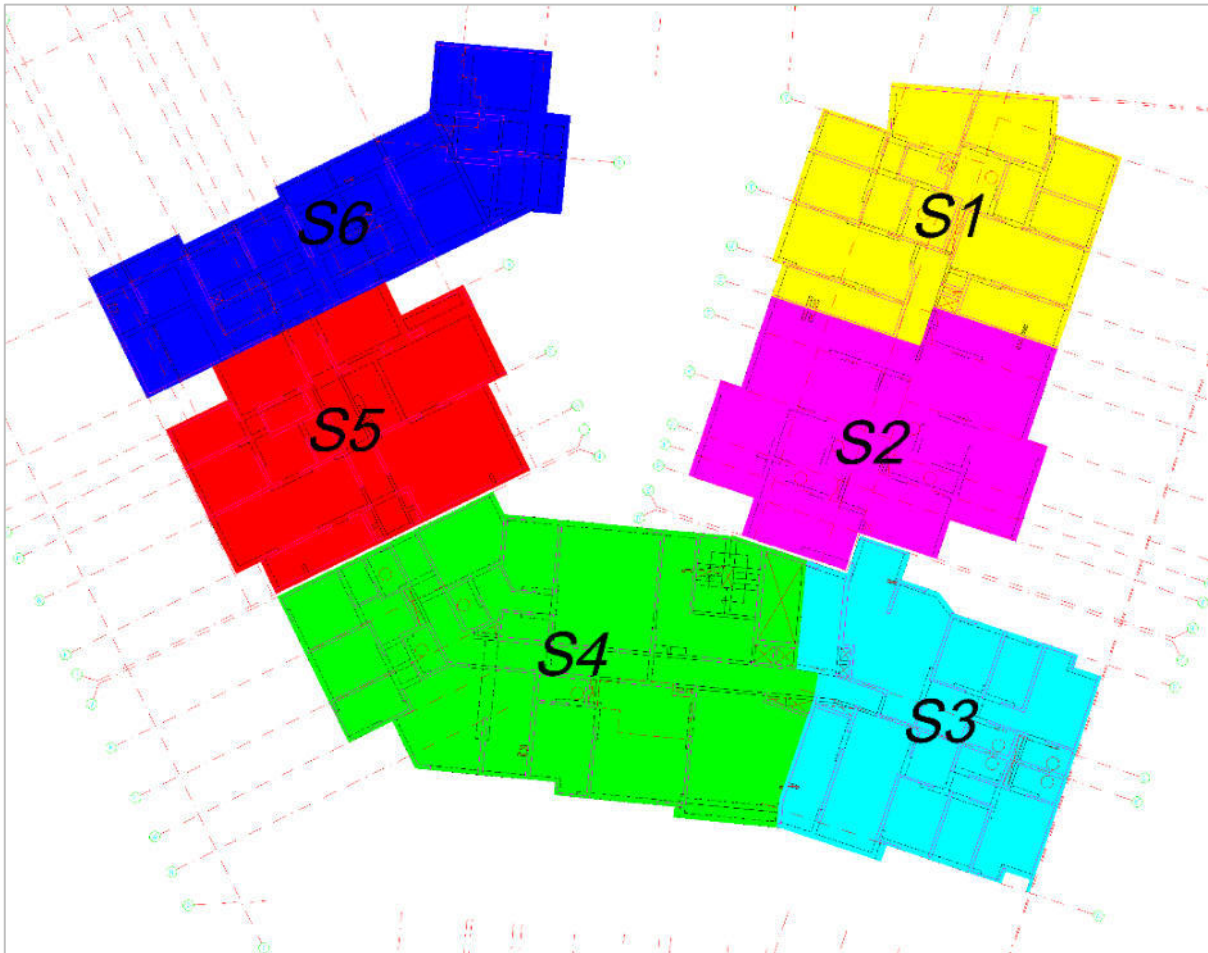
Item	Hitos	Nov-20	Dic-20	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21
2.00	Muro cerco perimétrico		Excavación, cimentación y muro			Entregar muro cerco perimétrico									
3.00	Sótanos		Excavación y cimentación		Casco			Acabados		Entregar sótanos					Entregar torres
4.00	Torres		Excavación y cimentación		Casco					Acabados					Entregar torres
5.00	Ascensores									Instalación		Entregar ascensores			Entregar obras exteriores
6.00	Obras exteriores									Obras civiles e instalaciones					Entregar obras exteriores
7.00	Cierre de obra												Entregar Dossier de calidad y seguridad		Entregar Dossier de calidad y seguridad

**Delimitación de los sectores**

La sectorización de las torres está delimitada por 6 sectores distribuidos uniformemente de derecha a izquierda. Cada sector está compuesto por 2 departamentos, a excepción del sector 4 que está compuesta por 3 departamentos. A su vez cada departamento está compuesto por 2 baños y 1 cocina, como se expresa en la Figura 18.

**Figura 19**

*Sectorización de las torres de la obra Villa Campiña*



La sectorización mostrada en la figura 19, fue abordada para la ejecución de las torres en las etapas de excavación y cimentación, casco, acabados húmedos, acabados secos y entregas.

Por otra parte, para la ejecución de las obras exteriores y los sótanos, se desarrolló mediante 5 sectores, puesto que los trabajos de instalaciones sanitarias fueron puntuales, como se expresa en la figura 20.

**Figura 20**

*Sectorización de las áreas exteriores de la obra Villa Campiña*



*Nota.* En el sector 5 se consideran los estacionamientos del sótano.

### **Tren de actividades.**

Basado en el desglose de entregables de la Planificación Pull y la delimitación estratégica de los sectores, la constructora desarrolló un tren de actividades para cada etapa del proyecto. Esto se reflejó en el LAP general de inicio a fin de la obra, por etapas. En concordancia con este LAP general, Vwtech Contratistas elaboró un LAP específico para la ejecución de las partidas de instalaciones sanitarias. Este enfoque permitió visualizar en detalle los procesos secuenciales de las actividades realizadas por la subcontratista.

En vista que la implementación del LC se facilitó después de concluir las etapas de movimiento de tierras y cimentación, los trenes se pusieron en práctica a partir de la etapa de construcción del casco del edificio.



A continuación, se expresan los trenes de actividades para las distintas etapas de la obra mencionadas.

**Figura 21**

*Look Ahead Plannig de la etapa de casco*

PROYECTO:	Edificio Multifamiliar Villa Campiña	LOOK AHEAD PLANNING	# SEM	Semana 11							Semana 12							Semana 13				
RESIDENTE:	José Saul Caja S.		# DIA	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
PRODUCCION:	Jhonatan Flores		MES	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	
FECHA:	martes, 26 de Enero de 2021		FECHA	01	02	03	04	05	06	08	09	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	
LAP SEMANA	SEMANA 11		DIA	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	
FRENTE	ACTIVIDAD / MO / MAT / EYH / SC / PRC / INF / SBC / SEG / CAL / C	RESPONSABLE																				
SUB-EST	TREN DE SUPER ESTRUCTURA - EDIFICIO	Jhonatan Flores																				
A	CASCO - TREN DE IISS VERTICALES	Daniel Taza																				
1	Trazo y replanteo de muros	Daniel Taza	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5		P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3				
2	Instalación de tuberías de agua en placa	Carbajal Mendoza Ronaldo		P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4		P1-S5	P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2				
3	Instalación de tuberías de desagüe en placa	Tomas Luna Zarate		P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4		P1-S5	P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2				
4	Inicio de prueba de estanqueidad	Edin Rojas Ramirez		P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4		P1-S5	P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2				
5	Fin de prueba de estanqueidad	Edin Rojas Ramirez			P1-S1	P1-S2	P1-S3		P1-S4	P1-S5	P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1				
6	Prueba hidráulica	Edin Rojas Ramirez			P1-S1	P1-S2	P1-S3		P1-S4	P1-S5	P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1				
7	Liberación de Instalaciones Sanitarias en verticales	Jhonatan Flores				P1-S1	P1-S2		P1-S3	P1-S4	P1-S5	P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6				
B	CASCO - TREN DE IISS HORIZONTALES	Daniel Taza																				
1	Trazo y replanteo de techo	Daniel Taza					P1-S1		P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5	P1-S6		P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5			
2	Instalación de tuberías de agua en techo	Augusto Mejía Calagua							P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5		P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4			
3	Instalación de tuberías de desagüe en techo	José Francisco Chavez Ruiz							P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5		P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4			
4	Inicio de prueba de estanqueidad	Edin Rojas Ramirez							P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5		P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4			
5	Fin de prueba de estanqueidad	Edin Rojas Ramirez								P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4		P1-S5	P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3			
6	Prueba hidráulica	Edin Rojas Ramirez								P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4		P1-S5	P1-S6	P2-S1	P2-S2	P2-S3			
7	Liberación de Instalaciones Sanitarias en horizontales	Jhonatan Flores									P1-S1	P1-S2	P1-S3		P1-S4	P1-S5	P1-S6	P2-S1	P2-S2			

*Nota.* La planificación del tren de actividades para la etapa de casco del proyecto se extiende hasta el 6 de mayo de 2021, fecha en la cual se completó la construcción de todos los niveles de las torres.

**Figura 22**

*Look Ahead Plannig de la etapa de acabados húmedos*

PROYECTO:	Edificio Multifamiliar Villa Campiña	LOOK AHEAD PLANNING	# SEM	Semana 20							Semana 21							Semana 22							Semana 23					
RESIDENTE:	José Saul Caja S.		# DIA	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86			
PRODUCCION:	Jhonatan Flores		MES	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr	May			
FECHA:	martes, 26 de Enero de 2021		FECHA	05	06	07	08	09	10	12	13	14	15	16	17	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	01			
LAP SEMANA	SEMANA 11		DIA	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	lun	mar	mié	jue	vie	sáb			
FRENTE	ACTIVIDAD / MO / MAT / EVH / SC / PRC / INF / SBC / SEG / CAL / C		RESPONSABLE																											
SUB-EST	TREN DE SUPER ESTRUCTURA - EDIFICIO	Jhonatan Flores																												
C	ACABADOS HUMEDOS - TREN DE IISS EN TABIQUERÍA	Daniel Taza																												
1	Trazo y replanteo de tabiquería	Daniel Taza		P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5		P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4		P3-S5	P3-S6	P4-S1	P4-S2	P4-S3		P4-S4	P4-S5	P4-S6	P5-S1	P5-S2				
2	Instalación de tuberías de agua en tabiquería	Samuel Lorenzo Gonzales Agüero			P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4		P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3		P3-S4	P3-S5	P3-S6	P4-S1	P4-S2		P4-S3	P4-S4	P4-S5	P4-S6	P5-S1				
3	Instalación de tuberías de desagüe en tabiquería	Zosimo Ochante Cahuana			P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4		P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3		P3-S4	P3-S5	P3-S6	P4-S1	P4-S2		P4-S3	P4-S4	P4-S5	P4-S6	P5-S1				
4	Fijación de salidas de agua y desagüe	Sabino Quispe Nuñez				P2-S1	P2-S2	P2-S3		P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2		P3-S3	P3-S4	P3-S5	P3-S6	P4-S1		P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5	P4-S6				
5	Prueba hidráulica	Walter Paquiyauri					P2-S1	P2-S2		P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1		P3-S2	P3-S3	P3-S4	P3-S5	P3-S6		P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5				
6	Inicio de prueba de estanqueidad	Walter Paquiyauri					P2-S1	P2-S2		P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1		P3-S2	P3-S3	P3-S4	P3-S5	P3-S6		P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5				
7	Fin de prueba de estanqueidad	Walter Paquiyauri						P2-S1		P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6		P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P3-S5		P3-S6	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4				
8	Liberación de Instalaciones Sanitarias en tabiquería	Jhonatan Flores								P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5		P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4		P3-S5	P3-S6	P4-S1	P4-S2	P4-S3				
D	ACABADOS HUMEDOS - TREN DE IISS EN MONTANTES	Daniel Taza																												
1	Limpieza y liberación de escombros de las salidas en ductos	Daniel Taza														P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5		P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4				
2	Instalación de montantes y medidores de agua en ductos	Alan Aurelio Mondragon Bautista															P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4		P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3				
3	Instalación de montantes de ventilación y desagüe en ductos	Bryan Karl Mundaca Sialer															P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4		P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3				
4	Soporte y fijación de montantes	Chritian Benavente Q.																P2-S1	P2-S2	P2-S3		P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2				
5	Prueba hidráulica	Walter Paquiyauri																	P2-S1	P2-S2		P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1				
6	Inicio de prueba de estanqueidad	Walter Paquiyauri																	P2-S1	P2-S2		P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1				
7	Fin de prueba de estanqueidad	Walter Paquiyauri																		P2-S1		P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6				
8	Liberación de Instalaciones Sanitarias en montantes	Jhonatan Flores																				P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5				

*Nota.* La planificación del tren de actividades para la etapa de acabados húmedos del proyecto se extiende hasta el 19 de julio de 2021, fecha en la cual se completó la construcción de todos los niveles de las torres.

Figura 23

*Look Ahead Plannig de la etapa de acabados secos*

PROYECTO:	Edificio Multifamiliar Villa Campiña	LOOK AHEAD PLANNING	# SEM	Semana 19						Semana 18						Semana 17					
RESIDENTE:	José Saul Caja S.		# DIA	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
PRODUCCION:	Jhonatan Flores		MES	May	May	May	May	May	May	May	May	May	May	May	May	May	May	May	May	May	May
FECHA:	martes, 26 de Enero de 2021		FECHA	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29
LAP SEMANA	SEMANA 11		DIA	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	lun	mar	mié	jue	vie	sáb
FRENTE	ACTIVIDAD / MO / MAT / EYH / SC / PRC / INF / SBC / SEG / CAL / C	RESPONSABLE																			
SUB-EST	TREN DE SUPER ESTRUCTURA - EDIFICIO	Jhonatan Flores																			
E	ACABADOS SECOS - TREN DE INSTALACIÓN DE APARATOS	Daniel Taza																			
1	Limpieza y presurización de redes	Daniel Taza		P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5		P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4		P3-S5	P3-S6	P4-S1	P4-S2	P4-S3	
2	Instalación de aparatos sanitarios (ino., lavat., lav.)	Carbajal Mendoza Ronaldo			P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4		P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3		P3-S4	P3-S5	P3-S6	P4-S1	P4-S2	
3	Instalación de griferías y válvulas de cierre	Augusto Mejía Calagua			P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4		P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2	P3-S3		P3-S4	P3-S5	P3-S6	P4-S1	P4-S2	
4	Instalación de aditamentos (registros y sumideros)	Eduan Julio Siccha Gamboa				P2-S1	P2-S2	P2-S3		P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1	P3-S2		P3-S3	P3-S4	P3-S5	P3-S6	P4-S1	
5	Prueba de caudal y escorrentía	Sabino Quispe Nuñez					P2-S1	P2-S2		P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6	P3-S1		P3-S2	P3-S3	P3-S4	P3-S5	P3-S6	
6	Liberación de Instalación de aparatos y aditamentos	Jhonatan Flores						P2-S1		P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P2-S6		P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4	P3-S5	

*Nota.* La planificación del tren de actividades para la etapa de acabados secos del proyecto se extiende hasta el 06 de agosto de 2021, fecha en la cual se completó la ejecución de todos los niveles de las torres.



*Nota.* La planificación del tren de actividades para la etapa de entregas se extiende hasta el 15 de octubre de 2021, fecha en la cual se completó la entrega final de todo el proyecto.

Como se aprecia en las figuras 21, 22, 23, 24 y 25, la planificación del tren de actividades tuvo inicios diferentes para cada etapa, de tal manera que se pueda contar con una secuencia estratégica de ejecución. Esta secuencia se abordó por sectores (representadas en colores según sectorización) y pisos. Por otro lado, en la planificación se tomó en cuenta únicamente de lunes a viernes, dado que los sábados se trabajaron 5.5 horas, en comparación con las 8.5 horas de los días entre semana. Por este motivo, los sábados se establecieron como días buffer, destinados a absorber cualquier desfase en las programaciones debido a posibles restricciones o imprevistos.

Es importante resaltar que, en los trenes de actividades de cada etapa, a excepción de la etapa de obras exteriores, solo se mostró las primeras semanas planificadas. Estos trenes continúan de manera constante y en secuencia ascendente piso por piso hasta culminar la torre completa, como se aprecia en el anexo 2.

### **Dimensionamiento de cuadrillas**

El dimensionamiento de las cuadrillas, para la ejecución de los trenes de actividades de la etapa de casco, acabados húmedos, acabados secos, obras exteriores, y entregas, se desarrolló en base a los rendimientos establecidos en los análisis de los precios unitarios. No obstante, este rendimiento se optimizó en un 95% dado que el proyecto se encontraba con desgaste de horas hombre más de lo planificado. Asimismo, cabe precisar que, esta asignación se mejoró en adelante con la evaluación periódica de los porcentajes de plan cumplido.

En la figura 26, se puede apreciar el dimensionamiento de las cuadrillas.

Figura 26

Dimensionamiento de las cuadrillas de la obra Villa Campiña

OBRA VILLA CAMPIÑA - CHORRILLOS								
ETAPA	FRENTE	ESPECIALIDAD	RESPONSABLES	CATEGORIA	HH	COMPROMISO		
C A S C O	IISS VERTICALES	AGUA	Carbajal Mendoza Ronaldo	Operario	8.5 h	01 Sector x Día		
			Richard Antonio Arotinco Apcho	Peon	8.5 h	01 Sector x Día		
		DESAGÜE	Tomas Luna Zarate	Operario	8.5 h	01 Sector x Día		
			Jesus Alberto Osorio Acuña	Peon	8.5 h	01 Sector x Día		
	IISS HORIZONTALES	AGUA	Augusto Mejía Calagua	Operario	8.5 h	01 Sector x Día		
			José Miguel Osorio Segovia	Peon	8.5 h	01 Sector x Día		
		DESAGÜE	José Francisco Chavez Ruiz	Operario	8.5 h	01 Sector x Día		
			Alberto Javier Villarreal	Peon	8.5 h	01 Sector x Día		
PRUEBAS EN LOSA Y PLACA	HIDRÁULICA Y ESTANQUEIDAD		Edin Rojas Ramirez	Operario	8.5 h	01 Sector x Día		
			Julio Cesar Ramos Bejar	Peon	8.5 h	01 Sector x Día		
A C H U M E D O S	IISS EN TABIQUERÍA	AGUA	Samuel Lorenzo Gonzales Agüero	Operario	8.5 h	01 Sector x Día		
		DESAGÜE	Zosimo Ochante Cahuana	Operario	8.5 h	01 Sector x Día		
	FIJACION DE PUNTOS	AGUA Y DESAGÜE		Sabino Quispe Nuñez	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Tomas Enrique Sanchez Custorio	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
	PRUEBAS EN TABIQUERÍA	HIDRÁULICA Y ESTANQUEIDAD		Walter Paquiyaui	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Fusto Cesar Perez Facundo	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
	MONTANTE	AGUA		Alan Aurelio Mondragon Bautista	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Fernando José Figuero Chavez	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
			DESAGÜE		Bryan Karl Mundaca Sialer	Operario	8.5 h	01 Sector x Día
					Roly Richard Gamarra C.	Peon	8.5 h	01 Sector x Día
	PRUEBAS EN MONTANTES	HIDRÁULICA Y ESTANQUEIDAD		Guilmer Chahuayo Quispe	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Oscar Pretel	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
A C S E C O S	INSTALACIÓN DE APARATOS	BAÑO Y COCINA		Carbajal Mendoza Ronaldo	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Fusto Cesar Perez Facundo	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				José Francisco Chavez Ruiz	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Tomas Luna Zarate	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
	INSTALACIÓN DE ADITAMENTOS	REGISTRO Y SUMIDERO		Eduan Julio Siccha Gamboa	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Fernando José Figuero Chavez	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
		GRIFERÍAS Y VÁLVULAS DE CIERRE		Augusto Mejía Calagua	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				José Miguel Osorio Segovia	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
	PRUEBAS	CAUDAL Y ESCORRENTÍA		Sabino Quispe Nuñez	Oficial	8.5 h	01 Sector x Día	
				Tomas Enrique Sanchez Custorio	Oficial	8.5 h	01 Sector x Día	
O B R A S E X T E R I O R E S	IISS ENTERRADAS	EXCAVACIÓN		Bryan Karl Mundaca Sialer	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Alberto Javier Villarreal	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
		DESAGÜE		Alan Mondragon Bautista	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Fernando José Figuero Chavez	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
		RELLENO Y COMPACTACIÓN		Walter Paquiyaui	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Fusto Cesar Perez Facundo	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
		AGUA		Augusto Mejía Calagua	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				José Miguel Osorio Segovia	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
		ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE		Samuel Lorenzo Gonzales Agüero	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Fredy Huancachoque H.	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	
E N T R E G A S	DEPARTAMENTOS Y EXTERIORES	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES		Eduan Julio Siccha Gamboa	Operario	8.5 h	01 Sector x Día	
				Fernando José Figuero Chavez	Peon	8.5 h	01 Sector x Día	

Como se puede apreciar el dimensionamiento de las cuadrillas se realizó para cada etapa de construcción ya que los rendimientos varían en función a cada actividad. Además, se consideró 8.5 horas por día con el compromiso de culminar 1 sector.

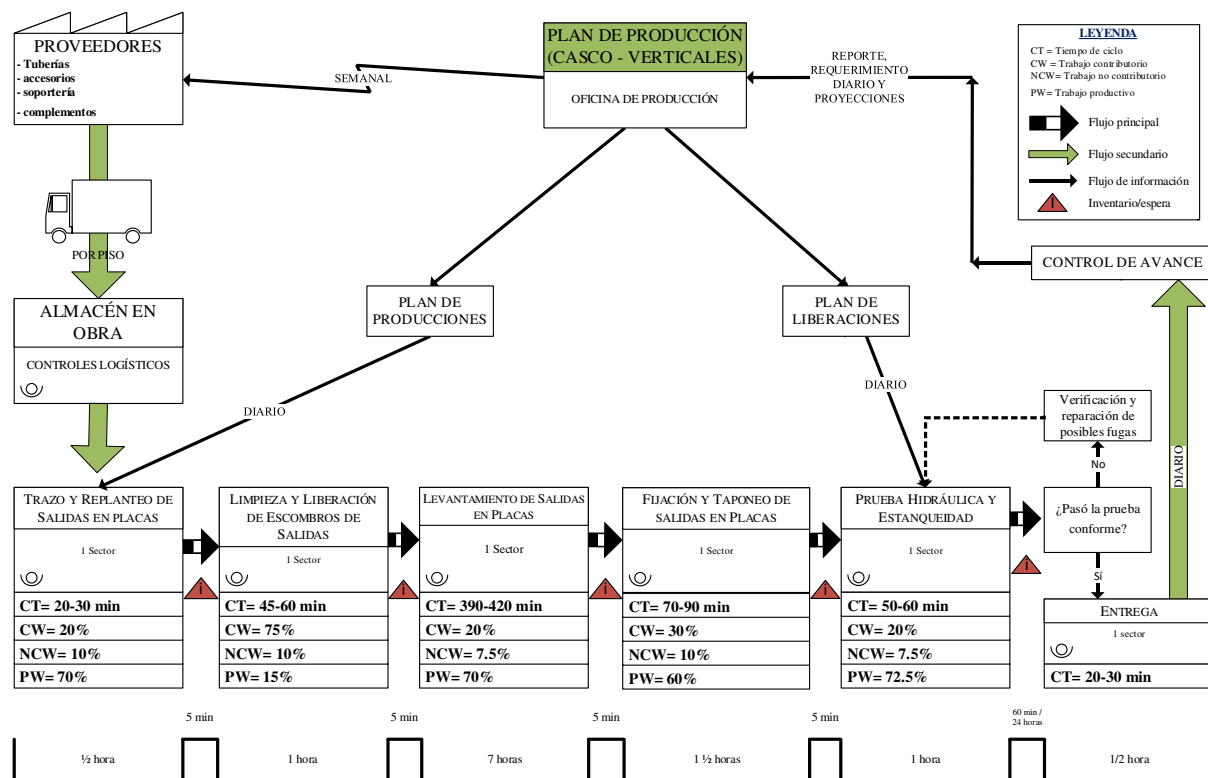


### Cronograma de pedido de materiales, equipos y herramientas

Partiendo del LAP específico afinado para la ejecución de las instalaciones sanitarias, se elaboró el cronograma de pedido de materiales, para ello en primer lugar se desarrolló el VSM para analizar y diseñar los flujos de procesos en la producción con la intención de identificar, demostrar y reducir los desperdicios en los procesos constructivos de las etapas de casco (verticales y horizontales), acabados húmedos (tabiquería y montantes), acabados secos y obras exteriores. La etapa de entregas no se consideró dado que el flujo solo consistió en entregas y levantamiento de posibles observaciones.

**Figura 27**

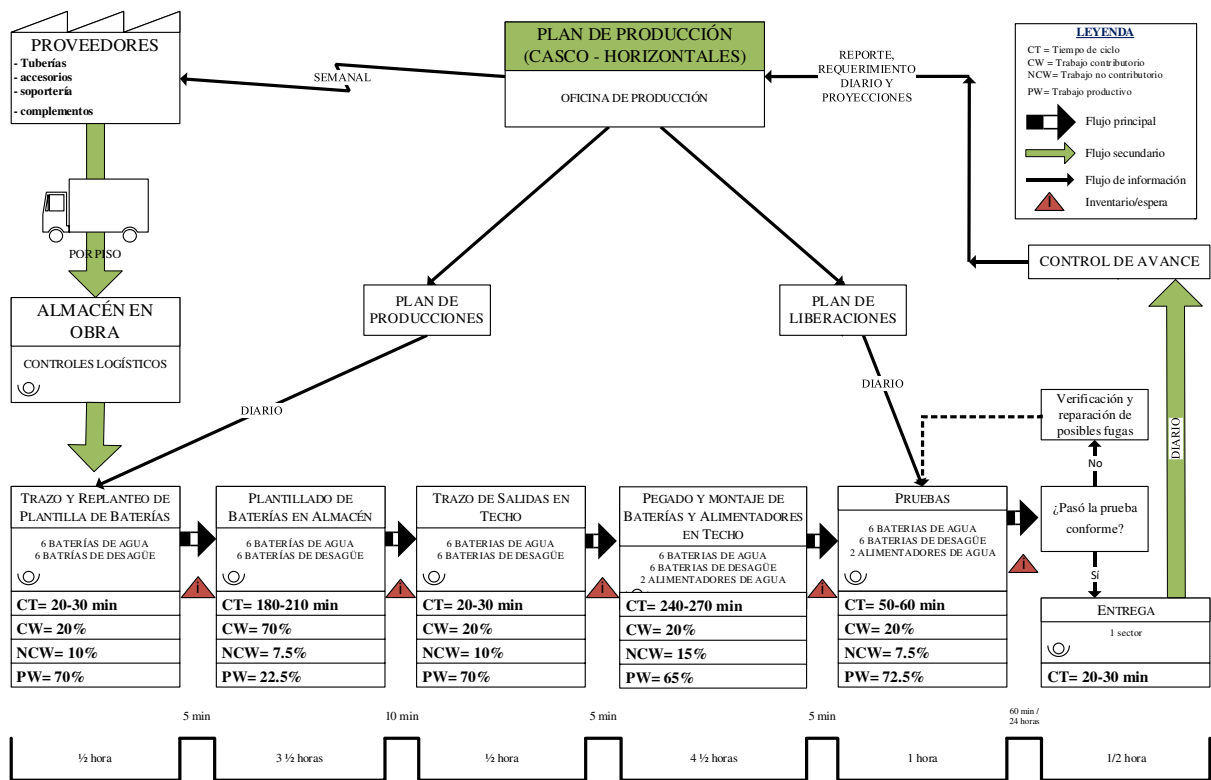
*Value Stream Mapping de la etapa de casco en verticales*



*Nota.* Los equipos, materiales y herramientas para la etapa de casco en verticales, ingresaron al almacén de obra para el control logístico 2 días antes de iniciar las actividades de cada piso.

**Figura 28**

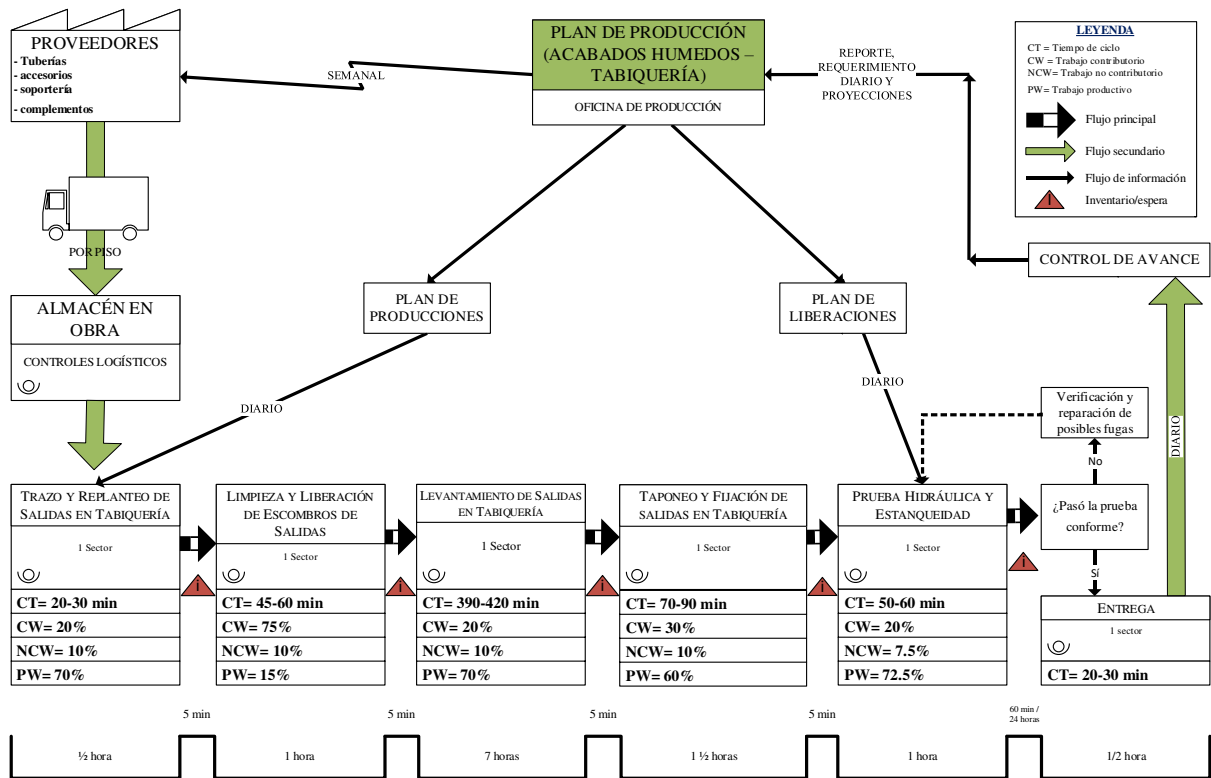
*Value Stream Mapping de la etapa de casco en horizontales*



*Nota.* Los equipos, materiales y herramientas para la etapa de casco en horizontales, ingresaron al almacén de obra para el control logístico 2 días antes de iniciar las actividades de cada piso.

**Figura 29**

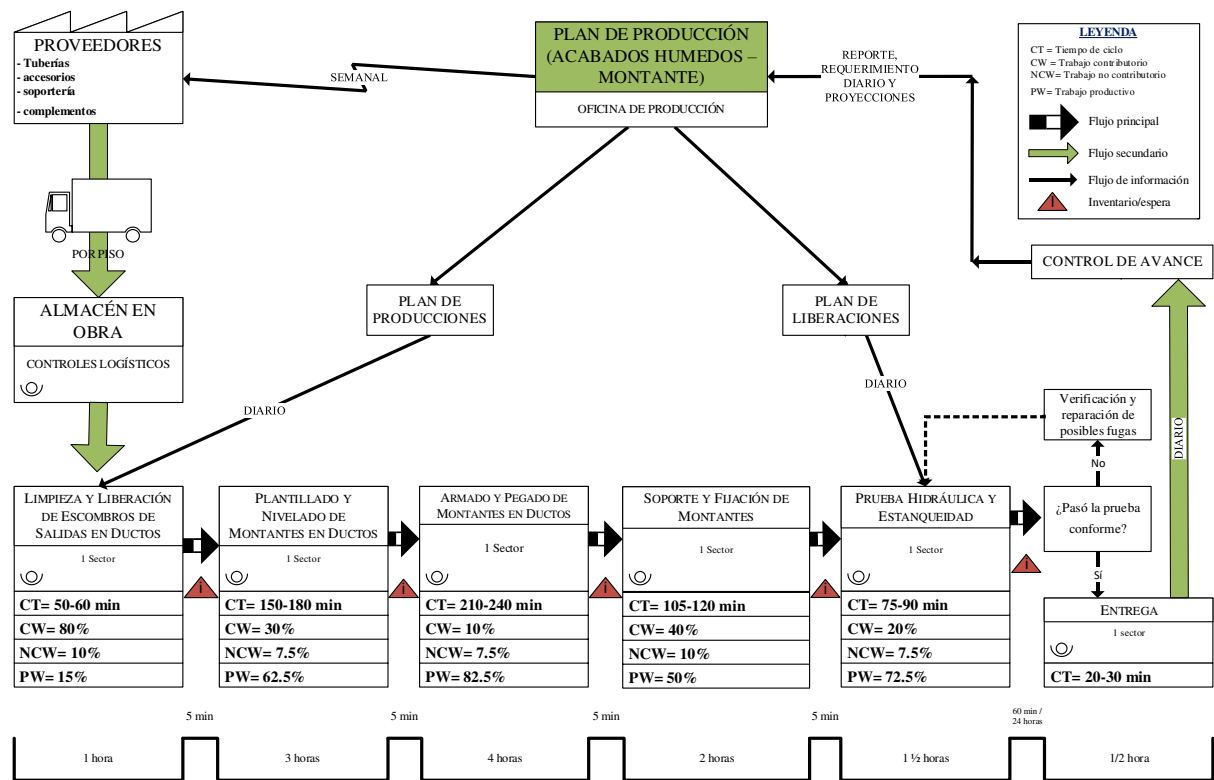
*Value Stream Mapping de la etapa de acabados húmedos en tabiquería*



*Nota.* Los equipos, materiales y herramientas para la etapa de acabados húmedos en tabiquería, ingresaron al almacén de obra para el control logístico 2 días antes de iniciar las actividades de cada piso.

**Figura 30**

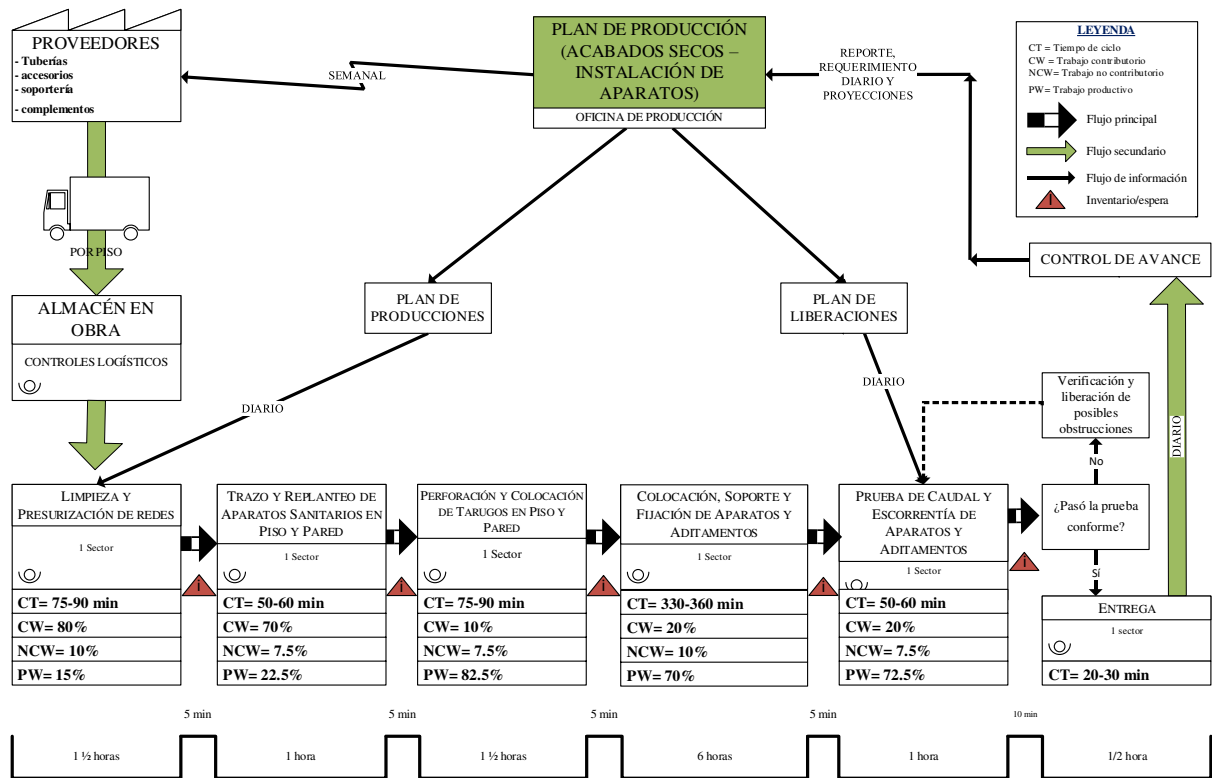
*Value Stream Mapping de la etapa de acabados húmedos en montantes*



*Nota.* Los equipos, materiales y herramientas para la etapa de acabados húmedos en montantes, ingresaron al almacén de obra para el control logístico 2 días antes de iniciar las actividades de cada piso.

**Figura 31**

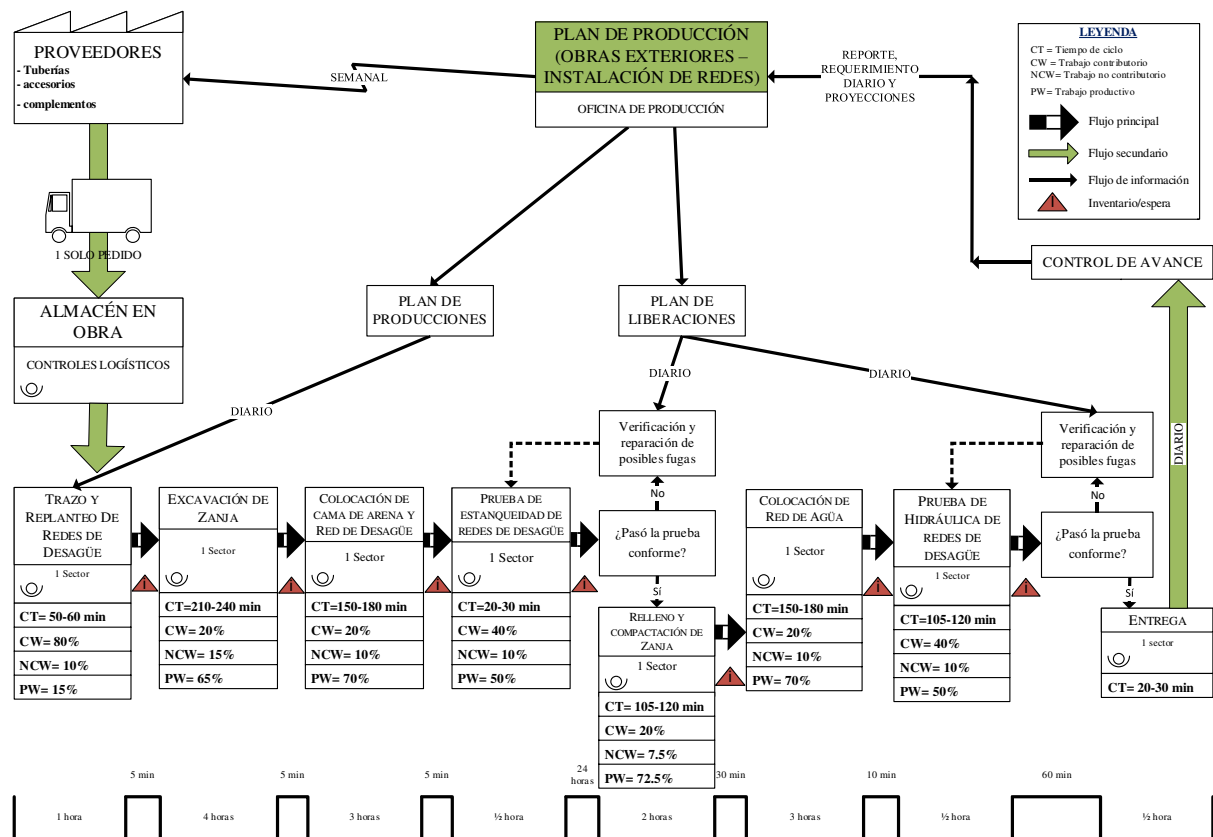
*Value Stream Mapping de la etapa de acabados secos*



*Nota.* Los equipos, materiales y herramientas para la etapa de acabados secos, ingresaron al almacén de obra para el control logístico 2 días antes de iniciar las actividades de cada piso.

Figura 32

## Value Stream Mapping de la etapa de obras exteriores



*Nota.* Los equipos, materiales y herramientas destinados a la etapa de obras exteriores ingresaron al almacén de obra mediante un solo pedido global, 2 días antes del inicio de las actividades correspondientes a las áreas exteriores del proyecto.

Luego de haber definido y optimizado los flujos de procesos en la producción mediante el VSM, se estableció un cronograma de pedidos de materiales para cada etapa, con la excepción de la fase de obras exteriores, programado en intervalos de 6 días. No obstante, estos pedidos fueron gestionados de manera que ingresaron al almacén 2 días antes del inicio de la ejecución de cada piso, con la finalidad de simplificar el control logístico y asegurar la disponibilidad de todos los elementos esenciales para ejecutar las actividades programadas.

Adicionalmente, la solicitud de materiales se basó en los metrados reales de las partidas a concretarse, así como en la evaluación de los materiales efectivamente utilizados en procesos

anteriores, promoviendo de esta manera la mejora continua. Este enfoque se diseñó con el objetivo de optimizar el exceso de inventario, mantener el orden y prevenir pérdidas de horas-hombre asociadas a traslados innecesarios durante las mudanzas del almacén.

El control y seguimiento se desarrolló mediante un tablero Kanban físico plasmado en las paredes de la oficina de la subcontratista Vwtech Contratistas SAC, como se aprecia en la figura 33.

### **Figura 33**

*Revisión del cronograma de pedido de materiales en la etapa de casco*



### **Reuniones semanales de coordinación, control y aprendizaje**

Las reuniones semanales de coordinación, control y aprendizaje durante la ejecución de las instalaciones sanitarias en sus diversas fases se llevaron a cabo con el objetivo de optimizar el proceso. En primer lugar, buscó determinar los PPC para evaluar la eficacia de la planificación en relación con la ejecución real. Este análisis proporcionó una visión clara de cómo se estaban cumpliendo las planificaciones semanales, a su vez permitió identificar posibles desviaciones para tomar medidas correctivas.

Además, se dedicó tiempo a realizar los análisis de las CNC. Este paso fue crucial para identificar obstáculos o limitaciones que pudieran afectar el avance del proyecto en la ejecución. Al abordar estas restricciones de manera proactiva, se buscó mitigar los problemas y garantizar una ejecución más fluida.

Por otro lado, se fomenta el proceso de mejora continua, para ello se canalizaron los esfuerzos de todos los involucrados en la ejecución de la subcontrata. Su contribución se conformó en la presentación de informes detallados y mapeos reales de la ejecución. Este enfoque práctico permitió un desarrollo lo más confiable posible a lo ejecutado en campo, ayudando a evitar errores y ajustando la planificación según las condiciones del terreno.

A continuación, se detallan los datos del PPC y el análisis de las CNC para las etapas de ejecución de casco, acabados húmedos, acabados secos y obras exteriores. La etapa de entregas no fue abordada mediante estas herramientas ya que solo contó con una actividad que consistió únicamente en realizar la puesta en funcionamiento de las instalaciones sanitarias para su posterior entrega protocolizada.

### ***Etapas de casco***

La etapa de casco se dividió en 2 frentes de trabajo: instalaciones verticales y horizontales, comprendiendo en total 14 actividades. Estas actividades se llevaron a cabo a partir de la semana 11 según el LAP específico, como se expresa en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Porcentajes de plan cumplido de la etapa de casco*

<b>Semana</b>	<b>Actividades Planificadas</b>	<b>Actividades Completadas</b>	<b>PPC</b>
Sem. 11	8	6	75%
Sem. 12	14	11	79%
Sem. 13	14	12	86%
Sem. 14	14	12	86%
Sem. 15	14	13	93%
Sem. 16	14	13	93%



Sem. 17	14	13	93%
Sem. 18	14	13	93%
Sem. 19	14	14	100%
Sem. 20	14	13	93%
Sem. 21	14	13	93%
Sem. 22	14	14	100%
Sem. 23	14	14	100%
Sem. 24	7	7	100%

*Nota.* La semana 11 y 24 contaron con menor cantidad de actividades planificadas por ser la primera y última semana del tren de actividades.

Asimismo, las principales CNC de las actividades en etapa de casco se dieron por las diversas restricciones, expresadas en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Causas del incumplimiento de la etapa de casco*

<b>Semana</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Sem. 11	MAT	Materiales
Sem. 11	EQ	Equipos
Sem. 12	AP	Actividades previas
Sem. 12	PER	Personal
Sem. 12	IOF	Incumplimiento de otro frente
Sem. 13	EE	Errores de ejecución
Sem. 13	QC	Control de calidad
Sem. 14	EQ	Equipos
Sem. 14	PROG	Programación
Sem. 15	MAT	Materiales
Sem. 17	AP	Actividades previas
Sem. 18	IOF	Incumplimiento de otro frente
Sem. 20	EE	Errores de ejecución
Sem. 21	CLI-CAM	Cliente - cambio

*Nota.* Las semanas 19, 22, 23 y 24 omitidas en la tabla, no presentaron incumplimientos.

Como se detalla en las Tablas 3 y 4, se identificaron varias semanas en las que la etapa de casco no se completó satisfactoriamente por las distintas restricciones. Este análisis revela que la implementación del LC comenzó precisamente en esta etapa, lo que inicialmente generó cierta confusión entre los personales de oficina y campo sobre los objetivos específicos que demanda esta metodología. No obstante, a partir de la semana 22, se observó una notable

mejora. Gracias a la adaptación y comprensión del equipo respecto a los principios de LC, logrando alcanzar y mantener un cumplimiento del 100% en el plan de trabajo propuesto.

### *Etapa de acabados húmedos*

La etapa de acabados húmedos se dividió en 2 frentes de trabajo: instalaciones en tabiquería y montantes, comprendiendo en total 16 actividades. Estas actividades se llevaron a cabo a partir de la semana 20 según el LAP específico, como se expresa en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Porcentajes de plan cumplido de la etapa de acabados húmedos*

<b>Semana</b>	<b>Actividades Planificadas</b>	<b>Actividades Completadas</b>	<b>PPC</b>
Sem. 20	7	7	100%
Sem. 21	8	8	100%
Sem. 22	15	13	87%
Sem. 23	16	14	88%
Sem. 24	16	14	88%
Sem. 25	16	15	94%
Sem. 26	16	15	94%
Sem. 27	16	15	94%
Sem. 28	16	16	100%
Sem. 29	16	15	94%
Sem. 30	16	16	100%
Sem. 31	16	16	100%
Sem. 32	15	15	100%
Sem. 33	9	9	100%
Sem. 34	8	8	100%
Sem. 35	1	1	100%

*Nota.* La semana 20, 21, 33, 34 y 35 contaron con menor cantidad de actividades planificadas por ser las primeras y últimas semanas del tren de actividades.

Además, las CNC se dieron por diversas restricciones, como se expresa en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Causas del incumplimiento de la etapa de acabados húmedos*

<b>Semana</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Sem. 22	PER	Personal

Sem. 22	MAT	Materiales
Sem. 23	AP	Actividades previas
Sem. 23	IOF	Incumplimiento de otro frente
Sem. 24	EE	Errores de ejecución
Sem. 24	QC	Control de calidad
Sem. 25	MAT	Materiales
Sem. 26	EQ	Equipos
Sem. 27	EXT	Externo
Sem. 29	CLI-CAM	Cliente - cambio
Sem. 30	IOF	Incumplimiento de otro frente

*Nota.* Las semanas 20, 21, 28, 31, 32, 33, 34 y 35 omitidas en la tabla, no presentaron incumplimientos.

En la etapa de acabados húmedos, según lo expuesto en las tablas 5 y 6, el PPC semanal, empezó con buen ritmo, impulsado por la experiencia acumulada en la etapa anterior. No obstante, a partir de la tercera semana se presentó una ligera decaída. Esto se dio inicialmente debido al incremento de un nuevo frente de trabajo y posteriormente a las demás restricciones previamente detalladas. A pesar de estos contratiempos, en las últimas semanas se logró mantener el cumplimiento del 100% de actividades, lo que mejoró el porcentaje de cumplimiento general del proyecto.

#### ***Etapa de acabados secos***

La etapa de acabados secos contó con 1 solo frente de trabajo: instalación de aparatos y aditamentos sanitarios, comprendiendo en total 6 actividades. Estas actividades se llevaron a cabo a partir de la semana 25 según el LAP específico, como se expresa en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Porcentajes de plan cumplido de la etapa de acabados secos*

<b>Semana</b>	<b>Actividades Planificadas</b>	<b>Actividades Completadas</b>	<b>PPC</b>
Sem. 25	6	5	83%
Sem. 26	6	6	100%
Sem. 27	6	5	83%
Sem. 28	6	6	100%
Sem. 29	6	5	83%

Sem. 30	6	6	100%
Sem. 31	6	6	100%
Sem. 32	6	6	100%
Sem. 33	6	5	83%
Sem. 34	6	6	100%
Sem. 35	6	6	100%
Sem. 36	6	6	100%
Sem. 37	6	6	100%

Asimismo, las CNC se dieron por diversas restricciones, como se expresa en la tabla 8.

### **Tabla 8**

#### *Causas del incumplimiento de la etapa de acabados secos*

<b>Semana</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Sem. 25	CLI-MAT	Cliente - materiales
Sem. 27	IOF	Incumplimiento de otro frente
Sem. 29	CLI-PRI	Cliente - prioridades
Sem. 33	CLI-MAT	Incumplimiento de otro frente

*Nota.* Las semanas 26, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 36, y 37 omitidas en la tabla, no presentaron incumplimientos.

En la etapa de acabados secos, reflejada en las tablas 7 y 8, se obtuvo una notable mejora en los PPC. Este resultado se logró gracias a la experiencia acumulada del equipo en la aplicación y comprensión de los principios clave del LC en la ejecución de las instalaciones sanitarias. La experiencia previa en etapas anteriores, sumada a un compromiso firme con la mejora continua, condujo a una disminución de las actividades inconclusas, limitándose a solo cuatro semanas. Estas CNC estuvieron directamente relacionadas con restricciones impuestas por el cliente. No obstante, se pudo manejar concluir la ejecución de la etapa con 100% de PPC.

#### ***Etapa de obras exteriores***

La etapa de obras exteriores contó con 1 solo frente de trabajo: instalación de redes enterrada, comprendiendo en total 10 actividades. Estas actividades se llevaron a cabo a partir de la semana 37 según el LAP específico, como se detalla en la Tabla 9.

**Tabla 9***Porcentajes de plan cumplido de la etapa de obras exteriores*

<b>Semana</b>	<b>Actividades Planificadas</b>	<b>Actividades Completadas</b>	<b>PPC</b>
Sem. 37	7	6	86%
Sem. 38	10	9	90%
Sem. 39	10	9	90%
Sem. 40	10	10	100%
Sem. 41	10	10	100%
Sem. 42	10	10	100%
Sem. 43	10	9	90%
Sem. 44	10	10	100%
Sem. 45	4	4	100%

*Nota.* La semana 37 y 45 contaron con menor cantidad de actividades planificadas por ser la primera y última semana del tren de actividades.

A continuación, se describe las CNC de las actividades en la etapa de obras exteriores, como se expresa en la tabla 10.

**Tabla 10***Causas del incumplimiento de la etapa de obras exteriores*

<b>Semana</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Sem. 37	MAT	Materiales
Sem. 38	CLI-PRI	Cliente - prioridades
Sem. 39	EQ	Equipos
Sem. 43	IOF	Incumplimiento de otro frente

*Nota.* Las semanas 40, 41, 42, 44 y 45 omitidas en la tabla, no presentaron incumplimientos.

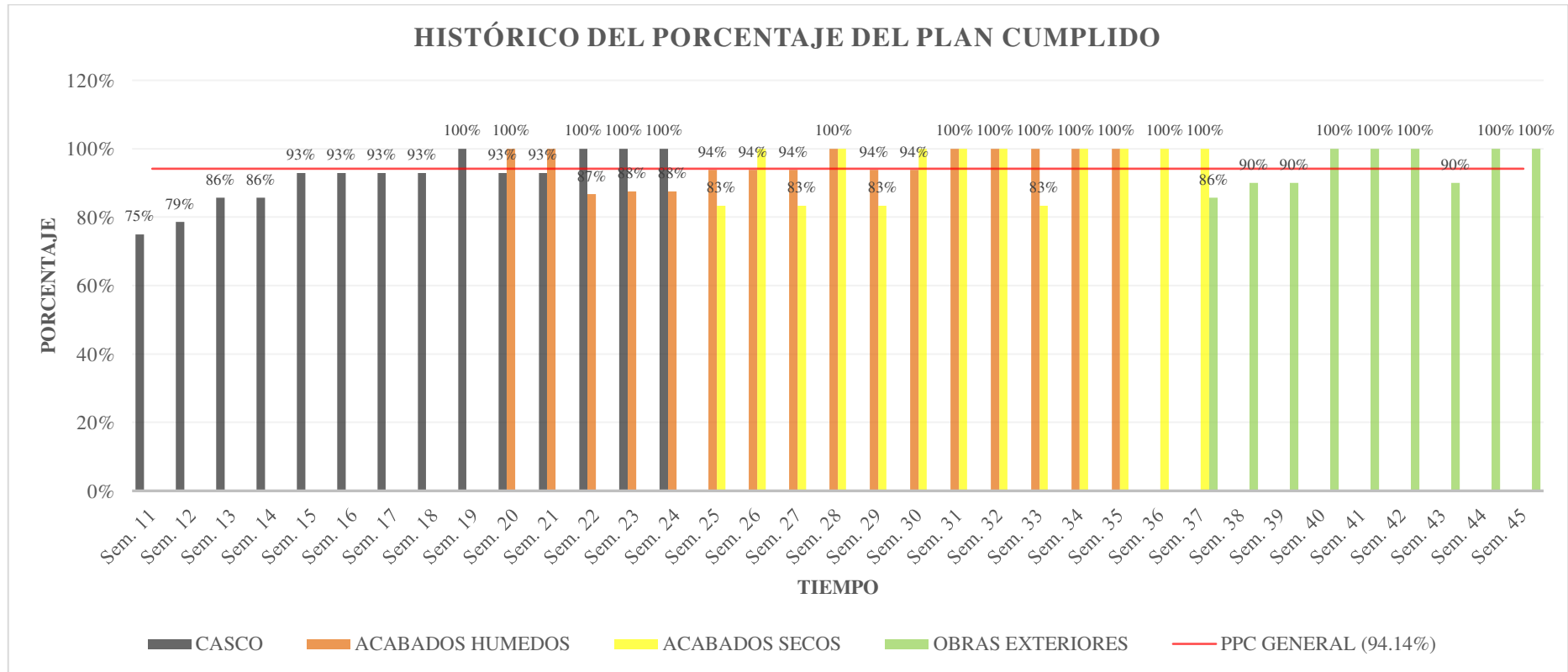
La etapa de obras exteriores, según lo expresado en las tablas 9 y 10, se logró concluir con igual número de semanas inconclusas que la etapa anterior.

***Histórico del porcentaje de plan cumplido***

De los PPC determinados en las etapas de casco, acabados húmedos, acabados secos y obras exteriores, se desarrolló el histórico de cumplimiento general de la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña. En base a ello se logró hallar el porcentaje final de cumplimiento general del proyecto, como se expresa en la figura 34.

**Figura 34**

*Histórico del porcentaje de plan cumplido general de la obra Villa Campiña*



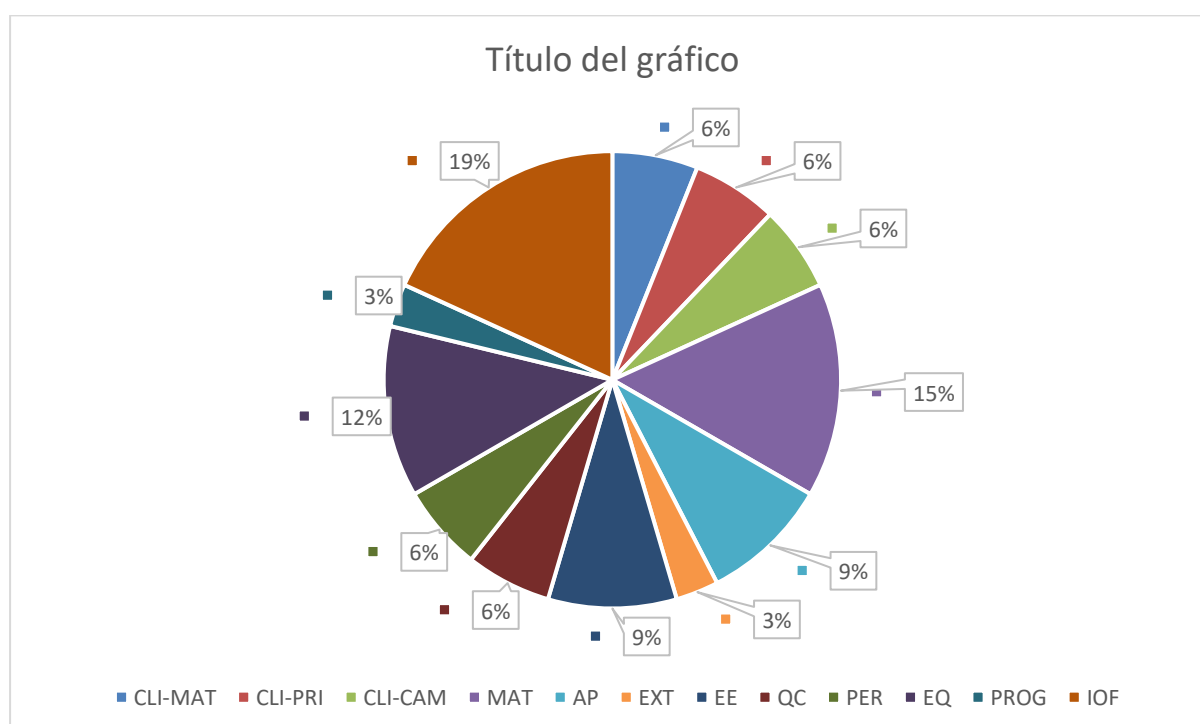
*Nota.* La ejecución de las instalaciones sanitarias concluyó con un PPC general de 94.14%.

Además, se logró determinar el histórico de las CNC de las actividades de la obra en general a través de la contabilización generadas en cada etapa de la ejecución de las instalaciones sanitarias.

A continuación, en la figura 35, se expresa el conglomerado de las principales CNC indicadas en porcentajes.

### Figura 35

*Histórico de las causas de incumplimiento general de la obra Villa Campiña*



*Nota.* El mayor porcentaje de incumplimiento de 19% se presentó por incumplimiento de otro frente.

Cómo se muestra en la Figura 35, las principales CNC de las actividades radicaron por el incumplimiento de otro frente (IOF), materiales (MAT) y equipos (EQ). La primera restricción, de gran escala, persiste hasta la conclusión del proyecto debido a la constitución de la empresa como subcontratista, donde la dependencia de las actividades del contratista y otros subcontratistas resultó difícil de superar. Por otra parte, la segunda y tercera restricción por materiales y equipos. También se arrastró en gran medida durante casi todo el proceso de

ejecución de las instalaciones sanitarias debido a que el control de materiales se encontraba en manos del área de logística de la empresa Vwtech Contratistas SAC, de modo que, al no abordar la metodología de manera general en toda la empresa, conlleva a presentar este elevado porcentaje por tal restricción. Por último, en menor escala las demás restricciones se pudieron mitigar de manera que se logró optimizar la productividad y eliminar los diferentes desperdicios.

En resumen, se determinó que el proyecto logró alcanzar el 94.14% de porcentaje de PPC final. Este resultado refleja una ejecución eficiente de las instalaciones sanitarias, en perfecta sintonía con los principios fundamentales del LC. La razón principal para este éxito radicó en la implementación de evaluaciones semanales regulares que permitieron la identificación, evaluación y resolución oportuna de diversas restricciones a lo largo de la ejecución de todas las etapas del proyecto.

Además, el enfoque de mejora continua, se observó un progresivo aumento en estos porcentajes de cumplimiento. Este logró no hubiera sido posible sin el compromiso y los esfuerzos constantes de todos los implicados en el proyecto. Esta colaboración activa y enfocada en la eficiencia y la optimización realmente ha marcado la diferencia en el resultado final.

### **Factibilidad técnica – operativa**

La factibilidad técnica para la implementación de Lean Construction en la empresa subcontratista Vwtech Contratistas SAC implicó una evaluación exhaustiva de competencias, procesos y recursos disponibles. El personal adquirió capacitaciones y por consiguiente calificaciones pertinentes de formación especializada en Lean, familiarizándose con conceptos clave como la gestión del flujo de trabajo y la cadena de suministro. Así como herramientas del Lean Construction enfocadas en la ejecución de las instalaciones sanitarias. Esta capacidad para desarrollar competencias internamente a través de asesoramiento externo es crucial.



Además, se demostró que los procesos técnicos actuales son compatibles con los principios de Lean, implicando una revisión de las metodologías existentes en búsqueda de optimización y la implementación de infraestructuras y herramientas apropiadas, incluyendo inversiones en tecnología que apoyen una gestión de proyectos eficiente y una integración efectiva de sistemas de información para el seguimiento del progreso de las obras.

Por otro lado, la factibilidad operativa se centró en la capacidad de la empresa para adoptar un cambio organizacional y cultural hacia una mentalidad de mejora continua y eliminación de desperdicios, lo que exige el compromiso tanto de la dirección como de los empleados. Los procedimientos y protocolos fueron revisados y ajustados para alinearlos con los ciclos de mejora continua de Lean afectando incluso, las prácticas de trabajo en sitio. La productividad y calidad fueron medidas mediante métricas claras para validar la efectividad de la implementación de Lean Construction. Además, la planificación y programación de proyectos necesitó ser reestructuradas para capitalizar los beneficios de los principios Lean. Además, la gestión de relaciones con subcontratistas y proveedores fueron exactas para asegurar la adhesión a estos principios a lo largo de toda la cadena de valor. En resumen, la transición exitosa a Lean Construction requirió de una inversión significativa en capacitación, tecnología y revisión de procedimientos para asegurar la incorporación eficiente de sus principios en la empresa.

### **Cuadro de inversión**

Para garantizar la planificación eficaz, se contó con la participación de todos los involucrados de la subcontrata. Esto permitió la sincronización y determinación de los eventos críticos, estrategias de acción, y restricciones principales, entre otros aspectos. El periodo de implementación partió desde la etapa de casco hasta la entrega del proyecto.

Los involucrados claves que deben participar son el Gerente General, Gerente de Proyectos, Residente de Subcontratista, Asistente de Campo, Asistente de Calidad y Maestro

de Obra (capataz).

**Tabla 11**

*Costo de inversión para la implementación de la filosofía Lean Construction*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantida d	Precio Unitario	Sub total
01	Residente de Subcontratista	mes	0.25	s/ 5000	s/ 1250
02	Asistente de Campo	mes	0.25	s/ 3000	s/ 750
03	Asistente de Calidad	mes	0.25	s/ 3000	s/ 750
04	Maestro de Obra	mes	0.25	s/ 4200	s/ 1050
05	Capacitación de herramientas	glb	1	s/ 3500	s/ 3500
06	Talleres de trabajo en equipo	glb	1	s/ 3000	s/ 3000
07	Materiales utilizados	glb	1	s/ 1500	s/ 1500
Total					s/ 11800

Nota. La cantidad de horas usada para los personales de staff se contempló en base a una estimación del 25% de un mes, la cual se contemplaría como horas extra.

En la Tabla 11, se puede apreciar que el costo de inversión total se estima en s/ 11,800.

## Análisis de resultados

### Análisis costo – beneficio

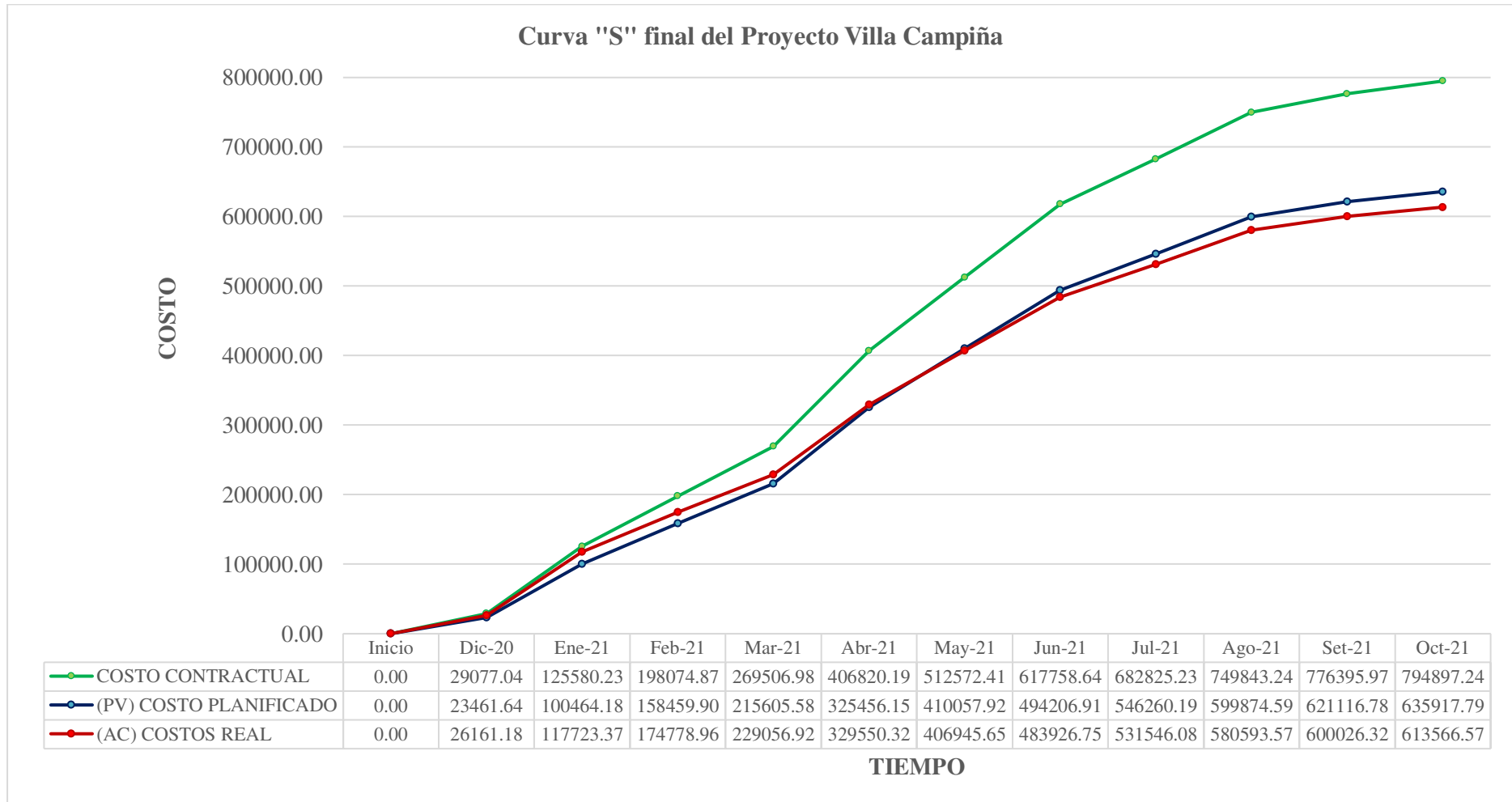
Antes de la implementación de la filosofía Lean Construction, los costos hasta la culminación de la etapa de movimiento de tierra y cimentación, según lo descrito en la figura 12, el costo real (AC) acumulado resultó en S/ 117,723.37, el costo planificado (PV) acumulado en s/ 100,464.18 y el costo contractual acumulado en s/ 125,580.23.

En este sentido, teniendo el costo planificado acumulado (S/ 100,464.18), menos el costo real acumulado (S/ 117,723.37), se obtiene el resultado de un valor inferior de S/ - 17,259.19. Es decir, hasta la fecha de finalización de la etapa de movimiento de tierra y cimentación, la empresa Vwtech Contratistas SAC estaba perdiendo S/ 17,259.19 por la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña. Ahora bien, en relación con el costo contractual, según la operación del costo contractual acumulado (S/ 125,580.23) menos el costo real acumulado (S/ 117,723.37), la subcontrata solo disponía 7,856.86 de ganancia.

Por otro lado, después de la implementación del Lean Construction en la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña conlleva beneficios económicos sustanciales al reducir los desperdicios de materiales y recursos, optimizar la planificación y la productividad de la mano de obra, minimizar la variabilidad y los errores, acelerar el tiempo de construcción y mejorar la calidad del trabajo, lo que se traduce en la figura 36.

**Figura 36**

*Curva "S" de costos finales del proyecto Villa Campiña*



Como se aprecia en la figura 36, el proyecto culminó con un costo real (AC) de S/ 613,566.57. El costo contractual es de S/ 794,897.24 y el costo planificado es de S/ 635,917.79.

Este resultado positivo se originó producto a la aplicación efectiva de la filosofía Lean Construction, el cual comenzó con un enfoque prioritario en la capacitación. Esta fase inicial resultó crucial al facilitar una comprensión profunda de los principios fundamentales de Lean Construction y los métodos específicos aplicables a la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña.

La implementación acertada, directamente por la subcontratista Vwtech Contratistas SAC, de los instrumentos del Lean Construction como la sectorización y los trenes de actividades, y la posterior aplicación del LPS desempeñaron papeles clave al ofrecer un plan detallado que establece metas a corto y largo plazo. Esto permitió una mejor organización y coordinación de las tareas, mejorando la eficiencia y la previsibilidad en la construcción de la obra. Además, la práctica de cálculos de PPC proporcionó una visión realista del progreso del proyecto. Además, el análisis de restricciones permitió abordar de manera específica los desafíos clave que afectan el avance, facilitando una toma de decisiones más informada y proactiva.

Por otro lado, la implementación de la herramienta VSM, Just In time y los tableros Kanban contribuyeron a minimizar y optimizar los desperdicios asociados con sobre stocks o la falta de materiales, equipos y herramientas. La elaboración de un detallado flujograma, el personal tuvo una visión macro de los objetivos correctos del proyecto. Esto no solo redujo la posibilidad de interrupciones debido a la falta de recursos, sino que también, optimiza la eficiencia global del proceso, generando mejoras significativas en términos de productividad y, en última instancia, en los costos asociados al proyecto.

### ***Estimación de los ahorros***

La implementación de una planificación detallada junto con la correcta aplicación de

herramientas LC permitió generar ahorros sustanciales, en todas las etapas del proyecto, desde la construcción del casco hasta la entrega final.

En este sentido, teniendo el costo planificado (S/ 635,917.79), menos el costo real utilizado hasta la finalización de la obra (S/ 613,566.57) se obtiene el resultado de s/ 22,351.22. Ahora bien, al descontar, al resultado anterior, el costo de inversión utilizado para la implementación de la filosofía LC (S/ 11,800), obtenemos de la operación s/ 10,551.22. Si bien, el resultado no es formidable, el objetivo de culminar el proyecto con menor o igual que el costo meta, se cumplió.

Por otra parte, el resultado en comparación con el costo contractual (S/ 794,897.24), asciende a s/ 169,530.67.

Por ende, tenemos el costo ahorrado meta y el costo ahorrado contractual final, como se expresa en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Costo ahorrado total*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tota (S/)</b>	<b>Total (%)</b>
01	Costo ahorrado del planificado	10,551.22	1.66%
02	Costo ahorrado del contractual	169,530.67	21.33%

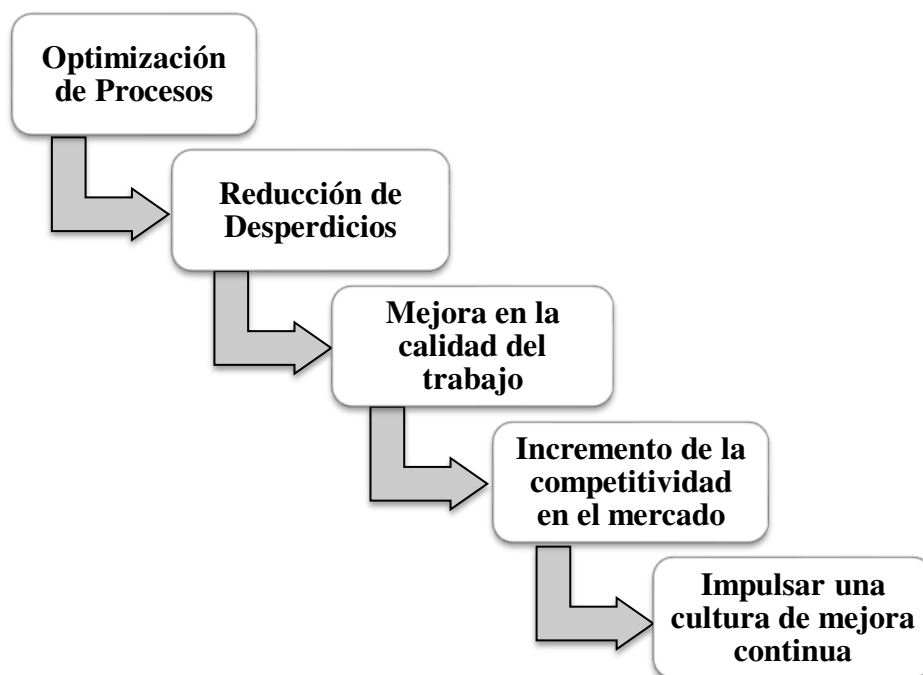
*Nota.* El porcentaje total se obtiene en relación con el costo total planificado y contractual.

### Aportes más destacables a la empresa

El desarrollo de la implementación de la filosofía LC en la empresa Vwtech Contratistas SAC, enfocada en mejorar la productividad de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña, presenta varios aportes significativos a la empresa como se muestra en la figura 37.

#### Figura 37

*Aportes más destacables a la empresa Vwtech Contratistas SAC*



A continuación, se detallan de manera más precisa cada una de las contribuciones aportadas a la empresa Vwtech Contratistas SAC:

- Optimización de procesos: la implementación ofrece una metodología estructurada para optimizar los procesos de trabajo en las instalaciones sanitarias. Esto incluye suprimir actividades que no aportan valor agregado, la mejora en la gestión de inventarios, y la implementación de prácticas de trabajo más eficientes. Como resultado, se esperó una disminución en los tiempos de ejecución y una mejora en la eficiencia general del proyecto.

- b) Reducción de desperdicios: al adoptar los principios de LC, su implementación ayudó a identificar y minimizar los desperdicios en las obras, como el uso ineficiente de materiales, la sobreproducción, y el tiempo de espera. Esto no solo reduce los costos, sino que también contribuye a prácticas más sostenibles, un aspecto cada vez más valorado en la industria de la construcción.
- c) Mejora en la calidad del trabajo: la implementación de LC, según lo descrito, conduce a una mejora en la calidad del trabajo realizado. Al centrarse en procesos más eficientes y una gestión de recursos más efectiva, se redujeron los errores y se mejoró la calidad de las instalaciones sanitarias, lo que resulta en una mayor satisfacción del cliente.
- d) Incremento de la competitividad en el mercado: la aplicación efectiva del LC posicionó a Vwtech Contratistas SAC como una empresa líder en la implementación de prácticas innovadoras en la construcción. Esto no solo mejoró su reputación en el sector, sino que también la hace más competitiva, atrayendo inversiones y oportunidades de crecimiento.
- e) Impulsar una cultura de mejora continua: la implementación correcta de las herramientas del LC promoverán una cultura de mejora continua dentro de la empresa. Al adoptar LC, la empresa anima a sus empleados a estar constantemente atentos a las oportunidades de mejora. Lo que puede conducir a innovaciones continuas y un compromiso más fuerte con la excelencia en todos los niveles de la organización.



## Conclusiones

En esta investigación, se concluyó que la empresa Vwtech Contratistas SAC, previo a la implementación de la filosofía Lean Construction, se encontraba inmersa en un enfoque de construcción tradicional, basándose en experiencias adquiridas en anteriores proyectos ejecutados. Este enfoque se caracterizó por una planificación impuesta por la contratista, lo que generó un entorno de comunicación jerárquica y fragmentada, propenso a problemas de coordinación. Además, prevaleció un control rígido ante cambios en el proyecto. La asignación excesiva de recursos, como medida para mitigar riesgos, resultó en un exceso de inventario y desperdicio. Asimismo, la empresa prioriza cumplir con los requisitos contractuales en lugar de poner énfasis en las causas que generó desperdicios. En resumen, esta construcción tradicional se basó en prácticas arraigadas a largo plazo y adoptan una mentalidad poco adaptable y colaborativa.

Se determinó que el uso del Pull System, la sectorización y los trenes de actividades se revelan como herramientas estratégicas fundamentales para la visualización efectiva de los entregables a corto y largo plazo en la ejecución de instalaciones sanitarias. Asimismo, la implementación progresiva de la herramienta Last Planner System demostró ser fundamental para analizar y controlar las programaciones en tiempo real, que permitió una optimización continua y actualización de las mismas. Este enfoque, se basó en evaluaciones constantes de los porcentajes de cumplimiento de los planes y la identificación de restricciones a medida que avanzó la construcción.

Del mismo modo, el Value Stream Map se mostró como una herramienta vital para desglosar y comprender los flujos de procesos reales en cada etapa y tren de trabajo durante la ejecución de instalaciones sanitarias. Además, facilitó la determinación de periodos para establecer cronogramas de pedidos de materiales, los cuales fueron controlados mediante el uso de Just In Time y tableros Kanban. Esta gestión eficiente permitió un mejor control de los

inventarios, que proporcionó en la reducción significativa de sobre stocks de equipos, materiales y herramientas. En conjunto, estas herramientas contribuyen de manera efectiva a la eliminación de desperdicios en la ejecución de instalaciones sanitarias.

En secuencia, se determinó que el Gemba Walk y el Kaizen son herramientas estratégicas para la ejecución de instalaciones sanitarias. El Gemba Walk, al permitir observaciones in situ, facilitó la identificación y resolución inmediata de ineficiencias y cuellos de botella. Complementariamente, el Kaizen, con su enfoque en la mejora continua, contribuyó a optimizar gradualmente los procesos y eliminar desperdicios. La combinación de estas herramientas no solo garantiza una gestión proactiva, sino que también conduce a una ejecución eficiente y costos minimizados. La agilidad para responder a las necesidades del proyecto se vio fortalecida, asegurando la calidad en la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña.

Se evaluó que el grado de impacto antes de la aplicación de la filosofía Lean Construction, hasta la finalización de la etapa de movimiento de tierras y cimentación, resultó en pérdidas de la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña, lo que se tradujo en términos de costos en un gasto de S/ 17,259.19 más de lo planificado. A pesar de esto, en relación con lo presupuestado contractualmente, dicha pérdida implicó aún un resultado positivo de S/ 7,856.86. Sin embargo, de haber continuado bajo el enfoque de construcción tradicional, esta pérdida, hubiera superado el costo contractual ya que la pérdida venía en decadencia progresiva.

En este mismo orden, se evaluó que el grado de impacto después de la aplicación de la filosofía Lean Construction, desde el inicio hasta la entrega final del proyecto, resultó en mejoras progresivas de la productividad durante los procesos de ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar Villa Campiña. El efecto, se tradujo en un costo ahorrado de 1.66% del costo total planificado y el 21.33% del total contractual.

Se implementó la filosofía Lean Construction en la empresa subcontratista y mejoró la productividad en la ejecución de las instalaciones sanitarias del edificio multifamiliar de manera que, se identificó procesos concretos y cuantificables en los indicadores de productividad de las instalaciones sanitarias del edificio. Esto demostró el potencial de escalar Lean Construction para todos los proyectos futuros en los que adjudique la empresa.

## **Recomendaciones**

Se recomienda realizar un análisis experimental en un proyecto que posea características similares desde su proceso inicial hasta su finalización, aplicando la filosofía LC para visualizar con más precisión el impacto de la productividad de la obra.

Se recomienda realizar capacitaciones continuas de LC que integre desde los gerentes hasta los personales de obra y administrativos para profundizar la comprensión del equipo en general respecto a los beneficios de la filosofía.

Se recomienda implementar un sistema de monitoreo y evaluación para medir la eficacia de las prácticas de LC. Esto debe incluir indicadores de rendimiento clave (KPIs) relacionados con la productividad, calidad, y reducción de desperdicios. Asimismo, los datos deben ser revisados regularmente para realizar ajustes y mejoras continuas.

Se recomienda utilizar herramientas y tecnologías que apoyen la implementación de LC. Esto puede incluir software de gestión de proyectos, herramientas de colaboración en línea, y tecnología para el seguimiento y análisis de procesos. La correcta selección y uso de tecnologías pueden aumentar significativamente la eficiencia.

Se recomienda que la implementación propuesta debe ser vista como un documento vivo que se ajusta y actualiza según las necesidades específicas de la empresa y las lecciones aprendidas durante futuras implementaciones. No hay una solución única para todos; por lo tanto, personalizar la guía para adaptarse a las circunstancias y desafíos específicos de cada subcontratista, es vital.

Se recomienda trabajar hacia la integración de los principios de LC en la cultura corporativa de la empresa. Esto significa ir más allá de la aplicación en proyectos individuales y adoptarlo como parte de la filosofía central de la empresa, lo que puede conducir a mejoras sostenibles y a largo plazo en todos los aspectos de la organización.

## Referencias

- Araujo Cervantes, A. L., Avila Llaves, K. A., Barbaran Vizcarra, C. M., Castillo Trejo, F. V., & Chinchihualpa Marquez, J. L. (2019). *Implementación de herramientas Lean Construction en proyectos multifamiliares de densidad media. Caso Proyecto Precursores en Surco* [Trabajo de investigación para optar el grado académico de Maestro en Dirección de la Construcción, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://doi.org/http://doi.org/10.19083/tesis/648717>
- Bartolón Pérez, J. de J. (2020). *Filosofía Lean Construction y su Impacto en la Implementación en el Desarrollo de Proyectos de Edificación* [Tesis para obtener el grado de: Maestro en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/17279>
- Bujele Revilla, K. E. (2012). *Productividad en la Construcción de un Condominio Aplicando Conceptos de la Filosofía Lean Construction* [Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1691>
- Cherre Rojas, J. M., & Rivasplata Mori, L. C. C. (2022). *Implementación de lean construction para mejorar la productividad en la ejecución de las instalaciones eléctricas en una constructora* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/6069>
- Delgado Martinez Karla Sofía. (2021). *Propuesta de programación de un proyecto de Instalación de Gas en viviendas multifamiliares usando la Filosofía Lean Construction* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/19589>
- Felipe Pons, J., & Rubio, I. (2021). *Lean Construction: las 10 Claves del Éxito para su Implantación*. <https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20II.pdf>
- Frick, R. F. R. (2022). *Impacto de la Industria de la Construcción en Indicadores*

*Macroeconómicos* [Tesis para optar al título de Ingeniero Comercial, Universidad Técnica Federico Santa María]. <https://hdl.handle.net/11673/53850>

Huapaya Escudero, C. X., & Torres Perez, H. (2021). *Implementación de la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad para Mejorar la Productividad en la Obra de Reconstrucción y Modernización de la Institución Educativa N°21508 Ubicado en el Distrito de Imperial - Provincia de Cañete - Departamento de Lima* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad de San Martín de Porres.

Jiménez Nayra, M. Y., & Huaman Auqui, F. G. (2023). *Implementación del Last Planner System para reducir la variabilidad en tiempo y costo en la obra Edificio Multifamiliar Bernales en la etapa de estructuras (casco) en el distrito Surquillo, 2022* [Para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Tecnológica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/7600>

Lozano Cabrera, M. J., & Manturano Arteaga, V. H. (2020). *Comparación entre el sistema last planner y el sistema tradicional en dos obras, durante la etapa de estructuras, Dpto. de San Martín 2020* [Tesis para optar el grado académico de Maestro en Dirección de la Construcción, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/655850>

Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, G. O., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación En Ingeniería*, 11(1). [https://www.researchgate.net/publication/320818662\\_Filosofia\\_Lean\\_Construction\\_para\\_la\\_gestion\\_de\\_proyectos\\_de\\_construccion\\_una\\_revision\\_actual](https://www.researchgate.net/publication/320818662_Filosofia_Lean_Construction_para_la_gestion_de_proyectos_de_construccion_una_revision_actual)

Sanchez Figueredo, H. G. (2022). *Análisis del Sistema Lean Construction como Herramienta para la Mejora Continua en la Productividad de la Empresa Constructora Kuman para el Proyecto Torres de Altiva* [Proyecto integral de grado para optar al título de Especialista

en Gerencia de Empresas Constructoras, Fundación Universidad de América].

<https://hdl.handle.net/20.500.11839/8932>

Soto Becerra, U. B. (2016). *Evaluación de la Madurez de los Principios Lean en Proyectos de Construcción* [Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile].

<https://doi.org/https://doi.org/10.7764/tesisUC/ING/21502>

Tenorio Bautista, M. Á. (2021). *Implementación de La Filosofía Lean Construction para La Mejora de La Productividad en la Etapa de Acabados en una Edificación Multifamiliar de 10 Niveles en el Distrito de San Isidro – Departamento y Provincia de Lima* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad de San Martín de Porres].

<https://hdl.handle.net/20.500.12727/10358>

## Anexos

## Anexo 1

## Presupuesto contractual de la obra Villa Campiña

PROYECTO: VILLA CHORRILLOS	FECHA: 15/12/2020
DIRECCIÓN: Jr. Juno 182, Urb. La Campiña, distrito Chorrillos	
CLIENTE: Constructora Inarco Perú S.A.C.	
ESPECIALIDAD: Instalaciones Sanitarias	

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U	PARCIAL	SUB TOTAL
<b>1</b>	<b>SISTEMA DE AGUA FRIA</b>					S/. 224,083.42
<b>1.1</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>					
1.1.1	TRAZO Y REPLANTEO	ml	4,667.00	S/. 1.15	S/. 5,364.72	
<b>1.2</b>	<b>SALIDA DE AGUA FRIA</b>					
1.2.1	SALIDA DE 1/2" PARA INODORO TANQUE BAJO	pto	234.00	S/. 22.34	S/. 5,227.75	
1.2.2	SALIDA DE 1 1/4" PARA INODORO FLUXOMETRO	pto	2.00	S/. 65.92	S/. 131.83	
1.2.3	SALIDA DE 1/2" PARA OVALIN	pto	2.00	S/. 22.34	S/. 44.68	
1.2.4	SALIDA DE 1/2" PARA OVALIN PARRILLA	pto	3.00	S/. 22.34	S/. 67.02	
1.2.5	SALIDA DE 1/2" PARA LAVAMANOS	pto	234.00	S/. 22.34	S/. 5,227.75	
1.2.6	SALIDA DE 1/2" PARA LAVADERO COCINA	pto	113.00	S/. 22.34	S/. 2,524.51	
1.2.7	SALIDA DE 1/2" PARA LAVADERO LAVANDERIA	pto	113.00	S/. 22.34	S/. 2,524.51	
1.2.8	SALIDA DE 1/2" PARA LAVAMOPAS	pto	1.00	S/. 22.34	S/. 22.34	
1.2.9	SALIDA DE 1 1/2" PARA URINARIO	pto	1.00	S/. 110.39	S/. 110.39	
1.2.10	SALIDA DE 1/2" PARA DUCHA	pto	232.00	S/. 22.34	S/. 5,183.06	
1.2.11	SALIDA DE 3/4" PARA LAVADORA	pto				
1.2.12	SALIDA DE 3/4" PARA THERMA	pto	116.00	S/. 29.27	S/. 3,395.77	
<b>1.3</b>	<b>VALVULAS DE CONTROL</b>					
1.3.2	VALVULAS DE Ø2" (suministro y colocación, incluye accesorios)	und	1.00	S/. 261.82	S/. 261.82	
1.3.3	VALVULAS DE Ø1.1/2" (suministro y colocación, incluye accesorios)	und	5.00	S/. 181.26	S/. 906.30	
1.3.4	VALVULAS DE Ø1.1/4" (suministro y colocación, incluye accesorios)	und	1.00	S/. 122.76	S/. 122.76	
1.3.5	VALVULAS DE Ø1" (suministro y colocación, incluye accesorios)	und	113.00	S/. 87.36	S/. 9,871.15	
1.3.6	VALVULAS DE Ø3/4" (suministro y colocación, incluye accesorios)	und	406.00	S/. 53.39	S/. 21,675.74	
1.3.7	VALVULAS DE Ø1/2" (suministro y colocación, incluye accesorios)	und	340.00	S/. 42.28	S/. 14,375.46	
1.3.8	VALVULA FLOTADORA Ø1 1/2" (suministro y colocación, incluye accesorios)	und	3.00	S/. 562.63	S/. 1,687.90	
1.3.9	REDUCTORA DE PRESION 4"	und	2.00	S/. 7,699.11	S/. 15,398.22	
1.3.10	VALVULA CHECK 3/4" PARA THERMA	und				
1.3.11	VALVULA DE AIRE 2" PARA MONTANTES	und	3.00	S/. 261.82	S/. 785.46	
1.3.12	SUMINISTRO E INSTALACION DE MEDIDOR DE AGUA DE Ø 1"	und	114.00	S/. 340.97	S/. 38,870.05	
1.3.13	GRIFO JARDIN 1/2"	und	22.00	S/. 104.35	S/. 2,295.79	
1.3.14	PRUEBA HIDRAULICA	ml	4,667.00	S/. 2.26	S/. 10,531.62	
1.3.15	DESINFECCION DE REDES	glb	1.00	S/. 950.00	S/. 950.00	
<b>1.4</b>	<b>TUBERIAS DE DISTRIBUCION</b>					
1.4.1	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 1/2"	ml	763.20	S/. 9.40	S/. 7,172.22	
1.4.2	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 3/4"	ml	1,394.30	S/. 10.69	S/. 14,898.50	
1.4.3	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 1"	ml	2,150.50	S/. 13.93	S/. 29,966.95	
1.4.4	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 1.1/4"	ml	4.00	S/. 18.41	S/. 73.62	
1.4.5	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 1.1/2"	ml	33.00	S/. 30.75	S/. 1,014.85	
1.4.6	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 2"	ml	76.00	S/. 41.82	S/. 3,178.45	
1.4.7	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 2 1/2"	ml	81.00	S/. 59.23	S/. 4,797.81	
1.4.8	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 3"	ml	14.00	S/. 82.70	S/. 1,157.78	
1.4.9	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 4"	ml	66.00	S/. 118.17	S/. 7,799.30	
1.4.10	ALIMENTADOR DE AGUA FRIA PPR Ø 2"	ml	57.00	S/. 41.82	S/. 2,383.84	
1.4.11	ALIMENTADOR DE AGUA FRIA PPR Ø 2 1/2"	ml	45.00	S/. 59.23	S/. 2,665.45	
1.4.12	ALIMENTADOR DE AGUA FRIA PPR Ø 4"	ml	12.00	S/. 118.17	S/. 1,418.05	
<b>2</b>	<b>SISTEMA DE AGUA CALIENTE</b>					S/. 96,710.67
<b>2.1</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>					
2.1.1	TRAZO Y REPLANTEO	ml	2,442.00	S/. 1.15	S/. 2,807.08	
<b>2.2</b>	<b>SALIDA DE AGUA CALIENTE</b>					
2.2.1	SALIDA DE 1/2" PARA OVALIN	pto	2.00	S/. 23.89	S/. 47.78	
2.2.2	SALIDA DE 1/2" PARA OVALIN PARRILLA	pto	2.00	S/. 23.89	S/. 47.78	
2.2.3	SALIDA DE 1/2" PARA LAVAMANOS	pto	236.00	S/. 23.89	S/. 5,638.47	
2.2.4	SALIDA DE 1/2" PARA LAVADERO COCINA	pto	122.00	S/. 23.89	S/. 2,914.80	
2.2.5	SALIDA DE 1/2" PARA DUCHA	pto	232.00	S/. 23.89	S/. 5,542.90	
2.2.6	SALIDA DE 3/4" PARA LAVADORA	pto	117.00	S/. 29.52	S/. 3,454.29	
2.2.7	SALIDA DE 3/4" PARA THERMA	pto	116.00	S/. 29.52	S/. 3,424.77	
<b>2.3</b>	<b>VALVULAS DE CONTROL</b>					
2.3.1	VALVULAS DE Ø3/4" (suministro y colocación, incluye accesorios)	und	229.00	S/. 71.00	S/. 16,259.52	



2.3.2	VALVULAS DE Ø1/2" (suministro y colocación, incluye accesorios)	und	501.00	S/.	46.24	S/.	23,164.17	
2.3.3	PRUEBA HIDRAULICA	ml	2,442.00	S/.	2.26	S/.	5,510.65	
2.3.4	DESINFECCION DE REDES	glb						
<b>2.4</b>	<b>TUBERIAS DE DISTRIBUCION</b>							
2.4.1	RED DE AGUA CALIENTE CON TUBERIA PPR Ø 1/2"	ml	1,433.00	S/.	9.75	S/.	13,965.86	
2.4.2	RED DE AGUA CALIENTE CON TUBERIA PPR Ø 3/4"	ml	1,163.50	S/.	11.97	S/.	13,932.60	
<b>3</b>	<b>SISTEMA DE DESAGÜE</b>							<b>S/.</b> 254,317.60
<b>3.1</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>							
3.1.1	TRAZO Y REPLANTEO	ml	5,185.43	S/.	1.15	S/.	5,960.65	
3.1.2	EXCAVACION	m3	189.37	S/.	30.19	S/.	5,717.04	
3.1.3	CAMA DE ARENA	m3	59.18	S/.	79.05	S/.	4,677.99	
3.1.4	RELLENO Y COMPACTACION	m3	142.03	S/.	49.25	S/.	6,994.48	
3.1.5	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	59.18	S/.	48.46	S/.	2,867.71	
<b>3.2</b>	<b>SALIDA DE DESAGUE</b>							
3.2.1	SALIDA DESAGUE DE PVC-SAL 4" INODORO TANQUE BAJO	pto	234.00		73.74	S/.	17,255.39	
3.2.2	SALIDA DESAGUE DE PVC-SAL 4" INODORO FLUXOMETRO	pto	2.00		73.74	S/.	147.48	
3.2.3	SALIDA DESAGUE DE PVC SAL 2" - PARA OVALIN	pto	2.00		23.79	S/.	47.58	
3.2.4	SALIDA DESAGUE DE PVC SAL 2" - PARA OVALIN PARRILLA	pto	3.00		23.79	S/.	71.37	
3.2.5	SALIDA DESAGUE DE PVC SAL 2" - PARA LAVAMANOS	pto	234.00		23.79	S/.	5,566.73	
3.2.6	SALIDA DESAGUE DE PVC SAL 2" - PARA LAVADERO COCINA	pto	113.00		23.79	S/.	2,688.21	
3.2.7	SALIDA DESAGUE DE PVC SAL 2" - PARA LAVADERO LAVANDERIA	pto	113.00		23.79	S/.	2,688.21	
3.2.8	SALIDA DESAGUE DE PVC SAL 2" - PARA LAVAMOPAS	pto	1.00		23.79	S/.	23.79	
3.2.9	SALIDA DESAGUE DE PVC SAL 2" - PARA URINARIO	pto	1.00		23.79	S/.	23.79	
3.2.10	SALIDA DESAGUE DE PVC SAL 2" - PARA DUCHA	pto	232.00		23.79	S/.	5,519.15	
3.2.11	SALIDA VENTILACION DE PVC SAL 2"	pto	640.00		30.19	S/.	19,324.40	
<b>3.3</b>	<b>ACCESORIOS</b>							
3.3.1	REGISTRO DE BRONCE CROMADOS ROSCADO 2"	und	457.00	S/.	32.41	S/.	14,811.32	
3.3.2	REGISTRO DE BRONCE CROMADOS ROSCADO 4"	und	14.00	S/.	74.66	S/.	1,045.21	
3.3.5	REGISTRO DE BRONCE COLGADO 3"	pto	1.00	S/.	78.99	S/.	78.99	
3.3.6	REGISTRO DE BRONCE COLGADO 4"	pto	6.00	S/.	113.07	S/.	678.43	
3.3.7	SUMIDERO DE BRONCE ROSCADO DE 2"	und	709.00	S/.	36.20	S/.	25,666.68	
3.3.8	SUMIDERO DE BRONCE ROSCADO DE 3"	und	19.00	S/.	59.53	S/.	1,131.15	
3.3.9	CAJAS DE REGISTRO DE DESAGUE 12" x 24" S/R	und	9.00	S/.	521.29	S/.	4,691.61	
3.3.10	CAJAS DE REGISTRO DE DESAGUE 24" x 24" S/R	und	7.00	S/.	723.07	S/.	5,061.47	
3.3.12	SOMBRERO DE VENTILACION PVC SEL DE 3"	und	54.00	S/.	23.22	S/.	1,253.84	
3.3.13	SOMBRERO DE VENTILACION PVC SEL DE 4"	und	27.00	S/.	37.14	S/.	1,002.78	
3.3.14	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD PARA RED DE DESAGUE	ml	5,185.43	S/.	2.50	S/.	12,961.78	
3.3.15	CAJAS DE REGISTRO DE DESAGUE 24" x 24" R6"	und	16.00	S/.	712.28	S/.	11,396.43	
<b>3.4</b>	<b>TUBERIAS DE DISTRIBUCION</b>							
3.4.3	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 4"	ml	388.00	S/.	27.72	S/.	10,757.30	
3.4.4	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 3"	ml	5.00	S/.	19.19	S/.	95.96	
3.4.5	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 2"	ml	1,498.00	S/.	14.31	S/.	21,432.80	
3.4.6	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 4" (COLGADA)	ml	2.00	S/.	35.05	S/.	70.10	
3.4.7	TUBERIA DE PV-SAL C Ø 3" (COLGADA)	ml	46.50	S/.	27.06	S/.	1,258.30	
3.4.9	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 2" VENTILACION	ml	328.97	S/.	10.28	S/.	3,381.04	
3.4.10	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 3" VENTILACION	ml	22.35	S/.	17.80	S/.	397.73	
3.4.11	MONTANTE 3"	ml	25.00	S/.	27.06	S/.	676.51	
3.4.12	MONTANTE 4"	ml	652.60	S/.	35.05	S/.	22,872.48	
3.4.13	MONTANTE 3" VENTILACION	ml	1,402.80	S/.	24.25	S/.	34,021.73	
<b>4</b>	<b>INSERTOS EN CISTERNAS</b>							<b>S/.</b> 6,575.18
4.1	BRIDA ROMPE AGUA 1 1/2" - LINEA DE LLENADO (CISTERNA DOMESTICA 01) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	250.45	S/.	250.45	
4.2	BRIDA ROMPE AGUA 6" - LINEA DE REBOSE (CISTERNA DOMESTICA 01) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	730.60	S/.	730.60	
4.3	BRIDA ROMPE AGUA 6" - LINEA DE SUCCION (CISTERNA DOMESTICA 01) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	808.41	S/.	808.41	
4.4	BRIDA ROMPE AGUA 2" - LINEA DE LIMPIEZA (CISTERNA DOMESTICA 01) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	313.35	S/.	313.35	
4.5	BRIDA ROMPE AGUA 1 1/2" - LINEA DE LLENADO (CISTERNA DOMESTICA 02) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	250.45	S/.	250.45	
4.6	BRIDA ROMPE AGUA 6" - LINEA DE REBOSE (CISTERNA DOMESTICA 02) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	730.60	S/.	730.60	
4.7	BRIDA ROMPE AGUA 6" - LINEA DE SUCCION (CISTERNA DOMESTICA 02) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	808.41	S/.	808.41	
4.8	BRIDA ROMPE AGUA 2" - LINEA DE LIMPIEZA (CISTERNA DOMESTICA 02) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	313.35	S/.	313.35	
4.9	BRIDA ROMPE AGUA 1 1/2" - LINEA DE LLENADO (CISTERNA ACI) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	250.45	S/.	250.45	
5.10	BRIDA ROMPE AGUA 6" - LINEA DE REBOSE (CISTERNA ACI) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	730.60	S/.	730.60	
5.11	BRIDA ROMPE AGUA 6" - LINEA DE SUCCION (CISTERNA ACI) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	901.21	S/.	901.21	
5.12	BRIDA ROMPE AGUA 4" - LINEA DE PRUEBA (CISTERNA ACI) ACERO INOX.	und	1.00	S/.	487.33	S/.	487.33	
<b>6</b>	<b>INSTALACION DE SANITARIOS Y GRIFERIAS ( solo mano de obra )</b>							<b>S/.</b> 63,794.03
6.1	INSTALACION DE INODORO TANQUE BAJO	und	234.00	S/.	69.08	S/.	16,165.55	
6.2	INSTALACION DE INODORO FLUXOMETRO	und	2.00	S/.	52.46	S/.	104.92	
6.3	INSTALACION DE OVALIN	und	2.00	S/.	78.08	S/.	156.16	
6.4	INSTALACION DE OVALIN PARRILLA	und	3.00	S/.	78.08	S/.	234.25	

6.5	INSTALACION DE LAVAMANOS	und	234.00	S/.	65.53	S/.	15,333.35	
6.6	INSTALACION DE LAVADERO COCINA	und	113.00	S/.	55.49	S/.	6,270.25	
6.7	INSTALACION DE LAVADERO LAVANDERIA	und	113.00	S/.	67.54	S/.	7,632.21	
6.8	INSTALACION URINARIO	und	1.00	S/.	70.99	S/.	70.99	
6.9	INSTALACION DUCHA	und	232.00	S/.	76.84	S/.	17,826.36	
<b>7</b>	<b>PARTIDAS NO CONSIDERADAS</b>							<b>S/.</b> <b>40,712.40</b>
7.1	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 3/4"	ml	3.00	S/.	15.86	S/.	47.57	
7.2	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 1"	ml	18.00	S/.	19.15	S/.	344.63	
7.3	CONEXIÓN A RED EXISTENTE	glb	1.00	S/.	350.00	S/.	350.00	
<b>7.4</b>	<b>SISTEMA DE AGUA CALIENTE</b>							
7.4.1	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 1/2"	ml	6.00	S/.	14.75	S/.	88.47	
7.4.2	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 3/4"	ml	18.00	S/.	17.15	S/.	308.65	
<b>7.5</b>	<b>SISTEMA DE DESAGÜE</b>							
7.5.1	REBOSE 6"	und	3.00	S/.	888.36	S/.	2,665.08	
<b>7.6</b>	<b>SALIDA DE DESAGUE</b>							
7.6.1	SALIDA DESAGUE DE PVC SAL 2" - PARA LAVADORA	pto	119.00	S/.	23.79	S/.	2,830.94	
<b>7.7</b>	<b>TUBERIAS DE DISTRIBUCION</b>							
7.7.1	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 2" (COLGADA)	ml	13.00	S/.	20.81	S/.	270.50	
7.7.2	TUBERIA DE IMPULSIÓN DE DESAGUE DE PPR (ENTERRADA) Ø 3"	ml	59.00	S/.	71.41	S/.	4,213.11	
7.7.3	TUBERIA DE IMPULSIÓN DE DESAGUE DE PPR (COLGADA) Ø 3"	ml	60.00	S/.	82.70	S/.	4,961.92	
<b>7.8</b>	<b>TUBERIAS DE DISTRIBUCION - ENTERRADA</b>							
<b>7.8.1</b>	<b>MONTANTES DISTRIBUCION</b>							
7.8.1.1	MONTANTE DESAGUE 2"	ml	24.00	S/.	20.81	S/.	499.39	
7.8.1.2	IMPULSION DE DESAGUE DE PPR 3"	ml	6.00	S/.	82.70	S/.	496.19	
7.8.1.3	MONTANTE DE VENTILACION 2"	ml	125.00	S/.	17.10	S/.	2,137.67	
7.8.1.4	MONTANTE DE VENTILACION 4"	ml	79.00	S/.	29.41	S/.	2,323.60	
<b>7.9</b>	<b>ACCESORIOS</b>							
7.9.1	SOMBRERO DE VENTILACION PVC SEL DE 2"	und	20.00	S/.	15.55	S/.	311.04	
7.9.2	PINTURA DE TUBERIA COLGADA	glb	1.00	S/.	700.00	S/.	700.00	
7.9.3	CONEXIÓN A RED EXISTENTE	glb	1.00	S/.	300.00	S/.	300.00	
7.9.4	PASES EN LOSA 3"	und	10.00	S/.	5.19	S/.	51.85	
7.9.5	PASES EN LOSA 4"	und	35.00	S/.	8.56	S/.	299.43	
7.9.6	PASES EN LOSA 6"	und	10.00	S/.	28.12	S/.	281.23	
<b>7.10</b>	<b>REQUERIMIENTOS COMPLEMENTARIOS</b>							
7.10.1	RED DE AGUA FRIA CON TUBERIA PPR Ø 1/2"	ml	220.75	S/.	9.40	S/.	2,074.51	
7.10.2	VALVULAS DE Ø1/2" (suministro y colocación, incluye accesorios)	und	123.00	S/.	42.28	S/.	5,200.53	
7.10.3	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 2"	ml	90.43	S/.	14.31	S/.	1,293.84	
7.10.4	SUMIDERO DE BRONCE ROSCADO DE 2"	und	31.00	S/.	36.20	S/.	1,122.24	
<b>7.11</b>	<b>TERMA DE GLP</b>							
7.11.1	INSTALACIÓN DE TERMA A GAS 5,5 L BRYANT GLP	und	116.00	S/.	65.00	S/.	7,540.00	
<b>8</b>	<b>PARTIDAS ADICIONALES</b>							<b>S/.</b> <b>23,536.37</b>
<b>8.1</b>	<b>SISTEMA DE DESAGUE</b>							
<b>8.1.1</b>	<b>TUBERIAS DE DISTRIBUCION - ENTERRADA</b>							
8.1.1.1	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 8"	ml	42.78	S/.	121.33	S/.	5,190.49	
8.1.1.2	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 6"	ml	37.50	S/.	59.86	S/.	2,244.57	
8.1.1.3	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 4"	ml	261.00	S/.	27.72	S/.	7,236.22	
8.1.1.4	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 3"	ml	65.00	S/.	19.19	S/.	1,247.50	
8.1.1.5	TUBERIA DE PVC-SAL Ø 2"	ml	185.50	S/.	14.31	S/.	2,654.06	
<b>8.1.2</b>	<b>ACCESORIOS</b>							
8.1.2.1	BUZON H = 1m	ml	2.00	S/.	1,925.43	S/.	3,850.87	
8.1.2.2	RED DE EMPALME DE DEAGUE	gbl	1.00	S/.	1,112.66	S/.	1,112.66	
							<b>TOTAL DE COSTO DIRECTO</b>	<b>S/.</b> <b>709,729.68</b>
							<b>GASTOS GENERALES (6%)</b>	<b>S/.</b> <b>42,583.78</b>
							<b>UTILIDAD (6%)</b>	<b>S/.</b> <b>42,583.78</b>
							<b>SUB TOTAL</b>	<b>S/.</b> <b>794,897.24</b>
							<b>IGV (18%)</b>	<b>S/.</b> <b>143,081.50</b>
							<b>TOTAL</b>	<b>S/.</b> <b>937,978.74</b>

# Anexo 2a

## Look Ahead Planning específico de las instalaciones sanitarias de la obra Villa Campiña

PROYECTO:	RESIDENTE:	PRODUCCION:	FECHA:	LAP SEMANA	# SEM	LOOK AHEAD PLANNING																																																
						Semana 11							Semana 12							Semana 13							Semana 14							Semana 15							Semana 16							Semana 17						
						# DIA	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50						
						MES	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar						
IDIFICIO Multifamiliar Villa Campiña				Jose Saul Calas				Jhonatan Flores				martes, 26 de Enero de 2023				SEMANA 11																																						
FRONTE					ACTIVIDAD / MD / MAT / ETH / SC / PRC / INF / SRC / SEG / CAL / C					RESPONSABLE																																												
SUB-EST						TREN DE SUPER ESTRUCTURA - EDIFICIO						Jhonatan Flores																																										
A						CASCO - TREN DE ISS VERTICALES						Daniel Taza																																										
1						Trazo y replanteo de muros						Daniel Taza						P1-S1 P1-S2 P1-S3 P1-S4 P1-S5 P1-S6 P2-S1 P2-S2 P2-S3 P2-S4 P2-S5 P2-S6 P3-S1 P3-S2 P3-S3 P3-S4 P3-S5 P3-S6 P4-S1 P4-S2 P4-S3 P4-S4 P4-S5 P4-S6 P5-S1 P5-S2 P5-S3 P5-S4 P5-S5 P5-S6 P6-S1 P6-S2 P6-S3 P6-S4 P6-S5																																				
2						Instalación de tuberías de agua en placa						Caribajal Mendoza Ronaldo																																										
3						Instalación de tuberías de desagüe en placa						Tomas Luna Zarate																																										
4						Inicio de prueba de estanqueidad						Edin Rojas Ramirez																																										
5						Fin de prueba de estanqueidad						Edin Rojas Ramirez																																										
6						Prueba hidráulica						Edin Rojas Ramirez																																										
7						Liberación de Instalaciones Sanitarias en verticales						Jhonatan Flores																																										
B						CASCO - TREN DE ISS HORIZONTALES						Daniel Taza																																										
1						Trazo y replanteo de techo						Daniel Taza																																										
2						Instalación de tuberías de agua en techo						Augusto Mejía Calagua																																										
3						Instalación de tuberías de desagüe en techo						José Francisco Chavez Ruiz																																										
4						Inicio de prueba de estanqueidad						Edin Rojas Ramirez																																										
5						Fin de prueba de estanqueidad						Edin Rojas Ramirez																																										
6						Prueba hidráulica						Edin Rojas Ramirez																																										
7						Liberación de Instalaciones Sanitarias en horizontales						Jhonatan Flores																																										
C						ACABADOS HUMEDOS - TREN DE ISS EN TABIQUERIA						Daniel Taza																																										
1						Trazo y replanteo de tabiquería						Daniel Taza																																										
2						Instalación de tuberías de agua en tabiquería						Samuel Lorenzo Gonzales Agüero																																										
3						Instalación de tuberías de desagüe en tabiquería						Zosimo Ochante Cahuaña																																										
4						Fijación de salidas de agua y desagüe						Sabino Quispe Nuñez																																										
5						Prueba hidráulica						Walter Paquiyauri																																										
6						Inicio de prueba de estanqueidad						Walter Paquiyauri																																										
7						Fin de prueba de estanqueidad						Walter Paquiyauri																																										
8						Liberación de Instalaciones Sanitarias en tabiquería						Jhonatan Flores																																										
D						ACABADOS HUMEDOS - TREN DE ISS EN MONTANTES						Daniel Taza																																										
1						Limpieza y liberación de escombros de las salidas en ductos						Daniel Taza																																										
2						Instalación de montantes y medidores de agua en ductos						Alan Aurelio Mondragon Bautista																																										
3						Instalación de montantes de ventilación y desagüe en ductos						Bryan Karl Mundaca Salier																																										
4						Soporte y fijación de montantes						Christian Benavente Q.																																										
5						Prueba hidráulica						Walter Paquiyauri																																										
6						Inicio de prueba de estanqueidad						Walter Paquiyauri																																										
7						Fin de prueba de estanqueidad						Walter Paquiyauri																																										
8						Liberación de Instalaciones Sanitarias en montantes						Jhonatan Flores																																										
E						ACABADOS SECOS - TREN DE INSTALACIÓN DE APARATOS						Daniel Taza																																										
1						Limpieza y presurización de redes						Daniel Taza																																										
2						Instalación de aparatos sanitarios (no., lavat., lav.)						Caribajal Mendoza Ronaldo																																										
3						Instalación de griferías y válvulas de cierre						Augusto Mejía Calagua																																										
4						Instalación de aditamentos (registros y sumideros)						Eduan Julio Siccha Gamboa																																										
5						Prueba de caudal y escorrentía						Sabino Quispe Nuñez																																										
6						Liberación de Instalación de aparatos y aditamentos						Jhonatan Flores																																										
F						OBRAS EXTERIORES - TREN DE ISS EN EXTERIORES						Daniel Taza																																										
1						Trazo y replanteo de redes						Daniel Taza																																										
2						Excavación						Bryan Karl Mundaca Salier																																										
3						Instalación de tuberías enterradas de desagüe						Alan Mondragon Bautista																																										
4						Inicio de prueba de estanqueidad						Daniel Taza																																										
5						Fin de prueba de estanqueidad						Daniel Taza																																										
6						Relleno y compactación						Walter Paquiyauri																																										
7						Instalación de tuberías enterradas de agua						Augusto Mejía Calagua																																										
8						Prueba de presión						Daniel Taza																																										
9						Eliminación de material excedente						Samuel Lorenzo Gonzales Agüero																																										
10						Liberación de Instalaciones Sanitarias en exteriores						Jhonatan Flores																																										
G						ENTREGAS - TREN DE ENTREGAS						Daniel Taza																																										
1						Revisión 01						Jhonatan Flores																																										
2						Revisión 02						Jhonatan Flores																																										









### Anexo 3

*Instalaciones de agua y desagüe en la etapa de movimiento de tierra y cimentación*



### Anexo 4

*Instalaciones de agua y desagüe en verticales en la etapa de casco*





**Anexo 5**

*Fijación y taponeo de salidas de agua y desagüe en verticales en la etapa de casco*

**Anexo 6**

*Plantillado de baterías de desagüe en la etapa de casco*



**Anexo 7**

*Armado y pegado de baterías de agua y desagüe en horizontales en la etapa de casco*

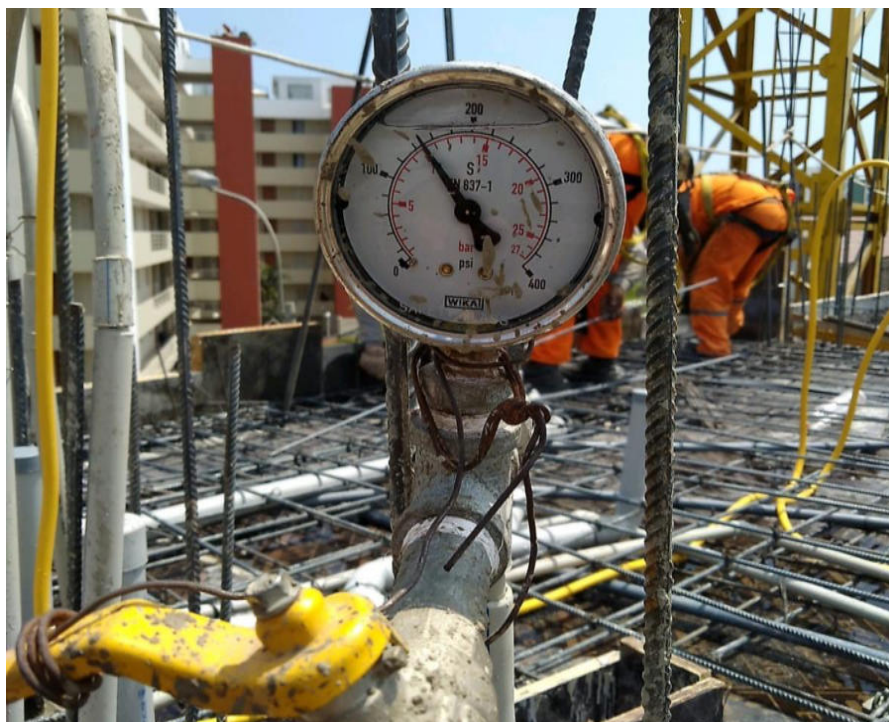
**Anexo 8**

*Prueba de estanqueidad en horizontales en la etapa de casco*



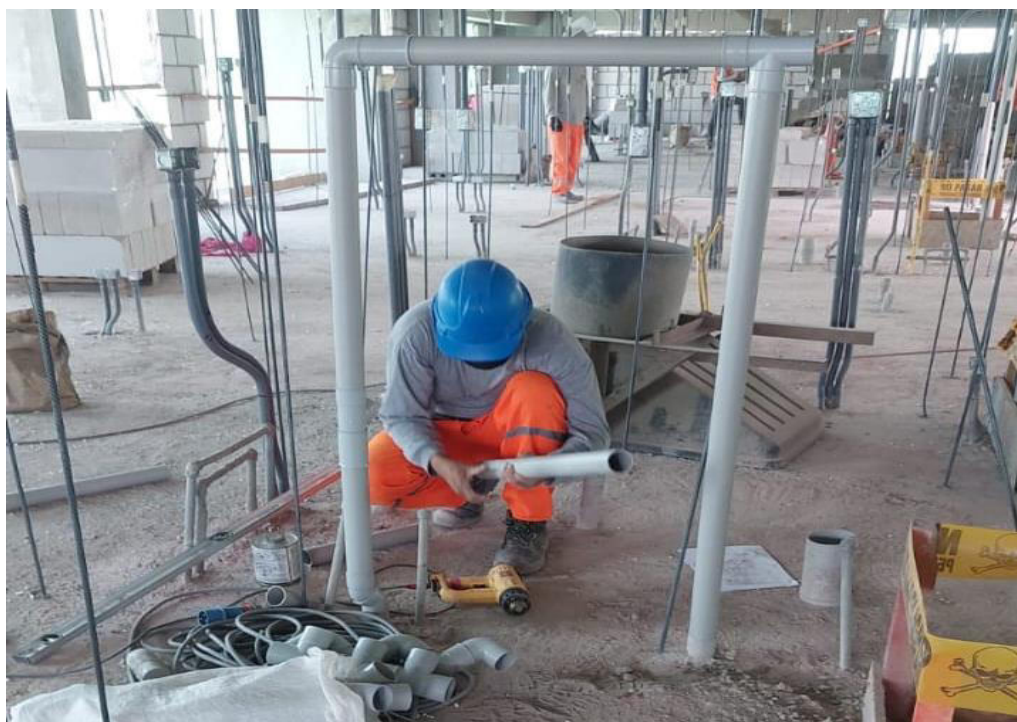
## Anexo 9

*Prueba hidráulica en horizontales en la etapa de casco*



## Anexo 10

*Instalaciones de desagüe en tabiquería en la etapa de acabados húmedos*



## Anexo 11

*Instalaciones de agua en tabiquería en la etapa de acabados húmedos*



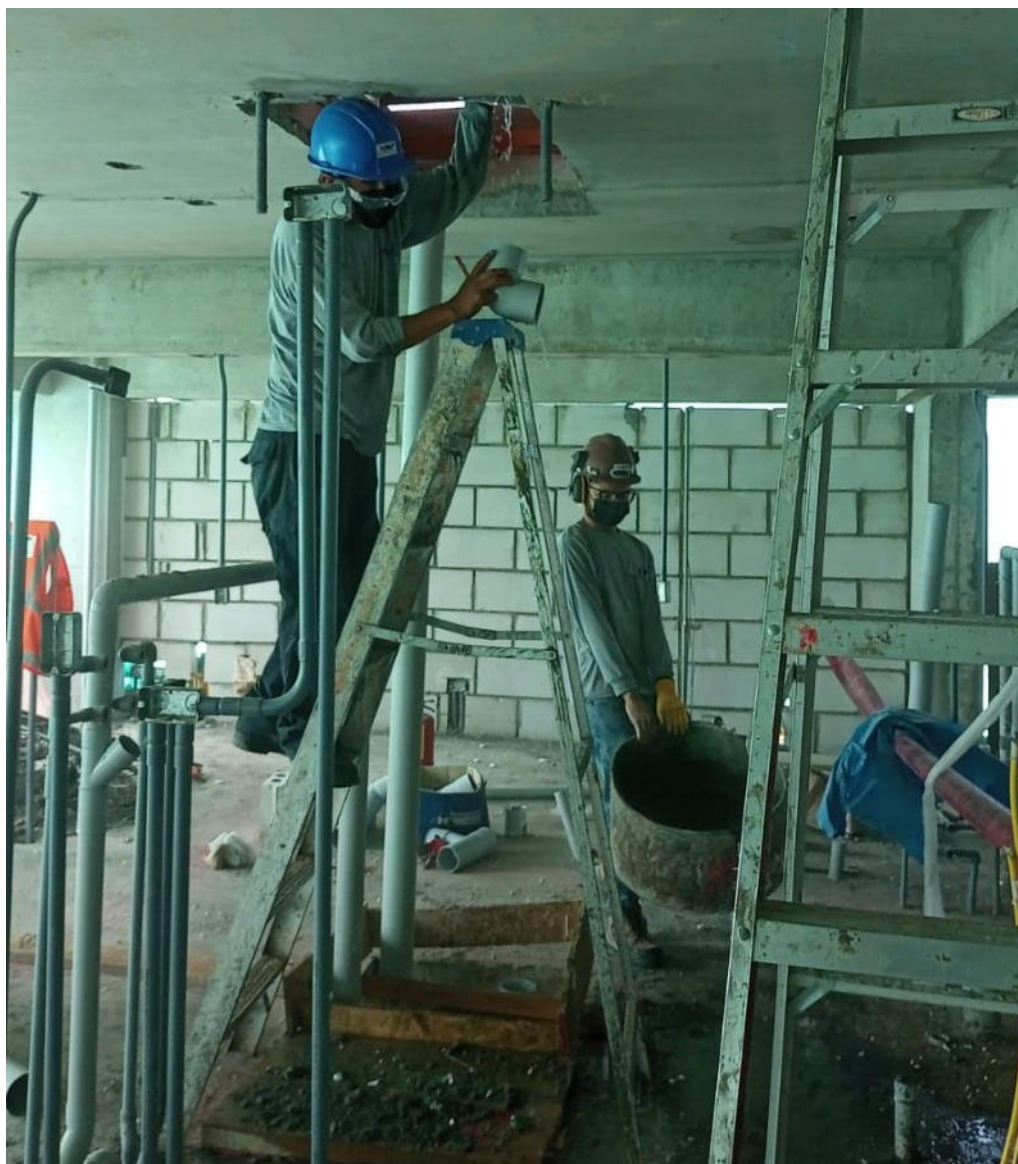
## Anexo 12

*Fijación de salidas de agua y desagüe en tabiquerería en la etapa de acabados húmedos*



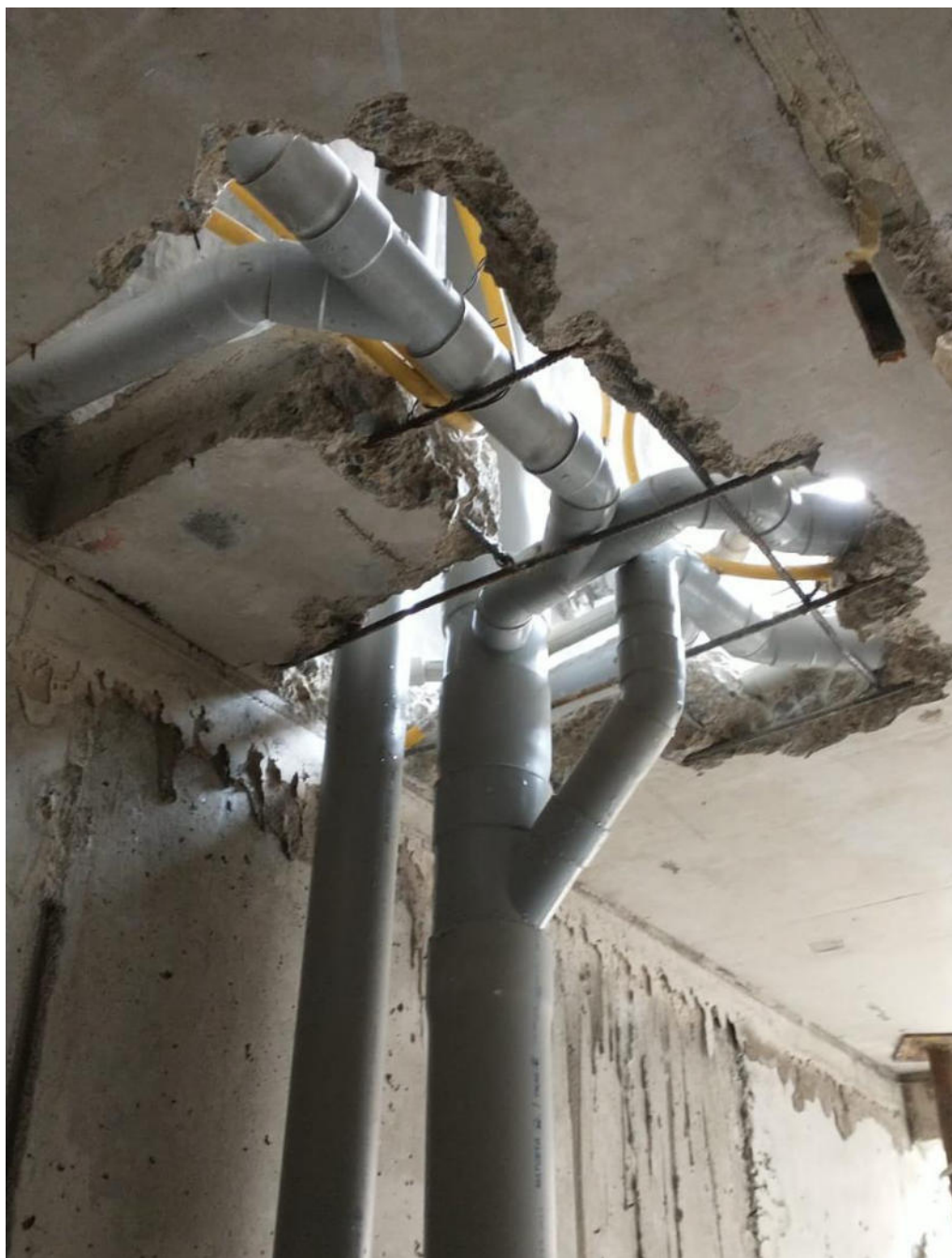
**Anexo 13**

*Limpieza y plantillado de montante de desagüe en ductos en la etapa de acabados húmedos*



**Anexo 14**

*Armado y pegado de montante de desagüe en ductos en la etapa de acabados húmedos*



**Anexo 15**

*Prueba de estanqueidad en montantes de desagüe en la etapa de acabados húmedos*

**Anexo 16**

*Instalación de montante de agua y medidores en ducto en la etapa de acabados húmedos*



**Anexo 17**

*Prueba hidráulica de montantes de agua y medidores en la etapa de acabados húmedos*





**Anexo 18**

*Instalación de aparatos sanitarios y griferías en baños en la etapa de acabados secos*



**Anexo 19**

*Instalación de aparatos sanitarios y griferías en cocinas en la etapa de acabados secos*

**Anexo 20**

*Prueba de funcionamiento y caudal de aparatos sanitarios en la etapa de acabados secos*



**Anexo 21**

*Instalación de aditamentos (registro y sumidero) en la etapa de acabados secos*

**Anexo 22**

*Prueba de esorrentía de aditamentos en la etapa de acabados secos*



**Anexo 23**

*Excavación de zanja para redes enterradas de desagüe en la etapa de obras exteriores*

**Anexo 24**

*Instalación de redes enterradas de desagüe en la etapa de obras exteriores*



**Anexo 25**

*Prueba de estanqueidad de redes enterradas de desagüe en la etapa de obras exteriores*



**Anexo 26**

*Edificio multifamiliar Villa Campiña entregado*





### Anexo 28

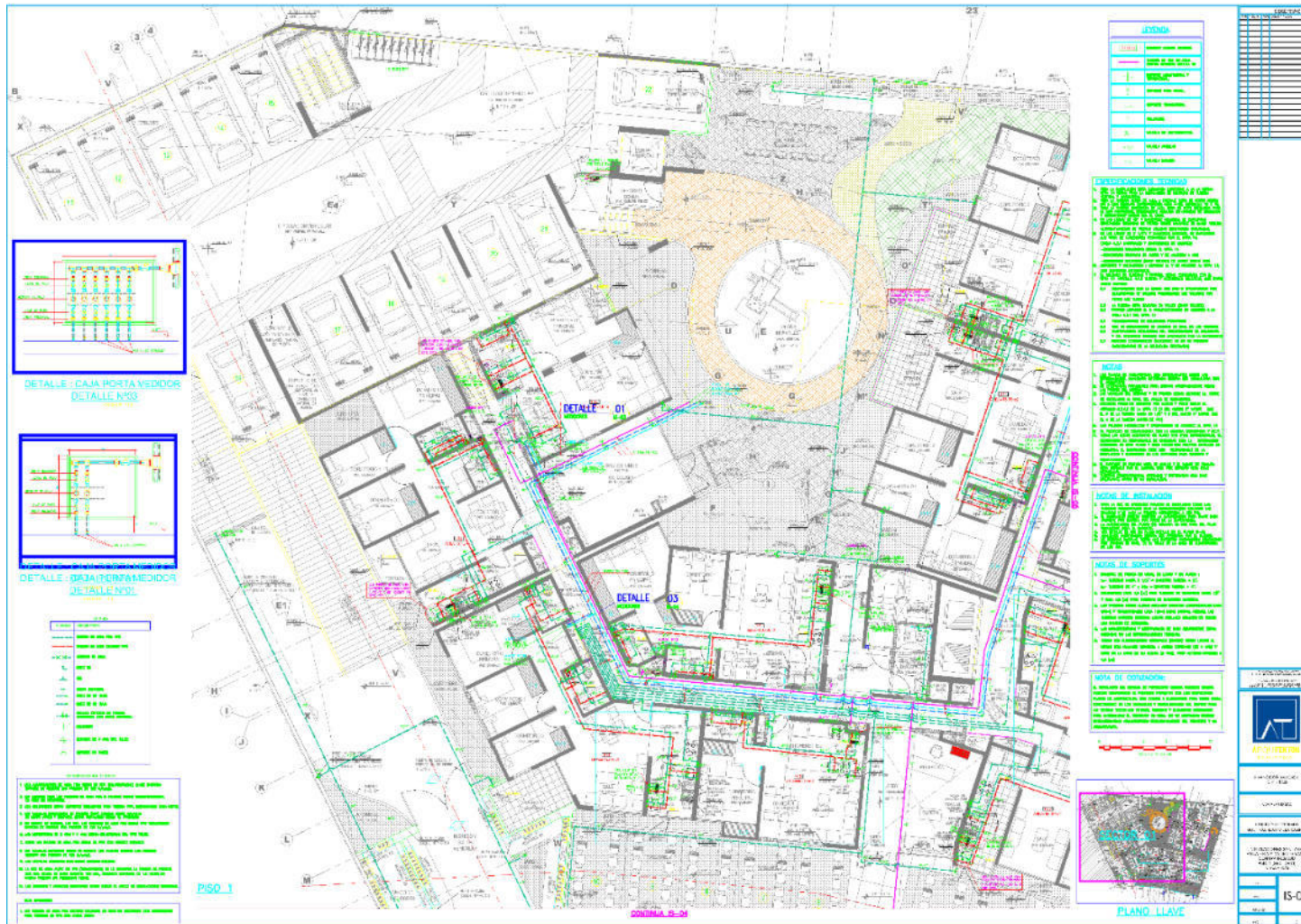
### Plano en planta de instalaciones de agua fría y agua caliente en sótano 1 (IS-02)





Anexo 29

Plano en planta de instalaciones de agua fría y agua caliente en piso 1, área 1 (IS-03)



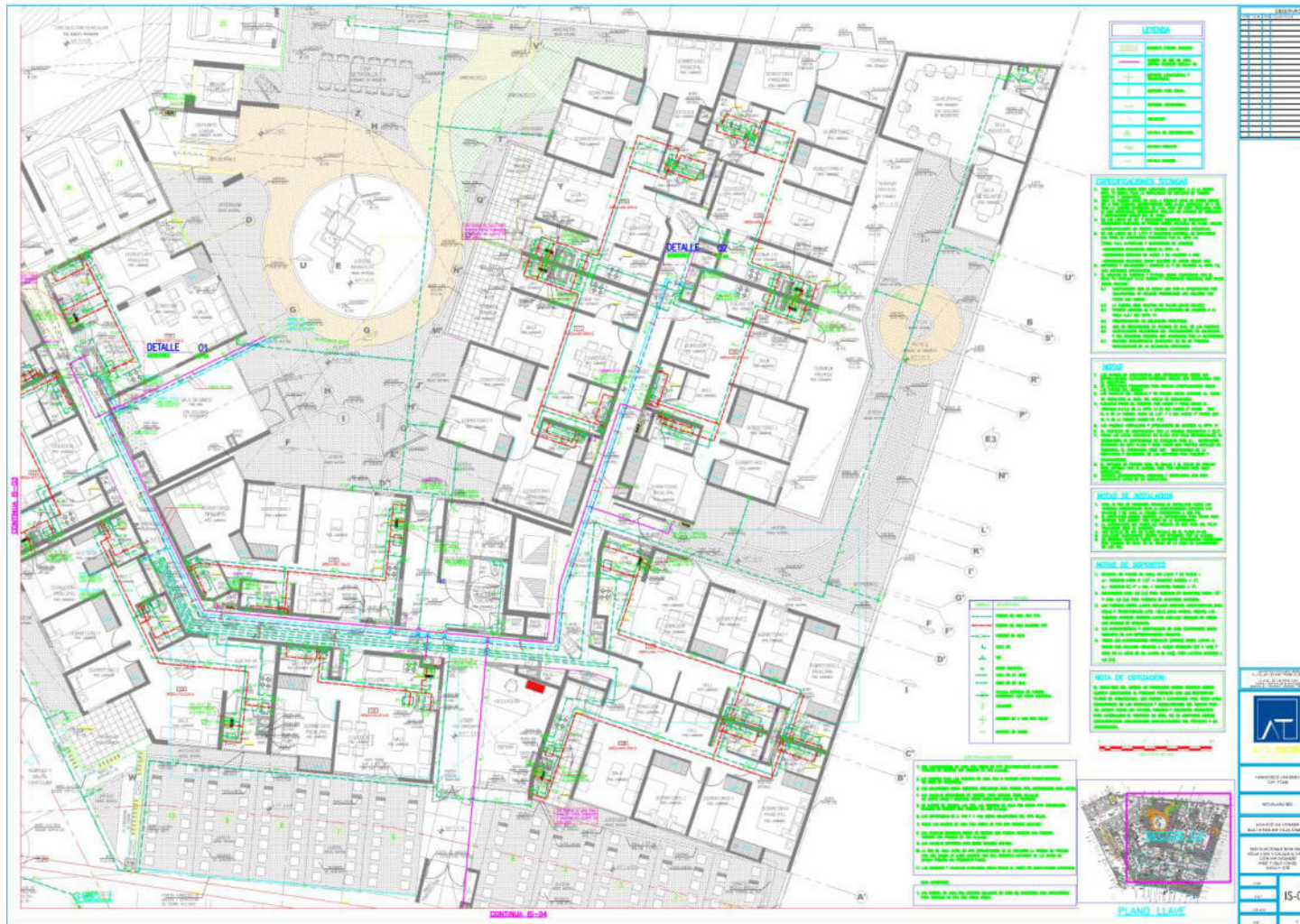
Anexo 30

Plano en planta de instalaciones de agua fría y agua caliente en piso 1, área 2 (IS-04)



Anexo 31

Plano en planta de instalaciones de agua fría y agua caliente en piso 1, área 3 (IS-05)







Anexo 34

Plano en planta de instalaciones de agua fría y agua caliente en piso 9 (IS-10)



Anexo 35

Plano en planta de instalaciones de agua fría y agua caliente en azotea (IS-11)



Anexo 36

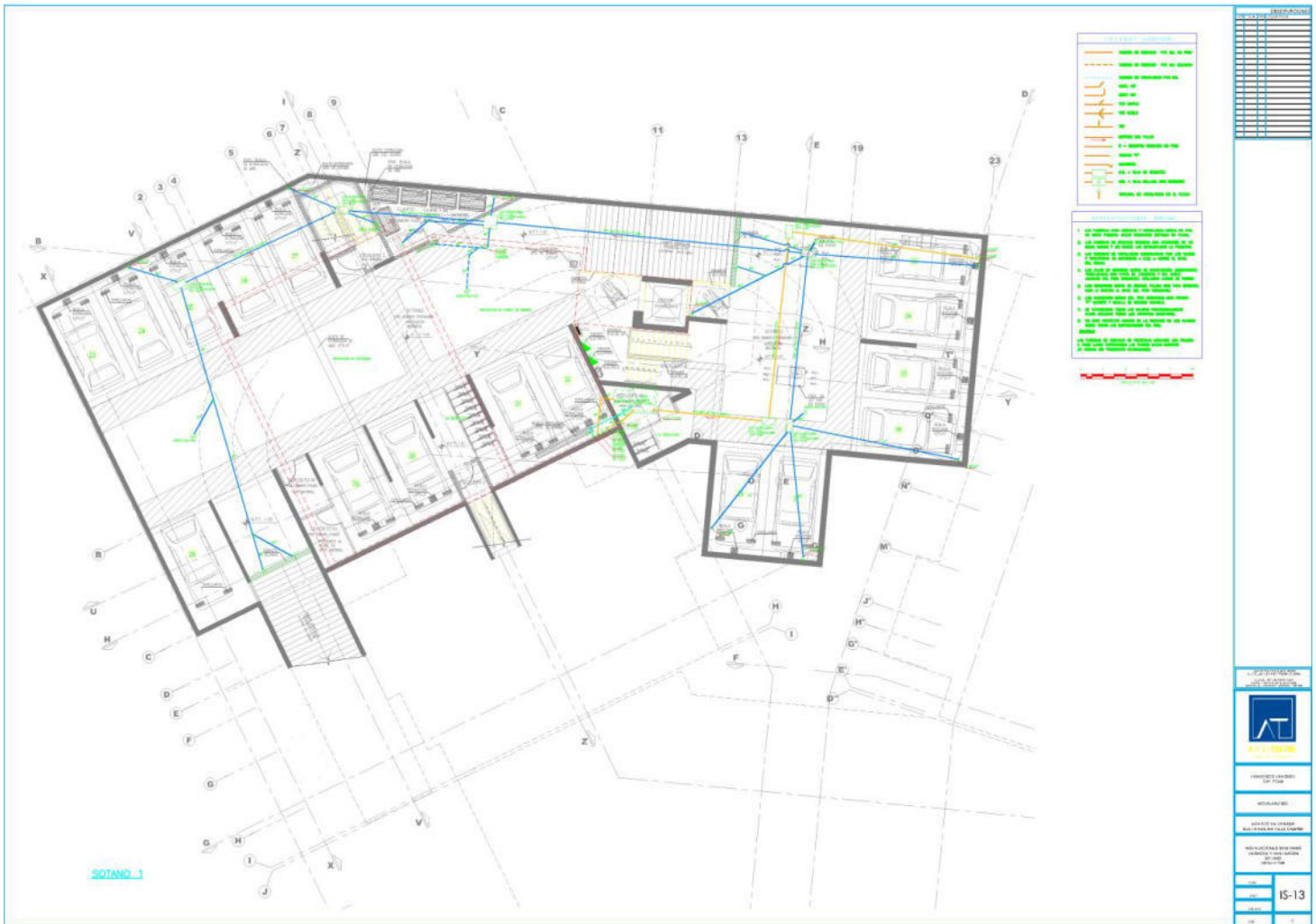
Plano en planta de instalaciones de desagüe y ventilación en sótano 2 (IS-12)





Anexo 37

Plano en planta de instalaciones de desague y ventilación en sótano 1 (IS-13)



Anexo 38

Plano en planta de instalaciones de desagüe y ventilación en piso 1, área 1 (IS-14)





Anexo 40

Plano en planta de instalaciones de desague y ventilación en piso 1, área 3 (IS-16)



Anexo 41

Plano en planta de instalaciones de desague y ventilación en piso 2 (IS-17)



Anexo 42

Plano en planta típico de instalaciones de desague y ventilación en piso 3, 4, 5, 6, 7 y 8 (IS-18)



Anexo 43

Plano en planta de instalaciones de desague y ventilación en piso 9 (IS-21)



Anexo 44

Plano en planta de instalaciones de desague y ventilación en azotea (IS-22)





Anexo 45

Plano en planta de instalaciones de desague y ventilación en azotea (IS-23)

