

Universidad de Los Andes
Facultad de Arquitectura y Diseño
Especialidad en Gerencia de la Construcción de Edificaciones

Plan de construcción de infraestructura para el proyecto *Vesta Suites Parkside*, aplicando la filosofía *Lean Construction*

Tutor

Prof. Esp. Arq. Theisy Ybarra

Realizado por

Andrés D. Andrade M.

Mérida, marzo de 2025.

Reconocimiento

Aprobación del tutor

En mi carácter de Tutor del Trabajo de Grado presentado por el ciudadano(a) Andrés David Andrade Montilla, para optar al Grado de **Especialista en Gerencia de la Construcción de Edificaciones**, cuyo título es “Plan de construcción de infraestructura para el proyecto Vesta Suites Parkside, aplicando la filosofía Lean Construction”, considero que reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Mérida, a los 15 días del mes de octubre del año 2024.


www.bdigital.ula.ve

Theisy Marilyn Ybarra Dugarte

Cédula de Identidad: 18.966.103

Dedicatoria

A Dios, por permitirme haber llegado hasta aquí.

A mi Carlos, Beatriz y Aaron, mi familia, por todo el amor que me brindan.

A María Alejandra, Lorena y Yerson, por todo el apoyo en esta travesía, son más que colegas, mis amigos.

A los profesores de la especialización de Gerencia de la Construcción de Edificaciones, por todos los conocimientos compartidos.

www.bdigital.ula.ve

Índice

	Pág.
Aprobación del tutor.....	ii
Índice de imágenes	vii
Índice de tablas	viii
Índice de gráficos	ix
Resumen	x
Introducción	1
Capítulo I. Planteamiento del problema	3
1.1 Determinación del problema	3
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo general.....	9
1.2.2 Objetivos específicos	9
1.3 Justificación	10
1.4 Alcance	13
Capítulo II. Marco teórico.....	14
2.1 Antecedentes del estudio	14
2.2 Bases teóricas	19
2.2.1 Metodología tradicional en el desarrollo de planes de construcción	19
2.2.2 Metodología Lean.....	22
2.2.3 Lean Construction.....	23
2.2.4 Clasificación del trabajo	24
2.2.5 Tipos de desperdicios según Lean Construction	25
2.2.6 Los principios Lean.....	26
2.2.7 Herramientas Lean	28
2.2.8 Simbología del mapa de flujo de valor.....	29
2.2.9 La planificación y programación.....	30
2.2.10 La colaboración y la comunicación	32
2.2.11 Control de calidad.....	33
2.2.12 Integración de tecnologías.....	34

2.3	Bases legales.....	35
2.4	Operacionalización de variables	37
2.5	Definición de términos.....	37
Capítulo III. Marco metodológico		39
3.1	Tipo de investigación.....	39
3.2	Diseño de la investigación.....	39
3.3	Esquema de trabajo.....	41
Capítulo IV. Resultados		44
4.1	<i>Lean Construction</i> Vs Metodología tradicional	44
4.2	Identificación y definición de valor dentro del proyecto	46
4.3	Objetivos y metas del plan de construcción Lean	48
4.3.1	Objetivos Lean	48
4.3.2	Metas Lean.....	48
4.4	Análisis de la cadena de valor (VSM).....	49
4.5	Identificación y eliminación de desperdicios.....	56
4.5.1	Esperas.....	56
	Kaizen 1: Tiempo de espera hasta aprobación del Gerente de Proyectos.....	56
	Solución propuesta	57
	Kaizen 2: Tiempo de espera por falta de material	57
	Solución propuesta	59
	Kaizen 3: Tiempo de espera por cambios de requerimiento.....	61
	Solución propuesta	62
	Kaizen 4: Tiempo de espera por transportes internos.....	63
	Solución propuesta	64
4.5.2	Transportes.....	65
	Kaizen 5: Transportes internos detienen otras actividades	65
	Solución propuesta	66
4.5.3	Inventarios.....	66
	Kaizen 6: Exceso de inventarios en obra	66
	Solución propuesta	67
4.5.4	VSM estado futuro.....	69
4.6	Organización del sitio de obra	70
4.6.1	Etapa I (semana 1-semana 3).....	70
4.6.2	Etapa II (semana 4-semana 11).....	72
4.6.3	Etapa III (semana 12-semana 22).....	74

4.6.4	<i>Etapas IV (semana 23-semana 24)</i>	75
4.6.5	<i>Etapas V (semana 25- semana 43)</i>	77
4.6.6	<i>Análisis de vehículos de trabajo</i>	78
4.6.7	<i>Diagrama de espagueti – flujo de trabajo</i>	79
4.7	Planificación y programación Lean	81
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones		85
5.1	Conclusiones	85
5.2	Recomendaciones	89
5.2.1	<i>Integración Tecnológica</i>	89
5.2.2	<i>Sostenibilidad y eficiencia energética</i>	89
5.2.3	<i>Optimización de logística y gestión de materiales</i>	90
Bibliografía		91
Currículo		96

www.bdigital.ula.ve

Índice de imágenes

	Pág.
Imagen 1 – Vista satelital terreno Vesta Suites Parkside ($A=803 \text{ m}^2$) (Google Earth, 2024).....	11
Imagen 2 – Vista terreno desde calle Parkside 5 (Google Earth, 2024).....	12
Imagen 3 – Vista terreno desde calle Parkside 3 (Google Earth, 2024).....	12
Imagen 4– Planeación del trabajo según la metodología tradicional (Guzman & Suarez, 2011)	21
Imagen 5 – Diagrama de flujo del proceso de construcción (CH4, 2023).....	54
Imagen 6 – Diagrama de flujo de valor actual, para el proceso de construcción (elaboración propia, 2024)	55
Imagen 7 – <i>Kaizen</i> 1 (elaboración propia, 2024).....	56
Imagen 8 – <i>Kaizen</i> 2 (elaboración propia, 2024).....	58
Imagen 9 – Recorrido Argos.C.A- Vesta Suites Parkside (Google Earth, 2024). 60	
Imagen 10 – Recorrido Cemex Carolina – Vesta Suites Parkside (Google Earth, 2024).....	61
Imagen 11 – <i>Kaizen</i> 3 (elaboración propia, 2024).....	62
Imagen 12 – <i>Kaizen</i> 4 (elaboración propia, 2024).....	64
Imagen 13 – <i>Kaizen</i> 5 (elaboración propia, 2024)	65
Imagen 14 – <i>Kaizen</i> 6 (elaboración propia, 2024)	67
Imagen 15 – Diagrama de flujo de valor estado futuro, para el proceso de construcción (elaboración propia, 2024).....	69
Imagen 16 – Organización del sitio de obra, etapa I (elaboración propia, 2024) 71	
Imagen 17 – Organización del sitio de obra, etapa II (elaboración propia, 2024)	73
Imagen 18 – Organización del sitio de obra, etapa III (elaboración propia, 2024)	74
Imagen 19 – Organización del sitio de obra, etapa IV (elaboración propia, 2024)	76
Imagen 20 – Organización del sitio de obra, etapa V (elaboración propia, 2024)	77
Imagen 21 – Diagrama espagueti, mapeo de movimientos (elaboración propia, 2024).....	80

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1 – Simbología del mapa de flujo de valor	29
Tabla 2 - Operacionalización de variables.....	37
Tabla 3 – Matriz de interesados del proyecto.....	47
Tabla 4 – Presupuesto estimado de actividades.....	50
Tabla 5 – Volúmenes de concreto premezclado.....	58
Tabla 6 – Proveedores premezclado	60
Tabla 7 – Análisis de vehículos de trabajo	79
Tabla 8 – Matriz de encargados de movimientos	80

www.bdigital.ula.ve

Índice de gráficos

Pág.

Gráfico 1 – Diagrama de Pareto, costo de las actividades (elaboración propia, 2024)	51
---	----

www.bdigital.ula.ve

Plan de construcción de infraestructura para el proyecto Vesta Suites

Parkside, aplicando la filosofía Lean Construction

Tutor: Prof. Esp. Arq. Theisy Ybarra.

Realizado por: Ing. Andrés D. Andrade M.

Mérida, septiembre de 2024.

La presente investigación analiza la implementación de la metodología *Lean Construction* en el Proyecto Vesta Suites Parkside, ubicado en Puerto Rico, cuyo principal desafío de ejecución es el de su limitado espacio de construcción y su emplazamiento urbano. La filosofía *Lean* se fundamenta en maximizar el producto esperado por cada uno de los involucrados, además del de minimizar el desperdicio, contraponiéndose al enfoque tradicional en la construcción, caracterizado por una gestión ineficiente, con bajo nivel de estandarización y donde el flujo de información entre las partes es limitado. Con miras en la eficiencia y la adaptabilidad, este documento propone un modelo de construcción que optimiza la colaboración y la comunicación entre los involucrados y promueve la mejora continua a través de herramientas como la planificación "pull" y el *Value Stream Mapping* (VSM). Entre los beneficios de *Lean Construction* encontramos aspectos como la reducción de procesos, retrasos y organización del sitio de obra, los cuales son elementos cruciales en proyectos de espacio reducido. El trabajo destaca los múltiples retos por los que pasa casi cualquier proyecto de edificación en un entorno urbano. La ampliación de las prácticas *Lean*, como la colaboración multidisciplinaria y la gestión de inventario, resultan en procesos más ágiles y una menor generación de residuos. Este nuevo enfoque de construcción procura una ejecución más rápida, segura y alineada con las necesidades de los clientes, superando las barreras de la construcción convencional en zonas urbanas. Este documento destaca el uso de herramientas como la planificación *pull*, VSM, *Kaizen* y las 5S, que buscan mejorar la eficiencia, a través de la reducción de desperdicios y tiempos de ejecución. En conclusión, el investigador determina que la metodología *Lean Construction* promueve una construcción más eficiente y estructurada al eliminar desperdicios y optimizar los procesos. Al enfocarse en la planificación *pull* y el flujo continuo, se reduce el tiempo de ejecución y se mejora la coordinación entre las actividades. Finalmente, la implementación exitosa de *Lean* requiere una capacitación adecuada del equipo y una adopción total de la filosofía por parte de todos los involucrados para que la misma sea exitosa.

Palabras clave: lean construction, eficiencia, desperdicio, planificación "pull", value stream mapping (vsm), mejora continua, kaizen.

www.bdigital.ula.ve

Introducción

El presente trabajo de grado comprende el diseño de un plan de construcción de infraestructuras del proyecto *Vesta Suites Parkside* haciendo uso de los principios de la filosofía *Lean Construction*, un proyecto hotelero de pequeña envergadura cuyo terreno para ser emplazado es de reducidas dimensiones y que ha sido pensado para ser desarrollado en una de las zonas más vibrantes y dinámicas de Puerto Rico como es la de la comunidad de Park Side.

La construcción civil es una industria importante en la mayoría de los países del mundo, ya que contribuye significativamente al producto interno bruto de los mismos, proporcionando empleo directo e indirecto a millones de personas. Además de ser una fuente importante de trabajo, también tiene un impacto significativo en la economía local ya que la construcción de un nuevo edificio aumenta la demanda por bienes y servicios en la zona, lo que puede atraer inversiones y aumentar el comercio.

Por otra parte, la eficiencia en la construcción civil es un tema importante, ya que históricamente se le conoce como un sector deficiente en comparación con otras industrias, siendo caracterizado por falta de estandarización en los procesos, cambios frecuentes en el alcance del proyecto, falta de colaboración y coordinación entre los involucrados, poca innovación tecnológica y la escasez de mano de obra cualificada.

Sin embargo, existen iniciativas para mejorar la eficiencia y productividad en la construcción civil. La implementación de tecnologías avanzadas que impulsan y mejora la eficiencia en la planificación, ejecución y administración de los

proyectos, la formación de mano de obra cualificada y la estandarización de procesos pueden ayudar a mejorar la eficiencia en la industria. Además, la colaboración y coordinación entre contratistas y la implementación de programas de gestión de proyectos eficientes pueden mejorar la productividad y reducir los tiempos de entrega.

En el capítulo I se planteó un semblante general de la problemática y de la importancia de su estudio, mostrando cómo la inadecuada planificación en construcción acarrea problemas como sobrecostos, retrasos en las entregas, inseguridad en el entorno de trabajo e insatisfacción del cliente. Se determinaron el objetivo general y los específicos, además de su justificación y alcance de la investigación.

En el capítulo II se presentó un breve compendio de: antecedentes de la investigación, bases teóricas, bases legales que la fundamentan, operacionalización de variables y definición de términos básicos para su comprensión.

En el capítulo III, se mostraron las características metodológicas del trabajo de investigación. En este apartado se tocaron temas como el tipo y diseño de la investigación, además del esquema de trabajo.

El capítulo IV presentó los resultados de la investigación, en el mismo se puede apreciar un resumen de los puntos clave del plan de construcción *Lean*, entre los que se encuentran la comprensión que tiene el autor sobre la metodología *Lean*, la identificación de valor para los involucrados en el proyecto, los objetivos y metas del plan de construcción, el análisis de cadena de valor, entre otros.

Finalmente, en el capítulo V se hizo un análisis general del plan de construcción presentado ahondando en lo referente a las conclusiones y recomendaciones del autor.

Capítulo I. Planteamiento del problema

1.1 Determinación del problema

La construcción civil es una industria importante en la mayoría de los países del mundo, ya que contribuye significativamente al producto interno bruto de los mismos, proporcionando empleo directo e indirecto a millones de personas.

En 2023, el valor del mercado de la industria de la construcción en América Latina fue aproximado a \$ 274,75 mil millones, con una proyección de crecimiento anual del 3,8 % entre 2024 y 2032, alcanzando un valor de 384,34 mil millones de dólares en 2032. Este sector juega un rol crucial en el desarrollo económico, reflejando la importancia de este en la estructura económica de la región (Informesdeexpertos, 2024).

Por otra parte, los proyectos de construcción, también pueden tener un impacto significativo en la economía local. En este orden de ideas, el construir un nuevo edificio o infraestructura genera empleo y aumenta la demanda por bienes y servicios en la zona, esto sin contar otros beneficios como la creación de nuevos accesos como carreteras y puentes, los cuales en muchos casos mejoran la conectividad y la accesibilidad de una región, lo que a su vez puede atraer inversiones y aumentar el comercio.

Adicionalmente, la construcción civil también tiene un impacto indirecto en otras industrias, como la fabricación de materiales de construcción, la energía, la minería y la agricultura; los cuales proporcionan los recursos necesarios para el desarrollo de este tipo de proyectos civiles.

Históricamente la industria de la construcción ha sido poco eficiente en comparación con otras industrias como la automovilística o alimenticia. Según

McKinsey Global Institute (MGI) (2017) existen varias razones por las que esto sucede:

- Falta de estandarización: la construcción suele involucrar la creación de productos únicos, lo que dificulta la estandarización y la automatización de procesos. Cada proyecto de construcción es diferente y puede requerir la fabricación de componentes y materiales específicos, lo que hace que sea difícil estandarizar y optimizar los procesos.
- Cambios frecuentes en el alcance del proyecto: los cambios en los planes de proyecto durante el proceso de construcción pueden llevar a retrasos y a una mayor ineficiencia. Estos pueden ser necesarios debido a factores externos, como cambios en las regulaciones o en las condiciones climáticas, o debido a errores en la planificación inicial. Sin embargo, los cambios en los planes de proyecto pueden tener un impacto negativo en la economía y tiempos del proyecto.
- Falta de colaboración y coordinación: la construcción suele involucrar a un gran número de contratistas y subcontratistas, lo que puede dificultar la colaboración y la coordinación entre ellos. Cada contratista puede tener su propio plan de trabajo y puede no estar completamente al tanto de las actividades de los demás contratistas, lo que llevaría a la ineficiencia y al desperdicio de recursos.
- Falta de tecnología: la industria de la construcción ha sido lenta en adoptar la tecnología y puede estar rezagada en comparación con otras industrias. La falta de tecnología avanzada puede llevar a la ineficiencia y a una escasa productividad.
- Escasez de mano de obra cualificada: este factor puede acarrear un mayor índice de incidencias dentro de la obra. La ausencia de trabajadores cualificados dificulta la culminación de proyectos de

manera oportuna y lleva a la necesidad de contratar personal adicional, lo que se traduce en aumento de los costos e insatisfacción del cliente.

Por otra parte, esta industria es responsable de una gran cantidad de desperdicio, tanto durante el proceso de construcción como durante la vida útil de una edificación, siendo alguna de las principales causas de generación de residuos: la sobreproducción, la falta de planificación efectiva en la ejecución de la obra y las demoliciones.

Según el informe "*Construction and Demolition Waste Management in the European Union*" (Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en la Unión Europea) (European Environment Agency (EEA), 2017), en la Unión Europea (UE) se generan aproximadamente 2,9 millones de toneladas de desperdicios de la construcción y demolición al año, lo que representa el 40 % de todos los desperdicios municipales generados en la UE; mientras en países como Estados Unidos, según el "*Construction and Demolition Debris Generation in the United States*" (Generación de escombros de construcción y demolición en los Estados Unidos) (Environmental Protection Agency (EPA), 2015), se generan aproximadamente 548 millones de toneladas de desperdicios de construcción y demolición al año, lo que representa el 29,0 % de todos los desechos en el país.

Además, la industria de la construcción es una de las principales contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial. Según el Informe Anual del año 2019 (Organización de las Naciones Unidas, 2020) esta industria es responsable de aproximadamente el 40 % de las emisiones de GEI a nivel mundial. Gran parte de este porcentaje es debido a la producción de materiales como el cemento y el acero, siendo responsable de aproximadamente el 7 % de las emisiones globales de dióxido de carbono.

El residuo generado por la industria de la construcción produce sin duda un impacto negativo en el medio ambiente, el cual, a largo plazo perjudica también al desarrollo económico y bienestar social del lugar donde se desenrollen estas actividades o en sus zonas de influencia.

Sin embargo, existen medidas que se pueden tomar para minimizar estos efectos, como es la planificación efectiva en los procesos de ejecución, la cual parte de herramientas como es la estimación de la demanda, que permite predecir las necesidades futuras y ajustar la producción en consecuencia, evitando así la acumulación de inventario innecesario (Scholz-Reiter & Stickel, 2012).

Además, la adecuada programación de la producción es clave para desarrollar cronogramas eficientes y flexibles que puedan adaptarse a los cambios en la demanda, garantizando de esta manera un mejor uso de los recursos y una producción más sostenible (Pinedo, 2016).

Asimismo, el control de inventario es esencial para establecer niveles óptimos de almacenamiento, lo que permite saber cuándo reponer los productos y evita costosos excesos de almacenamiento (Silver, Pyke, & Peterson, 1998).

Otro aspecto importante es el monitoreo y ajuste continuo de la producción. Esto implica revisar y modificar los planes de producción de acuerdo con las condiciones del mercado, lo que puede reducir la sobrecarga de almacenamiento y optimizar la entrega de productos (Jacobs, Chase, & Lummus, 2014). Por último, la mejora continua es un principio clave en la gestión de la producción, ya que implica identificar oportunidades para optimizar procesos y reducir el desperdicio (Liker, 2004).

En tal sentido a nivel de un proyecto de construcción, la buena planificación ayuda a identificar y eliminar problemas que puedan generar un impacto negativo en la economía y tiempos del proyecto, antes de que ocurran. Según un

estudio realizado por el Gobierno de Singapur (Leong & Chow, 2017), la falta de planificación efectiva en la construcción puede aumentar los costos de un proyecto en un 10,0-20,0 %.

Adicionalmente la planificación detallada permite que el equipo de construcción trabaje de manera más eficiente, ya que sabe exactamente qué tareas debe realizar y en qué orden. Un estudio de la Universidad de Cambridge (Shen, Skitmore, & Ashworth, 2005) encontró que la falta de planificación apropiada en la construcción podía aumentar el tiempo de proyecto en un 50,0 % o más. Estos mismos investigadores encontraron también que la planificación apropiada estaba estrechamente asociada con una mayor satisfacción del cliente.

Por otra parte, una acertada planificación puede ayudar a minimizar los riesgos de accidentes y lesiones en el sitio de construcción. Según Meredyth y Ogunlana (2008) esta reducción en la accidentabilidad de los trabajos para desarrollar el proyecto aumenta significativamente de la calidad del mismo.

En tal sentido, nace la filosofía del *Lean Construction* (Construcción sin desperdicios), la cual no es más que un nuevo enfoque de la construcción que se basa en la eliminación de desperdicios y la maximización del valor en cada etapa del proceso de construcción. Se inspira en los principios del *Lean Manufacturing* (Manufactura sin desperdicios) que se desarrollaron en la industria manufacturera para mejorar la eficiencia y reducir los costos. Su objetivo es entregar proyectos de construcción de manera más rápida, más eficiente y más segura; mientras se mantiene la calidad y se satisfacen las necesidades de los clientes. De esta forma ha ganado una gran popularidad en los últimos años y ha sido adoptado por empresas de construcción en todo el mundo.

Diversos estudios han encontrado que existe un incremento en el uso de la metodología de la construcción sin desperdicios en una amplia variedad de proyectos de construcción, incluyendo edificios, infraestructuras, puentes y

demás proyectos de ingeniería civil. Las empresas que hacen uso de esta informaron beneficios significativos, incluyendo reducciones en el tiempo de entrega del proyecto y en los costos, así como una alta satisfacción del cliente y una mayor seguridad en el trabajo. Además, se encontró también que su uso es extendido por todo el mundo, implementándose con éxito en proyectos de construcción en Europa, América del Norte y Asia. También se observó un creciente interés en la filosofía *Lean* en el sector de la construcción, relacionado con una mayor disponibilidad de recursos y herramientas para apoyar su implementación, la que permite que el acceso a la información sea cada vez más fácil para empresas y particulares.

Finalmente, se escoge desarrollar el plan de ejecución de infraestructuras del proyecto *Vesta Suite Parkside*, un edificio que figurará como hotel en la localidad de Parkside en Puerto Rico, el cual se planea que tenga a nivel de infraestructuras dos sótanos, fundaciones para ascensores, dos tanques de agua subterráneos, muros de contención, fundaciones para escaleras, una losa de fundación para la superestructura del edificio, entre otras cosas; todo esto en unos escasos 803 m², lo cual lo hace todo un reto a nivel de planificación al ser un proyecto de espacios reducidos.

De lo descrito anteriormente se formulan las siguientes interrogantes:

¿Qué tan eficiente resulta implementar la filosofía del *Lean Construction* en el plan de construcción de proyectos civiles?

¿Cuáles serían las características de un plan de construcción bajo la metodología *Lean Construction*?

¿En qué consiste un plan de construcción de infraestructura basado en la filosofía *Lean Construction*?

¿Cuáles son los principios *Lean* que pueden aplicarse a un plan de construcción de obras civiles?

¿En qué consiste el análisis de la cadena de valor en los procesos de construcción para el desarrollo de un plan de infraestructuras?

¿Qué beneficios aporta la incorporación de la filosofía de construcción sin desperdicios a un plan de construcción convencional?

Este trabajo de investigación se plantea a fin de dar respuestas a las interrogantes formuladas, al desarrollar un plan de trabajo bajo la metodología *Lean*, para el ámbito de las obras a realizar para la infraestructura del proyecto *Vesta Suite Parkside*, esto con el objetivo de establecer un plan eficiente que permita reducir los tiempos de ejecución del proyecto y que sirva además en términos prácticos al cliente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Proponer un plan de construcción de infraestructura para el proyecto *Vesta Suite Parkside* bajo los principios de la filosofía *Lean Construction*.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos de planificación de infraestructura del proyecto *Vesta Suite Parkside* relacionados con la filosofía *Lean Construction*.
- Analizar los procesos de construcción mediante herramientas *Lean* que permitan identificar su valor y eliminar desperdicios.
- Diseñar un plan de construcción de infraestructura para el proyecto *Vesta Suite Parkside* bajo los principios de la filosofía *Lean Construction*.

1.3 Justificación

La importancia de esta investigación se basó fundamentalmente en la necesidad de ampliar e impulsar los conceptos de planificación y eficiencia, además de implementar los principios de la metodología *Lean* en el ámbito de un proyecto de construcción, con características similares a las del proyecto *Vesta Suites Parkside*

Este proyecto contempla la construcción de un edificio hotelero de 6 niveles, ubicado en una de las principales zonas de Puerto Rico, como es el barrio de *Park Side*, siendo el objetivo de este proyecto de residencia temporal el de recibir a clientes profesionales, ejecutivos y funcionarios del gobierno, que necesitan viajar por motivos de trabajo a la isla de Puerto Rico.

El terreno donde se desarrollará el proyecto, se encuentra ubicado al nor-este de la Isla de Puerto Rico, sector de Guaynabo, específicamente en el área de San Patricio, adyacente al distrito de negocios de San Patricio Municipio Guaynabo Puerto Rico, en las coordenadas 806201.98 m E, 2037854.37 m N y zona 19Q. El mismo se encuentra delimitado al norte con la calle Parkside 3, al este con la calle Parkside 5 y al oeste y al sur con lotes de terreno construidos. La porción de terreno a desarrollar presenta morfología regular y topografía con una pendiente natural hacia el oeste del terreno, teniendo escasamente 803 m², contemplándose la construcción de dos sótanos, fundaciones para ascensores, tanques de agua subterráneos, muros de contención, fundaciones para escaleras, entre otras instalaciones; por lo que requiere una planificación cuidadosa y eficiente para asegurar que la sinergia al momento de desarrollar los trabajos permita la integración en el espacio limitado de manera efectiva.

Por otra parte, la construcción en áreas reducidas puede presentar varios desafíos y riesgos. Entre los principales se encuentran la falta de espacio para maniobrar y almacenar materiales, dificultad para el acceso de equipos y mano

de obra y el riesgo de daños a la propiedad y estructuras circundantes; de esta forma resulta de gran dificultad cumplir con los estándares de seguridad y salud laboral, por lo que se requiere una supervisión y coordinación más rigurosa en campo.

Adicionalmente, las restricciones relativas a la ubicación, debido a que es una zona residencial muy concurrida cuyas vías de acceso no están preparadas para la llegada de camiones y maquinaria pesada, y conexión a servicios públicos como electricidad, agua, gas y gestión de aguas residuales, que siempre son un reto en cualquier tipo de proyecto debido a lo tedioso que resultan los trámites ante los organismos reguladores, aumentan en dificultad al momento de gestionar obras con estas características. En las Imagen 1, Imagen 2 e Imagen 3 se aprecia una vista satelital del terreno, así como también las características de las vías de acceso al mismo.



Imagen 1 – Vista satelital terreno Vesta Suites Parkside ($A=803 \text{ m}^2$) (Google Earth, 2024).



Imagen 2 – Vista terreno desde calle Parkside 5 (Google Earth, 2024).

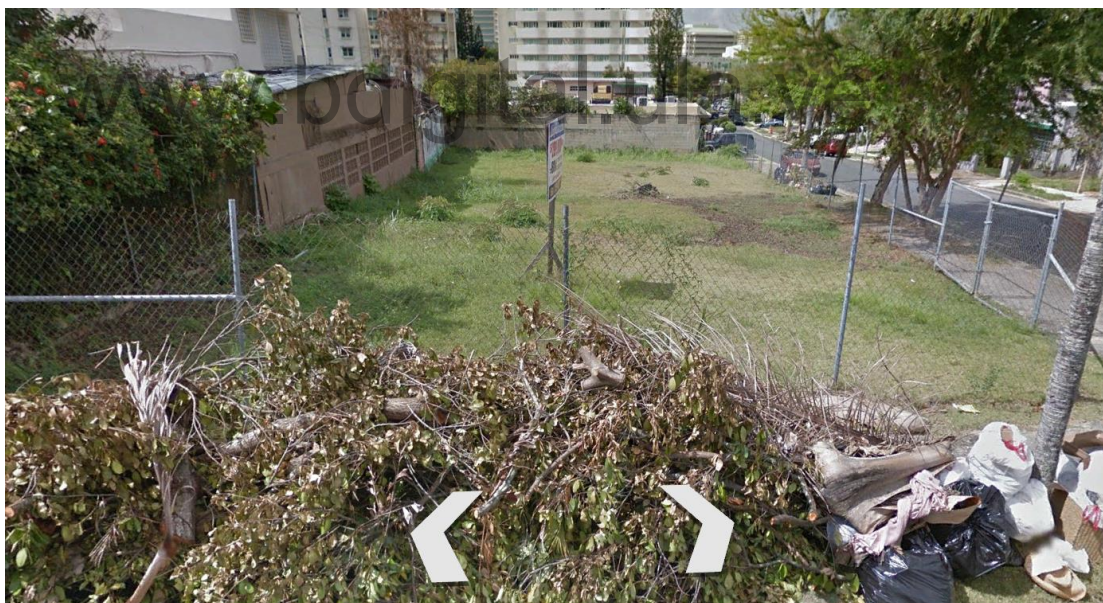


Imagen 3 – Vista terreno desde calle Parkside 3 (Google Earth, 2024).

Por último, el edificio proyecta un uso en planta de 796 m², representando una ocupación del 99.12 % del terreno disponible, clasificándose entonces como una construcción en áreas reducidas, lo cual puede requerir más tiempo que el planificado, debido principalmente a que cada inconveniente que se genere en

obra, podría producir retrasos para la entrega final, lo que sin duda repercutirá directamente en los costos de la construcción debido a la necesidad de requerir soluciones especializadas y personalizadas en la minimización de los desperdicios, para evitar congestión y demoras no deseadas.

El enfoque *Lean* en la eliminación de los desperdicios y en la mejora continua permite a los equipos de construcción optimizar procesos como excavaciones, armado de aceros, encofrados y vaciado de losas para fundaciones reduciendo de esta manera los costos asociados a estas actividades como son los de mano de obra, materiales y equipos; lo que resulta en una construcción más rentable y sostenible. En obras de espacio reducido, la colaboración y la comunicación son aún más importantes, y la metodología *Lean* fomenta una cultura de trabajo en equipo y transparencia en la toma de decisiones, lo que aumenta la eficiencia y la efectividad en la labor.

1.4 Alcance

Se propone en este trabajo de grado diseñar un plan de construcción de infraestructuras para el proyecto *Vesta Suites Parkside*, haciendo uso de los principios y herramientas de la filosofía *Lean Construction*.

A través de este plan se busca fundar las bases que permitan al dueño del proyecto, equipo de construcción, contratistas y demás involucrados tomar decisiones sobre las labores en campo de manera eficiente, estableciendo trenes de actividades, reduciendo tiempos de espera, identificando actividades que no aportan valor y fomentando la comunicación y colaboración entre todos los involucrados del proyecto.

Todo esto enmarcado en las metas y objetivos *Lean* previamente establecidos por los interesados del proyecto, con el fin de presentar un cronograma de ejecución de actividades coherente y realista.

Capítulo II. Marco teórico

2.1 Antecedentes del estudio

Debido a la necesidad que existe al construir cualquier obra civil en espacios reducidos de aplicar siempre la mejor planificación posible, enmarcada en los principios fundamentales de: eficacia en el uso de los recursos materiales, tiempo, protección ambiental y a la salud humana; se promueve el desarrollo de la filosofía *Lean Construction* con el principal objetivo de aumentar la eficiencia y reducir desperdicios. Por dicha razón, a continuación, se comentan una serie de trabajos de investigación realizados sobre el tema en cuestión, los cuales serán de gran utilidad para comprender la presente investigación.

Velásquez (2020) en su tesis de maestría de dirección de ejecución, llamada “Planificación y programación para la construcción de una estación de tren subterránea de la línea 2 del metro de Lima y Callao, aplicando la metodología *Lean Construction* para el control y ejecución del proyecto” el mismo consistió en la aplicación de la filosofía *Lean Construction* para planificar, ejecutar y controlar la construcción de una estación subterránea. Se detallan los conceptos y herramientas *Lean*, y se implementan metodologías como *Last Planner*, *Lookahead* y *Week Planning* para optimizar tiempos y reducir desperdicios durante la ejecución del proyecto.

El autor concluyó que se utilizaron de manera inadecuada o mal estructurada los lineamientos de la filosofía *Lean Construction*, lo que se reflejó en la falta de interacción de los formatos debido a la falta de seguimiento, control o herramientas que complementasen su correcto uso.

En un análisis de causa raíz en uno de los frentes, se evidenció la falta de seguimiento y anticipación en las actividades para el requerimiento de equipos

y materiales, lo que se tradujo en una incidencia del 46 % en el área de producción, planificación intuitiva; y un 38 % debido a problemas logísticos. A pesar de la implementación del sistema *Last Planner*, todavía existía una alta incidencia de producción y logística dentro de las causas de no cumplimiento con un 42 y 37 %, respectivamente, lo que requería de una mayor compenetración por parte del equipo de producción con el plan de trabajo.

Por otro lado, el plan semanal y porcentaje de plan cumplido (PPC) dieron resultados positivos, con una tendencia positiva sobre el 80 % con respecto a lo planificado en esa semana y un acumulado del 86 %, lo que se calificaría como bueno dentro de los estándares mundiales. La variación del PPC se mantuvo por debajo del 0.5 % con un valor de 0.0261 %.

La carta de balance fue de gran importancia en las actividades de alta incidencia. En el análisis desarrollado, mostró que uno de los operarios tenía un 68.33% de tiempo en trabajo no contributivo (TNC), lo que significa que gran parte de su tiempo no aportaba valor directo a la actividad que desarrollaba. Este alto porcentaje de TNC llevó a la revaluación de la cuadrilla, que fue reducida de 4 a 3 operarios, lo que permitió un ahorro económico significativo de 13,101.68 soles en una sola estación y generando de esta forma una reducción por 458,558.63 soles en las 35 estaciones restantes, lo que representa un ahorro con respecto al presupuesto general de la obra (6.000.000.000 soles) de 0,007%.

Por otra parte, Araujo, Avila, Barbaran, Castillo, y Chinchihualpa (2019) en “Implementación de herramientas *Lean Construction* en proyectos multifamiliares de densidad media. Caso Proyecto Precursores en Surco” cuyo trabajo consistió en la implementación de herramientas de *Lean Construction* en proyectos multifamiliares de densidad media, evaluando el sistema de gestión actual y proponiendo mejoras para optimizar la planificación, ejecución y

control, con el objetivo de reducir costos, mejorar la calidad y minimizar los retrabajos.

Los autores concluyeron que en la filosofía *Lean Construction*, el proceso de construcción es visto como un sistema de producción en el que se busca mejorar la eficiencia y la calidad, reducir costos y tiempos de entrega; y maximizar la satisfacción del cliente.

La planificación *Pull* fue una herramienta que permitió cumplir con el plazo de obra a través de reuniones colaborativas, ya que todos los involucrados en el proyecto aportaban su experiencia y conocimiento para sincronizar los plazos de cada actividad, generando un mayor compromiso para su cumplimiento.

Otras herramientas que se usaron en los proyectos de estudio son el *Last Planner System*, que es un sistema de planificación y control de la producción en tiempo real; el *Value Stream Mapping* (VSM), que permitió visualizar y optimizar el flujo de valor en el proceso de construcción; A3, que es un formato de reporte que permite identificar y solucionar problemas de manera efectiva; la carta balance, que permite equilibrar la capacidad de producción con la demanda; *Gemba Walk*, que es una técnica de observación en el lugar de trabajo para identificar oportunidades de mejora; y *Lean Coffee*, que es una técnica de discusión en equipo para tomar decisiones y resolver problemas.

La implementación de estas herramientas pudo lograr ahorros significativos en el proceso de construcción y mejorar la calidad y eficiencia del mismo. Además, la inversión en capacitaciones y talleres especializados para el equipo de trabajo tuvo una rentabilidad positiva con una probabilidad mayor al 80 % de acuerdo a un análisis realizado con el software @risk.

La investigación destacó que para obtener resultados positivos con la implementación de alguna de estas herramientas es necesario que todo el personal relacionado con la obra esté alineado con la filosofía *Lean Construction*

y comprometido con su implementación. Por lo tanto, es significativo realizar capacitaciones y reuniones colaborativas antes del inicio de la obra, y coordinación previa entre las áreas de ventas, proyectos y construcción.

La implementación de herramientas basadas en la filosofía *Lean Construction* fue una buena estrategia para mejorar la eficiencia y calidad en un proceso de construcción de densidad media. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esto requiere un compromiso y alineación de todos los involucrados en el proyecto.

Adicionalmente, Sanchez, Rosa, y Benavides (2014) en “Implementación del sistema *Lean Construction* para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas” se enfocaron en el estudio del sistema *Lean Construction* para mejorar la productividad en la ejecución de trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas, implementaron herramientas como la programación maestra, semanal y diaria, así como el control de rendimientos, enfocándose en partidas clave como encofrado, acero y concreto.

Estos autores concluyen que la implementación de la filosofía requirió un esfuerzo conjunto de todos los involucrados en el proceso constructivo. Destacaron la necesidad de concientizar a los gerentes, ingenieros, técnicos y personal de obra sobre los objetivos básicos del proyecto en términos de costo, calidad, tiempo y seguridad. En el diagnóstico de la obra, se utilizó la herramienta de la filosofía *Lean* "nivel general de actividad" en lo relativo al trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo no contributivo (TNC). Se encontró un promedio de TP del 35 %, TC del 41 % y TNC del 24 %. La gestión de la construcción se basó en el uso de un cronograma de obra apoyado en la ruta crítica y la planificación semanal, en metas definidas por la experiencia del equipo técnico.

La implementación de herramientas de planificación y control de la filosofía *Lean Construction* en la obra resultaron en un aumento significativo de la productividad, logrando un aumento promedio del TP al 44 %, lo que indicó que, con la gestión adecuada de los trabajos contributivos y no contributivos, se pueden lograr niveles aún más altos de productividad. Para lograr niveles óptimos de TP del 60%, TC del 25% y TNC del 15% en futuros proyectos, se requerirá un uso responsable de las herramientas y un adecuado manejo de la contractibilidad durante el diseño y la implementación de tecnologías e innovaciones en los procesos constructivos.

Además, la implementación de la filosofía *Lean Construction* resultó en ahorros significativos en cuanto a costos de mano de obra, específicamente en las partidas relacionadas con estructuras como el encofrado, el acero de refuerzo y la colocación de concreto. Se logró un ahorro del 5 % con respecto al presupuesto total, lo que pudo llegar hasta un 10 % con la implementación en las etapas de acabados. Esto representó una ventaja competitiva para la empresa y aumentó la rentabilidad del proyecto.

Por último, Alcántara (2013), en “Aplicación de herramientas Lean en la gestión de proyectos de edificación” se centró en cómo las prácticas *Lean Construction* pueden ser implementadas para optimizar los procesos en la gestión de proyectos de edificación. La investigación destacó que estas metodologías no solo mejoran la eficiencia y reducen los costos, sino que también permiten la gestión más ágil de los proyectos.

El estudio concluyó que la implementación de herramientas *Lean* en la gestión de proyectos de construcción conlleva significativas mejoras en eficiencia y reducción de costos. Específicamente, se destacó la efectividad de la herramienta de Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) para identificar desperdicios y proponer cambios organizativos y logísticos significativos.

Adicionalmente, la adaptación de técnicas como las *5S*, *Kaizen* y *Just in time* demostró potencial para mejorar la calidad de los trabajos, satisfacer mejor al cliente y reducir los tiempos y costos operativos.

Sin embargo, el estudio también reconoció los desafíos asociados con la implementación de estas prácticas, tales como la resistencia al cambio por parte de los empleados y la necesidad de formación extensa para facilitar la transición a nuevas metodologías.

Desde una perspectiva práctica, la adopción de *Lean Construction* promovió una cultura de mejora continua y fomentó una mayor colaboración entre todos los agentes involucrados en los proyectos. Las empresas que adopten estas prácticas verán no solo mejoras en sus márgenes de beneficio sino también podrán ofrecer productos de mayor calidad y con mejores tiempos de entrega, aumentando así su competitividad en el mercado.

Finalmente, el trabajo recomienda el seguimiento a largo plazo de los proyectos implementados con metodologías *Lean* para evaluar la sostenibilidad de los beneficios y la viabilidad de estas prácticas con el tiempo.

2.2 Bases teóricas

A continuación, se define una serie de términos y conceptos, los cuales pretenden brindar una mayor comprensión y entendimiento del tema en cuestión.

2.2.1 Metodología tradicional en el desarrollo de planes de construcción

La planificación tradicional de la construcción se caracteriza por ser secuencial y lineal, en el sentido de que se lleva a cabo de manera sucesoria y en etapas separadas. Según Baldwin y Bordoli (2014) las características más comunes de este tipo de planificación tradicional:

- Enfoque en actividades: por lo general se centra en la identificación y planificación de las actividades individuales que se deben realizar para completar el proyecto de construcción.
- Documentación detallada: como el plan de proyecto y el programa de trabajo, para guiar y controlar el proceso de construcción.
- Control riguroso: la planificación tradicional se basa en una revisión rigurosa y preciso de los plazos, costos y calidad. Se utilizan herramientas como los diagramas de *Gantt* y PERT para ayudar a visualizar y controlar el proceso.
- Comunicación limitada: la comunicación entre las diferentes partes involucradas en la construcción, como los contratistas, los ingenieros y los arquitectos, puede ser restringida bajo este tipo de planificación.
- Enfoque en resultados finales: la planificación tradicional se enfoca en los resultados finales del proyecto, como la fecha de finalización, el costo y la calidad, y no tanto en el proceso de construcción en sí.

Por otra parte, la metodología tradicional de planificación se basa fundamentalmente en el modelo de conversión; el cual establece que: “la producción es la transformación de una materia prima en un producto terminado”. Este modelo de conversión de procesos es la manera clásica en que se representan las actividades en la construcción, siendo el formato mental mediante el cual comúnmente se representa el trabajo.

En este proceso cada actividad se enmarca en un rectángulo u otra figura, siendo cada figura la representación de una conversión de materiales en bruto en algún producto terminado o en un proceso intermedio. Las flechas que unen dichos rectángulos indican las secuencias de las actividades. Esto busca generar una descomposición jerárquica del trabajo, de manera que las actividades puedan ser controladas y optimizadas.

Sin embargo, el proceso de conversión contempla grandes errores debido que, al concentrarse únicamente en conversiones, pasa por alto el concepto de los flujos físicos que existen entre los procesos de conversión.

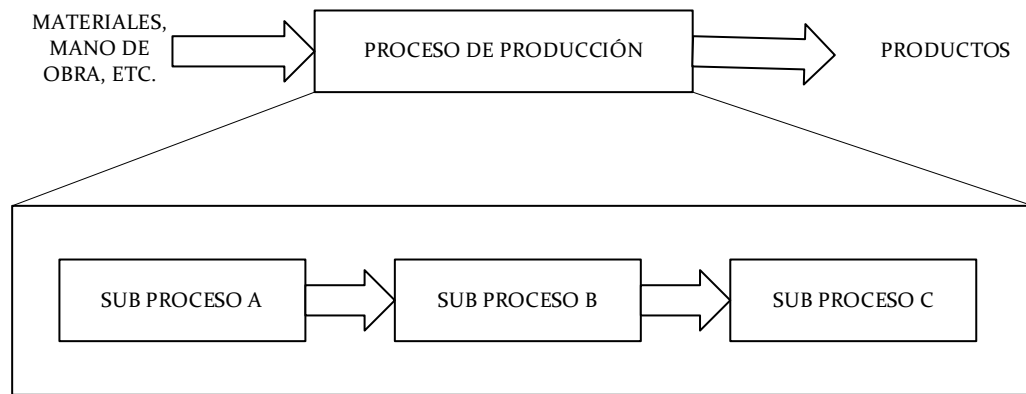


Imagen 4- Planeación del trabajo según la metodología tradicional (Guzman & Suarez, 2011)

Si bien el desarrollo de planes de construcción de manera tradicional ha sido utilizado por años, usualmente acarrea una serie de inconvenientes que repercuten seriamente en la economía, seguridad y tiempos de entrega del proyecto, como es la ejecución fuera de plazo, sobrecostos, reclamaciones debido a la calidad insuficiente, un elevado número de accidentes laborales e incertidumbre y variabilidad en las condiciones iniciales del contrato.

Aunado a esto, la planificación tradicional acarrea una serie de desventajas como es su enfoque en la secuenciación y el modelo de conversión, el cual puede limitar la flexibilidad en la resolución de problemas. Esto significa que cuando surgen cambios en el proyecto, puede ser difícil ajustar la planificación para incluir estos nuevos requerimientos.

Además, este tipo de planificación a menudo se basa en la asunción de que los trabajos se desarrollarán de acuerdo con el plan original, sin embargo, puede resultar problemática en proyectos complejos y dinámicos, donde los requisitos y condiciones pueden cambiar a lo largo del tiempo. La rigidez del enfoque tradicional dificulta la adaptación y la implementación de cambios, lo que puede

conducir a lo que puede resultar en una falta de preparación para situaciones imprevistas.

Por otra parte, este tipo de planificación a menudo es realizada de manera manual, lo que puede resultar en errores y la falta de actualización de los datos.

2.2.2 Metodología Lean

La Metodología *Lean*, según Ohno (1988) es un enfoque sistemático para mejorar la eficiencia y eliminar desperdicios en los procesos de producción. Se basa en la filosofía de la producción Toyota, desarrollada por Taiichi Ohno en los años 50. La misma ha sido aplicada con éxito en una variedad de industrias, incluyendo la fabricación, la logística, los servicios y la construcción.

Lean se centra en la eliminación de cualquier actividad que no aporte valor al producto final. Esto se logra a través de la mejora continua, la colaboración entre equipos y la eliminación de desperdicios. Los principios clave de esta metodología incluyen: Identificar el valor desde el punto de vista del cliente, crear fluidez en el proceso, construir una calidad perfecta y buscar la mejora continua.

La metodología Lean ha demostrado ser una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y reducir los costos. Sin embargo, es importante destacar que la implementación de dicha metodología no es un proceso estático, sino un proceso cíclico de mejora. De esta forma las empresas se enfocan en la eliminación de desperdicios y en el perfeccionamiento de sus procesos para lograr una ventaja competitiva sostenible en el tiempo (Ohno, 1988).

Finalmente, su implementación exitosa depende en gran medida de que cada uno de los trabajadores reciba formación en lo referente a los principios y herramientas de la metodología.

2.2.3 *Lean Construction*

Lean Construction es un enfoque de gestión de proyectos orientado en la mejora continua y la eliminación de desperdicios. Se basa en la filosofía *Lean Manufacturing*, desarrollada por Toyota, la cual busca aplicar sus principios a la construcción a través de la optimización del proceso mediante la maximización del valor para el cliente, la minimización del desperdicio y la mejora continua en todos los aspectos del proyecto, de esta forma aumenta la eficiencia y la efectividad en la obra, al mismo tiempo que se reduce el tiempo de entrega y los costos.

Se basa en la idea de que la construcción puede ser vista como un sistema de producción en el que cada etapa del proceso, desde la planificación y el diseño hasta la ejecución y el mantenimiento, se interconecta mutuamente. Al aplicar los principios de *Lean* a esta industria, se busca eliminar las actividades que no agregan valor y reducir la variabilidad en el proceso, lo que resulta en una mayor eficiencia, calidad y rendimiento (Ballard & Howell, 2002).

Lean Construction también enfatiza la importancia de la colaboración y la comunicación entre todas las partes interesadas del proyecto, incluidos propietarios, diseñadores, contratistas, subcontratistas y proveedores. Esto implica fomentar una cultura de trabajo en equipo, transparencia y responsabilidad compartida en la entrega de un proyecto de alta calidad. Además, *Lean Construction* aboga por la adaptabilidad y la flexibilidad en la gestión de proyectos, lo que permite responder de manera efectiva a los cambios en las necesidades y expectativas del cliente a lo largo del tiempo (Koskela, 2000)

Otro principio clave de *Lean Construction* es la eliminación de desperdicios. Se busca eliminar cualquier actividad que no agregue valor al proyecto. Esto incluye la sobreproducción, la espera, los excesos de inventario, de movimiento,

de procesos, de capacidad, los defectos y el talento desperdiciado (Womack & Jones, 1996).

Por último, Liker (2004) explica que la metodología *Lean* de planificación se basa en una serie de principios de gestión que se centran en la mejora continua. Uno de estos principios es la aplicación del enfoque *Kaizen*, que implica identificar oportunidades de mejora y aplicar cambios incrementales en los procesos y sistemas de trabajo. Este enfoque *Lean* se basa en la idea de que siempre hay espacio para mejorar la eficiencia y la calidad del producto o servicio.

2.2.4 Clasificación del trabajo

Según Koskela (2000), el trabajo en *Lean Construction* puede clasificarse en tres categorías: trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo. Esta clasificación se basa en la medida en que las actividades de trabajo agregan valor al producto final desde la perspectiva del cliente.

- Trabajo productivo: esta categoría incluye actividades que transforman directamente los insumos en el producto final y agregan valor desde la perspectiva del cliente. Ejemplos de trabajo productivo incluyen la colocación de ladrillos, la instalación de ventanas y la pintura de paredes.
- Trabajo contributivo: el trabajo contributivo comprende actividades que no transforman directamente los insumos en el producto final, pero facilitan el trabajo productivo. Estas actividades pueden incluir la planificación, la coordinación y la inspección de la calidad. Aunque no agregan valor directamente al producto final, son esenciales para garantizar un flujo de trabajo eficiente y de alta calidad en el proceso de construcción.

- **Trabajo no contributivo:** esta categoría incluye actividades que no agregan valor al producto final y, en cambio, pueden generar desperdicio en el proceso de construcción. Ejemplos de trabajo no contributivo incluyen la espera de materiales, la corrección de defectos y la realización de tareas redundantes. En *Lean Construction*, el objetivo es minimizar o eliminar el trabajo no contributivo para mejorar la eficiencia y la calidad del proceso de construcción.

2.2.5 Tipos de desperdicios según *Lean Construction*

Según Ohno (1988), creador del Sistema de Producción Toyota, existen siete (7) tipos de desperdicios en la producción, los cuales también se aplican en *Lean Construction*. Estos desperdicios son actividades que no agregan valor al producto final y deben minimizarse o eliminarse para mejorar la eficiencia y la calidad en el proceso de construcción.

1. **Sobreproducción:** producir más de lo necesario o antes de lo necesario. En la construcción, esto puede incluir la fabricación de componentes en exceso o la realización de tareas antes de que sean realmente necesarias.
2. **Esperas:** tiempo ocioso en el proceso de construcción debido a la falta de coordinación, la espera de materiales o la falta de personal. La espera puede resultar en retrasos en el proyecto y aumentos en los costos.
3. **Transporte:** movimiento innecesario de materiales y recursos en el sitio de construcción. El transporte excesivo puede resultar en un aumento del tiempo de construcción y un mayor riesgo de daños a los materiales.
4. **Sobrepcesamiento:** realizar más trabajo del que es necesario para cumplir con los requisitos del cliente. En la construcción, esto puede

incluir la aplicación de acabados excesivos o la realización de tareas redundantes.

5. **Exceso de inventario:** mantener más materiales y recursos de los necesarios en el sitio de construcción. El exceso de inventario puede generar costos adicionales de almacenamiento y aumentar el riesgo de obsolescencia o daños.
6. **Movimiento innecesario:** movimientos ineficientes o innecesarios de trabajadores y equipos en el sitio de construcción. Este tipo de desperdicio puede disminuir la eficiencia y aumentar el riesgo de accidentes.
7. **Defectos:** errores y problemas de calidad en el proceso de construcción que requieren correcciones y retrabajo. Los defectos pueden aumentar los costos del proyecto y causar retrasos en el cronograma.

2.2.6 Los principios *Lean*

Según Womack y Jones (1996) los principios *Lean* provienen originalmente del sistema de producción de Toyota, conocido como *Toyota Production System* (TPS), estos se centran en mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y aumentar la calidad y el valor. Womack y Jones identifican cinco (5) principios básicos, los cuales se presentan a continuación:

1. **Especificar el valor:** el primer principio *Lean* es identificar el valor desde la perspectiva del cliente. El valor se define como lo que el cliente está dispuesto a pagar por un producto o servicio. Es fundamental entender las necesidades y expectativas de los clientes para ofrecer productos y servicios que cumplan con sus requisitos. En el contexto de la construcción, esto puede incluir aspectos como la

calidad, la funcionalidad, la estética, el rendimiento energético, el costo y el tiempo de entrega del proyecto.

2. **Identificar el flujo de valor:** el flujo de valor es la secuencia completa de actividades necesarias para entregar un producto o servicio al cliente. Este principio implica identificar y analizar todos los pasos en el proceso, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto terminado, para identificar áreas de mejora y eliminar el desperdicio. El objetivo de este análisis es comprender cómo cada actividad y proceso contribuye al valor del proyecto desde la perspectiva del cliente y cómo se relacionan entre sí.
3. **Hacer que el flujo de valor fluya:** una vez que se ha identificado el flujo de valor, el siguiente paso es optimizarlo para garantizar un flujo continuo y sin interrupciones en todas las etapas del proceso. Esto puede implicar la eliminación de cuellos de botella, la reducción de tiempos de espera y la implementación de una producción ajustada al ritmo de la demanda del cliente (producción "*just in time*"). Este enfoque ayuda a reducir los niveles de inventario, minimiza el almacenamiento de materiales y asegura que los recursos se utilicen de manera eficiente.
4. **Permitir que el cliente tire del flujo de valor:** significa ajustar la producción y entrega de un proyecto en función de la demanda real del cliente en lugar de basarse en pronósticos o estimaciones. El enfoque "*pull*" o "tirar" busca asegurar que los recursos, materiales y servicios se proporcionen sólo cuando y donde el cliente los necesita, eliminando así el exceso de inventario y el almacenamiento innecesario.
5. **Búsqueda de la mejora continua:** el último principio *Lean* es la búsqueda constante de la perfección en todos los aspectos del

proceso, desde la calidad del producto hasta la eficiencia de la producción. Esto implica un compromiso continuo con la mejora de los procesos, la eliminación del desperdicio y la creación de valor para el cliente.

2.2.7 Herramientas *Lean*

Las herramientas *Lean* son técnicas y enfoques utilizados para implementar los principios *Lean* en una organización o proyecto, evaluando, de manera continua, la calidad del trabajo que se realiza. A continuación, se describen algunas de las herramientas Lean más comunes según Bicheno y Holweg (2009).

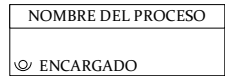
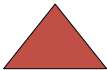
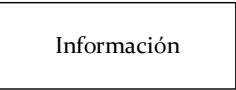
- **Mapeo del flujo de valor (*Value Stream Mapping, VSM*):** es una herramienta gráfica que ayuda a visualizar y analizar el flujo de valor a lo largo de todo el proceso de producción o servicio. Esta herramienta permite identificar áreas de mejora y oportunidades para eliminar defectos en el proceso.
- **Sistema de producción *pull* (*Kanban*):** es un sistema visual que ayuda a controlar el flujo de trabajo y asegura que los materiales y recursos se entreguen solo cuando se necesiten. *Kanban* facilita la producción ajustada a la demanda del cliente, reduciendo el inventario.
- **5S:** es una metodología para organizar y mantener un entorno de trabajo limpio y eficiente. Los cinco pasos de 5S son: clasificar (*seiri*), ordenar (*seiton*), limpiar (*seiso*), estandarizar (*seiketsu*) y mantener la disciplina (*shitsuke*). La implementación de 5S busca mejorar la eficiencia, la seguridad y la moral de los empleados.
- **Mejora continua (*Kaizen*):** es un enfoque para la mejora continua que involucra a todos los empleados en el proceso de identificar y

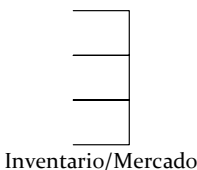
solucionar problemas en el lugar de trabajo, promoviendo la innovación y la adaptabilidad al cambio.

2.2.8 Simbología del mapa de flujo de valor

Taiichi Ohno, uno de los pioneros del Sistema de Producción Toyota, desarrolló muchos de los conceptos fundamentales que hoy forman la base de Lean, incluyendo el VSM. En el VSM tradicional, según Ohno (1988), los símbolos representan varios aspectos del flujo de valor, algunos de los más comunes incluyen:

Tabla 1 – Simbología del mapa de flujo de valor

Símbolo	Nombre	Uso
	Procesos	Representar pasos individuales en la cadena de valor donde se transforma el producto.
	Movimiento de producto por empuje (<i>push</i>)	Indicar el movimiento continuo de productos e información a través del proceso.
	Inventario	Señalar acumulación de inventario, identificando posibles desperdicios.
	Transporte	Minimizar el transporte ya que no agrega valor al producto.
	Otros	Muestra información útil del proceso.
	Estallido <i>Kaizen</i>	Destaca las áreas donde se necesitan mejoras con el fin de alcanzar el mapa de flujo de valor de estado futuro
	Flujo de información electrónica	Canales de comunicación para la planificación y control de procesos a través de canales electrónicos.
	Flujo de información manual	Canales de comunicación para la planificación y control de procesos a través de canales manuales.

Símbolo	Nombre	Uso
	Envíos de materiales	Traslados de las materias primas desde los proveedores a la fábrica, y luego a los clientes.
	Fuente externa	Se utiliza para mostrar a los clientes, proveedor y procesos fuera del proceso analizado.
	Verificación visual	Recopilación de información mediante la observación.
	Supermercado	Inventario controlado de productos, también denominado "punto de stock de Kanban"

2.2.9 La planificación y programación

La planificación y programación son aspectos cruciales en la gestión de proyectos de construcción, gracias a ellos, es posible establecer un plan de trabajo y su relación con *Lean* se basa en la eficiencia y la mejora continua.

La planificación es una actividad genérica que tiende a la asignación y distribución de recursos, en procura de alcanzar un objetivo. La planificación es una actividad de análisis que tiende a ir de lo general a lo particular; en este sentido se convierte en principio, en un proceso fundamentalmente analítico. (Terrazas, 2011). En este proceso se incluye la definición del alcance del proyecto, la elaboración del plan de gestión y la determinación de los recursos necesarios.

Mientras que la programación de actividades, es aquel proceso subsecuente a la planificación y que tiende a concretar las operaciones, definiendo dónde y cuándo se van a realizar. La programación es un proceso que se convierte en la materialización de la planificación, por tanto, es la herramienta ejecutora de la planificación (Terrazas, 2011). En este proceso se elabora un diagrama de *Gantt*

o un calendario de red para establecer las tareas necesarias, las fechas límite y las dependencias entre ellas. Esto permite constituir un plan detallado para la ejecución y establecer aspectos como los hitos y las fechas límite de las actividades.

La planificación, desde el punto de vista *Lean*, puede ser estudiada a partir del Sistema de Planificación de Producción de Últimos Planificadores (*Last Planner System, LPS*), desarrollado por Ballard y Howell (1998). LPS busca involucrar a todos los miembros del equipo, incluidos los subcontractistas y proveedores, en el proceso de planificación, promoviendo la colaboración y la comunicación entre las partes interesadas. La implementación de LPS mejora la predictibilidad y la confiabilidad del programa de construcción al enfocarse en el flujo de trabajo y en la eliminación de actividades que no agregan valor (Ballard & Howell, 2002)

En el mismo orden de ideas, la programación de las actividades desde un enfoque *Lean*, puede plantearse desde la programación basada en la ubicación (*Location-Based Scheduling, LBS*). LBS considera la ubicación y la secuencia de las actividades en el sitio de construcción y permite una visualización clara del flujo de trabajo, lo que mejora la comunicación y la coordinación entre los diferentes equipos y subcontractistas (Seppanen & Kenley, 2010).

Además, el uso de herramientas tecnológicas como el *Building Information Modeling* (BIM) puede mejorar aún más la planificación y programación en *Lean Construction*. BIM permite una mayor colaboración y coordinación entre las partes interesadas del proyecto, lo que lleva a una mejor gestión del tiempo, los recursos y la calidad (Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2009).

La planificación y la programación son fundamentales para el éxito del proyecto de construcción, permitiendo establecer los objetivos y metas, además de establecer un plan para alcanzarlos e instaurar un calendario detallado para

la ejecución del mismo. Gracias a esto es posible reducir el tiempo de entrega del producto, reducir los costos y mejorar la eficiencia en la construcción.

2.2.10 La colaboración y la comunicación

Son dos conceptos fundamentales en cualquier proyecto de construcción, ya que, sin una adecuada colaboración y comunicación entre los miembros del equipo, el proyecto puede sufrir retrasos y costos adicionales.

La colaboración y la comunicación son conceptos fundamentales en la gestión de proyectos y en el trabajo en equipo en general. Según Larson y LaFasto (1989), la colaboración se refiere a la interacción y el trabajo conjunto de individuos o grupos hacia objetivos comunes, mientras que la comunicación es el proceso de intercambio de información, ideas y sentimientos entre las personas a través de diferentes medios, como el habla, la escritura y los gestos.

La colaboración y la comunicación efectivas son esenciales para el éxito de cualquier proyecto, ya que permiten a los miembros del equipo comprender y alinear sus objetivos, coordinar sus esfuerzos y resolver problemas de manera conjunta. La colaboración y la comunicación también son cruciales para el aprendizaje y la innovación dentro de un equipo, ya que facilitan la transferencia de conocimientos y el intercambio de ideas (Larson & LaFasto, 1989).

En el contexto de la gestión de proyectos, según Larson y LaFasto (1989), la colaboración y la comunicación se consideran aspectos clave para la eficiencia, la calidad y la satisfacción del cliente. Un enfoque en la colaboración y la comunicación puede ayudar a las organizaciones a superar los desafíos inherentes a la coordinación y ejecución de proyectos complejos, como la construcción.

La colaboración y la comunicación son aspectos fundamentales en *Lean*, ya que promueven la integración de todas las partes interesadas del proyecto y

facilitan la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor. Según Ballard y Howell (2002), la colaboración y la comunicación efectivas son cruciales para lograr la mejora continua y la optimización del flujo de trabajo en los proyectos de construcción.

El enfoque *Lean* se basa en la premisa de que la mayoría de los problemas en la industria de la construcción son el resultado de una mala comunicación y una falta de colaboración entre las partes interesadas. Por lo tanto, mejorar la colaboración y la comunicación puede conducir a una mayor eficiencia y a una reducción en los costos, el tiempo y el desperdicio asociados con los proyectos de construcción (Ballard & Howell, 2002).

Una de las herramientas clave en *Lean* para mejorar la colaboración y la comunicación es el LPS, mediante la participación de todos los miembros del equipo. LPS promueve la transparencia, la responsabilidad compartida y la toma de decisiones basada en el consenso, lo que a su vez mejora la comunicación y la coordinación entre las partes interesadas y conduce a una mayor predictibilidad y confiabilidad en el programa de construcción (Ballard & Howell, 2002).

Por lo tanto, la colaboración y la comunicación son conceptos fundamentales para garantizar que el proyecto de construcción se complete en tiempo y dentro del presupuesto. Es esencial que todos los miembros del equipo trabajen juntos y se comuniquen eficazmente para lograr el éxito del proyecto.

2.2.11 Control de calidad

El control de calidad desde el enfoque *Lean* se refiere al proceso de garantizar que los productos y servicios entregados en un proyecto de construcción cumplan con los estándares de calidad definidos y las expectativas del cliente. Según Koskela (2000), uno de los principios fundamentales es enfocarse en la creación de valor para el cliente, lo que implica entregar productos y servicios de alta calidad de manera eficiente y efectiva.

En el contexto de *Lean*, el control de calidad no solo se limita a la inspección y corrección de defectos, sino que también se centra en la prevención de problemas y en la mejora continua de los procesos de construcción (Koskela, 2000). Esto incluye la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor y la implementación de prácticas de construcción que minimicen el desperdicio y maximicen la calidad.

El enfoque de la filosofía *Lean* en el control de calidad también implica la participación activa de todos los miembros del equipo, desde los trabajadores de la construcción hasta los subcontratistas y proveedores, en la identificación y solución de problemas de calidad. Esto fomenta la colaboración, la comunicación y la responsabilidad compartida en la entrega de un proyecto de construcción de alta calidad (Koskela, 2000).

2.2.12 Integración de tecnologías

Se refiere al uso de herramientas y sistemas digitales para mejorar la eficiencia, la precisión y la calidad del proceso de construcción. Esto incluye el uso de software de planificación y programación, sistemas de gestión de documentos, herramientas de modelado 3D, drones, robots, entre otros. Según Sacks, Koskela, Dave, y Owen (2009), las tecnologías pueden desempeñar un papel fundamental en la implementación de los principios de *Lean*, como la eliminación de desperdicios, la mejora continua y la optimización del flujo de trabajo.

Un ejemplo de tecnología que se utiliza comúnmente en *Lean* es el *Building Information Modeling* (BIM), un enfoque de modelado y gestión de datos que permite la colaboración y la coordinación entre las partes interesadas a lo largo de todas las etapas del proyecto (Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2009). BIM puede mejorar la ejecución al proporcionar información detallada y precisa sobre

el proyecto, lo que a su vez puede ayudar a identificar y eliminar actividades que no agregan valor y a optimizar el flujo de trabajo.

Otras tecnologías que se pueden integrar con *Lean* incluyen herramientas de gestión de proyectos basadas en la nube, sistemas de gestión de la cadena de suministro y aplicaciones móviles para la comunicación y la colaboración en tiempo real entre los miembros del equipo (Sacks, Koskela, Dave, & Owen, 2009).

Esta integración puede ofrecer una serie de beneficios, como una mayor transparencia, una mejor toma de decisiones y una mejora en la eficiencia y la calidad del proceso de construcción. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la adopción de tecnologías por sí sola no garantiza el éxito; también es esencial promover una cultura organizacional que fomente la colaboración, la comunicación y la mejora continua.

2.3 Bases legales

El desarrollo de la presente investigación se encuentra enmarcado según refieren las normas que rigen la calidad, diseño y eficiencia; no solo en Puerto Rico sino también a nivel mundial. Las mismas establecen parámetros y exigen controles de calidad para los distintos procesos constructivos; así como también otras especificaciones relativas a la gestión de proyectos de ingeniería y satisfacción del cliente. De esta manera se presentan algunas de las normas y códigos relacionados con la calidad de la construcción:

- Reglamento Conjunto 2020.
- Códigos de Construcción de Puerto Rico.
- Reglamento complementario al código eléctrico nacional.

- Reglamento 7861 - Para endosos de planos de infraestructura y servidumbres para facilidades de telecomunicaciones y televisión por cable.
- NFPA 70 *NEC National Electrical Code*.
- Reglamento 3149 - Reglamento de normas de diseño.
- Reglamento 2767 - Reglamento de servidumbres de paso de acueductos y alcantarillas.
- Reglamento para la certificación de planos.
- ASCE/SEI 7-22 *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*.
- ACI 318-19 *Building Code Requirements for Structural Concrete*.
- ANSI/AISC 360-16: *Specification for Structural Steel Buildings*.
- ANSI/AISC 341-16: *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*.
- AWS-D.1/D.1.M-2020: *Structural Welding Code - Steel*.
- IPC 2021: *International Plumbing Code*.
- UPC 2021: *Uniform Plumbing Code*.
- ANSI/ ASME A 17 .1, *Safety Code for Elevators and Escalators*.
- ASHRAE, *American Society of Heating, Refrigeration and AirConditioning Engineers*.

Por otra parte, algunas las normas ISO relacionadas con la gestión de proyectos, son:

- ISO 9001:2015 - Sistemas de gestión de la calidad.
- ISO 14001:2015 - Sistemas de gestión ambiental.
- ISO 45001:2018 - Seguridad y salud en el trabajo.
- ISO 15686-5:2008 - Durabilidad de los edificios.

2.4 Operacionalización de variables

A continuación, se presenta en la Tabla 2, la operacionalización de las variables del proyecto.

Tabla 2 - Operacionalización de variables.

Objetivos	Variables	Dimensiones	Indicadores
Identificar los requerimientos de planificación de infraestructura del proyecto Vesta Suite Parkside relacionados con la filosofía <i>Lean Construction</i> .	Requerimientos de planificación de infraestructura	-Reducción de sobre costos -Completar el proyecto sin retrasos -Gestión de proyecto en espacio reducido	-Registros experiencias previas de la empresa -Experiencia de profesionales -Herramientas y principios Lean
Analizar los procesos de construcción mediante herramientas Lean que permitan identificar su valor y eliminar desperdicios.	Procesos constructivos	-Tiempo -Costos -Flujo de procesos	-Cumplimiento del cronograma en comparación con el plan original -Satisfacción del equipo de trabajo con las mejoras implementadas
Diseñar un plan de construcción de infraestructura para el proyecto Vesta Suite Parkside bajo los principios de la filosofía <i>Lean Construction</i> .	El plan de ejecución de infraestructura	-Mejora continua -Eficiencia -Estandarización de los procesos -Colaboración y comunicación	-Experiencia de asesores -Cumplimiento de los objetivos <i>Lean</i>

2.5 Definición de términos

A continuación, se presenta una lista de términos complementarios:

Buffer: cantidad controlada de recursos adicionales, como tiempo, espacio o materiales, utilizados para manejar variabilidades e incertidumbres en los procesos de producción y asegurar un flujo constante de trabajo (Ohno, 1988).

Cuello de botella: etapa en un proceso de producción que tiene la capacidad más baja y, por lo tanto, limita el ritmo al que fluye el proceso entero, restringiendo la salida general (Ohno, 1988).

Geopiers: solución empleada en el campo de la ingeniería geotécnica, la cual permite reforzar el suelo mediante la instalación de pilares de agregado compacto, mejorando la capacidad de carga y reduciendo el asentamiento. (Geopier Foundation Company., 2024)

Infraestructura: parte de la estructura necesaria para soportar la superestructura de la edificación por debajo de la cota superior de la base o losa de pavimento, o de la placa de fundación (COVENIN, 1998). Estructuralmente constituyen los pilares, las vigas de apoyo y los cimientos.

Productividad: maximización del valor creado para el cliente utilizando los mínimos recursos necesarios. Esta aproximación se centra en eliminar desperdicios y mejorar procesos continuamente, se mide como la relación entre la cantidad de trabajo realizado y los recursos utilizados (Womack & Jones, 1996).

Sectorización: división de procesos de producción o áreas de trabajo en sectores más pequeños y manejables para mejorar la eficiencia, la especialización y el flujo de trabajo, facilitando la identificación y eliminación de desperdicios (Liker, 2004).

Variabilidad: desviación en los procesos que puede causar ineficiencias y afectar la calidad del producto final (Liker, 2004).

Capítulo III. Marco metodológico

3.1 Tipo de investigación

La investigación planteada corresponde a un estudio proyectivo y cualitativo (Barrera, 2010), el cual posee la finalidad de explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio sobre un tema en cuestión, mas no necesariamente ejecutar dicha propuesta.

Por otra parte, se trata también de una investigación aplicada, ya que tiene como objetivo principal emplear los conocimientos adquiridos para resolver problemas específicos (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Es por ello que, basándose en estas definiciones, se diagnostican los requerimientos del plan de construcción de infraestructuras del proyecto Vesta Parkside, para posteriormente evaluar los efectos, en lo relativo a organización del trabajo y ejecución de actividades, con respecto a los principios que rigen la manera tradicional de realizar planes de obra y por último proponer un nuevo plan de ejecución de infraestructuras utilizando como base la filosofía *Lean Construction*.

3.2 Diseño de la investigación

Esta investigación vincula un estudio proyectivo con un diseño que según su tipo de fuente, temporalidad y tipo de foco (Barrera, 2010) puede clasificarse como de fuente mixta, contemporáneo transeccional y multivariable de caso.

Barrera identifica un diseño de fuente mixta como aquel donde se consultan tanto fuentes vivas como documentales, adicionalmente como contemporáneo transeccional ya que se desea obtener información sobre un evento actual en un único momento del tiempo. Por último, la misma autora define multivariable de

caso, al diseño enfocado al estudio de múltiples eventos enfocados como una sola unidad de estudio.

Adicionalmente, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), mencionan también que se trata de un diseño de investigación que combina elementos descriptivos y comparativos. Dado que los objetivos buscan describir cómo se pueden aplicar los principios de Lean Construction al proyecto específico, además de evaluar cómo este enfoque se compara con métodos tradicionales en términos de eficiencia y efectividad.

Inicialmente, el diseño descriptivo permite detallar los procesos, prácticas y requerimientos necesarios para implementar la filosofía *Lean* en el proyecto *Vesta Suites Parkside*. Esto implicará la recopilación de datos sobre los procedimientos que maneja la empresa al momento de construir y un análisis de cómo los principios Lean podrían ser integrados en dicho proyecto. Se llevarán a cabo actividades como la documentación de procesos existentes y la realización de consultas con los principales interesados del proyecto.

Paralelamente, el diseño comparativo facilita la evaluación de los efectos de utilizar la metodología *Lean Construction* en contraste con una metodología tradicional. Para esto, se analiza el método tradicional de planes de construcción, basado en términos de calidad del trabajo, seguridad y satisfacción del cliente, en aras de determinar debilidades y puntos de mejora, con el fin de reducirlas o eliminarlas siempre que se pueda.

En tal sentido el presente trabajo de grado, considerará fuentes bibliográficas y consulta a personal que desarrollará los trabajos en campo como fuente de información, esto para conocer el estatus actual en lo referente a procedimientos y metodología de trabajo. Por otra parte, estudiará el plan de construcción de infraestructuras del proyecto *Vesta Suite Parkside* como un evento que transcurrirá en el futuro y en un único momento del tiempo, finalmente se

analizará diseño de plan de construcción basado en la información recopilada referente a la metodología *Lean* y como una serie de múltiples eventos de características no aisladas.

3.3 Esquema de trabajo

Con el propósito de alcanzar los objetivos planteados se presenta a continuación un esquema de trabajo con el fin de lograr resultados favorables y confiables para el planteamiento del plan de construcción de infraestructuras del proyecto *Vesta Suite Parkside*.

1. Entender los principios de *Lean Construction*: conceptos, como flujo de trabajo, reducción de desperdicios, mejora continua, colaboración, enfoque en el valor para el cliente además de sus principios, conceptos y herramientas.
2. Identificar y definir el valor: determinar el valor que el proyecto hotelero aportará a los clientes, así como los objetivos y expectativas de las partes interesadas
3. Establecer metas y objetivos: a partir de la definición de valor obtenida, definir metas claras y alcanzables para la implementación de *Lean Construction* en el proyecto, como establecimiento de tren de actividades, la reducción de tiempos de construcción y mejoramiento de la calidad.
4. Análisis de la cadena de valor: identificar y analizar todos los procesos involucrados en la construcción del proyecto hotelero, desde la concepción hasta la finalización. Distinguiendo entre actividades que generan valor y aquellas que no lo hacen, buscando causas, motivos y orígenes que provocan la ineficiencia.
5. Identificación y eliminación de desperdicios: reconocer los siete desperdicios principales de *Lean* en el proyecto e implementar técnicas

para reducirlos o eliminarlos, como optimizar el uso de recursos, reducir tiempos de espera, disminuir movimientos innecesarios y eliminar retrasos en la cadena de suministro.

6. Organización del sitio de obra: eliminando el desperdicio y mejorando el flujo de trabajo. Se enfoca en planificar sistemáticamente cada etapa de la construcción, asegurando que los recursos se utilicen de manera efectiva y que los procesos sean flexibles y adaptables, lo que contribuye a una entrega de proyecto más oportuna y a un uso más racional de mano de obra y materiales.
7. Planificación y programación *Lean*: aplicar el *Pull Planning*, como técnica de planificación y programación *Lean*, para mejorar la colaboración, comunicación y compromiso entre todas las partes involucradas en el proyecto.
 - a. Mejorar la calidad: establecer procedimientos para garantizar la calidad del proyecto, como inspecciones regulares, retroalimentación de los clientes y la identificación y corrección temprana de defectos.
 - b. Establecer los lineamientos de control visual: utilizar herramientas visuales para monitorear el progreso del proyecto, a través gráficos de *Gantt*. Con el fin de facilitar la toma de decisiones y mantener a todos en el equipo informados sobre el estado del proyecto.
 - c. Establecer los lineamientos de monitoreo y ajuste del proceso: evaluar regularmente el progreso del proyecto y realiza ajustes en la planificación y los procedimientos según sea necesario. Identifica las áreas de mejora continua.

8. Proponer un plan de construcción *Lean*: que se ajuste a los requerimientos del cliente, basado en los principios de la filosofía *Lean Construction*.

www.bdigital.ula.ve

Capítulo IV. Resultados

4.1 *Lean Construction* Vs Metodología tradicional

La aplicación de la metodología *Lean Construction* en comparación con la metodología tradicional de planificación de construcción tiene un impacto significativo en varios aspectos de un proyecto de construcción. Estos incluyen la eficiencia, la calidad, la gestión del tiempo, la satisfacción del cliente, la gestión de recursos humanos y la seguridad en el trabajo.

En términos de eficiencia, *Lean Construction* se centra en minimizar los desperdicios y maximizar el valor. A través de la implementación de prácticas como el *pull planning* y el análisis de la cadena de valor, se busca reducir la cantidad de tiempo y recursos que se desperdician en actividades que no agregan valor al cliente. Por otro lado, los métodos de construcción tradicionales a menudo implican una gran cantidad de desperdicio, ya sea en forma de tiempo de inactividad, retrabajo o exceso de inventario.

En cuanto a la calidad, *Lean* se basa en la premisa de que esta se logra a través de la mejora continua. Esto implica la identificación y solución de problemas a medida que surgen, en lugar de dejarlos hasta el final del proyecto. En contraste, los métodos de construcción tradicionales a menudo abordan los problemas de calidad al final del proceso de construcción, lo que puede resultar en retrabajos costosos y demoras en la entrega del proyecto.

En lo que respecta a la gestión del tiempo, *Lean Construction* promueve un enfoque proactivo y basado en el valor. Esto significa que se pone un fuerte énfasis en la planificación y programación para garantizar que las actividades se realicen de la manera más eficiente. Los métodos de construcción tradicionales, por otro lado, a menudo se centran más en los costos y los plazos que en proporcionar valor al cliente. Esto puede resultar en una menor satisfacción para

él, especialmente si el proyecto no cumple con las expectativas de este en términos de calidad, plazos o especificaciones.

Respecto a la gestión de recursos humanos, *Lean Construction* promueve un entorno de trabajo colaborativo y centrado en el equipo. Los trabajadores son alentados a participar en la resolución de problemas y la mejora continua; y se les proporciona la formación necesaria para hacerlo. Esto puede resultar en un mayor compromiso y satisfacción laboral, así como en una mayor eficiencia y calidad. Por otro lado, los métodos de construcción tradicionales a menudo se basan en una jerarquía estricta, roles y responsabilidades claramente definidos. Mientras que esta estructura puede proporcionar claridad y orden, también puede limitar la colaboración y la participación de los trabajadores en la resolución de problemas y la mejora continua.

Finalmente, en términos de seguridad en el trabajo, la metodología *Lean Construction* puede tener implicaciones positivas. Al reducir la cantidad de inventario en el lugar de trabajo y al tener un flujo de trabajo más organizado y predecible, se pueden reducir los accidentes relacionados con la congestión y el desorden en el lugar de trabajo. Además, la mejora continua también puede aplicarse a la seguridad en el trabajo, lo que puede resultar en una reducción de los accidentes a lo largo del tiempo. En comparación, los métodos de construcción tradicionales pueden tener más accidentes debido a la falta de organización y a la presencia de exceso de inventario. Sin embargo, es importante destacar que independientemente de la metodología utilizada, la seguridad en el lugar de trabajo siempre debe ser una prioridad y todas las precauciones necesarias deben ser tomadas para proteger a los trabajadores.

Es importante tener en cuenta que cada proyecto de construcción es único, y lo que funciona mejor puede variar dependiendo de factores como el tipo de proyecto, el entorno de trabajo, la disponibilidad de recursos, las habilidades y

experiencia del equipo de trabajo. Sin embargo, con su enfoque en la minimización de desperdicios, la mejora continua y la colaboración, *Lean Construction* ofrece una alternativa atractiva a los métodos de construcción tradicionales que puede mejorar la eficiencia, la calidad y aumentar la satisfacción del cliente.

Por otra parte se debe considerar que la planificación tradicional, la cual si bien ha sido efectiva en el pasado pudiendo ser adecuada su aplicación para proyectos de construcción de menor escala, con presupuestos y plazos de entrega más flexibles, para proyectos más grandes y complejos, se hace necesario implementar métodos de planificación más avanzados, por lo que es posible que otras opciones de programación más modernas puedan brindar soluciones más adecuadas para los desafíos actuales de la construcción.

Finalmente, aunque *Lean Construction* puede ofrecer muchos beneficios, también es importante tener en cuenta que su implementación puede requerir un cambio significativo en la cultura y las prácticas de trabajo. Por lo tanto, la transición a *Lean Construction* debe ser planificada y gestionada cuidadosamente para garantizar que se logren los beneficios deseados y para minimizar cualquier interrupción en el proceso de construcción.

4.2 Identificación y definición de valor dentro del proyecto

En cualquier proyecto de construcción, existen diversas partes interesadas que influyen y son influidas por el proyecto. A continuación, en la Tabla 3, se presentan las principales partes interesadas y lo que buscar dentro del desarrollo del proyecto *Vesta Suites Parkside*:

Tabla 3 – Matriz de interesados del proyecto.

Interesado	Función	Definición de Valor
Propietarios/Inversionistas	Financian el proyecto	• Completar el proyecto a tiempo, dentro del presupuesto y cumpliendo con los estándares de calidad • Su expectativa es obtener un retorno de inversión (ROI) adecuado y positivo a través del uso exitoso del hotel
Arquitectos	Son responsables del diseño del proyecto. Su objetivo es que este se ejecute fielmente, cumpliendo con los requisitos estéticos y funcionales	Esperan que su diseño sea valorado y comprendido por el resto de las partes interesadas
Ingenieros	Son responsables de la viabilidad estructural, mecánica y técnica del proyecto	Esperan que la construcción se realice de acuerdo con las especificaciones y códigos de construcción apropiados
Contratistas	Responsables de la ejecución física del proyecto	Terminar la construcción a tiempo y dentro del presupuesto, manteniendo altos estándares de seguridad y calidad
Subcontratistas	Contratados por el contratista principal para realizar tareas específicas	Completar su parte del trabajo a tiempo, dentro del presupuesto y con un alto estándar de calidad
Proveedores de materiales	Suministrar materiales a la obra	Entregar los materiales necesarios a tiempo y en buen estado, de acuerdo con las especificaciones dadas
Entidades reguladoras de Estados Unidos y Puerto Rico	Autoridades locales o nacionales que supervisan el cumplimiento de las regulaciones de construcción	Esperan que el proyecto cumpla con todas las normativas y regulaciones pertinentes a nivel local y nacional
Comunidad de <i>Parkside</i>	La comunidad local puede ser impactada por el proyecto a través de factores como el ruido, el tráfico y la perturbación del paisaje local	Esperarán que se minimicen molestias y que el proyecto contribuya positivamente a la comunidad en términos de empleo y desarrollo local

4.3 Objetivos y metas del plan de construcción Lean

Los objetivos y metas para el plan de construcción de infraestructuras del proyecto *Vesta Suites Parkside*, fueron los siguientes:

4.3.1 Objetivos Lean

1. Maximizar el valor para el cliente: proporcionar la máxima satisfacción al cliente a través de la entrega de un proyecto hotelero de alta calidad que cumpla con sus expectativas y necesidades.
2. Reducir el desperdicio: se buscó minimizar el desperdicio en todos los aspectos del proyecto, incluyendo tiempo, materiales, y esfuerzo humano. Estando atento a cualquier proceso que no añada valor, trabajando para eliminarlo o minimizarlo.
3. Optimizar el flujo de trabajo: asegurar que cada paso en el proceso de construcción fluyera de manera suave y eficiente, minimizando retrasos y obstáculos.
4. Crear una cultura de mejora continua (*Kaizen*): impulsar a través de este plan una cultura de mejora continua donde cada miembro del equipo este comprometido con la identificación y la implementación de mejoras en el proceso de construcción.

4.3.2 Metas Lean

1. Cumplir con el tiempo de entrega: proponer tiempos de entrega eficientes que permitan entregar el proyecto en no más de seis (6) meses desde el inicio de los trabajos físicos, sin que esto comprometa la calidad del trabajo, añadiendo *buffer* a las actividades de mayor jerarquía.
2. Calidad en la construcción: cumplir con estándares de calidad definidos para el proyecto, asegurando que la infraestructura hotelera sea segura,

funcional y estéticamente atractiva. La cual cumpla a cabalidad los estándares enmarcados en las bases legales del proyecto.

3. Seguridad en el trabajo: se busca mantener un ambiente de trabajo seguro, con el objetivo de tener cero accidentes durante la duración del proyecto, cumpliendo con las inspecciones y regulaciones de seguridad de Puerto Rico.
4. Satisfacción del cliente: Asegurar la satisfacción total del cliente a través de una comunicación clara y constante, cumpliendo con sus expectativas y entregando un producto final de alta calidad.

4.4 Análisis de la cadena de valor (VSM)

El análisis de cadena de valor, también conocido como *Value Stream Mapping* (VSM), de este trabajo de grado, se basó en el estudio del flujo de la logística de los materiales en obra.

La Tabla 4, presenta la totalidad de las macro actividades a realizar. Se observa la distribución de costos que estos tienen con respecto al total general, evidenciándose actividades en las que se estará invirtiendo una parte significativa del presupuesto, como es el caso de las obras de concreto armado, mientras que otras representan porcentajes menores. Esta disparidad subraya la importancia de estudiar la logística de entrega de los mismos ya que pequeñas desviaciones en las actividades con mayor peso, pueden repercutir en variaciones significativas en tiempo y costo.

Tabla 4 – Presupuesto estimado de actividades.

	PROYECTO VESTA SUITE PARKSIDE	%	TOTAL (USD)	%
	ACTIVIDADES	TOTAL	2.867.614,00	ACUMULADO
1	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	46,24	1.326.000,00	46,24
2	PROCURA DE EQUIPOS Y MOBILIARIO MAYOR	0,00	-	46,24
3	OBRAS DE ACABADOS	9,13	261.924,00	55,37
4	SITIO	28,34	812.766,91	83,72
5	CERRAMIENTOS	2,81	80.690,00	86,53
6	INSTALACION DE PANELES SOLARES	0,00	-	86,53
7	INSTALACIONES MECÁNICAS	1,56	44.723,46	88,09
8	INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y TELECOMUNICACIONES	4,32	123.950,50	92,41
9	INSTALACIONES SANITARIAS	3,41	97.679,40	95,82
10	ESTRUCTURA METÁLICA	0,00	-	95,82
12	PAVIMENTO, ÁREAS VERDES Y URBANISMO	3,06	87.779,74	98,88
11	INSTALACIÓN DE MOBILIARIO Y PIEZAS SANITARIAS	0,07	2.100,00	98,95
13	INSTALACION DE CALENTADORES DE AGUA	0,52	15.000,00	99,48
14	PERMISO DE USO Y LIMPIEZA FINAL	0,52	15.000,00	100,00

El Gráfico 1, muestra la variación del costo estipulado para la construcción de la infraestructura de edificio, haciendo uso de un diagrama de Pareto, se hace aún más notorio como con solo 3 macro actividades (obras de concreto armado, preparación del sitio y obras de acabados), de 14 panificadas (un 21,42%) inciden en el 83,71% del presupuesto total a ejecutar.

Dentro de las obras de concreto armado, se involucran recursos como materiales (cemento, arena, grava, y acero de refuerzo), mano de obra, y maquinaria pesada para el transporte y colocación del concreto y acero. Por otra parte, la preparación del sitio, otra macro actividad, abarca desde la nivelación y acondicionamiento del terreno hasta la instalación de infraestructuras temporales como oficinas de obra, cerramientos de seguridad o maquinaria como la torreo grúa. Los recursos involucrados en esta etapa incluyen maquinaria pesada, herramientas especializadas (estaciones totales o drones) y

personal capacitado, como topógrafos. Finalmente, las obras de acabados, aunque se llevan a cabo en las etapas finales del proyecto, son cruciales para la entrega de un producto terminado de alta calidad. Estas actividades incluyen la aplicación de revestimientos, pintura, instalación de pisos y otros detalles que requieren tanto materiales de primera calidad como la destreza de trabajadores especializados.

De esta forma para el presente trabajo de grado se entiende que, la logística de materiales es una operación compleja que requiere una planificación y ejecución meticulosa. Al abordar este tema desde la perspectiva del VSM, es posible argumentar que la logística de materiales, comparte el mismo tipo de producto. Esto se debe a que, independientemente de la naturaleza específica de la construcción o de la materia prima en sí, el objetivo principal sigue siendo asegurar que los materiales correctos lleguen al lugar indicado en el momento adecuado, con la calidad esperada y al costo óptimo

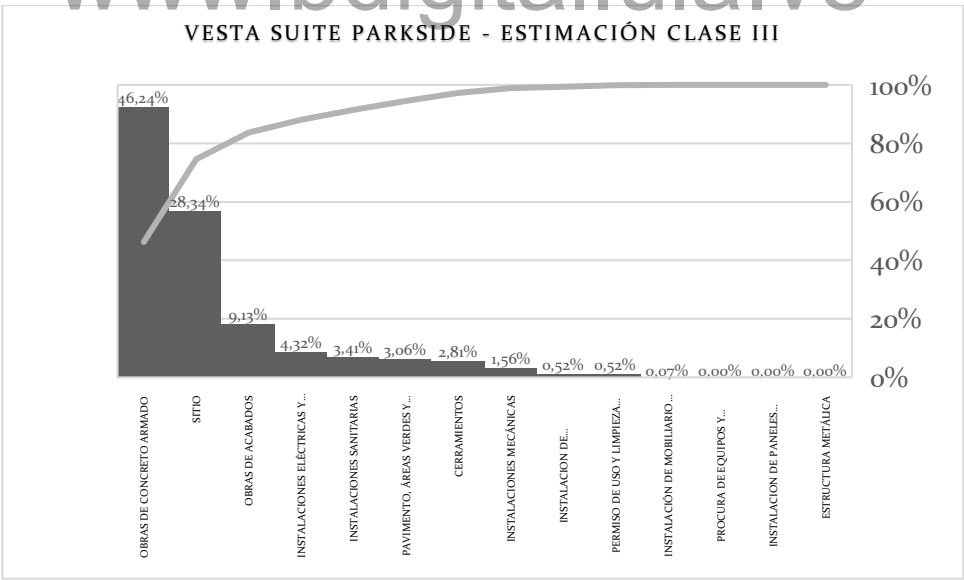


Gráfico 1 – Diagrama de Pareto, costo de las actividades (elaboración propia, 2024)

En otras palabras, ya sea que se esté hablando de ladrillos, cemento, acero o cualquier otro material de construcción, el "producto" en términos de logística y flujo de valor sigue siendo el mismo: un flujo eficiente y sin interrupciones de materiales desde el galpón del proveedor, pasando por sitio de construcción hasta su disposición final en obra. Así, los desafíos, como los cuellos de botella y las oportunidades de mejora en la logística de estos son consistentes y compartidos, independientemente de la variedad específica de materiales en cuestión.

Tomando en consideración el apartado anterior, es necesario realizar un análisis del flujo de trabajo para la logística de materiales que se encuentra establecido actualmente por la empresa, de esta forma en la Imagen 5, se aprecia el diagrama de flujo de dicho proceso.

Según los documentos de procesos, suministrados por la empresa CH4 group, CH4-PRO-CP-01: Caracterización del proceso de procura rev. 6 (CH4, 2023) y CH4-PRO-PR-02: evaluación y revaluación de proveedores rev.2 (CH4, 2003), el proceso comienza con la "Gestión logística de proyectos de construcción", que se descompone en etapas preparatorias como el "Plan de construcción", la "Actualización de ofertas", el "Estudio de alternativas y disponibilidad" y la "Aprobación del presupuesto de obra". Estas etapas son esenciales para definir el alcance del proyecto y garantizar que se tengan en cuenta todos los aspectos relevantes. Establecidos estos parámetros, se pasa a la "Organización del sitio de obra", que implica definir zonas específicas para el acopio, almacenamiento y movilidad dentro de la obra. Estas decisiones son cruciales para garantizar que el flujo de trabajo sea fluido y que los materiales puedan ser transportados y utilizados de manera eficiente.

A continuación, se abordan las fases de "Planificación y programación de trabajos", "Plan alternativo y estudio de riesgos" y la "Atención de la solicitud y

selección del proveedor". Estas fases se centran en asegurar que todos los recursos, tanto humanos como materiales, estén disponibles en el momento y lugar adecuados.

El siguiente conjunto de actividades se centra en la "Solicitud de procura", que se adentra en el núcleo de la logística de materiales. Esto incluye la definición de requerimientos de compra, la identificación de posibles proveedores, la comparación de propuestas y cotizaciones, y finalmente, la aprobación del provisor para una posterior emisión de orden de compra. Una vez asegurados los materiales, el proceso se desplaza hacia la "Programación de entregas", seguido por la "Recepción de materiales". Esta última fase debe garantizar que los materiales recibidos cumplan con las especificaciones y estándares de calidad, respaldados por documentos que la certifiquen.

La parte final del proceso se centra en la logística interna. Esto implica el "Transporte interno" de materiales, asegurando que lleguen al lugar adecuado dentro del sitio de construcción, el "Control de depósito" y, finalmente, la "Gestión de logística inversa" y la "Gestión de residuos", que abordan el manejo adecuado y la disposición de los materiales no utilizados o desechados.

En Imagen 6, se muestra el diagrama de cadena de valor del estado actual, esquematizado desde el punto de vista de la gestión de materiales en obra.

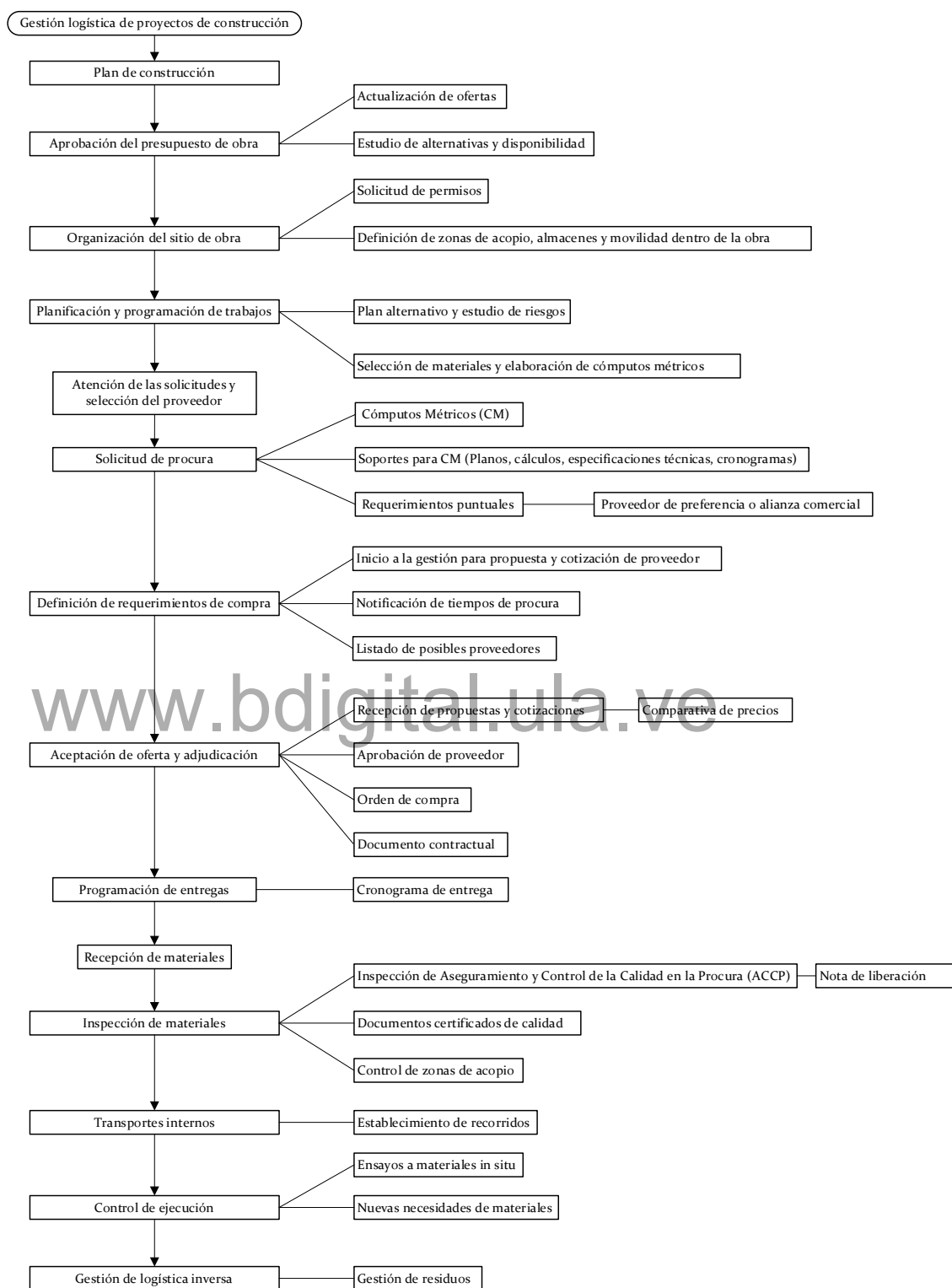


Imagen 5 – Diagrama de flujo del proceso de construcción (CH4, 2023)

4.5 Identificación y eliminación de desperdicios

A continuación, se exponen los puntos de mejora o *Kaizen* detectados en la cadena de valor actual para el proceso de logística de materiales. Los mismos son los siguientes, tomando como base las recomendaciones de la filosofía Lean:

4.5.1 Esperas

Kaizen 1: Tiempo de espera hasta aprobación del Gerente de Proyectos

La aprobación previa para cualquier tipo de proceso contractual con proveedores, necesita de un visto bueno del Gerente de Proyectos, dicha acción resta autonomía al Jefe de Construcción, para la compra de materiales. Si la gestión del Gerente de Proyectos no es oportuna, puede representar tiempos más largos para la formalización contractual con los proveedores, lo que se traduce en que la obra puede paralizarse de un momento a otro por falta de materiales de construcción.

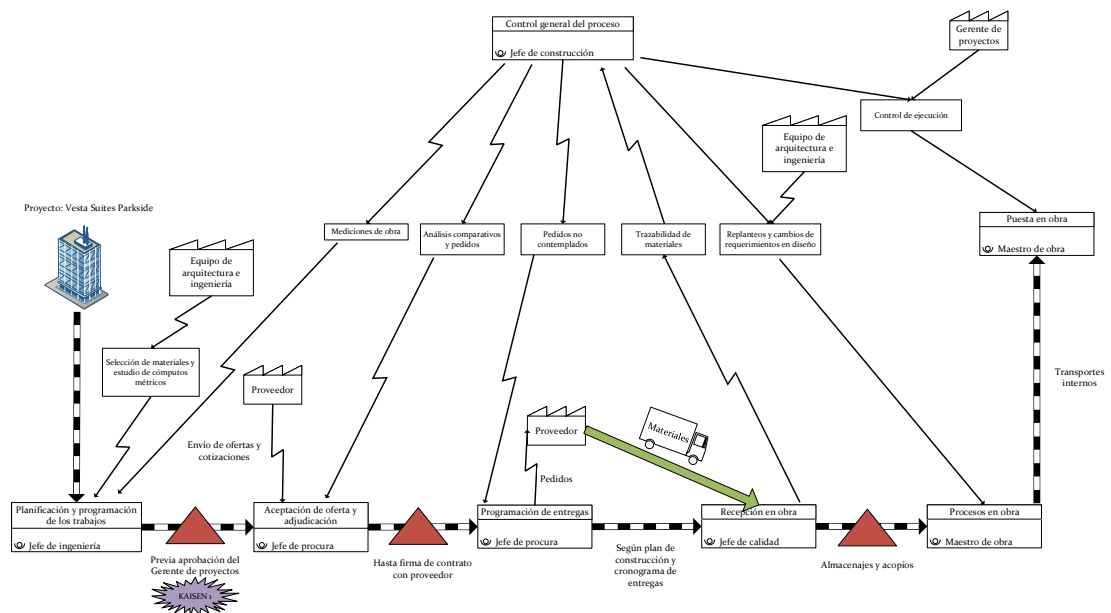


Imagen 7 – Kaizen 1 (elaboración propia, 2024)

Solución propuesta

La delegación efectiva de responsabilidades es una herramienta esencial en la gestión de proyectos, especialmente en contextos donde las decisiones sobre contrataciones involucran montos o cantidades significativas. Cuando las aprobaciones de gastos alcanzan un umbral crítico, resulta impráctico y contraproducente que una sola persona tenga la responsabilidad exclusiva de tomar todas las decisiones. Delegar responsabilidades en estos casos no solo aligerar la carga del Gerente de Proyectos, sino que también permite una evaluación más detallada y especializada de las propuestas, optimizando la eficiencia del proceso y garantizando decisiones más informadas. Por lo tanto, se recomienda establecer una serie de rangos (por monto final de inversión), en el cual el aprobador cambie, se propone el siguiente escalafón:

- Baja inversión(<\$25K): Jefe de Obra del del proyecto, por ejemplo, trámites para permisos o partidas extraordinarias.
- Mediana inversión (>\$25K y <\$100K): Gerente de Proyectos, por ejemplo, contratación para movimiento de tierra.
- Alta inversión(>\$100K): Mesa conjunta: Jefe de Obra y Gerente de Proyectos, por ejemplo, total de partida de concreto o total de partida de acero de refuerzo.

Kaizen 2: Tiempo de espera por falta de material

El respaldo adecuado y oportuno en la entrega de los materiales es crucial para garantizar que no se produzcan retrasos en el proyecto. Si un material esencial se retrasa o no se entrega en la cantidad requerida, esto podría tener un efecto dominó en todas las operaciones subsiguientes, afectando la ejecución de la obra. Por lo que se propone manejar una holgura en días desde que se realiza la solicitud, esto con el fin de mantener lo más bajo posible el uso de inventarios.

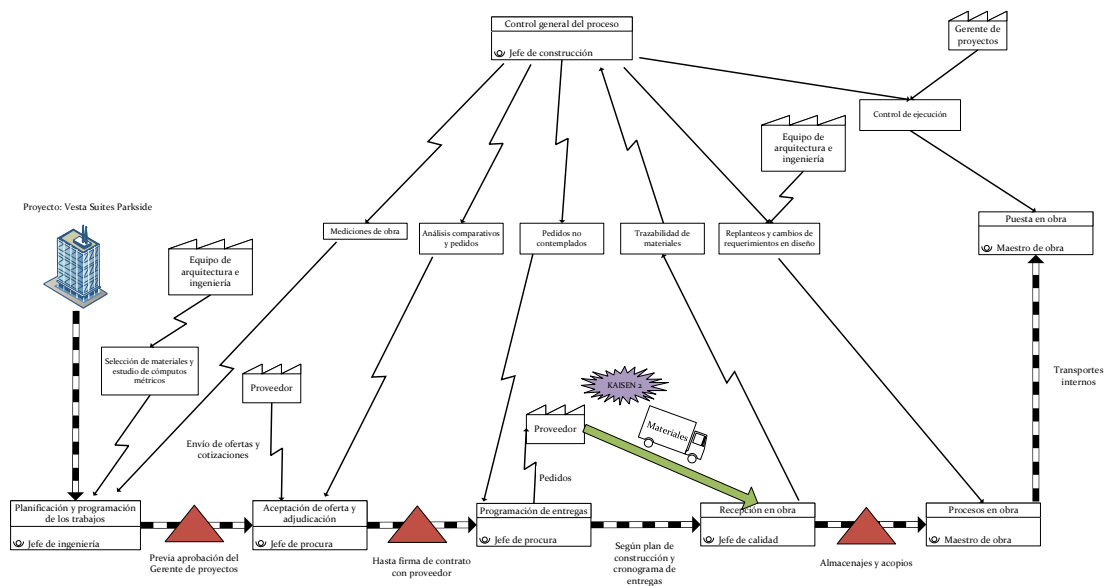


Imagen 8 – Kaizen 2 (elaboración propia, 2024)

Todos los materiales de la obra deben estar sumamente respaldados para su entrega, un ejemplo claro de esta aseveración es el concreto premezclado, debido a que en esta fase de planificación de infraestructura se tiene proyectado la ejecución de grandes volúmenes, como losas de fundación y muros de contención, siendo necesario que el vaciado de estos se realice de la forma más monolíticamente posible, es decir de manera ininterrumpida. Para comprender que tan grande son estos volúmenes, en la Tabla 5 se muestra la cantidad de metros cúbicos de concreto requeridos para los distintos elementos estructurales que forman parte de la infraestructura del proyecto.

Tabla 5 – Volúmenes de concreto premezclado

Elemento	Código	Volumen (m ³)
Losa de Fundación	L-01	500,00
Losa de Fundación	L-02	118,59
Losa de Fundación	L-03	54,32
Muro de retención	M-sB	201,00
Losa de piso	L-B	103,00
Losa de piso	L-GF	139,00

De esta forma se aprecia que debido a la magnitud de estos vaciados y al poco espacio que brinda el sitio de obra para hacer acopio de materias primas, será preciso establecer de manera planificada los pedidos de materiales para estos vaciados, por lo que conocer datos como, la capacidad máxima de procesamiento de la planta de premezclado o el número máximo de camiones que pueden trabajar a la vez en campo, ayudará de gran manera a que estas actividades fluyan sin demoras.

Solución propuesta

Se propone la realización de auditorías periódicas a los proveedores, bien sea a través de correo o llamadas, de tal manera que se pueda conocer semanalmente el estatus del pedido realizado, enfocándose especialmente, para esta etapa del proyecto en lo que serían las entregas de premezclados, incorporando adicionalmente cláusulas contractuales que establezcan penalizaciones por incumplimientos en las fechas establecidas según el cronograma propuesto en este trabajo de grado, a través del documento “plan_de_construcción_Vesta_Suites_Parkside.pdf”.

Por otra parte, considerando la magnitud de la partida de concreto, podría ser útil establecer un protocolo de contingencia que permita contar con proveedores alternos de premezclados (y de cualquier otro material que sea necesario) de tal manera que estos puedan asumir parte de los vaciados en caso de que falle el proveedor principal. En la **Tabla 6**, se establecen las posibles empresas cementeras ubicadas cerca del sitio de obra, adicionalmente en la Imagen 9 e Imagen 10, se aprecia el recorrido que deben seguir los camiones desde la fábrica hasta el sitio de obra.

Cementera	Distancia a obra (Km)
Argos C.A (proveedor principal)	8,6
Cemex Carolina C.A. (proveedor de respaldo)	23,0

Tabla 6 – Proveedores premezclado

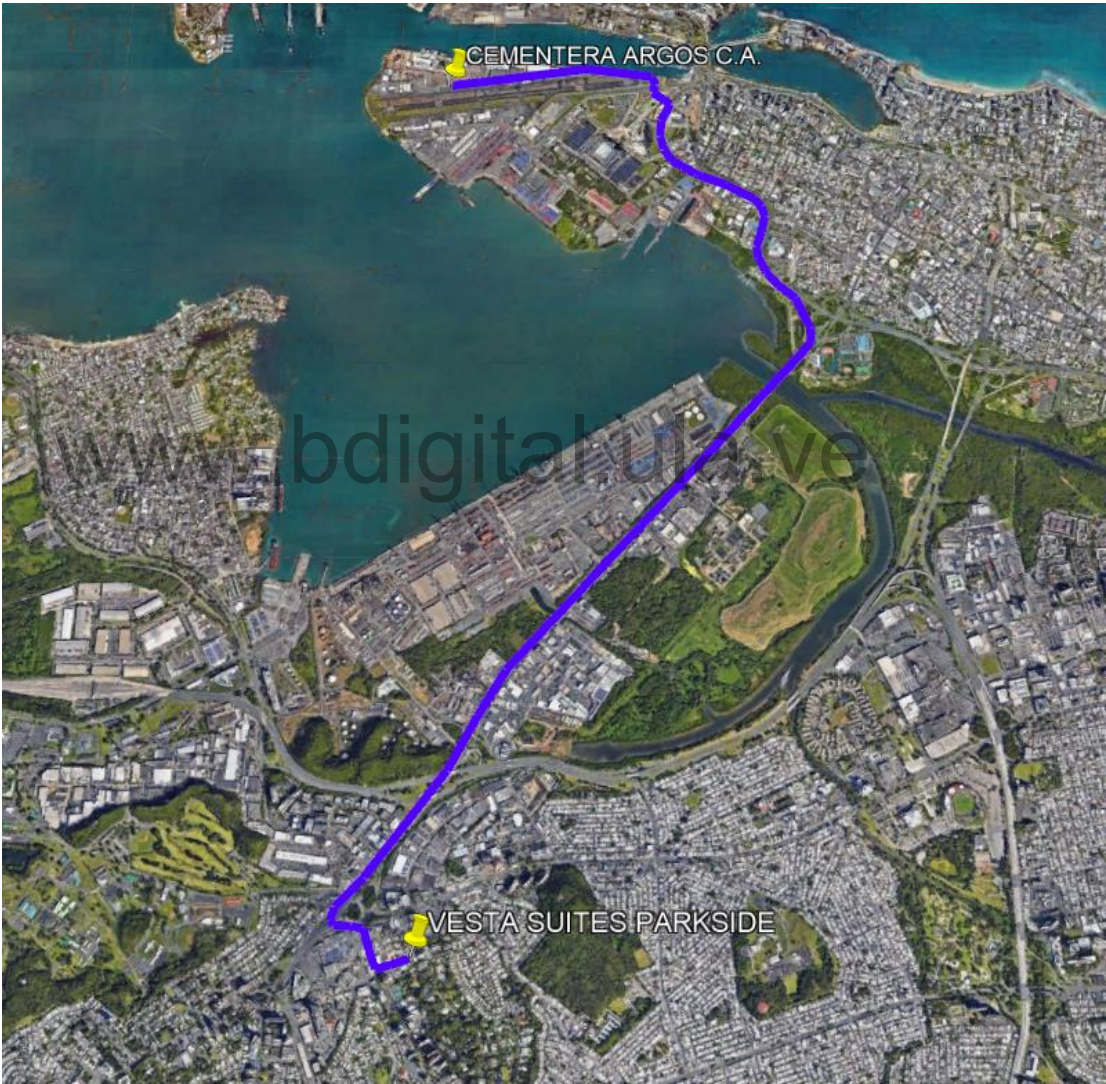


Imagen 9 – Recorrido Argos.C.A- Vesta Suites Parkside (Google Earth, 2024).

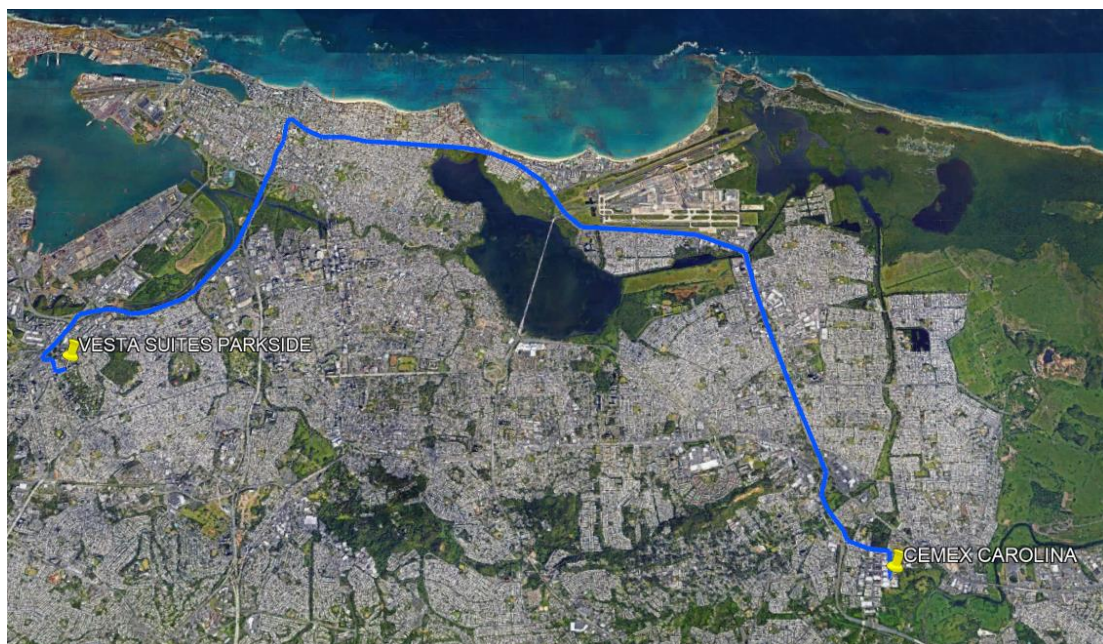


Imagen 10 – Recorrido Cemex Carolina – Vesta Suites Parkside (Google Earth, 2024).

Kaizen 3: Tiempo de espera por cambios de requerimiento

Los cambios en el requerimiento del proyecto pueden ser originados por diversas razones, como modificaciones en el diseño, ajustes en la legislación aplicable, condiciones de obra distintas a las esperadas, entre otros. Estos cambios generan retrasos significativos, ya que implican una revisión de los planes originales, tanto en el diseño como en la selección de materiales y en la planificación de las obras.

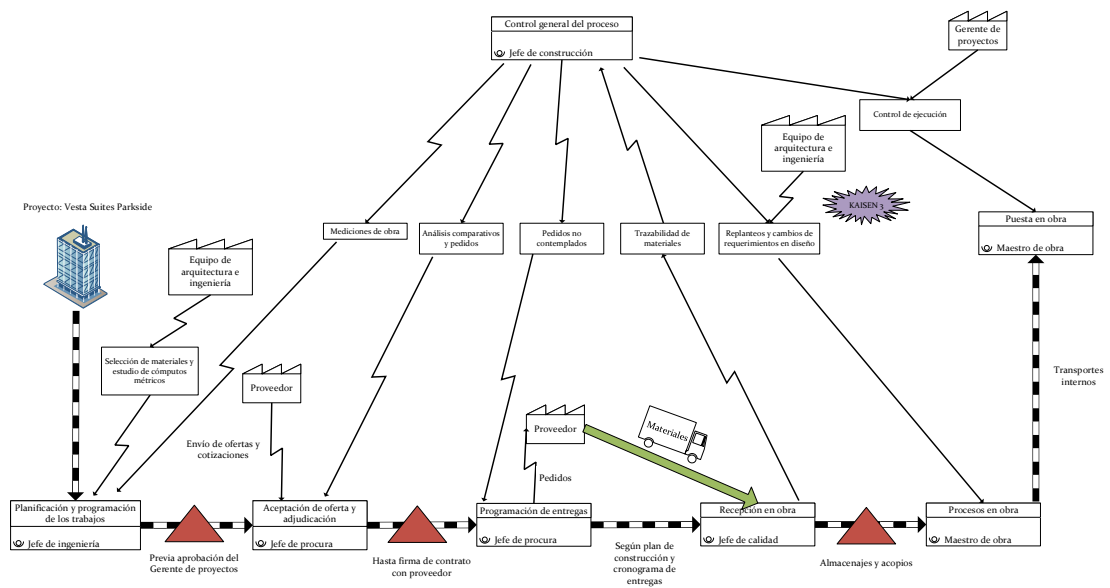


Imagen 11 – Kaizen 3 (elaboración propia, 2024)

El impacto de estos retrasos en el tiempo de espera se evidencia en varias etapas del proceso, ya que los cambios requieren que el Gerente de Proyectos y el equipo de Arquitectura e Ingeniería evalúen detenidamente las implicaciones de los cambios, lo cual requiere tiempo y requiriendo paralizar las operaciones mientras se aprueban estos nuevos planes.

Por otra parte, los materiales previamente seleccionados y tal vez ya pedidos pueden no ser adecuados para los nuevos requerimientos, resultando en cancelaciones o modificaciones de pedidos que prolongan el tiempo de entrega. Esto también puede conducir a que materias primas ya recibidas no sean utilizadas, lo que requiere de un manejo de inventario adicional y posiblemente de almacenamiento extra.

Solución propuesta

Se propone establecer un proceso de retroalimentación entre todas las partes interesadas, de tal forma que permita revisar la eficacia de la comunicación de los cambios. Estas revisiones regulares del proyecto pueden ayudar identificar dónde ha sido efectiva la comunicación y dónde se necesitan mejoras,

permitiendo ajustes en tiempo real para garantizar que todos los miembros del equipo estén informados y alineados. Esto se puede lograr a través de reuniones donde se discuta punto a punto las actividades planificadas para la ejecución en un período no mayor de una semana, aplicando los principios de la metodología *Last planner*.

Adicionalmente fomentar el uso de herramientas como BIM, del cual permita visualizar cambios en el diseño en un entorno virtual, lo que ayuda a todas las partes interesadas a comprender mejor los impactos y las implicaciones de esos cambios, no solo a nivel espacial sino también en términos de tiempo y dinero. Además, las plataformas de comunicación y colaboración en tiempo real que brinda esta metodología, admiten que los cambios sean discutidos y aprobados de manera más eficiente y oportuna, permitiendo que productos como nuevos planos y memorias de cálculo se gestionen mucho más rápido que de la forma tradicional. Esto solo sería posible bajo un nuevo departamento de gestión BIM, donde se unifiquen las gerencias de ingeniería y construcción, con el fin de ambas trabajen de manera integrada para el procesamiento oportuno de los cambios en obra.

Kaizen 4: Tiempo de espera por transportes internos

Debido a la poca disponibilidad de espacio dentro del sitio de obra, es deseable que una cierta cantidad de materiales sean procesados fuera de esta, como puede ser el caso de tuberías, encofrados y armados de acero de refuerzo, por lo tanto, existe un riesgo debido a la espera asociada al tiempo de llegada debido a los transportes internos, los cuales pueden provocar cuellos de botella que impacten negativamente en el cronograma general del proyecto.

Adicionalmente previendo tiempos de vaciados que podrían estar superando 8 horas o más, se hace necesario que piezas esenciales como encofrados, tuberías y acero de refuerzo estén emplazados en el sitio con varias horas de antelación,

esto para permitir que el personal de obra pueda revisarlos y cotejarlos con los diseños establecidos para cada elemento estructural.

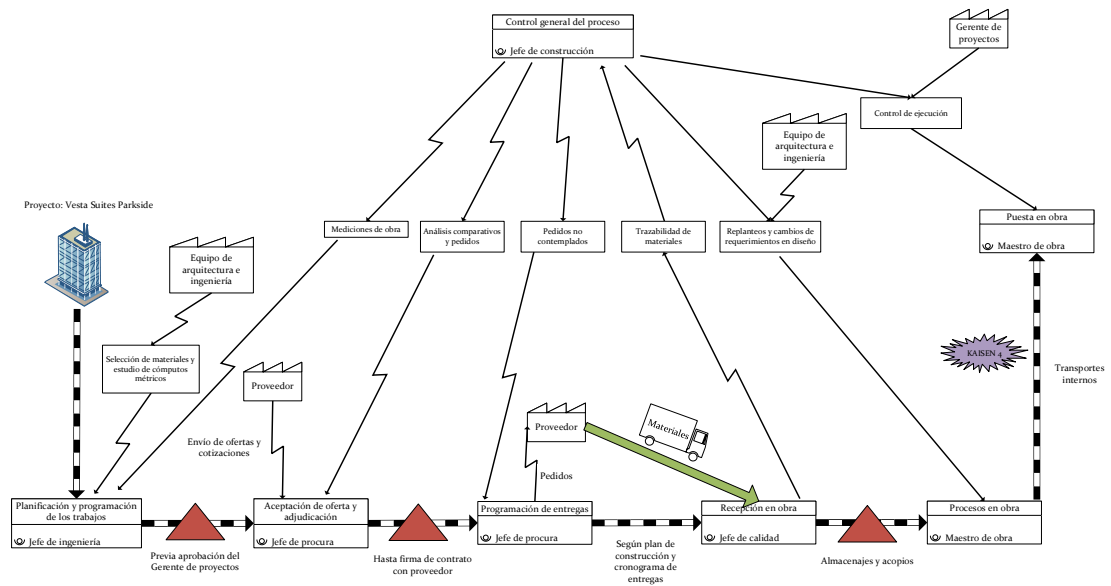


Imagen 12 – Kaizen 4 (elaboración propia, 2024)

Solución propuesta

Se propone realizar una evaluación de los vehículos que serán utilizados para el transporte, como grúas y carros de transporte, para conocer si estos serán capaces de transportar de manera eficiente y segura las piezas preensambladas.

Por otra parte, se debe asegurar de que haya una planificación detallada con respecto a cuándo y dónde se necesitarán los elementos preensamblados, lo que permite programar su transporte a la zona de trabajo con antelación, reduciendo el tiempo de espera, siguiendo los del cronograma propuesto en este trabajo de grado, a través del documento “plan_de_construcción_Vesta_Suites_Parkside.pdf”.

4.5.2 Transportes

Kaizen 5: Transportes internos detienen otras actividades

La limitación de espacio en la obra, hace pensar que los transportes internos pueden detener otras actividades que se realicen a la vez. Esto es crítico, ya que, en un entorno de construcción ajustado, la eficiencia del espacio y del tiempo son fundamentales para la fluidez del trabajo y la reducción de retrasos.

La gestión de los transportes internos es esencial porque afecta directamente la productividad y puede causar retrasos significativos si no se maneja adecuadamente. Un espacio limitado puede complicar la logística, causando cuellos de botella en el flujo de trabajo donde los trabajadores deben esperar a que los materiales sean movidos y acomodados antes de poder continuar con sus tareas.

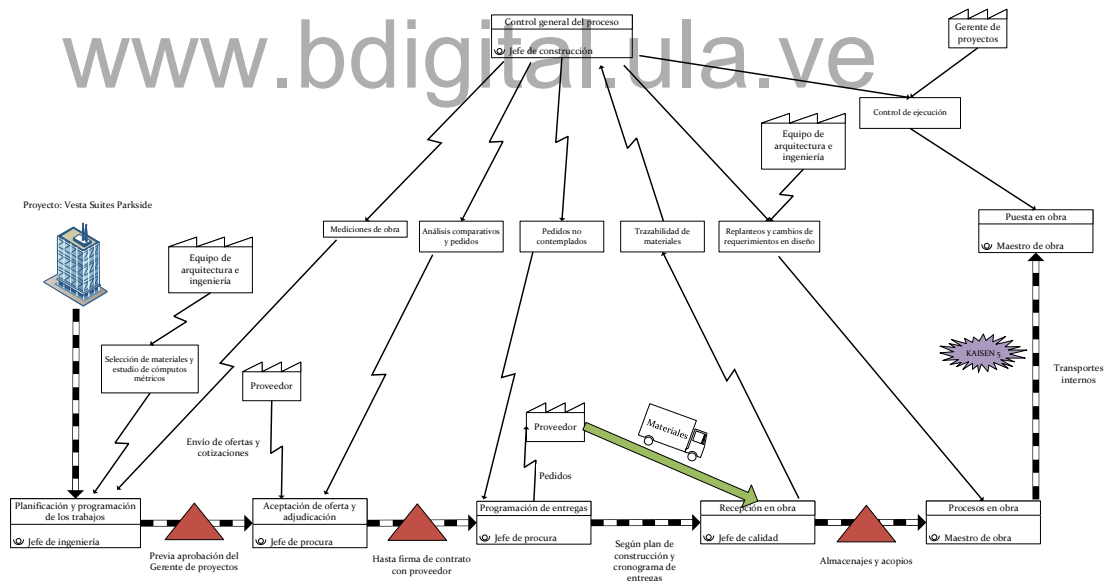


Imagen 13 – Kaizen 5 (elaboración propia, 2024)

Solución propuesta

Establecer las rutas internas y externas, que el personal en campo debe seguir para poder llegar a obra y emplazar los preensamblaos en el menor tiempo posible sin causar interferencias con otros trabajos.

Una forma muy eficaz de establecer estas rutas es a través de diagramas de flujo tipo "espagueti", los cuales sirven para examinar cómo se mueven los materiales durante un proceso y resaltar ineficiencias en el transporte que pueden ser corregidas para lograr una producción más eficiente.

4.5.3 Inventarios

***Kaizen* 6: Exceso de inventarios en obra**

En el contexto de un espacio restringido en obra, el exceso de inventario puede causar retrasos significativos, ya que las materias primas no utilizadas inmediatamente ocupan un valioso espacio y pueden interferir con otras operaciones.

Además, la congestión creada por el exceso de inventarios puede llevar a una disminución en la seguridad en el lugar de trabajo, con riesgos aumentados de accidentes debido a la obstrucción de rutas de evacuación o de acceso a equipos de emergencia. Así mismo, puede haber un impacto negativo en la moral del personal, al tener que trabajar en un entorno desordenado y posiblemente peligroso.

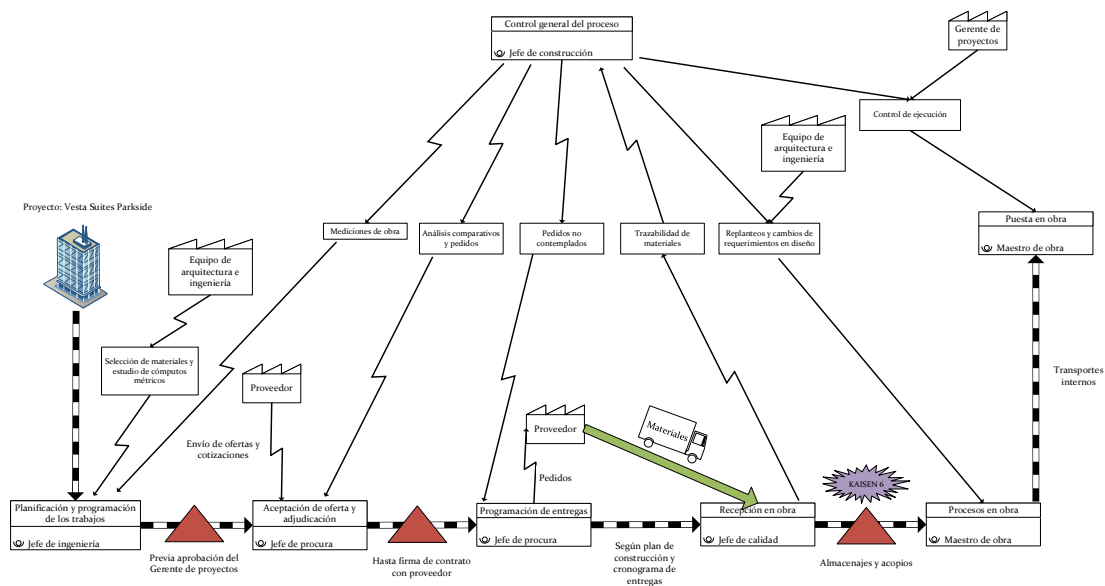


Imagen 14 – Kaizen 6 (elaboración propia, 2024)

Solución propuesta

Son varias las alternativas con las que se cuenta para la resolución de este problema, entre ellas tenemos la de programar las entregas de materiales directamente a las zonas de uso para evitar el almacenaje intermedio, similar a la creación de áreas planas en la industria para la cercanía entre almacenaje y producción.

Por otra parte, el suministro directo de productos intermedios ayuda a reducir el espacio en obra y los posibles daños a los materiales. Por ejemplo, en lugar de almacenar y trabajar el acero de refuerzo en la obra, se prefiere la fabricación en taller y suministro bajo demanda, aunque esto repercute directamente en un aumento de los transportes.

Así mismo, implementar un suministro *Just in time* para productos que no pueden almacenarse, como el concreto premezclado, que se entrega directamente al punto de vaciado desde la planta.

Finalmente, en casos de espacio extremadamente limitado, se pueden habilitar inventarios controlados externos que funcionan como reguladores de

la cadena de suministro, aunque esto implica un costo adicional y la necesidad de personal y equipos adicionales para su gestión.

www.bdigital.ula.ve

4.5.4 VSM estado futuro

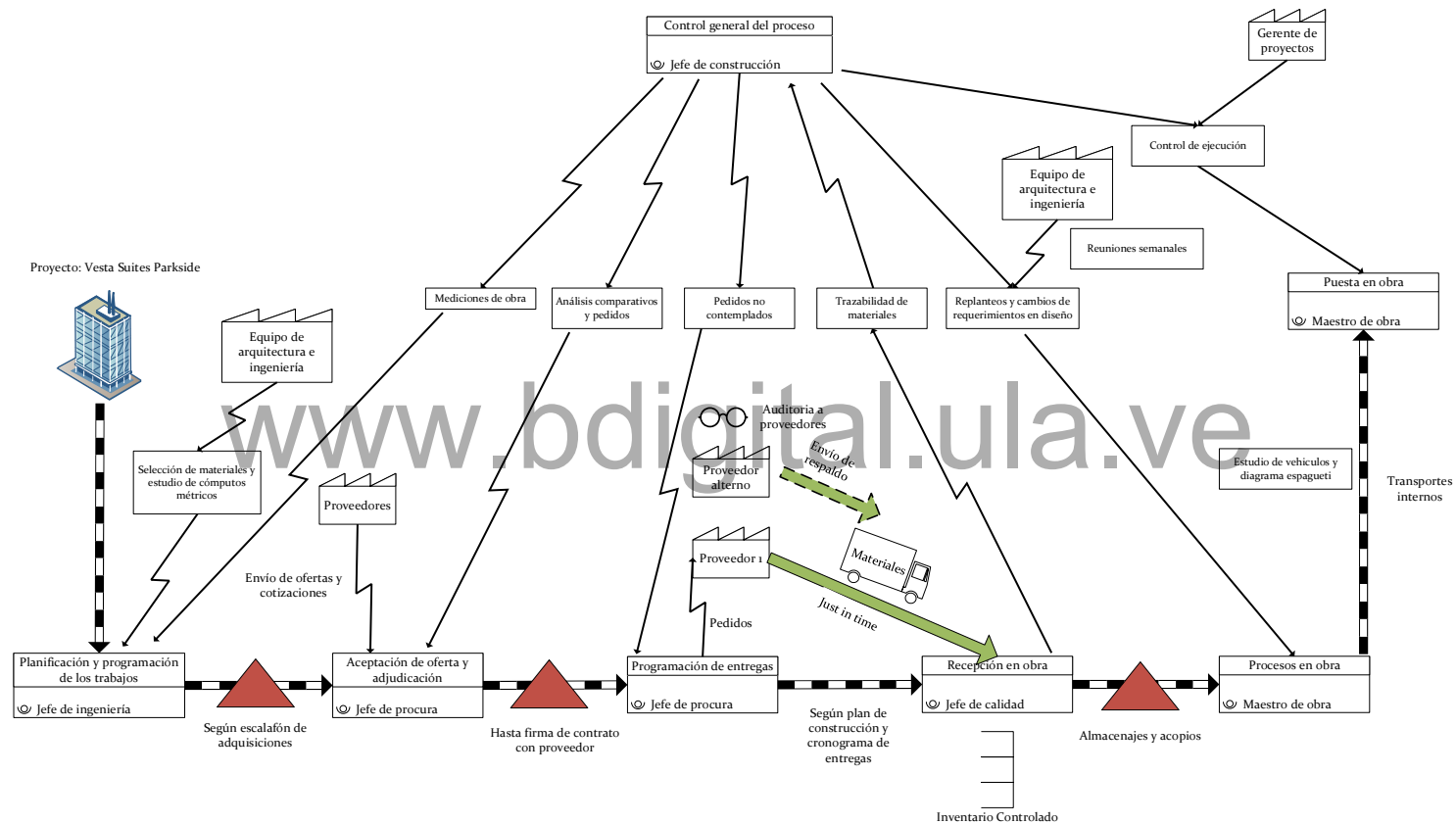


Imagen 15 – Diagrama de flujo de valor estado futuro, para el proceso de construcción (elaboración propia, 2024)

4.6 Organización del sitio de obra

A continuación, se presentan las consideraciones generales para la organización de la obra, en lo referente a designación de espacios, recorridos y logística de los diferentes elementos.

En vista del poco espacio con que se cuenta dentro del terreno que emplazará al edificio para resguardo de maquinaria y equipo, zona de acopio transitorio de materiales, talleres y movilización de personal, se propone el alquiler un terreno actualmente designado como estacionamiento vehicular, ubicado al oeste del terreno, entre las calles *Parkside* 4 y 5.

Adicionalmente se plantea dividir la distribución del sitio en lo que se identificaron como cinco grandes etapas durante el proceso de construcción de infraestructura del edificio, las mismas son las que se muestran en seguida:

4.6.1 Etapa I (semana 1-semana 3)

Características: comienzo de la obra, las actividades principales en esta fase se basan en la protección de los futuros taludes verticales del terreno con tablestacado, desmonte y movimiento de tierra hasta la cota de los pilotes de *Geopiers*. Es necesario establecer una buena logística en lo referente al bote de material que se extrae de las excavaciones, ya que no existe terreno suficiente para almacenar grandes volúmenes de material.

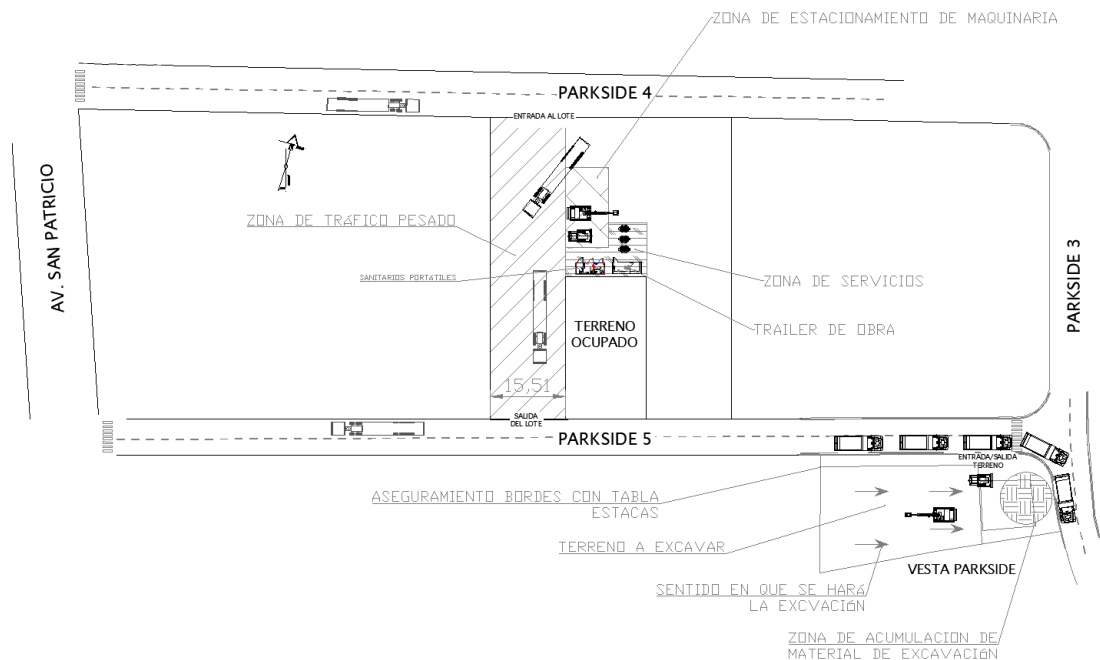


Imagen 16 – Organización del sitio de obra, etapa I (elaboración propia, 2024)

Ubicado a lo largo de la Avenida San Patricio, el sitio del proyecto proporciona un acceso conveniente a esta importante vía, facilitando así la entrada y salida de vehículos y maquinaria a través de las calles adyacentes, Parkside 3, 4 y 5. Dentro del estacionamiento alquilado, se ha designado una zona de tráfico pesado, asegurando un corredor seguro y eficiente para el tránsito de vehículos de construcción pesados y equipos necesarios en el día a día de la obra. La entrada al lote, claramente marcada en el plano, dirige este tráfico desde y hacia la avenida principal, lo que minimiza las interrupciones en el flujo de trabajo y mejora la seguridad general.

La zona de estacionamiento de maquinaria está estratégicamente ubicada para permitir una rápida movilización de equipos sin obstaculizar las operaciones centrales. Este espacio es esencial para mantener el orden y la eficiencia, asegurando que cada pieza de equipo tenga un lugar designado fuera de las horas de operación activa. Por otra parte, la zona de servicios se presenta como un núcleo de apoyo vital para el personal de la obra, ofreciendo facilidades

temporales como oficinas, servicios sanitarios y áreas para descanso y alimentación. Además, los tráileres de obra situados en este espacio actúan como centros de comando móviles, facilitando la gestión y la coordinación de la construcción.

La seguridad y la preparación para las etapas subsiguientes de construcción son evidentes en la demarcación del terreno a excavar y la zona de acumulación de material de excavación, esta última sirviendo como un lugar específico para depositar de manera segura los residuos y materiales removidos durante el proceso de excavación. El sentido en que se realizará la excavación también está claramente indicado, lo que ayuda a planificar el progreso de la obra y la logística asociada a la remoción de tierras.

Finalmente, la técnica de aseguramiento de bordes con tabla estacas se muestra como un método para reforzar y proteger los límites del sitio de excavación, lo cual es crucial para la integridad estructural y la seguridad de los trabajadores.

4.6.2 Etapa II (semana 4-semana 11)

Características: la primera fase de movimiento de tierra se encuentra concluida, por lo que se procede a iniciar con las excavaciones del terreno, las cuales permiten mejorar la capacidad de carga del suelo a través de la técnica del *Geopiers*. La logística en esta etapa se centra en la capacidad de gestionar rápidamente la entrada de material granular al sitio de obra, adicionalmente se debe cuidar muy bien las pendientes de las rampas de acceso, así como también el de achicar el terreno en caso de presentarse temporales con precipitaciones las cuales son muy comunes para la época del año.

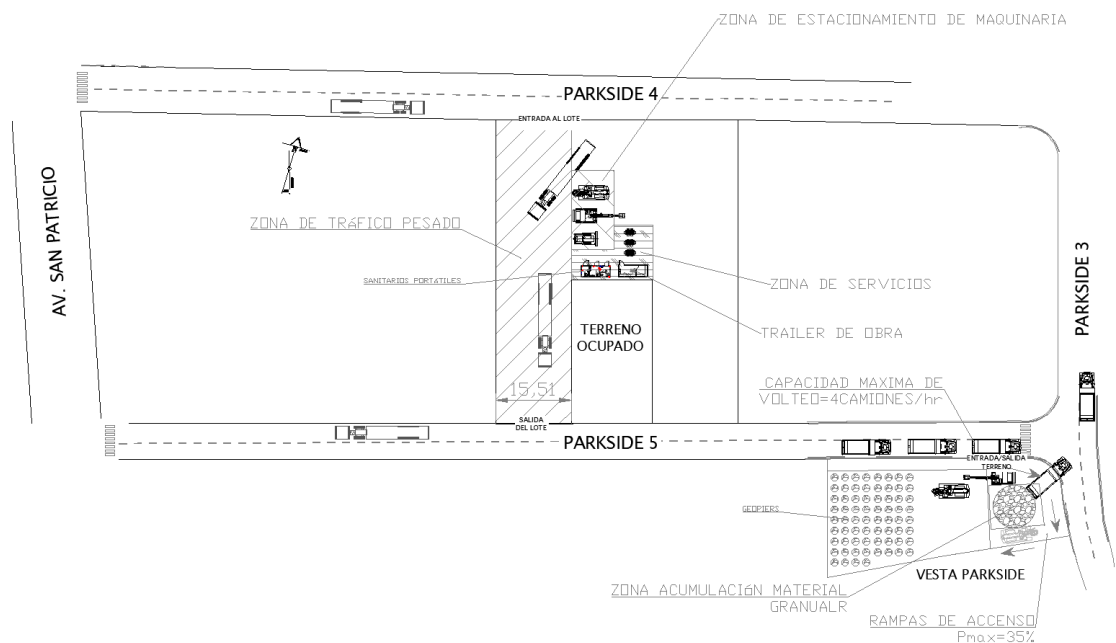


Imagen 17 – Organización del sitio de obra, etapa II (elaboración propia, 2024)

En esta etapa se hace referencia a la circulación que deben tener los volteos al momento de ingresar a la zona, además de la capacidad máxima que tendrán estos por hora. De esta manera se propone una operación de alta eficiencia y un ritmo constante de trabajo en la obra.

El plano también indica una zona de acumulación de material granular, que se ha asignado para depositar los materiales del préstamo, garantizando que la adición de material se maneje de manera ordenada y eficiente. Las rampas de acceso deben asegurar una pendiente máxima del 35% ofreciendo un acceso adecuado a diferentes niveles del sitio, lo cual es crucial para la movilidad, transporte y acomodo de materiales y personal a través del proyecto.

Finalmente se muestra cómo será el ordenamiento y la circulación del tráfico de los vehículos de volteo que llegarán desde y hacia las zonas de préstamo.

4.6.3 Etapa III (semana 12-semana 22)

Características: la confección y prueba de los *Geopiers* ha finalizado por lo que inicia la construcción de las losas que sostendrán el edificio. En esta etapa la logística se basa en dos frentes:

- El primero busca organizar el lote alquilado, de tal forma que permita gestionar los materiales que han de llegar a la obra en días específicos, ya que no se contemplan grandes acumulaciones de inventarios.
- El segundo demuestra cómo será el proceso de vaciado de las distintas losas y muros estructurales del proyecto.

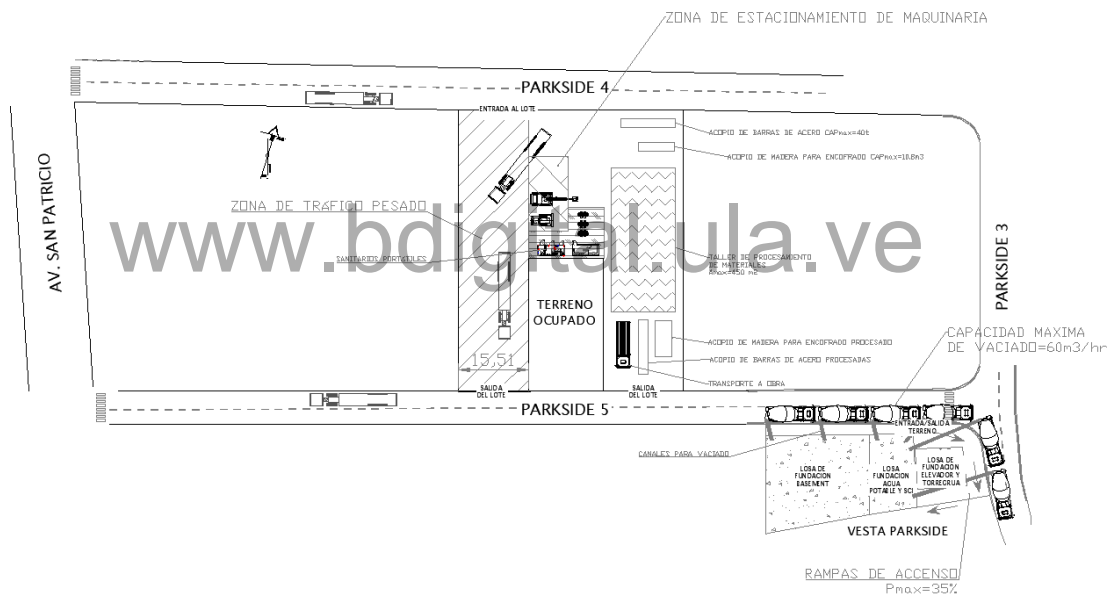


Imagen 18 – Organización del sitio de obra, etapa III (elaboración propia, 2024)

En un sector del sitio, se propone el acopio de inventarios transitorios de barras de acero con una capacidad aproximada de 40 toneladas y madera para encofrado con una capacidad aproximada de 10.8 m³. Junto a estas zonas de acopio se encuentra un área etiquetada como taller de procesamiento de materiales, la cual pretende establecer una zona de 450 m² dedicada al tratamiento y preparación de estos antes de su uso en el sitio. Posteriormente,

luego de haber sido trabajados la materia prima en taller, se dispone una zona de materiales procesados, la cual su ubicación busca entorpecer lo menos posible las actividades cotidianas hasta que estos sean transportados al sitio de disposición final en obra.

Por otra parte, la capacidad máxima de vaciado se ha establecido en 60 m³/h, o lo que es lo mismo 6 camiones de premezclado a la vez. El plano también detalla la disposición de los canales para vaciado, que son esenciales para la gestión del flujo de concreto, permitiendo vaciar el concreto desde la calle hasta el lugar de disposición final. Además, se muestran las áreas específicas para los trabajos de cimentación, incluyendo la losa de fundación del edificio, losa de fundación para el elevador (en la cual se propone que sea multipropósito y se siembre la torre grúa que se usará el resto del proyecto), y la losa de fundación de agua potable y sistema contraincendios.

Finalmente, se mantienen las pendientes máximas de acceso a las zonas más bajas del terreno, esto con el fin de facilitar la colocación a mano de los materiales procesados cuando salen del taller.

4.6.4 Etapa IV (semana 23-semana 24)

Características: comprende la segunda fase de movimiento de tierra, en la cual se busca rellenar el espacio remanente entre la losa de fundación del edificio y la losa del nivel del *Basement*. Al igual que en la etapa II del proyecto, la logística se centra en el procesamiento de grandes volúmenes de material proveniente de las zonas de préstamo.

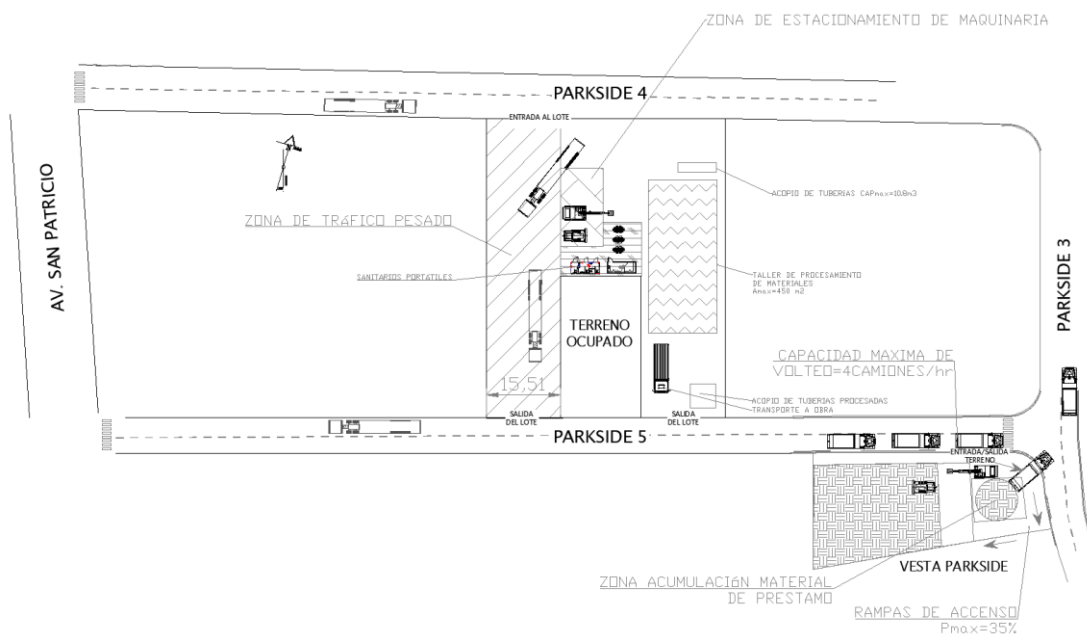


Imagen 19 – Organización del sitio de obra, etapa IV (elaboración propia, 2024)

En la Fase IV de la organización del sitio de construcción del proyecto Vesta Parkside, el diagrama refleja una fase más avanzada con áreas designadas específicamente para el almacenamiento y procesamiento de materiales, así como para el flujo de tráfico y la logística operacional. La Avenida San Patricio continúa siendo el límite por un lado del sitio de construcción, con una zona de tráfico pesado adyacente.

Se propone la zona de acopio transitorio de tuberías con una capacidad aproximada de 10.8 m^3 , lo que apunta directamente a las operaciones de plomería y las necesidades de infraestructura subterránea que serán desarrolladas en esta fase.

La capacidad máxima de volteo de camiones se ha estipulado en 4 camiones por hora, esto referido al posible acomodo que tendrán los volteos en obra para dejar la carga en la zona de acumulación de material de préstamo. Finalmente, las rampas de acceso con una pendiente máxima del 35% continúan siendo un

- Esta ala del edificio, desde el punto de vista estructural, se comportará de manera distinta al resto. Sobre él se erigirán losas sostenidas por tensores por lo que su construcción puede planificarse una vez se retire la torre grúa.

El resto de los elementos en obra se comportará de manera similar a lo anteriormente planteado, manteniéndose las zonas de inventarios transitorios para los materiales que llegan a obra y posteriormente son tratados en el taller. La capacidad máxima de vaciado de concreto se prevé se mantenga sobre los 60 m³.

A medida que se vayan construyendo las facilidades de acceso permanente dentro del edificio, se estima que las rampas provisionales con 35 % de pendiente se retirarán paulatinamente.

4.6.6 Análisis de vehículos de trabajo

A continuación, se presenta en **Tabla 7**, el análisis de los vehículos a utilizar para el transporte de materiales, equipos y personal que desarrollará el proyecto., el mismo toma las siguientes consideraciones:

- La carga de trabajo se divide en dos (2) categorías: pesada y liviana.
- Transporte a través de zona residencial, por lo tanto, los vehículos deben ser lo suficientemente compactos para navegar por calles urbanas.
- Los accesos son de doble vía y el ancho total de la calzada no sobrepasa los 7 m.
- Recomendaciones basadas en los vehículos de trabajo más comerciales de los Estados Unidos.
- Los vehículos recomendados son versátiles y pueden adaptarse a diferentes tipos de carga y requisitos de transporte

Tabla 7 – Análisis de vehículos de trabajo

Tipo de Carga	Uso	Modelo (US)	Cantidad
Pesada	Transporte de maquinaria pesada y cargas voluminosas	Kenworth T880, Peterbilt 579	2
	Transporte y auto-carga/descarga de materiales pesados	Grove TMS9000-2, Link-Belt HTC-86110	1
	Transporte de material suelto y descarga por volcado	Mack Granite, Peterbilt 367	5
	Flexibilidad en la entrega y reducción de congestión vial	Ford F-750, Freightliner M2 106	1
Liviana	Transporte de cargas livianas y herramientas	Ford F-150, RAM 1500	3
	Transporte seguro de herramientas y equipos pequeños	Ford Transit, Chevrolet Express	1
	Transporte de cargas que no requieren un camión grande	U-Haul, Penske	1
	Maniobra en calles estrechas, carga específica	Chevrolet Colorado, Ford Ranger	1

4.6.7 Diagrama de espagueti – flujo de trabajo

A continuación, se presenta el diagrama de espagueti, el cual busca ilustrar el flujo físico de trabajo, materiales y personas a través de todas las etapas constructivas del proyecto Vesta Suite Parkside.

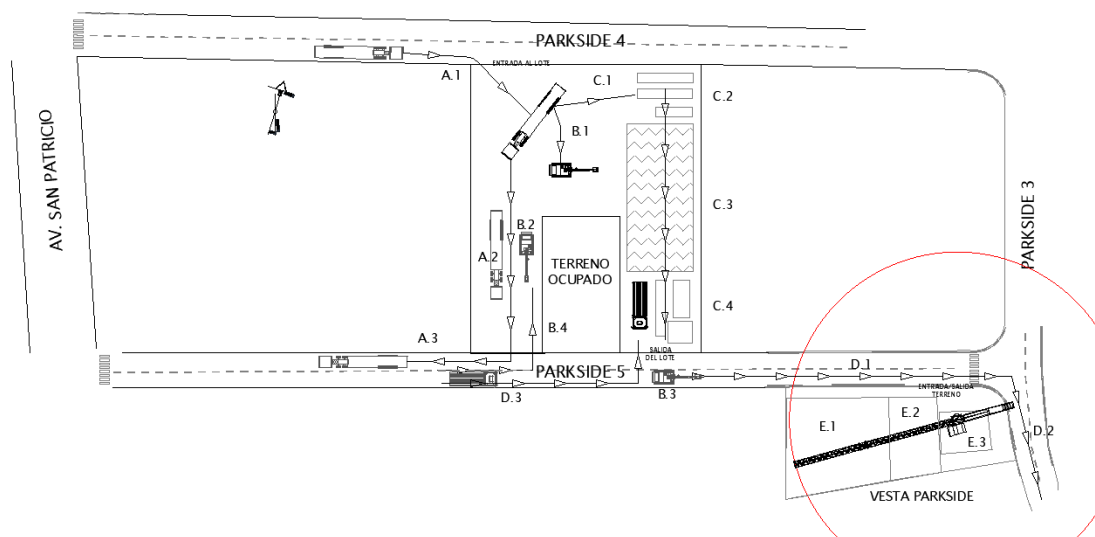


Tabla 8 – Matriz de encargados de movimientos

Identificación	Procedimiento	Responsable
A.1	La mayoría de los materiales, equipos y personal, llegan al lote en alquiler desde la AV. San Patricio ingresando por la entrada ubicada en Parkside 4. Una vez dentro se abren las opciones B.1 y C.1.	Logística de transporte
A.2	Una vez dejada la carga, el vehículo procede a pasar por el corredor que lo conectará con la salida que le da acceso a Parkside 5.	Conductor del vehículo
A.3	Ya en Parkside 5, el vehículo procede a salir del recinto por la AV. San Patricio.	Conductor del vehículo
B.1	En caso de que el transporte se tratase de maquinaria, personal o equipo, se procede a ser despacharlo en la zona de estacionamiento, a espera de nuevas instrucciones para las actividades a realizar.	Supervisor de sitio
B.2	Inmediatamente dadas las instrucciones se procede a pasar por el corredor que lo conectará con la salida que le da acceso a Parkside 5.	Maquinaria/Personal
B.3	Una vez en Parkside 5, la maquinaria, personal o equipo se dirigirá a la zona de obra a realizar las actividades encomendadas, siguiendo el orden de ejecución (E1, E2, E3) según el momento en que se encuentre la obra.	Operadores/Trabajadores
B.4	Justo después de terminar las actividades, la maquinaria, personal o equipo, se procederá a salir por Parkside 3, se accederá por la AV. San Patricio a Parkside 5 y se entrará al lote en alquiler.	Operadores/Trabajadores
C.1	En caso de tratarse de materiales, se procederá a ser despachados en la zona de acopio temporal.	Equipo de acopio
C.2	Una vez emplazados los materiales, el personal encargado registrará la llegada de los mismos y se girarán	Personal de acopio

Identificación	Procedimiento	Responsable
	instrucciones al taller sobre el tratamiento o diseño que será aplicado a la materia prima en acopio para los días venideros.	
C.3	De acuerdo a las instrucciones recibidas, el personal de taller procederá a ejecutarlas.	Personal de taller
C.4	A continuación, el personal de taller, dirigirá la materia prima tratada a las afueras de la manufactura a espera de ser cargados y transportados a obra.	Personal de taller
D.1	Una vez cargado el transporte, se dirigirá por Parkside 5 a la zona de obra a ubicar los materiales siguiendo el orden de ejecución (E1, E2, E3) según el momento en que se encuentre la obra.	Personal de logística
D.2 y D.3	Finalizado el paso anterior, el vehículo se procederá a salir por Parkside 3, se accederá por la AV. San Patricio a Parkside 5 y se entrará al lote en alquiler.	Conductor del vehículo
E1, E2, E3	Representan el orden en que se propone se realicen los trabajos. Mediante la división del terreno en 3 partes se busca la ejecución modular de la obra, esto quiere decir que, por ejemplo: para las actividades de movimiento de tierra debe ejecutarse la excavación en la zona designada como E.1, luego en el espacio E.2 y por último en E.3, siguiendo el ciclo hasta finalizar la actividad.	Equipo de construcción

4.7 Planificación y programación Lean

A continuación, se presenta las características generales del plan de construcción propuesto para la ejecución de la infraestructura del proyecto *Vesta Suites Parkside*, el mismo ha sido elaborado considerando: la comprensión que tiene el autor de este trabajo de grado sobre *Lean Construction*, la identificación de valor para el cliente, los objetivos y metas *Lean* propuestos, los *Kaizen* detectados y la organización de obra planteada.

- **Inicio del Proyecto:** la fecha de inicio se estableció para el lunes 1 de julio de 2024.
- **Gestión:** se consideró todas aquellas tareas que, si bien no están relacionadas directamente con la ejecución del edificio, deben ser realizadas por el gerente de obra para asegurar que todo el proceso de construcción se realice en los mejores términos de valor y calidad.
 - **Permisería:** esta categoría incluyó varias tareas relacionadas con la obtención de permisos, como bien pueden ser: tala de árboles, demolición de estructura publica existente, movimiento de tierra, transporte de maquinaria pesada, instalaciones provisionales de electricidad, instalación provisional de aguas blancas y negras, aspectos ambientales, seguridad y salud ocupacional, comunicaciones (permisos comunidad Parkside).
 - **Clima y contingencias:** se incluyeron tareas periódicas de seguimiento meteorológico cada 3 días, ya que el clima jugará un papel determinante en el desarrollo de los trabajos.
 - **Seguridad y salud:** relacionado con el fortalecimiento de los principios relativos a la formación y capacitación del personal en obra, en temas de trabajo seguro. Adicionalmente se plantearon actividades para la implementación de medidas de seguridad en obra, inspecciones y mantenimiento. Todo esto se supervisa con actividades de control y seguimiento.
 - **Control de la calidad:** se planteó las acciones necesarias en cada una de las etapas de la obra, referente al aseguramiento de la calidad esperada en cada producto elaborado o recibido de un tercero, como bien puede ser llegar a la densidad al momento de compactar el terreno, resistencia del concreto

requerida según diseño, materiales lleguen en cantidad y calidad solicitada, entre otros.

- **Comunicación y coordinación:** se estableció los días para las reuniones de inicio y final de semana, esto con el fin mantener a todas las partes interesadas al tanto de las actividades que se realizan cada semana del proyecto.
- **Procura y Construcción:** categoría general, la cual encasilló todas las actividades relacionadas con la adquisición de materiales, contratación de servicios y la propia construcción de infraestructura. Todas las procuras de este apartado se encuentran doblemente respaldadas para evitar retrasos en las adquisiciones.
 - **Maquinaria pesada, equipo y servicios:** consideró el alquiler de maquinaria pesada y equipo necesario para la construcción.
 - **Trabajos preliminares:** actividades que preparan el sitio para el inicio de la construcción, adicionalmente en él se consideraron todas las actividades relacionadas con la procura de materiales y equipos.
 - **Movimiento de tierra:** representó las actividades para modificar el terreno, como excavaciones y rellenos.
 - **Obra civil:** se refirió a las obras de construcción relacionadas con infraestructuras como fundaciones, vigas, losas, entre otros.
 - **Obra eléctrica:** se consideraron las actividades para instalación de canalizaciones eléctricas, más no la de instalación de conductores.
 - **Obra de plomería:** instalación de tuberías y sistemas relacionados con el agua.

- **Obra mecánica:** instalación de sistemas mecánicos, como sistema contra incendios (SCI) y sistema diésel para motores.
- **Limpieza y adecuación:** actividades finales para asegurar que el sitio esté limpio, ordenado y adecuado para cada una de las siguientes etapas del proyecto.
- **Final construcción de infraestructura:** este hito indica la finalización de toda la infraestructura relacionada con el proyecto, la cual se tiene pautada para el miércoles 29 de enero del 2025.

Para conocer todos los por menores en lo relativo a fechas de inicio y final, así como también la extensión de otras actividades abarcadas en el plan de construcción, ver documento anexo llamado “plan_de_construcción_Vesta_Suites_Parkside.pdf”.

www.bdigital.ula.ve

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

De acuerdo a los planteamientos iniciales de este trabajo de grado y entorno al procedimiento planteado para el desarrollo del plan de construcción, se establecen las siguientes conclusiones:

Los requerimientos específicos del proyecto *Vesta Suite Parkside* en el contexto de *Lean Construction*, fueron en esencia, evaluar las necesidades operativas y logísticas del proyecto, con respecto a la gestión de materiales de construcción, transportes internos, espacio en obra, seguridad laboral y comunicaciones entre los involucrados, asegurando de esta manera que todos los aspectos de la construcción lean se abordaran de manera efectiva y coherente no sólo con los principios de esta metodología, sino también con la visión general que debe tener un gerente de obra en campo.

En lo relativo al impacto que podría tener la metodología *Lean* en el desarrollo de un plan de construcción y el desarrollo de las actividades, se observa que:

- Esta metodología favorece una organización del trabajo más estructurada y eficiente comparada con otras tradicionales. Esto se debe al enfoque de *Lean* en la minimización de desperdicios y la maximización del valor en cada etapa del proceso de construcción. La aplicación de principios como la planificación *pull* y el flujo continuo permite una coordinación más efectiva y una reducción de los tiempos muertos entre actividades.

- El enfoque en la mejora continua y la eliminación de procesos que no agregan valor podría resultar en una ejecución más rápida y con menos errores.
- La implementación de *Lean Construction* podría contribuir a la reducción de los plazos de ejecución del proyecto. Al eliminar potenciales retrasos, añadiendo buffer o tiempo adicional a las actividades y optimizando el flujo de trabajo, los proyectos tienen gran potencial de poder completarse en un tiempo menor, lo cual es un beneficio considerable frente a las metodologías tradicionales que tienden a tener mayores variabilidades en sus cronogramas.
- Para que la implementación de *Lean Construction* sea exitosa, es esencial una adecuada capacitación del equipo (en todos sus niveles) y una firme adopción de la filosofía por parte de todos los implicados en el proyecto. La resistencia al cambio es un desafío considerable, y la capacitación ayuda a mitigar estos problemas al educar al personal sobre los beneficios y prácticas de *Lean*.

Por otra parte, es viable establecer un plan de construcción de infraestructura para el proyecto *Vesta Suites Parkside*, basado en las recomendaciones y buenas prácticas que ofrece la metodología *Lean Construction*, ya que a través de este puede lograrse una mejora significativa en la eficiencia en el desarrollo de actividades y una reducción de desperdicios en el proyecto, permitiendo de esta manera alcanzar los objetivos *Lean*, establecidos en este trabajo de grado, los cuales están estrechamente ligados a la definición de valor de cada uno de los involucrados.

En el mismo orden de ideas, se destacan herramientas *Lean* que fueron utilizadas en el diseño del plan, como lo fueron la planificación *Pull*, VSM, el método Kaizen y el principio de las 5s.

La inclusión de la planificación *Pull*, busca asegurar que todas las actividades de construcción se basen en la demanda real, minimizando lo que resulta crucial para la administración del espacio en este proyecto, como son los inventarios. Esto se logra a través del establecimiento de un cronograma claro de entrega de materiales y equipos.

Por otro lado, el uso de VSM y *Kaizen*, persiguen visualizar y entender todo el flujo de valor dentro del proceso de construcción del proyecto en su estado actual, identificando así las áreas donde se puede eliminar el desperdicio y mejorar la eficiencia. Este enfoque sistemático no sólo mejora la calidad del resultado final, sino que también reduce los costos y los tiempos de ciclo, alineando el proyecto más estrechamente con los principios de producción ajustada.

El plan de construcción presentado también toma en consideración el principio de las 5S (ordenar, organizar, limpiar, estandarizar y sostener) surgiendo actividades que buscan establecer un entorno de trabajo organizado y eficiente, fundamentado en la seguridad y la productividad en el sitio de construcción.

La importancia de la colaboración entre todos los agentes involucrados en el proyecto, desde la etapa de diseño hasta la ejecución. La filosofía *Lean* promueve una cultura de trabajo en equipo y comunicación abierta, aspectos que son primordiales en el plan desarrollado, ya que todos los elementos del proyecto estén alineados y que se minimicen los conflictos y malentendidos. Esto se proyecta para que sea logrado a través del establecimiento claro de la matriz de comunicaciones y la programación de reuniones frecuentes para dar estatus del proyecto.

Se pudo conocer a posteriori, que el planteamiento inicial bajo la metodología tradicional para las actividades de construcción de infraestructura

del edificio Vesta Suites Parkside abarca un total de 258 días. Por otra parte el diseño de planificación de construcción elaborado por el investigador, bajo la metodología *Lean Construction*, arrojó una duración estimada de 212 días calendarios, destacándose de esta forma que bajo la metodología *Lean* se podría obtener una reducción en la duración final del proyecto de 17,58 %.

www.bdigital.ula.ve

5.2 Recomendaciones

A continuación, se hacen una serie de recomendaciones adicionales, las cuales pueden ser integradas al plan de construcción de la edificación para aumentar el valor esperado, la gestión, logística y calidad de la obra.

5.2.1 Integración Tecnológica

Implementación de software de gestión de proyectos: utilizar plataformas de software avanzadas que integren la programación, la documentación, y la comunicación en tiempo real. Esto mejora la coordinación entre los equipos, facilita el seguimiento del progreso, además de permitir identificar y resolver rápidamente los problemas.

Tecnología BIM (Building Information Modeling): aprovechar las ventajas del BIM para una planificación más precisa, gestión de conflictos en el diseño, y simulaciones de construcción. BIM puede facilitar la visualización de cada etapa de construcción, optimizar la planificación de los recursos, y mejorar la toma de decisiones basada en modelos detallados y actualizados.

5.2.2 Sostenibilidad y eficiencia energética

Enfoque en sostenibilidad: considerar la implementación de estrategias de construcción sostenible que vayan más allá de los materiales de construcción, incluyendo la eficiencia energética del edificio, el manejo del agua, y la calidad del aire interior. Estas prácticas no solo benefician al medio ambiente, sino que también pueden reducir costos operativos a largo plazo, además de aprovechar incentivos fiscales provenientes de la reducción de la demanda energética del edificio.

Certificaciones de sostenibilidad: buscar certificaciones ambientales, como LEED o BREEAM, que puedan agregar valor al proyecto, incrementar su

atractivo para inversores y ocupantes, y demostrar el compromiso de la empresa con la sostenibilidad.

5.2.3 Optimización de logística y gestión de materiales

Optimización del transporte y logística: implementar un sistema de gestión logística más dinámico, utilizando tecnologías como GPS y RFID (*Radio Frequency Identification*) para el seguimiento en tiempo real de entregas y materiales, reduciendo así los retrasos y mejorando la eficiencia del sitio.

Gestión avanzada de inventarios: aplicar técnicas más avanzadas de gestión de inventarios, a través de softwares que permitan conocer en tiempo real la cantidad en stock, frecuencia en que se utilizan los materiales o localización de los mismos en el sitio de acopio temporal.

www.bdigital.ula.ve

Bibliografía

- Alcántara, D. G. (2013). Aplicación de herramientas Lean en la gestión de proyectos de edificación. Valladolid, Castilla y León, España.
- Anderson, D. J. (2010). *Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*.
- Araujo , A., Avila , K., Barbaran, C., Castillo , F., & Chinchihualpa , J. (5 de Diciembre de 2019). Implementación de herramientas Lean Construction en proyectos multifamiliares de densidad media. Caso Proyecto Precursores en Surco. Lima.
- Baldwin, A., & Bordoli, D. (2014). *Handbook for Construction Planning and Scheduling*. Wiley & Sons.
- Ballard, G., & Howell, G. (2002). Lean project management. *Building Research and Information*, 15.
- Barrera, J. H. (2010). *El proyecto de investigacion*. Bogota - Caracas: Quiron.
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation*. Buckingham: Picsie Books.
- CH4. (agosto de 2003). CH4-PRO-PR-02: evaluación y revaluación de proveedores rev.2.
- CH4. (agosto de 2023). CH4-PRO-CP-01: Caracterización del proceso de procura rev. 6.
- COVENIN. (3 de Diciembre de 1998). *TERMINOLOGÍA DE LAS NORMAS COVENIN-MINDUR DE EDIFICACIONES*. Caracas, Venezuela: FONDONORMA.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2015). *Construction and Demolition Debris Generation in the United States*. Obtenido de www.epa.gov:

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/construction-and-demolition-debris-generation-in-the-united-states.pdf>

European Environment Agency (EEA). (2017). *Construction and Demolition Waste Management in the European Union*. Obtenido de www.eea.europa.eu:

<https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-management-in>

Guzman , C., & Suarez, P. (31 de Octubre de 2011). *La "filosofía Lean Construction"*. Obtenido de es.slideshare.net:
<https://es.slideshare.net/GrupoEdifica/presentacion-pucp-lean-construction-parte-i-edifica>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL.

Informesdeexpertos. (2024). *Análisis del Mercado de la Construcción en América Latina*. Obtenido de informesdeexpertos.com:
<https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-de-la-construccion>

Jacobs, F., Chase, R., & Lummus, R. (2014). *Operations and supply chain management*. Nueva York, E.E.U.U.: McGraw-Hill/Irwin.

Koskela, L. (2000). *Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction*. Helsinki: VTT Technical Research Centre of Finland.

Langford, D. (2004). *Handbook of Construction Project Management*.

Larson, C., & Lafasto, F. (1989). *Teamwork: What Must Go Right/What Can Go Wrong*. Sage.

- Leong, C. K., & Chow, C. W. (2017). The effect of planning on construction project performance: A case study. *Journal of Management in Engineering*, 23(5), 309-317.
- Liker, J. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. Nueva York, E.E.U.U.: McGraw-Hill.
- Martin, K., & Osterling, M. (2013). *Value Stream Mapping: How to Visualize Work and Align Leadership for Organizational Transformation*.
- McKinsey Global Institute (MGI). (Febrero de 2017). *Reinventing construction: A route to higher productivity*. McKinsey & Company.
- Meredythy, D., & Ogunlana, S. (2008). The impact of poor planning on construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 15(3), 228-236.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Tokio: Productivity Press.
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). *Informe anual 2019*. Obtenido de [www.unido.org: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-05/Annual%20Report%202019%20%28SP%29.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-05/Annual%20Report%202019%20%28SP%29.pdf)
- Palmer, P., & Mobley, K. (2015). *Total Productive Maintenance: Strategies and Implementation Guide*.
- Peterson, J. (s.f.). *Implementing 5S in the Workplace*.
- Pinedo, M. (2016). *Scheduling: Theory, algorithms, and systems*. Cham. Suiza: Springer International Publishing.
- Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Fundacion laboral de la construccion.

- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B., & Owen, R. (2009). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136 (9), pp. 968-980.
- Salcedo, E., & García, F. (s.f.). *Applying Lean Construction*.
- Salcedo, E., & García, F. (s.f.). *Lean Construction*.
- Sanchez, A., Rosa, D., & Benavides, P. (Diciembre de 2014). Implementación del sistema lean construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas. Cusco, Peru.
- Scholz-Reiter, B., & Stickel, E. (2012). Manufacturing control: Principles, configurations, and methods for discrete continuous and batch production. Londres, Inglaterra: Springer.
- Seppanen, O., & Kenley, R. (2010). *Location Based Management for Construction Planning Scheduling and Control*. Londres y Nueva York: Spon Press.
- Shen, Q., Skitmore, M., & Ashworth, A. (2005). The impact of planning on construction project performance. *Construction Management and Economics*, 23(6), 571-579.
- Shingo, S. (2018). *Quick Changeover for Operators: The SMED System*.
- Silver, E., Pyke, D., & Peterson, R. (1998). Inventory management and production planning and scheduling. Nueva York, E.E.U.U.: Wiley.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). El Proceso de la Investigación Científica. Mexico DF, Mexico: Limusa.
- Terrazas, R. (2011). Planificación y programación de operaciones. *Perspectivas* n.28.

Velásquez, E. (23 de Noviembre de 2020). Planificación y Programación para la Construcción de una Estación de Tren Subterránea de la Línea 2 del Metro de Lima y Callao, Aplicando la Metodología Lean Construction para el Control y Ejecución del Proyecto. Lima, Peru.

Vivar, C. G., McQueen, A., Whyte, D. A., & Canga, N. (2013). Primeros pasos en la investigación cualitativa: desarrollo de una propuesta de investigación. *Index Enferm.* Granada, España: <https://dx.doi.org/10.4321/S1132-12962013000300007>.

Womack, J., & Jones, D. (1996). *The Lean Thinking*.

www.bdigital.ula.ve

Nombre y Apellidos:

Andrés David Andrade Montilla

Cédula de Identidad:

22.986.218

Fecha de Nacimiento:

12 de marzo de 1993

Estudios y Títulos de Educación Superior:

- **Ingeniería Civil** – Universidad de los Andes (U.L.A.) – Graduado en 2021
- **Especialización en Gerencia de la Construcción** – Facultad de Arquitectura de la U.L.A. – En curso

Cargos Principales, Académicos y Administrativos:

- **Ingeniero Civil** – Universidad de los Andes – 2013 – 2021. Formación en instalaciones, hidráulica, estructuras y suelos.
- **Delineante/Dibujante Técnico** – CH4 – 2020 – 2023. Desempeño en digitalización de planos en AutoCAD, modelado de estructuras en Revit, y representación de modelos de obras lineales en Civil 3D.
- **Líder de proyectos** – Corporación Vnet – 2023 – Actualidad. Responsable de dirigir, coordinar y supervisar todas las fases de los proyectos para asegurar que se completen de manera exitosa, dentro del tiempo estimado, presupuesto establecido y con la calidad requerida.

Publicaciones Realizadas: