

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE SISTEMA
DE LOSA ALIGERADA TRADICIONAL Y
PREFABRICADA VIGACERO EN UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR DE 4 PISOS, TRUJILLO 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Ingrid Katherine Vasquez Zegarra

Asesor:

Mg. Ing. Nixon Brayan Peche Melo
<https://orcid.org/0000-0002-4690-3518>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	Sagástegui Vasquez, German	45373822
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	Díaz García, Gonzalo Hugo	40539624
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 3	Alvarado Ruiz, Cinthya	71412783
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

INFORME SIMILITUD

Document Information

Analyzed document	TESIS PREGRADO INGRID VASQUEZ ZEGARRA.pdf (D157792168)
Submitted	2023-02-03 22:39:00
Submitted by	Nixon Brayan Peche Melo
Submitter email	nixon.peche@upn.edu.pe
Similarity	15%
Analysis address	nixon.peche.delnor@analysis.arkund.com

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mis padres, Corina y Juan, por haber sido pilar fundamental en mi educación, además de ser mi soporte en todo este tiempo. Igualmente se la dedico a mis hermanas Isabel, Lia y Aracely por brindarme su apoyo y sacarme sonrisas en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la sabiduría y tenacidad para seguir adelante, así como mostrarme el camino a elegir para seguir cumpliendo mis metas. A mis familiares, por apoyarme en mi formación académica y profesional, inculcándome los valores que me permitirán ser una profesional ética y con principios. A mis amistades por ser parte de mi vida, y darme su aliento para continuar en los momentos difíciles. A mi asesor de tesis, por apoyarme en la elaboración de este trabajo, por su tiempo y consejos a lo largo de este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Antecedentes	20
1.3. Bases teóricas	25
1.4. Formulación del problema	41
1.5. Objetivos	42
1.6. Hipótesis	43
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	44
CAPÍTULO III: RESULTADOS	52
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	80
REFERENCIAS	89
ANEXOS	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ventajas funcionales del sistema Vigacero	28
Tabla 2: Características de la vigueta Vigacero	30
Tabla 3: Características de los casetones de EPS	31
Tabla 4: Características de ladrillo de arcilla	36
Tabla 5: Características acero de refuerzo.....	37
Tabla 6: Clasificación de Variable de la Investigación	45
Tabla 7: Comparativo de m ³ de concreto utilizado por m ² entre ambos sistemas.	52
Tabla 8: Análisis de precios unitarios de concreto en losa aligerada.....	52
Tabla 9: Comparativo en partida de concreto en losa aligerada.....	53
Tabla 10: Comparativo de kilos de acero utilizado por m ² entre ambos sistemas.	53
Tabla 11: Análisis de precios unitarios de acero en losa aligerada	54
Tabla 12: Comparativo en partida de acero en losa aligerada.....	54
Tabla 13: Aporte unitario de madera en una losa aligerada tradicional.	55
Tabla 14: Aporte unitario de madera en una losa aligerada con Vigacero.....	58
Tabla 15: Análisis Unitario de Madera de cada sistema.	59
Tabla 16: Análisis de precios unitarios de encofrado y desencofrado en losa aligerada tradicional.	59
Tabla 17: Análisis de precios unitarios de apuntalamiento y desencofrado en losa aligerada Vigacero.....	60
Tabla 18: Costo unitario de encofrado y desencofrado por m ²	60
Tabla 19: Análisis comparativo de ambos sistemas en la partida de encofrado.	60
Tabla 20: Análisis comparativo en las partidas de material aligerante	61
Tabla 21: Análisis de precios unitarios de colocación de ladrillo para techo	62
Tabla 22: Análisis de precios unitarios de colocación de casetones EPS para losa aligerado	62
Tabla 23: Costo unitario de la colocación del material aligerante en cada sistema	62

Tabla 24: Análisis comparativo en las partidas de material aligerante	63
Tabla 25: Análisis comparativo de la cantidad de Personal y el rendimiento necesario para cada partida entre ambos sistemas.....	63
Tabla 26: Análisis comparativo de la diferencia de costos de mano de obra entre ambos sistemas.....	63
Tabla 27: Análisis de precios unitarios de colocación de viguetas prefabricadas.....	64
Tabla 28: Presupuesto de viguetas prefabricadas Vigacero	64
Tabla 29: Análisis de precios unitarios de tarrajeo de cielo raso	64
Tabla 30: Análisis de precios unitarios de tarrajeo de cielorraso con Vigacero	65
Tabla 31: Análisis comparativo entre ambos sistemas en la partida de tarrajeo	65
Tabla 32: Análisis comparativo costo total en la partida de tarrajeo	65
Tabla 33: Análisis de precio unitario por m ² del sistema tradicional.....	66
Tabla 34: Análisis de precio unitario por m ² del sistema Vigacero.	66
Tabla 35: Análisis comparativo de los precios de cada sistema por m ²	66
Tabla 36: Costo directo de la especialidad de estructuras en ambos sistemas	67
Tabla 37: Costo directo total del proyecto en ambos sistemas.....	68
Tabla 38: Gastos Generales Variables en la oficina central	72
Tabla 39: Gastos Generales Variables en la obra.....	72
Tabla 40: Reducción de Gastos Generales Variables.....	73
Tabla 41: Costo directo total del proyecto en ambos sistemas.....	73
Tabla 42: Costo directo total del proyecto en ambos sistemas.....	73
Tabla 43: Variación del costo total del proyecto.....	74
Tabla 44: Análisis comparativo de madera utilizada para encofrado de losa aligerada	74
Tabla 45: Análisis comparativo del agua utilizada en el concreto de losa aligerada	75
Tabla 46: Cuadro comparativo de emisiones de carbono entre ambos sistemas.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes del sistema de Vigacero	29
Figura 2: Vigueta de Acero Galvanizado	29
Figura 3: Tipos de casetones de poliestireno expandido.....	30
Figura 4: Ubicación de las viguetas en las vigas.....	32
Figura 5: Ubicación de los casetones en las viguetas prefabricadas	32
Figura 6: Tuberías eléctricas en los EPS	33
Figura 7: Tarraja manual	33
Figura 8: Instalaciones sanitarias en los casetones de poliestirenos.	34
Figura 9: Malla de temperatura de la losa en sistema Vigacero.....	35
Figura 10: Vaciado de concreto premezclado en sistema Vigacero.....	35
Figura 11: Tablones de madera de 1’’ de espesor.....	37
Figura 12: Encofrado de losa aligerada.....	38
Figura 13: Ladrillo tendido en losa aligerada.....	39
Figura 14: Instalaciones eléctricas y sanitarias en losa aligerada convencional	40
Figura 15: Malla de acero de temperatura y acero de refuerzo.....	40
Figura 16: Techo con losa aligerado vaciado.....	41
Figura 17: Procedimiento de la investigación	49
Figura 18: Encofrado de losa aligerada tradicional.....	55
Figura 19: Paños de losa aligerada del 1° Piso que necesitan encofrado en el sistema	56
Figura 20: Paños de losa aligerada del 2° Piso que necesitan encofrado en el sistema	57
Figura 21: Paños de losa aligerada del 3° Piso que necesitan encofrado en el sistema	57
Figura 22: Paños de losa aligerada del 4° Piso que necesitan encofrado en el sistema	58
Figura 23: Apuntalamiento de losa aligerada de luz de más de 3.00 m Vigacero	59
Figura 24: Manual Técnico Vigacero (2017).....	59
Figura 25: Análisis comparativo de precio total por partida entre ambos sistemas.....	67

Figura 26: Análisis comparativo del costo directo de la especialidad estructuras del proyecto	67
Figura 27: Análisis comparativo del costo directo total del proyecto.....	68
Figura 28: Análisis comparativo del tiempo de ejecución de las losas aligeradas.....	68
Figura 29: Tiempo de ejecución de Sistema tradicional	69
Figura 30: Tiempo de ejecución de Sistema Vigacero.....	70
Figura 31: Análisis comparativo del tiempo de ejecución de las losas aligeradas por partida.....	71
Figura 32: Costo del proyecto de cada sistema.....	74
Figura 33: Análisis comparativo de pies cuadrados de madera utilizada en losas aligeradas por cada sistema	75
Figura 34: Análisis comparativo de litros de agua utilizada en losas aligeradas por cada sistema	76

RESUMEN

Debido a la demanda inmobiliaria, las empresas buscan nuevos sistemas que sean eficientes y logren reducir costos y tiempos, para así reemplazar los tradicionales que muchas veces causan sobrecostos y errores debido a la falla humana. Por lo que, la presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis comparativo referente a costos y tiempos de ejecución, entre el sistema Vigacero y el sistema tradicional de losas aligeradas, en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo. Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo y diseño no experimental a nivel descriptivo. Como resultados se obtuvo, una reducción del costo total del proyecto de S/.24,383.83 soles, utilizando el sistema Vigacero. Asimismo, el tiempo de ejecución de este sistema es 28 días más rápido que el convencional; además de ser el sistema que menos material utiliza para el encofrado y vaciado de losas aligeradas, por lo que tiene menor huella de carbono. Finalmente se concluyó que la mejor opción es el sistema Vigacero, por su menor costo y tiempo de ejecución, que a su vez conlleva a un menor costo de los gastos generales; además de tener menor impacto en el ambiente y ser un sistema liviano y de fácil instalación.

PALABRAS CLAVES: Vigacero, Losas Aligeradas, reducción de costos, reducción de tiempos y elementos prefabricados.

ABSTRACT

Due to the real estate demand, companies are looking for new systems that are efficient and manage to reduce costs and times, to replace the traditional ones that often cause cost overruns and errors caused by human error. That is why this research aims to conduct a comparative analysis about costs and execution times, between the Vigacero system and the traditional system of lightened slabs, in a 4-story single-family home in the city of Trujillo. This research has a quantitative approach, non-experimental design at a descriptive level. As a result, a reduction of the total cost of the project of S/.24,383.83 soles were obtained, using the Vigacero system. Likewise, the execution time of this system is 28 days faster than the conventional one. In addition, it was found that it is the system that uses less material for formwork and emptying of lightened slabs, therefore it has a lower carbon footprint. Finally, it was concluded that the best option is the Vigacero system, due to its lower cost and execution time, which in turn leads to a lower general expense; in addition to having less impact on the environment and being a lightweight system that is easy to install.

KEY WORDS: Vigacero, Lightened Slabs, cost reduction, time reduction and precast elements.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad, los sistemas constructivos más usados en la industria son aquellos que involucran el concreto armado vaciado insitu, que a pesar de su durabilidad y calidad pueden generar en ocasiones sobrecostos y desperdicios. En el caso de las losas aligeradas, el emplear el sistema tradicional resulta en un notable uso de encofrado y acero, que terminan generando un mayor costo, uso de material y mayor tiempo de ejecución. Asimismo, es importante mencionar que el sector construcción en nuestro país, es una de las industrias más activas en la economía, esto relacionado al crecimiento poblacional y el aumento de la inversión. (Espinoza y Guerra, 2018). Por lo que las empresas buscan perfeccionar sus procesos y recursos, de forma que garanticen su rentabilidad, generado una mayor utilidad. Para poder lograrlo, se debe innovar e incorporar nuevas filosofías o aplicar nuevos sistemas y procesos constructivos. Una de ellas, es el uso de elementos prefabricados industrializados, que se elaboran en un proceso productivo bajo condiciones estables y controladas, las cuales permiten la optimización de recursos y materiales (Paye, et al., 2014)

En Ecuador, el sistema tradicional sigue siendo uno de los sistemas más usados debido a su resistencia y durabilidad, sin embargo, debido a la crisis económica en la industria de la construcción ecuatoriana, existe la necesidad de considerar sistemas constructivos más eficientes y a un menor costo, debido a que este determina si es factible o no la realización de la estructura. Por lo que se debe realizar un análisis entre los diferentes tipos de losa de entrepisos para viviendas, que expongan las distintas alternativas de acuerdo con su costo y tiempo de

construcción, lo que permitirá un mercado más accesible y competitivo (Trujillo, 2016).

En Colombia, en los 15 últimos años el avance en productividad del sector construcción ha sido prácticamente nulo, según indica el Consejo Privado de Competitividad, esto debido a la falta de compromiso con la inversión en innovación y tecnología. Es por ello, que la percepción de la población colombiana hacia la construcción es de lentitud y demora en la entrega de los proyectos. Para poder cambiar esto, debe existir mayor competitividad antes las demandas mundiales, reducir y cumplir los plazos contractuales con innovación tecnológica e industrialización de los procesos, sin sacrificar los costos y la calidad de las edificaciones. Por lo que se busca nuevos sistemas que puedan remplazar las estructuras tradicionales, tales como el uso de sistemas prefabricados (Sanabria, 2017).

En Chile, existe iniciativas estatales para el sector construcción como lo es el Programa Construye 2025, que tiene el objetivo de transformar la forma de construir edificaciones para mejorar la productividad y generar un cambio cultural en torno al valor de la sustentabilidad. Helen Ipinza coordinadora de este programa, señala que existe la necesidad de migrar de los procesos tradicionales a un estadio de mayor certidumbre y estándares, lo que se consigue con sistemas constructivos industrializados. Por lo que se propone el uso de elementos prefabricados, pues abarca cuatro ejes estratégicos promoviendo un proceso constructivo más productivo, sustentable y de innovación tecnológica (Valenzuela, 2018).

En el Perú, el proceso constructivo de losa aligerada tradicional es el más usado en las distintas regiones. Este sistema conlleva encofrar el fondo de losa, colocar ladrillos de techo, armar el acero para las viguetas y finalmente, vaciar el concreto en la losa. Sin embargo, muchas veces resulta engorroso, generando

mayores desperdicios, además de los errores cometidos debido a la falla humana. En ese sentido guarda relación el utilizar nuevos sistemas constructivos de calidad que sean confiables y eficaces (Espinoza y Guerra, 2018).

Una de las empresas que ofrece un nuevo sistema constructivo, en este caso de losas aligeradas, es ARCOTECHO, con su Sistema VIGACERO. Este es un sistema de losa aligerada prefabricado, formado por viguetas estructurales de acero galvanizado, y casetones de poliestireno expandido EPS de alta densidad, que facilitan y agilizan la construcción de losas aligeradas. Este sistema se caracteriza por ser más eficiente, tener una menor huella de carbono, una menor masa sísmica y un menor uso de litros de agua que en otros sistemas (Arcotecho, s.f.).

Actualmente, en la ciudad de Trujillo solo algunas inmobiliarias, como lo es CODELI, utilizan elementos prefabricados. Por ejemplo los dos edificios que se diseñaron con el sistema de losa aligerada Vigacero, como lo es el edificio, ya finalizado, Botanic Park de 12 pisos que se encuentra ubicado en la urbanización la merced y el otro edificio, aún en etapa de construcción, El Palmar, proyectado para 8 pisos ubicado en la urbanización el Golf. A pesar de que algunas empresas tienen el conocimiento de los elementos prefabricados, planteándolo como una alternativa en su proyecto; es la gran mayoría la que sigue utilizando como única alternativa el sistema tradicional, ya sea por falta de personal capacitado o de la información correspondiente.

(Guerrero y Claire, 2021) Encontraron que el sistema Tradicional de losas aligeradas es mucho menos conveniente que utilizar un sistema prefabricado como Vigacero y Techomax, ya que este sistema necesita mayor consumo de concreto, madera para encofrado y acero para viguetas; lo que se ve reflejado en un mayor costo de la estructura. Además de que los sistemas prefabricados reducen considerablemente el peso de la edificación, en especial el sistema Vigacero.

(Meza y Martell, 2019) Hallaron comparando entre los sistemas prefabricados de losas aligeradas como las de acero galvanizado “Vigacero” y el sistema de viguetas pretensadas, que el primero es mucho más económico y que además tiene un mejor comportamiento sísmico, debido a que la cortante basal y el peso de la estructura es menor. Asimismo, el sistema Vigacero se construye en menor tiempo resultando más beneficiosos que las viguetas pretensadas.

(Ruiz, 2020) Encontró que para reducir el peso de la estructura la mejor opción es el uso del aditivo Sika Lightcrete, sin embargo, el sistema Vigacero reduce considerablemente el peso de la edificación y además es la opción más económica frente al sistema tradicional o al uso del aditivo, siendo la alternativa más eficiente.

(Mendoza, 2020) Halló que el uso del sistema prefabricado Alitec para losas aligeradas bidireccionales es una mejor opción que el sistema de losa tradicional unidireccional, debido a que reduce la cantidad de material a utilizar, tiene un montaje más sencillo y disminuye considerablemente el encofrado de las losas aligeradas, lo que se traduce en un menor empleo de madera en obra.

(Cari y Calcina, 2021) Encontraron que el sistema prefabricado de viguetas y bovedillas tiene un mejor comportamiento en la estructura frente a un sismo, debido a que en este sistema se reducen los periodos de vibración, cortantes y el peso de la estructura si se compara con el sistema de concreto armado para una losa aligerada.

(Puicón y Vásquez, 2018) Encontraron que las viguetas pretensadas pueden optimizar el tiempo, calidad y costos en la autoconstrucción de losas aligeradas. El sistema más efectivo fue el de la viga Tralicho frente a las viguetas Vipret y el sistema convencional; debido a que tiene un costo directo mucho menor, una mejor calidad y menor tiempo de ejecución.

Como describen los párrafos anteriores, el sistema tradicional en una losa aligerada, es más costoso y menos práctico si se lo compara con los diferentes sistemas prefabricados, sin embargo, sigue siendo el sistema más usado en nuestro país. Estas investigaciones permiten dar mayor visibilidad a sistemas prefabricados que no son tan conocidos, y representan una alternativa eficaz no solo en la reducción del peso de la estructura, sino también en los costos y tiempo de ejecución. Como es el caso del sistema Vigacero que a pesar de sus viguetas de acero pueden costar más que otros elementos prefabricados, como las viguetas pretensadas, sigue siendo la opción más viable debido a que utiliza menos recursos, mano de obra y tiempo, lo que se traduce en un menor costo de ejecución.

La empresa constructora ALDABA, empezó a ejecutar en el año 2017 proyectos propios, por lo que buscaban nuevas alternativas para implementarlas a su empresa en busca de optimizar los recursos y el tiempo. En ese mismo año, tomaron contacto con la empresa Arcotecho, y según comenta Ingeniero Martín Carbajal, gerente general de la constructora, decidieron implementarla debido al uso de los casetones EPS y los perfiles de acero en reemplazo de la vigueta. Además de que brindaba facilidad en el transporte y el montaje de los elementos. Pero para él, el principal criterio en su decisión fue al revisar las especificaciones técnicas y constatar la reducción del peso, ideal para el diseño sismorresistente. Aunque menciona que existía cierta preocupación respecto al revestimiento, debido a la adherencia del mortero al poliestireno, lograron encontrar un tipo de acabado que reduce el consumo de agua, usando los perfiles omega y plancha de yeso. Finalmente declara que además de la reducción en tiempos y costos en el proceso constructivo, la empresa Arcotecho, les brinda soporte desde el diseño del proyecto, y continúa durante la etapa de construcción, y sobre todo garantiza la provisión de los materiales, evitando retrasos y restricciones (Arcotecho, 2021).

Carlos Mallea Gallegos, gerente general de KyW COINSE Inmobiliaria, explica que desde el año 2019 viene implementando el sistema de Vigacero, y que su primera obra fue en la edificación Gallegos Park, que cuenta con 9 pisos y 36 departamentos. Comenta del sistema, la facilidad de limpieza en la obra debido a la reducción considerable de los desperdicios y de mano de obra para las partidas de losa aligerada. Asimismo el ingeniero residente Juan Carlos Quijano Cotrino, que labora en la misma empresa, precisa que recomienda el sistema por la facilidad en el transporte e izaje de los casetos de EPS y las viguetas de acero. Remarca finalmente un mayor avance por m² de techo y el escaso uso de encofrado dentro de obra en comparación a otros sistemas (Arcotecho, 2021).

Por lo antes expuesto, se puede asegurar que ante la demanda actual y el control de calidad exigente existente en el sector construcción, las empresas buscan nuevas soluciones o métodos constructivos que les permitan generar mayores ganancias, esto a partir de la reducción de costos y tiempos ejecución de los proyectos. Si bien es cierto, los procesos constructivos utilizando el concreto armado vaciado insitu, generan edificaciones de gran durabilidad y calidad; debido a la necesidad actual, este deja de ser el proceso ideal, esto en consecuencia, a las desventajas que puedan presentar, y que a su vez otros sistemas puedan cubrir con un menor presupuesto.

En el caso de las losas aligeradas, comúnmente se realiza por medio viguetas de concreto encofradas in situ y el uso de ladrillos de arcilla. En el encofrado de este sistema, se utiliza la madera, pero con un número de usos bastante limitado por las deformaciones que sufre y el daño inevitable durante el proceso de encofrado, por lo que se tiene que ir sustituyéndolos periódicamente, pues de lo contrario merma la calidad de obra. Además, utilizando este sistema se

genera abundante desperdicio, porque se utiliza insumos no reutilizables como el clavo, alambre y madera (Arapa y Maldonado, 2019).

Asimismo, conforme se va trabajando las losas aligeradas en mayor altura, se requiere de mayor personal y tiempo para poder subir y ordenar el ladrillo de arcilla de acuerdo con la dirección que tiene la losa. Como resultado, se tiene un proceso engorroso, al que además, se tiene que agregar la demanda de tiempo que tarda en ejecutarse el diseño, por ello el costo puede resultar elevado en comparación a otros sistemas.

Es por ello que, el presente trabajo de investigación busca comparar estos dos sistemas, en el aspecto económico y tiempo de ejecución en la construcción de las losas aligeradas. Por un lado el uso del sistema tradicional en losas es algo que se usa casi por inercia, utilizado desde maestros de obra hasta empresas constructoras con años de experiencia. Sin embargo es uno de los sistemas que mayor desperdicio generan, además de mayor tiempo de ejecución y una mayor demanda de mano de obra. Por otro lado, el uso de viguetas prefabricadas de acero es un sistema que no todos conocen y por ende no es común su aplicación en los diversos proyectos. Este sistema puede optimizar los recursos y materiales en una obra, y con ello reducir el costo de esta, siempre y cuando se aplique de manera adecuada y con el personal capacitado.

Es importante tener en cuenta de antes de aplicar un elemento prefabricado, se debe evaluar en la etapa de diseño, para analizar si este sistema en realidad es factible de acuerdo con el proyecto, su ubicación y su dimensión. Es por ello que en el presente proyecto de investigación, se aplicara a una estructura en específico, con el fin de demostrar en este caso cual es el sistema más rentable y eficiente.

1.2. Antecedentes

Guerrero y Claire (2021), plantearon como objetivo analizar de manera comparativa, las características, costos, y proceso constructivo del sistema de losas de viguetas prefabricadas frente a las viguetas convencionales con las que cuenta el albergue. Esta investigación es de tipo aplicada y plantea un diseño no experimental. En los resultados se observó que, el peso por m² del sistema Vigacero es 48% menos que del sistema convencional, además, este último consume un 19.4% más concreto que el sistema Vigacero; asimismo, en el análisis de precios unitarios de la partida de encofrado, se muestra que existe un ahorro de 77.8% del sistema Vigacero frente al sistema tradicional y que finalmente este sistema trabaja con mayor rendimiento de instalación de materiales respecto a los otros sistemas con el mismo personal. Por lo que concluyeron que, la opción más idónea para el albergue fue la del sistema Vigacero, pues brinda beneficios como menor peso en la estructura, resistencia estructural frente a sismos, menor tiempo de construcción, mayor calidad, y menor cantidad de recursos en comparación al sistema tradicional, a pesar de que, Techomax es el más económico.

Rivera (2016), tuvo como objetivo comparar el grado de aporte que tiene el sistema prefabricado de Vigacero frente al sistema convencional en una edificación en concreto. Es una investigación de tipo aplicada o tecnológica, con un enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo-explicativo y con un diseño no experimental. En los resultados se observó que el peso del sistema Vigacero es 200 kg/m² frente a los 350 kg/m² del sistema tradicional, además reduce el consumo de material de encofrado en un 93.63%, esto es 13,056 p², en acero en un 66.55%, equivalente a 6,512 kg y en volumen de concreto en un 29.07%, equivalente a 46.80 m³; asimismo reduce el costo directo de la partida de losas aligeradas en un 9.55% que representa S/. 22,153.79 de ahorro, tomando en cuenta que existe una reducción de

tiempo de ejecución en un 38.03% con este sistema. Finalmente se dedujo que, los beneficios de una construcción que utiliza Vigacero en un edificio residencial de 6 niveles son más ventajosos que un sistema convencional, debido a la reducción de costos, materiales y mano de obra. Además resalta que la ventaja más destacada es que al agilizar los tiempos de montaje, se simplifica el tiempo de montaje simplifica los procesos de trabajo y mejora la eficiencia laboral.

Cueto (2019) planteó como objetivo ejecutar un diseño en una edificación multifamiliar empleando sistema de entrepisos de viguetas prefabricadas “Vigacero”. Es una investigación de tipo aplicada - cuantitativa y que tiene un diseño no experimental. Se obtuvo como resultados que el periodo fundamental con el sistema Vigacero se reduce en un 1.64% y la cortante de diseño disminuye en 5.67% respecto a la edificación con el sistema convencional para ambas direcciones, además, este sistema permite reducir la cantidad de materiales a emplear, en el concreto en un 7.59% aproximadamente 21.3 m³ y en el encofrado en un 29.35% que son 913.30 m²; esto permitió que los costos se reduzcan en un 12.64% que son 11,221.54 soles respecto al sistema tradicional. Se concluyó que el sistema de prefabricado de viguetas de acero es una alternativa competente en la construcción de losas aligeradas, pues promueve su uso principalmente en la ejecución de edificaciones multifamiliares, debido a que tiene un comportamiento favorable frente a un sismo y los elementos que lo componen permiten una ejecución más rápida que el sistema tradicional.

Meza y Martell (2019), tuvieron como objetivo, evaluar comparativamente los sistemas prefabricados de Vigacero y Viguetas Pretensadas, en un marco técnico y económico. Esta investigación es de tipo aplicada – cuantitativa, con un diseño no experimental de tipo transversal y con un método de investigación cuantitativo. En los resultados se observó que el sistema de losa aligerada con

Vigacero cuesta S/. 26,475.25 menos (costo directo) que el sistema de viguetas pretensadas, además, la cortante sísmico de diseño es 589.524 Ton con el sistema Vigacero frente a los 606.128 Ton del sistema pretensado; asimismo, el uso de las viguetas Vigacero aminora el peso de la losa aligerada en 84.55 kg/m², esto significa que es un 33,6 % más ligero que el sistema Techomax; finalmente, el sistema Vigacero toma 84 días menos que el sistema de vigas pretensados. Se concluyó que, el sistema de losa aligerada con el sistema de viguetas prefabricadas Vigacero resulta más beneficiosa que el sistema de viguetas pretensadas “Techomax”, pues tiene un impacto económico menor en el costo directo, considerando solo mano de obra y materiales; además del tiempo de ejecución es menor y por consiguiente se traduce en un menor impacto en los gastos generales.

Verdi (2016), planteó como objetivo evaluar el comportamiento estructural de un colegio al incorporar las viguetas de acero prefabricado “Vigacero”. Esta investigación es de tipo aplicada, con un diseño experimental, de nivel explicativo y empleando un método analítico y comparativo. Se obtuvieron como resultado que usando el sistema Vigacero reduce en 124,65 ton que representa aproximadamente un 4% menos que el sistema tradicional, además, los desplazamientos y derivas máximos en el último piso son menores en el sistema estructural Vigacero frente al sistema tradicional; asimismo, se obtuvo como periodos máximos para esta edificación, 0.47 y 0.46 segundos, menores que 0.6 segundos, deformándose menos que el sistema tradicional. Por lo que se concluyó que, el sistema Vigacero se comporta estructuralmente de manera más favorable que el sistema tradicional, y se recomienda rediseñar la estructura con este sistema, para observar si las dimensiones de los elementos estructurales disminuyen.

Ruiz (2020), tuvo como objetivo determinar el peso reducido de la estructura usando el aditivo y el sistema prefabricado. Esta es una investigación de

tipo aplicada o tecnológica, con un nivel descriptivo y de diseño no experimental. En los resultados se observó que el uso del aditivo Sika Lightcrete reduce el peso en un 7.94% frente al sistema convencional, sin embargo, el diseño de losa aligerada con Vigacero redujo el costo en un 9.29%, alrededor de 425,680.91 soles, respecto a una obra con sistema tradicional valorizada en 4,580,975.04 soles, superando a la reducción de 3.83% utilizando el aditivo Sika. Por lo que se concluye que el sistema más económico es el sistema Vigacero, a pesar de que el uso del aditivo reduce el peso de manera considerable.

Mendoza (2020), planteó como objetivo en el diseño de losas aligeradas bidireccionales y de luces amplias, convertir una losa convencional a una losa prefabricada de alma abierta Alitec. Los resultados muestran que el sistema tradicional necesita de 5.02% mayor cantidad de concreto que el sistema prefabricado Alitec, y que además, necesita de un 46.69% mayor encofrado que Alitec debido a que este último no utiliza tablonos para el apoyo de los ladrillos. Por lo que se concluye que el sistema Alitec es más práctico y sencillo que el sistema de losa aligerada unidireccional convencional, además de reducir la cantidad de material necesaria para la ejecución en las distintas partidas mostradas; finalmente recalca que el montaje o instalación del sistema Alitec desde la colocación de las viguetas, bovedillas y las bandejas eléctricas o sanitarias, resultan ser más práctico y reiterativo.

Cari y Calcina (2021) tienen como objetivo ejecutar un análisis y diseño comparativo entre los diafragmas (losas) de tipo convencional y las viguetas prefabricadas. Es una investigación de tipo aplicada y con un diseño experimental. Los resultados reflejaron que las cortantes se reducen hasta en un 14.30 % con el sistema prefabricado frente al sistema tradicional, y que los periodos de vibración son menores en un 7.87% con las viguetas prefabricadas; finalmente se observó que

al realizar el metrado de cargas para el diseño el sistema tradicional pesa hasta 100 kg más por m² que el sistema prefabricado. Se concluyó que el sistema Vigacero tiene un mejor análisis sísmico estructural que el sistema tradicional, debido a que reduce las cortantes, el periodo de vibración y el peso de la estructura.

Puicón y Vásquez (2018), tuvieron como objetivo proponer el correcto uso de viguetas pretensadas en la autoconstrucción o construcción informal de losas aligeradas de viviendas unifamiliares en los sectores socioeconómicos C y D de Lima Metropolitana. Es una investigación de tipo aplicada y con un diseño experimental. Como resultado se obtuvo que para una losa aligerada de 120 m², el sistema de convencional es el más caro, con un costo total de 24'798.74 soles, frente al sistema Tralicho con 19'786.91 soles, y el más económico, el sistema de vigueta pretensada Vipret con un costo total de 17'037.79 soles; este último representa un ahorro de 30% frente al sistema convencional y de 14% frente al sistema de vigueta Tralicho, esto referente al costo directo. Se llegó a la conclusión que el sistema de vigueta pretensada, como sistema constructivo industrializado, resulta una mejor opción para construir losas aligeradas de viviendas unifamiliares frente al sistema convencional y vigueta Tralicho, tanto en aspectos técnicos, económicos y de calidad.

De la Torre y Guerra (2019), tomaron como objetivo determinar el comportamiento sísmico de los elementos estructurales de una edificación de albañilería confinada de 4 pisos con el sistema de losa convencional frente al sistema Vigacero. Esta investigación tiene un enfoque de tipo cuantitativo y con un diseño experimental a nivel descriptivo-comparativo. Los resultados encontrados fueron, que en el diseño estructural empleando losas aligeradas convencionales se obtuvo un área de columna de 0.40m x 0.15 m con un área de acero de refuerzo longitudinal de 11.74cm² frente a una sección de 0.30m x 0.15 m con un área de

acero de 6.78cm^2 en el sistema Vigacero. En el caso de las vigas se obtuvo una sección de $0.30\text{m} \times 0.20\text{m}$ con un área de acero de refuerzo longitudinal de 6.78cm^2 en el sistema convencional, frente a la sección de $0.15\text{m} \times 0.30\text{m}$ con un área de acero de 5.94cm^2 usando el sistema Vigacero. Por lo que se concluye que el sistema con un mejor comportamiento sísmico es el sistema Vigacero, ya que no solo reduce el peso de la estructura, sino que además permite redimensionar los elementos estructurales junto con el área de acero a utilizar.

Solís (2019), tuvo como objetivo analizar cómo es el comportamiento estructural del Sistema Pre-Fabricado Vigacero en los entrepisos una vivienda de 3 niveles, Lima-2018. La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y con un diseño experimental a nivel explicativo. Los resultados mostrados en esta tesis fueron en el sistema Vigacero la cortante última de diseño es mayor al sistema tradicional en un porcentaje de 31%, además se demuestra que el momento admisible del sistema Vigacero es mayor al del sistema convencional en un 27%. Por lo que se concluye en que el sistema prefabricado tiene una mayor resistencia a flexión del sistema tradicional, además de cumplir con todos los parámetros y a diferencia del sistema convencional, este presenta un adecuado comportamiento con un peralte de losa menor.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Elementos prefabricados.-

El proceso productivo de los elementos prefabricados, que emplea materiales, medios de transporte y técnicas mecanizadas de forma racional y automatizada, generan elevados rendimientos en obra, optimizando los recursos y sin afectar la calidad del producto. Cuando se prefabrica elementos de gran magnitud fuera de la obra, aumenta el costo debido al transporte de los elementos.

Es por ello, que algunos elementos se prefabrican a pie de obra, como las vigas AASHTO de los puentes. Sin embargo, elementos menos pesados se pueden fabricar en serie, y se pueden realizar de forma industrializada. La ventaja de uno u otro depende del grado de industrialización, el costo de mano de obra y la ubicación del proyecto. Es importante que los proyectistas puedan plantear como una alternativa los elementos prefabricados desde su diseño, considerarlas desde esa etapa puede mejorar el costo y el tiempo de ejecución (Paye, et al., 2014).

1.3.2. Ventajas de los elementos prefabricados.-

Según Paye, et al (2014) Las ventajas de los elementos prefabricados se dan en la obra, la organización, planeación y en los costos. En obra, se observa una mayor velocidad de trabajo, una optimización en los tiempos de construcción, debido al mecanismo de trabajo, y la reducción de los pasos. Asimismo, en obra hay una mayor eficiencia en los controles, una mayor precisión dimensional debido a que son elementos mecanizados producidos en planta, por lo que sus dimensiones son casi exactas con pocas variaciones o errores insignificantes.

En el aspecto de organización y planeación, hay una mejor planificación financiera, ya que el primer pago debe hacerse para la producción o compra de los elementos que se fabricaran. Esto crea un flujo económico de salida inicial alto que debe ser bien manejado. Hay además una mayor coordinación de actividades, para que así se eviten retrasos o restricciones (Paye, et al., 2014).

Finalmente en el aspecto de costos, los presupuestos son más precisos, ya que es posible tener los costos iniciales de los prefabricados, que tienden a ser fijos. También existe un mayor control de materiales, ya que la cantidad de desperdicios disminuye y se tiene menos cantidad de materiales en la obra, por lo que el control es más sencillo. Además, el uso de estos elementos aumenta la velocidad de

producción, reduce el tiempo de ejecución y elimina el tiempo de inactividad como otras operaciones que deben ejecutarse a la misma velocidad (Paye, et al., 2014).

Para el uso de elementos prefabricados se debe tener en cuenta una planificación meticulosa, planificando las dimensiones, peso y ubicación de cada elemento en función de los accesos. Además se debe comprobar que las piezas prefabricadas que se plantea no tengan complicaciones en el transporte de ellas como en la puesta en obra. Por último, debe haber una coordinación entre fabricante y constructor, para asesorías o resolver cualquier duda (Paye, et al., 2014).

1.3.3. Sistema Vigacero

Características y Propiedades

Según el manual técnico Vigacero (2017), este nuevo sistema está constituido por viguetas estructurales de acero galvanizado prefabricado y casetones de poliestireno expandido de alta densidad (EPS). Las ventajas de este sistema es que permite un mejor comportamiento sísmico, debido a la reducción de peso de la estructura, la instalación es más sencilla, por lo que es más rápida. Asimismo, no se necesita encofrar la losa, se hace uso de un mínimo puntales y en luces menores a 3.00 ml, no se necesita de ellos. Otra ventaja que brinda este sistema es la deducción de costos, debido a que se necesita menos materiales, se optimiza la mano de obra y se reduce el tiempo de ejecución de la losa. Finalmente, este sistema reduce los desperdicios y tiene un buen comportamiento térmico y acústico.

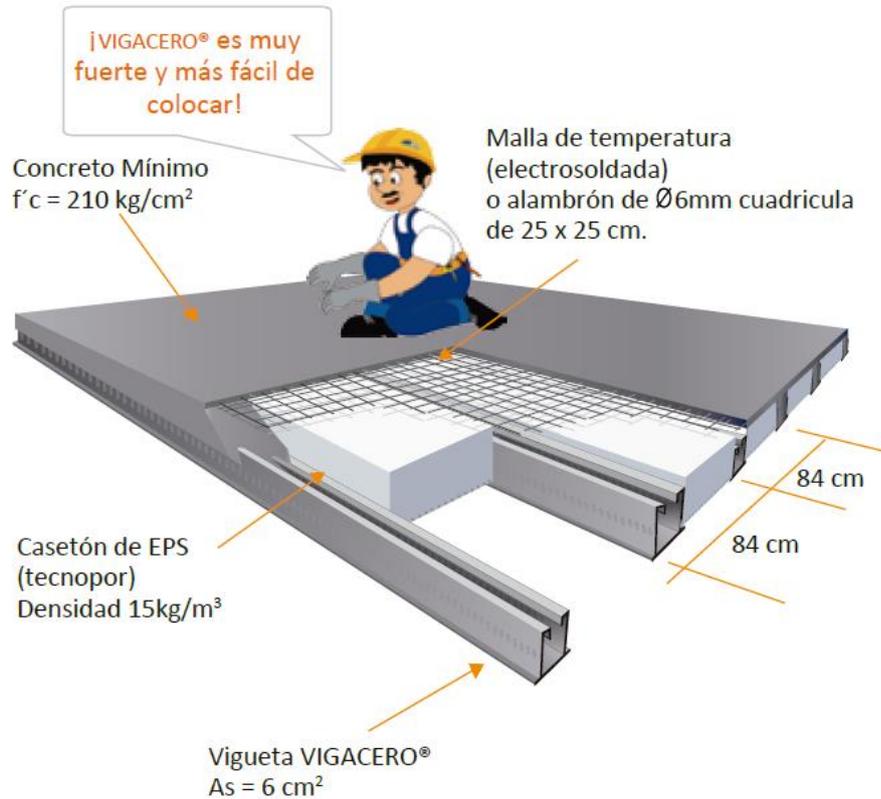
Tabla 1: Ventajas funcionales del sistema Vigacero

DESCRIPCIÓN	VENTAJAS FUNCIONALES				
	ALIGERADO CON VIGUETAS PRETENSADAS	ALIGERADO CON SISTEMA VIGACERO	ALIGERADO CONVENCIONAL	PREFABRICADAS DE CONCRETO ARMADO	LOSAS MACIZAS
Sistema prefabricado de fácil transporte, debido a que está compuesto por materiales livianos y gran rigidez.	NO	SI	NO	NO	NO
Una mayor densidad del EPS proporciona mayor protección acústica y térmica.	NO	SI	NO	NO	NO
Las viguetas prefabricadas son lo competentemente duradero, para aguantar manipulación.	NO	SI	NO	NO	NO
Debido a la separación entre puntales, el área es más limpia y aprovechable.	EN MENOR CANTIDAD	SI	NO	EN MENOR CANTIDAD	NO
Las instalaciones eléctricas o sanitarias que se hallen en estas losas tendrán 4 cm de recubrimiento, lo que evitara que las tuberías se rompan o queden expuestas.	SI	SI	NO	SI	-
Los rendimientos en obran mejoran, junto con los tiempos de ejecución, lo que origina una menor necesidad de mano de obra.	NO	SI	NO	EN MENOR CANTIDAD	NO

Fuente. Manual técnico Vigacero (2017)

Los componentes del sistema son los siguientes:

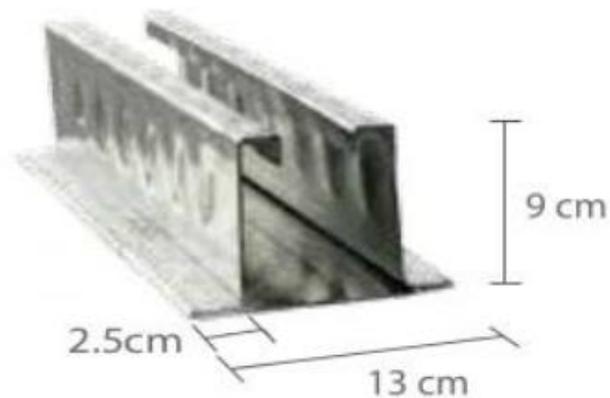
Figura 1: Componentes del sistema de Vigacero



Fuente. Manual técnico Vigacero (2017)

El primer componente es la vigueta Vigacero, que cuenta con las siguientes características.

Figura 2: Vigueta de Acero Galvanizado



Fuente. Manual técnico Vigacero (2017)

Tabla 2: Características de la vigueta Vigacero

CARACTERISTICAS DE LA VIGUETA	
Dimensiones	h = 9 cm
	b = 13 cm
	b1 = 2.5 cm
Peso	4.80 kg/ml
Espesor	1.5 mm
Normas	- ASTM A 1011
	- ASTM A 1008
	- ASTM A 653
Fy	min 2530 kg/cm ²
Luz Libre Máxima	8.00 m
Luz máxima sin puntales	3.00 m

Fuente. Manual técnico Vigacero (2017)

Segundo, el casetón de poliestireno expandido (EPS), que puede ser casetón liso casetón, pre tarrajeado y casetón cola de milano. Este casetón reemplaza al ladrillo de techo tradicional de arcilla (Vigacero, s.f.).

Figura 3: Tipos de casetones de poliestireno expandido



Fuente. Manual técnico Vigacero (2017)

Este casetón tiene las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 3: *Características de los casetones de EPS*

CARACTERISTICAS DE LOS CASETONES DE EPS

	Largo: 1.00 o 2.00 m
DIMENSIONES	Ancho: 75 o 60 cm
	Espesor: de 9, 12, 15, 20 a 30 cm
PESO MAXIMO	1.0 kg / casetón estándar e=9 cm
POR UNIDAD	1.7 kg / casetón estándar e=15 cm
DENSIDAD	15 kg/m ³
COLOR	Blanco
ACABADO	Lisos, ranurados o pre tarrajado
COMPORTAMIENTO FISICO QUIMICO	Es un material incombustible, que posee un agente ignífugo, que no propaga llama y auto extingible.

Fuente. Manual técnico Vigacero (2017)

El tercer componente es la malla de temperatura, esta puede ser fabricada en obra con varillas de 6mm en ambos sentidos cada 25 cm. Otra opción es la malla electrosoldada. Se recomienda utilizar separadores entre la malla de temperatura y los casetones. Finalmente, el concreto, que debe tener una resistencia mínima de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Este puede ser premezclado o preparado a pie de obra, sin que el agregado grueso supere los 19mm (3/4”) (Manual técnico Vigacero, 2017)

Proceso constructivo

Este proceso consta de tan solo 5 pasos. La primera es ubicar las viguetas prefabricadas cada 84 cm (entre ejes) o según indique el plano estructural, fijando de manera correcta la primera vigueta en el encofrado, para prevenir desplazamientos, y utilizando los casetones en los extremos para obtener el correcto espaciamiento entre viguetas.

En caso de los encuentros con vigas chatas o estribos, se puede utilizar un disco de corte para hacer espacio en la vigueta y doblar los extremos para permitir

que las barras de la viga pasen horizontal o verticalmente sin tener que afectar su distribución (Manual técnico Vigacero, 2017).

Figura 4: Ubicación de las viguetas en las vigas



Fuente. Página Web Vigacero (s.f.)

En segundo lugar, se colocará los EPS entre las viguetas, asentando primero un lado para luego encajar el que sigue. El paso siguiente es verificar que el casetón este colocado de la forma adecuada, para proceder a completar la colocación de los estos empujando y deslizándolos entre las viguetas (Manual técnico Vigacero, 2017).

Figura 5: Ubicación de los casetones en las viguetas prefabricadas



Fuente. Página Web Vigacero (s.f.)

En tercer lugar, según los planos de instalaciones eléctricas, se ubican los centros de luz, con ayuda de una tarraja manual obtenida con una varilla de 3/8” y un tubo de desagüe de 4” como se muestra en la figura N°7. Del mismo modo, con la ayuda de una pistola de aire caliente, se hacen ranuras para colocar tuberías eléctricas. Es importante resaltar que no se debe colocar tuberías dentro de la vigueta (Manual técnico Vigacero, 2017).

Figura 6: Tuberías eléctricas en los EPS



Fuente. Manual técnico Vigacero (2017)

Figura 7: Tarraja manual



Fuente. Manual técnico Vigacero (2017)

Una vez terminado las instalaciones eléctricas se procede a realizar las instalaciones sanitarias. Estas tuberías se colocan con una pistola de calor o con una hoja de sierra. Y al igual que en las instalaciones eléctricas, los tubos no deben ser ubicados dentro de las viguetas. Finalmente, se debe reforzar el material aligerante (Casetones) con tabla y puntales, donde se encuentren los montantes horizontales. (Manual técnico Vigacero, 2017).

Figura 8: Instalaciones sanitarias en los casetones de poliestirenos.



Fuente. Página Web Vigacero (s.f.)

En penúltimo lugar, se debe realizar la malla de temperatura. Para esta malla se advierte de utilizar dados de concreto de 4 centímetros de altura, otra alternativa es utilizar burros de acero, estos se colocan dentro de las viguetas, y de la malla se encontrará en el nivel correcto, quedando separada del material aligerante y dentro de la losa de concreto.

El acero negativo de la viga debe ser colocado colgando de la malla de temperatura anteriormente indicada y sobre la viga prefabricada, según lo indicado en el plano de estructuras (Manual técnico Vigacero, 2017).

Figura 9: Malla de temperatura de la losa en sistema Vigacero



Fuente. Página Web Vigacero (s.f.)

Finalmente, se procede a realizar el vaciado del concreto. Para concreto premezclado que sea bombeado, deber realizarse en forma de abanico, pues se debe tener un mínima presión y la altura más baja posible para evitar daños por cargas puntuales y cantidades excesivas de concreto. Por otro lado, para el concreto mezclado manualmente se debe colocar tablas para transportarlo con ayuda de carretillas, de esta manera no genera cargas adicionales al sistema durante el vaciado (Manual técnico Vigacero, 2017).

Figura 10: Vaciado de concreto premezclado en sistema Vigacero



Fuente. Página Web Vigacero (s.f.)

1.3.4. Sistema de Losa Aligerada Convencional

Características y Propiedades

El sistema de losa aligerada convencional es el más usado en las obras de construcción. Está conformada por viguetas de concreto usualmente de diez centímetros, estas estas reforzadas por acero positivo y negativo corrugado de grado 60. Asimismo cuenta con una losa de 5 cm que esta reforzada con acero de 6mm de temperatura. Los ladrillos de arcilla son los elementos aligerantes que se ubican entre las viguetas, rellenoando este espacio. Todo este sistema se sostiene mediante el encofrado apuntalado, que puede ser con madera o metal.

Los bloques de arcilla deben cumplir con las especificaciones técnicas estipuladas, como se muestra en la norma que muestra la Tabla N°4. Sus dimensiones dependerán del espesor especificados en los planos para la losa.

Tabla 4: *Características de ladrillo de arcilla*

CARACTERISTICAS DE LADRILLO ARCILLA	
Dimensiones	15 x 30 x 30 cm
Peso promedio	7.80 kg/Und
Cantidad por metro cuadrado	8.33 Und/m ²
Resistencia	2.25 kg/cm ²
Norma	NTP 399.613 - 331.040 - 331.041

El acero de refuerzo de las viguetas y temperatura tiene las características mencionadas en la tabla N°5, estos datos son elementales al momento del diseño del sistema.

Tabla 5: *Características acero de refuerzo*

CARACTERISTICAS ACERO DE REFUERZO	
Fy min	4,200 kg/cm ²
Fu min	6,300 kg/cm ²
Es	2.1 x 10 ⁶ kg/cm ²
Ey	0.0021

Para las actividades de encofrado de la losa aligerada, en su gran mayoría, se realiza con elementos de madera. El encofrado está constituido por tablones de 1'' de espesor por 8'' de ancho como mínimo, así como, soleras de 2''x4'' de sección. Los pies derechos o puntales deben ser de 2''x3'' de sección.

Figura 11: *Tablones de madera de 1'' de espesor*



Proceso constructivo

Para poder ejecutar una losa aligerada, se debe iniciar con el encofrado, pues es la que sostendrá temporalmente hasta su fraguado. El encofrado de la losa se ejecuta después de colocar las carteras a las vigas peraltadas, iniciando con la colocación de las soleras apuntaladas con pies derechos cada 60 o 70 cm. Luego de asegurar las soleras con pies derechos, se colocará los tablonés en sentido contrario a estas, la ubicación de estos debe respetar los 40 cm de eje a eje de vigueta. Sobre los tablonés se apoyarán los ladrillos y funcionarán como fondo de encofrado para las viguetas.

Figura 12: Encofrado de losa aligerada



Una vez nivelado el encofrado, se procederá con la colocación de los ladrillos de techo, las dimensiones del ladrillo dependerán del espesor de la losa. Los ladrillos deberán estar alineados uno detrás de otro, sin dejar espacios, para así evitar filtraciones de concreto.

Figura 13: Ladrillo tendido en losa aligerada



Una vez que se termine el tendido del ladrillo, se colocará el refuerzo positivo y negativo de las viguetas. Se debe asegurar que el acero positivo no esté en contacto con el encofrado, teniendo un recubrimiento como mínimo de 2 cm, que se logra amarrando la varilla con alambre N°16 al acero de temperatura. Los traslapes de los refuerzos no se deben dar en el centro de la losa, preferiblemente en los extremos.

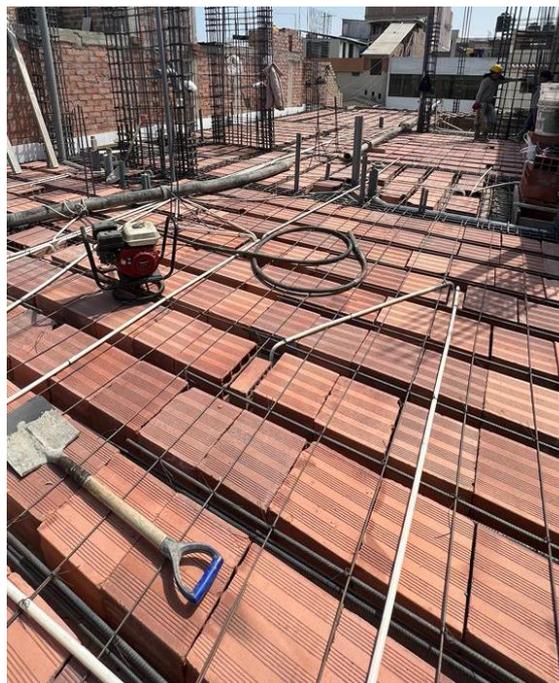
Para las instalaciones eléctricas y sanitarias, se debe tener en cuenta que no deberían atravesar las viguetas para evitar perder la sección de concreto estipulada. Colocar las cajas de luz y montantes horizontales en lugar de los ladrillos, utilizando planchas de triplay de 6 mm, como encofrado.

Figura 14: Instalaciones eléctricas y sanitarias en losa aligerada convencional



Previo al vaciado, se deberá colocar las varillas para el refuerzo de temperatura, estas se colocan en dirección perpendicular a la vigueta y se dan cada 25 cm. Este refuerzo se utiliza para resistir la contracción y las tensiones térmicas presentes en la losa.

Figura 15: Malla de acero de temperatura y acero de refuerzo.



Finalmente se realiza el vaciado del concreto, este debe ser continuo, puede darse con concreto premezclado o preparado a pie de obra. Es importante que la losa quede nivelada y con un acabado rugoso que permita la unión con contrapiso.

Figura 16: Techo con losa aligerado vaciado



1.4. Formulación del problema

1.4.1. Pregunta General

¿Cómo es el análisis comparativo referente a los costos, tiempos de ejecución y aspectos técnicos entre losa aligerada con el sistema Vigacero vs el sistema tradicional en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo?

1.4.2. Preguntas Especificas

- a) ¿Cuál es el costo directo del sistema de viguetas prefabricadas Vigacero frente al sistema convencional, en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo?
- b) ¿Qué ventajas se obtienen implementando el sistema de viguetas prefabricadas Vigacero frente al sistema de losa tradicional, en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo?

- c) ¿Cuál es el tiempo de ejecución de las losas aligeradas para una vivienda unifamiliar de 4 pisos haciendo uso del sistema de viguetas prefabricadas Vigacero frente al sistema convencional, en la ciudad de Trujillo?
- d) ¿Cuánto variará los gastos generales del proyecto, de acuerdo con los tiempos de ejecución de cada sistema en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Realizar el análisis comparativo referente a los costos, tiempos de ejecución y aspectos técnicos, entre el sistema convencional de losa aligerada frente al sistema de losa con viguetas prefabricadas en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo.

1.5.2. Objetivo Específicos

O.E1 Cuantificar el costo directo de la construcción de una vivienda unifamiliar de 4 pisos con sistema de losa convencional y con el sistema Vigacero.

O.E2 Determinar el tiempo programado de construcción de las losas aligeradas en una vivienda unifamiliar de 4 pisos con sistema convencional y con el sistema Vigacero.

O.E3 Comprobar la variación de los gastos generales, dependiendo del tiempo de ejecución de cada sistema en una vivienda unifamiliar de 4 pisos.

O.E4 Calcular la diferencia del costo total del proyecto entre ambos sistemas en una vivienda unifamiliar de 4 pisos.

O.E5 Realizar un análisis comparativo sobre el impacto ambiental del sistema tradicional frente al sistema Vigacero.

O.E6 Investigar sobre el sistema Vigacero, ventajas, desventajas y limitaciones.

1.6. Hipótesis

El sistema Vigacero es más eficiente frente al sistema de losa aligerada tradicional en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo, 2022. Esto debido a que tuvo un menor costo, menor tiempo de ejecución, mayores beneficios técnicos y una menor huella de carbono.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. ENFOQUE

Para la presente investigación se considera un enfoque cuantitativo, el cual según Hernández, et al. (2014), parte de identificar y formular un problema y es seguido de una revisión de información del tema propuesto, con la que construye un marco teórico. Luego, se formulan hipótesis de investigación, para posteriormente, obtener un conjunto de indicadores con los que se construyen los reactivos que dan lugar a los instrumentos de investigación. Con ellos se obtuvieron datos que permitieron confirmar o refutar la hipótesis inicialmente planteada.

Por tanto esta investigación tiene este tipo de enfoque por que utiliza la recolección de datos con medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación sobre el análisis comparativo entre dos sistemas de losas aligeradas.

2.2. TIPO DE INVESTIGACION

2.2.1. PROPOSITO

La presente investigación según el propósito es de tipo aplicada, debido a que Losada (2014) indica que una investigación aplicada es aquella que tiene por objetivo generar conocimiento que sea empleada directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo.

El objetivo de este proyecto es encontrar el mejor sistema de losas aligeradas, que permita reducir costos y tiempos, y que de esta manera más empresas y maestros de obra puedan llegar a utilizarla, por lo que podemos decir que la investigación es de tipo aplicada.

2.2.2. DISEÑO

La presente investigación es de diseño no experimental, debido a que según Hernández, et al. (2014), indica que una investigación no experimental es aquella en la que resulta imposible manipular variables, por lo que solamente se observará fenómenos tal como se dan en su contexto natural para posteriormente ser analizados.

2.2.3. NIVEL

Esta investigación se enmarca en el tipo descriptivo puesto que según Tamayo (2003), nos mencionan que una investigación descriptiva es la que comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. En la presente investigación se trabaja sobre realidades y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta de las variables que se presentan en esta investigación.

2.2.4. VARIABLES

Tabla 6: *Clasificación de Variable de la Investigación*

VARIABLES	CLASIFICACIÓN				
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Sistema de viguetas prefabricadas de acero “Vigacero”	Independiente	Cuantitativa	razón	Unidimensional	Directa
Sistema de viguetas convencionales	Independiente	Cuantitativa	razón	Unidimensional	Directa
Evaluación económica y tiempo de ejecución de los Sistemas de Losas Aligeradas	Dependiente	Cuantitativa	razón	Unidimensional	Directa

2.2.5. MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	herramienta	Instrumento
V. Independiente: Sistemas de losas aligeradas	Las losas aligeradas son elementos primordiales que son diseñados y ejecutados siguiendo la normativa ya planteada. Están conformadas por viguetas, ladrillos o EPS, losa y acero (Aceros Arequipa, 2022)	Sistema de losa aligerada con viguetas prefabricadas de acero Sistema de losa aligerada con viguetas convencionales	Características de los materiales Proceso constructivo	Revisión Documentaria	Fichas Resumen
V. Dependiente Análisis comparativo entre dos sistemas de losas aligeradas.	Es un método de investigación que permite recolectar y analizar información en función de la comparación de dos o más conjuntos de datos. Asimismo, es un recurso que se utiliza en numerosos campos de la ciencia, tanto es así que el análisis comparativo puede ser aplicado en investigaciones cualitativas y cuantitativas (Figuroa, et al., 2007)	Realizar la evaluación económica de la edificación. Estimación del tiempo de construcción.	-Costo de concreto -Costo de encofrado -Costo de acero -Costo de aligerante -Costo de viguetas de Vigacero -Costo de viguetas de concreto -Costo de tarrajeo de losas -Costo de mano de obra Rendimientos de partidas	-Metrado de Partidas -Análisis de Precios Unitarios -Programación de tiempos de ejecución	-Hoja de recolección de datos -S10 -Ms Project

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1. POBLACIÓN

En la presente investigación se consideró una población finita, puesto que se conoce el número exacto de elementos que constituyen el estudio, el cual está conformado por todas las edificaciones en la ciudad de Trujillo, designadas para viviendas unifamiliares, que cuenten con losas aligeradas unidireccionales, en cualquiera de los sistemas constructivos.

2.3.2. MUESTRA

Con el propósito de determinar la muestra, se hizo uso de un método no probabilístico que consiste en la selección de un proyecto donde se haga uso de losas aligeradas. Este expediente técnico debe contar con los siguientes criterios de inclusión y exclusión para delimitar adecuadamente la muestra. Para aprobar el proyecto, este debe estar ubicado en la ciudad de Trujillo, diseñado para uso unifamiliar, de 4 pisos de altura.

La vivienda unifamiliar elegida se ubica en la urbanización la planicie de san isidro, manzana B lote 11 del distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento La Libertad. El terreno consta de 162.40 m². El área techada total del proyecto es 473.45 m².

2.4. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

2.4.1. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN:

Para la presente investigación se aplicó la técnica de revisión documentaria, pues es de donde se extrajo información sobre las características, propiedades de ambos sistemas, entre otros datos necesarios, se recopilan a partir de trabajos de investigación, manuales técnicos e información económica y técnica proporcionada por la empresa Arco Techo para el sistema de losa Vigacero. Además, se utilizó

datos estadísticos creados por la empresa Arco Techo, obtenido a lo largo de los años junto con las experiencias en sus diferentes proyectos, tales como: cotizaciones, rendimientos de mano de obra y materiales a utilizar. Finalmente, se tuvo en cuenta el reglamento nacional de metrados y se empleó programas de costos y programación, tales como S10 y MS Project.

2.4.2. ANALISIS DE DATOS:

Los datos fueron extraídos de los planos mediante el programa AutoCAD, para poder obtener los metrados correspondientes de cada especialidad, luego estos fueron ingresados en el programa S10, analizando los precios unitarios de cada una de las partidas para obtener el presupuesto total del proyecto. Asimismo, mediante el programa MS Project se encontró el tiempo estimado de ejecución. Finalmente, todos los datos extraídos fueron expuestos mediante gráficos y tablas, para mostrar de forma clara y concisa la comparación entre los resultados de ambos sistemas, para luego ser discutidos y poder obtener las conclusiones respectivas.

2.5. PROCEDIMIENTO

Para la siguiente investigación, se inició indagando sobre nuevos procesos constructivos que permitan obtener mayores beneficios desde lo técnico hasta lo económico, en este caso en específico se buscó un sistema que puede reemplazar el sistema convencional de losa aligerada ampliamente utilizada en Trujillo y todo el Perú. Se realizó un estudio preliminar de sistemas no estudiados que se comercializan actualmente en Perú incorporando procesos innovadores, como un sistema prefabricado liviano con viguetas de acero galvanizado. Para avalar la fiabilidad, vigencia y objetividad de los datos encontrados, se recolectó información a través de revisiones bibliográficas, documentos, videos, propiedades técnicas de los materiales que componen este sistema, precios unitarios, información del proceso constructivo, y desempeño. En el caso del sistema Vigacero, la información

recolectada fue recopilada en nombre de Arco techo Perú S.A.C, empresa encargada de comercializar el sistema.

Figura 17: Procedimiento de la investigación



Una vez recopilada la información y definido el proyecto a utilizar, se procedió a realizar el metrado de cada una de las especialidades de dicho proyecto. En el caso del sistema Vigacero, se tuvo que reformular los planos estructurales para poder realizar el metrado correspondiente. El siguiente paso fue, realizar el análisis de precios unitarios para cada sistema, cotizando cada uno de los materiales hasta en tres diferentes ferreterías; en el caso del sistema Vigacero, se cotizó con el asesor de ventas de la ciudad de Trujillo, el Ingeniero Carlos Avalos. Para terminar con la obtención de resultado, se procede a realizar la planificación de ambos sistemas en el programa Ms Project, para determinar el tiempo de ejecución de cada uno de ellos.

Finalmente, se discuten los resultados encontrados, verificando la hipótesis y desarrollando los objetivos planteados, para de esta manera llegar a concluir que sistema es el más eficiente para la ejecución de una vivienda unifamiliar en la ciudad de Trujillo.

2.5.1. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INFORMACIÓN

Para determinar la validez y confiabilidad de los instrumentos, se utilizó la opinión y el visto bueno de expertos en el tema de la carrera profesional de ingeniería civil de nuestra casa superior de estudios sede Trujillo.

2.5.2. PARA ANALIZAR LA INFORMACIÓN

Después de haber aplicado el instrumento, se procedió a organizar los datos, mediante cuadros y gráficos, utilizando el programa Excel y programas especializados en costos y presupuestos en el campo de la ingeniería civil, tales como, S10 y Ms Project. Finalmente, los datos obtenidos fueron comparados con resultados que se obtuvieron en otros trabajos de investigación y de esta manera se elige el sistema que cuente con mayores ventajas desde aspectos técnicos hasta el costo y tiempo de ejecución; de esta manera comprobamos si se cumplió con los objetivos e hipótesis planteados.

2.5.3. ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto es una investigación elaborada de manera original y con objetivo de contribuir a la sociedad con nuevos sistemas constructivos que beneficien a aquellos que lo utilicen, por lo que se asegura que no existe similitud con otras investigaciones y garantizando la veracidad de los resultados obtenidos.

Asimismo, se está citando a todas las fuentes que han sido examinadas y consideradas en esta investigación, en el formato APA 7ma edición. Asimismo, se cuenta con el permiso de la empresa correspondiente, en este caso Arcotecho, para obtener la información necesaria, esta solo será usada con fines académicos, basado en el método científico y sin dejar de lado valores que un investigador debe tener; además todos los resultados serán presentados sin alterar los verdaderos datos obtenidos. Finalmente, se respeta los derechos de autor de otras publicaciones, evitando el plagio de algún artículo académico.

Finalmente, se cumple estrictamente con el reglamento estipulado por la Universidad Privada del Norte, pues se garantiza la integridad académica y la originalidad del trabajo de investigación, responsabilizándose del contenido y de las implicaciones que deriven de un uso no autorizado de la información o del incumplimiento del código de ética de la universidad.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. COSTO DIRECTO

Para efectuar el análisis comparativo, se analizaron las partidas donde la aplicación del nuevo sistema tendría un impacto. Una de ellas es la cantidad de m³ de concreto por m² de losa aligerada, la diferencia de estos valores impacta directamente en el metrado y por lo tanto en el costo total de esta partida.

Tabla 7: Comparativo de m³ de concreto utilizado por m² entre ambos sistemas.

CONCRETO x m ² DE LOSA			
Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	%Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
0.0875	0.062	0.0255	29.14%

La tabla N°7 muestra que la cantidad de concreto utilizado por metro cuadrado de losa aligerada, es menor en el sistema Vigacero frente al sistema tradicional, reduciendo el uso de concreto en un 29.14%. Teniendo en cuenta que el área de losa aligerada total del proyecto es 362.16 m², se tiene un ahorro de 9.23 m³. Para saber el precio en concreto de cada sistema, es necesario realizar el análisis de precios unitarios de esta partida, como se observa en la tabla N°8.

Tabla 8: Análisis de precios unitarios de concreto en losa aligerada

Partida	01.04.06.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F'c=210 kg/cm ²				
Rendimiento	M ³ /DIA	MO. 23.0000	EQ. 23.0000	C.U.: m ³	406.20	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CUAD.	CANT.	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
Mano de Obra						
0101010003	Operario	Hh	3.00	1.0435	25.15	26.24
0101010004	Oficial	Hh	2.00	0.6957	19.85	13.81
0101010005	Peón	Hh	12.00	4.1739	17.94	74.88
01010100060002	Operador De Equipo Liviano	Hh	2.00	0.6957	26.09	18.15
						133.08
Materiales						
02070100010002	Piedra Chancada 1/2"	M ³		0.80	29.66	23.73
02070200010002	Arena Gruesa	M ³		0.50	21.19	10.60
0213010001	Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	Bol		9.20	25.00	230.00
0290130021	Agua	Und		0.18	6.00	1.08
						265.41
Equipos						
0301010006	Herramientas Manuales	%Mo		5.00	133.08	6.65
03012900010002	Vibrador De Concreto 4 Hp 1.25"	Hm	1.00	0.3478	0.98	0.34
03012900030001	Mezcladora De Concreto 11 P3 (23	Hm	1.00	0.3478	2.08	0.72

Hp)

7.71

En la tabla N°8, se observa que el precio por m² de la partida es de 406.20 soles, como se describe en el párrafo anterior, existe una diferencia de concreto entre ambos sistemas de 9.24 m³, por lo que el sistema Vigacero estaría costando 3,753.3 soles menos que el sistema tradicional en esta partida. Tal como se muestra en la tabla N°9

Tabla 9: Comparativo en partida de concreto en losa aligerada

CONCRETO EN LOSA ALIGERADA				
Descripción	Sistema Convencional (x)	Sistema Vigacero (y)	Brecha (z) = (x) - (y)	%Brecha (z) / (x)
Metrado	31.69	22.45	9.24	29.16%
A.P.U.	406.20	406.20	-	-
Costo total	12,872.48	9,119.19	3,753.3	29.16%

La siguiente partida a comparar es la del acero en la losa aligerada, la diferencia de esta entre ambos sistemas impacta en el costo y tiempo de la ejecución de esta partida. Según el metrado correspondiente, el sistema tradicional utiliza 2677.68 kg de acero y en el sistema Vigacero se utiliza 1084.80 kg de acero en losa aligerada. La tabla N°10 muestra los kg de acero por m², teniendo en cuenta que son 362.16 m² de losa aligerada.

Tabla 10: Comparativo de kilos de acero utilizado por m² entre ambos sistemas.

ACERO kg x m ² DE LOSA			
Sistema Convencional (x)	Sistema Vigacero (y)	Brecha (z) = (x) - (y)	%Brecha (z) / (x)
7.39	2.995	4.40	59.5%

Tal como muestra la tabla anterior, el sistema Vigacero usa menos cantidad de fierro por m², lo que representa un 59.5% menos acero frente al sistema convencional de entrepisos.

Tabla 11: Análisis de precios unitarios de acero en losa aligerada

Partida	01.04.06.04	ACERO EN LOSA ALIGERADA $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$				
Rendimiento	kg/DIA	MO. 280.0000	EQ. 280.0000	C.U.: kg	5.83	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CUAD.	CANT.	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
Mano de Obra						
0101010003	Operario	Hh	1.00	0.0286	25.15	0.72
0101010004	Oficial	Hh	1.00	0.0286	19.85	0.57
						1.29
Materiales						
02040100010002	Alambre Negro Recocido N° 16	Kg		0.05	4.24	0.21
0204030001	Acero Corrugado $F_y = 4200 \text{ Kg/Cm}^2$ Grado 60	Kg		1.05	4.07	4.27
						4.48
Equipos						
0301010006	Herramientas Manuales	%Mo		5.00	1.29	0.06
						0.06

Como se observa en la tabla N° 11, el costo unitario por kg de esta partida es de 5.83 soles, este precio se mantiene para ambos sistemas. Si aplicamos el precio al metraje total, tendríamos los datos mostrados en la tabla N° 12, que demuestran que en la partida de acero el sistema Vigacero cuesta 9,286.49 soles menos.

Tabla 12: Comparativo en partida de acero en losa aligerada

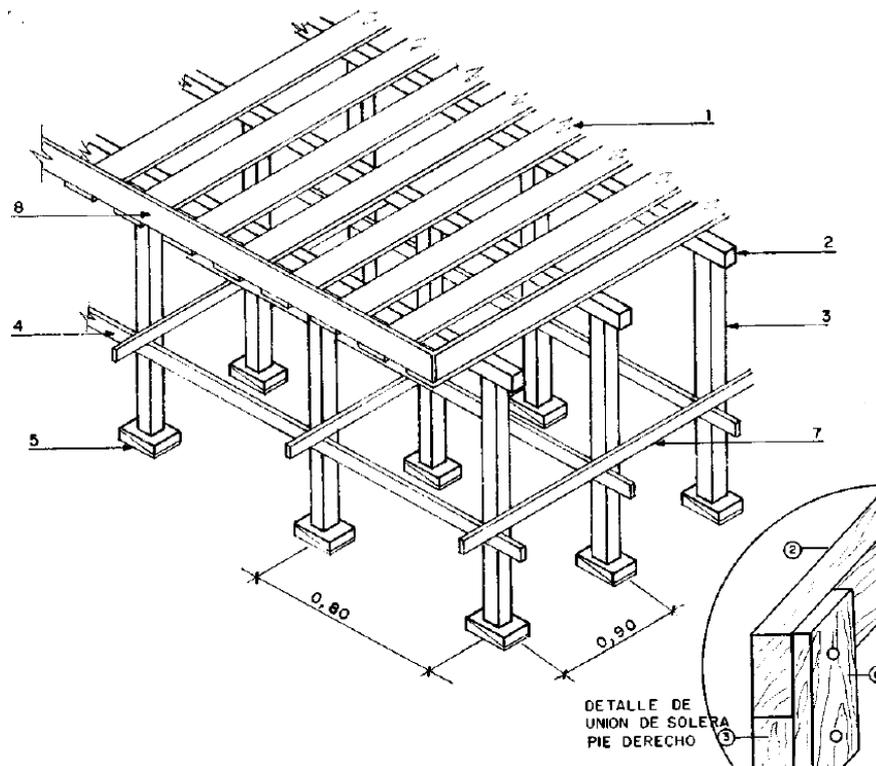
Descripción	ACERO EN LOSA ALIGERADA			
	Sistema Convencional (x)	Sistema Vigacero (y)	Brecha (z) = (x) - (y)	%Brecha (z) / (x)
Metrado	2677.68	1084.80	1,592.88	59.5%
A.P.U.	5.83	5.83	-	-
Costo total	15,610.87	6,324.38	9,286.49	59.5%

Siguiendo con el análisis comparativo, se tiene una de las partidas donde el sistema Vigacero tienen un gran impacto, la del encofrado y desencofrado de losa aligerada, en el caso de Vigacero el de apuntalamiento de losa aligerada. Para poder establecer el precio unitario de esta partida, se debió calcular primero el aporte unitario de madera para cada uno de los sistemas.

Tabla 13: Aporte unitario de madera en una losa aligerada tradicional.

ENCOFRADO LOSA ALIGERADA			UNIDAD DE MEDIDA (U.M.):		0.8 x 0.90=0.72	
Elemento N°	Descripción	Sección (A)	LONGITUD		Cantidad de elementos (C)	Pies (AxBxC)/12=D
			M.L.	PIES (B)		
1	Tablones	1 1/2" x 8"	0.9	2.95	3	8.85
2	Soleras	2" x 4"	0.8	2.62	1	1.75
3	Pies derechos	2" x 3"	2.56	8.40	2	8.40
4	Cuñas	2" x 4"	0.3	0.98	2	1.31
5	Unión soleras-pie	1" x 3"	0.3	0.98	2	0.49
Desperdicios madera 10% (Dx1.10) = E			N° de Usos (G)	N° de usos (H= E/G)	U.M. (H/U.M.)	
9.74			7	1.39	1.93	
1.93			7	0.28	0.38	
9.24			7	1.32	1.83	
1.44			4	0.36	0.50	
0.54			4	0.13	0.19	
Total					4.83	

Figura 18: Encofrado de losa aligerada tradicional

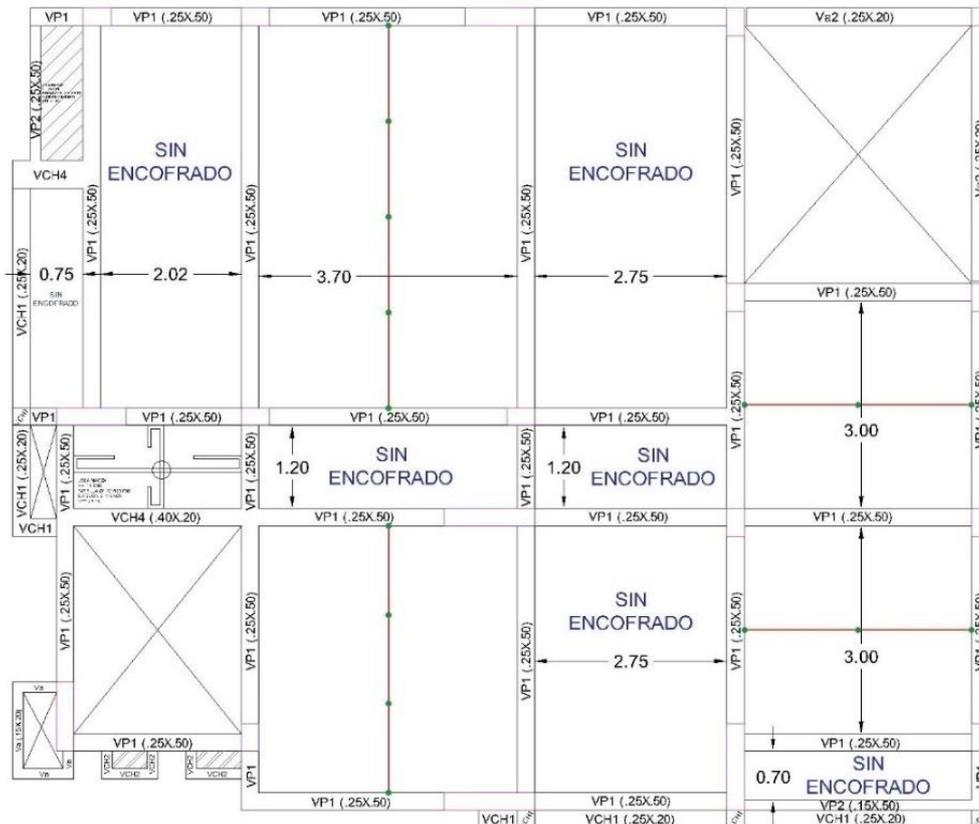


Fuente. CAPECO (2003)

Según la tabla N°13, el aporte unitario de la madera en el sistema de losa aligerada tradicional es de 4.83 p², teniendo en cuenta la madera necesaria según muestra la figura N°18.

En el caso del sistema Vigacero, solo se apuntala la losa en caso la luz sea mayor a 3.00m, colocando una solera en el centro de la losa y apuntalándolo cada @1.50. Para ello se debe saber la cantidad de paños que superen esta luz tal como se muestra en las figuras N° 19, 20, 21 y 22. Las líneas rojas representan a la solera y los puntos verdes los pies derechos.

Figura 19: Paños de losa aligerada del 1° Piso que necesitan encofrado en el sistema



Como se observa en la figura N°19, en el primer piso, de los 11 años solo 4 necesitan ser apuntalados. Y a partir de ello se necesitan 15 pies derechos para el apuntalamiento y 4 soleras que en total tienen una longitud de 15.87 m. Esta cantidad de madera se mantiene en los pisos superiores, tal como se observa en las siguientes figuras a excepción del piso 4.

Figura 20: Paños de losa aligerada del 2º Piso que necesitan encofrado en el sistema

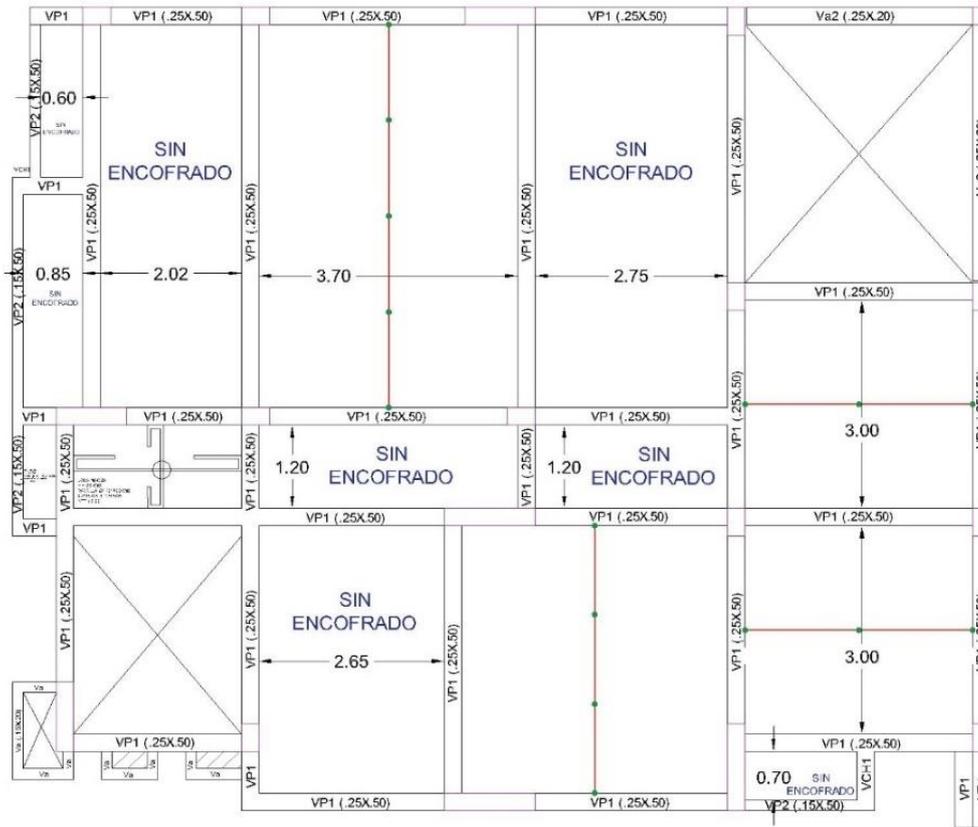


Figura 21: Paños de losa aligerada del 3º Piso que necesitan encofrado en el sistema

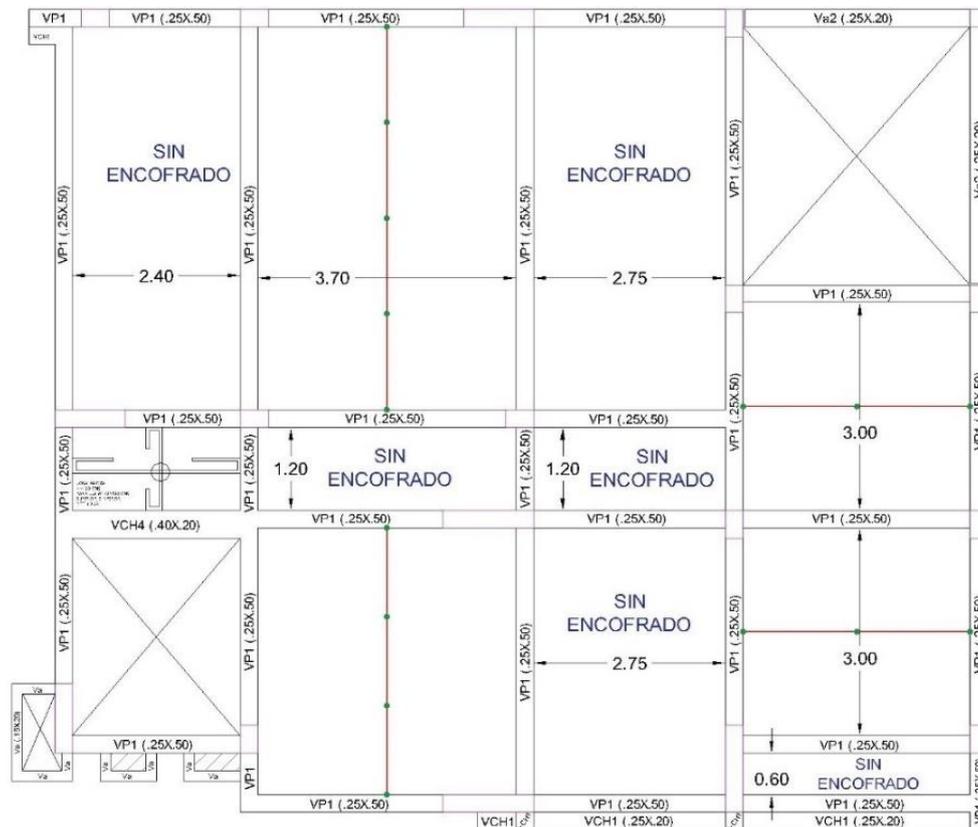
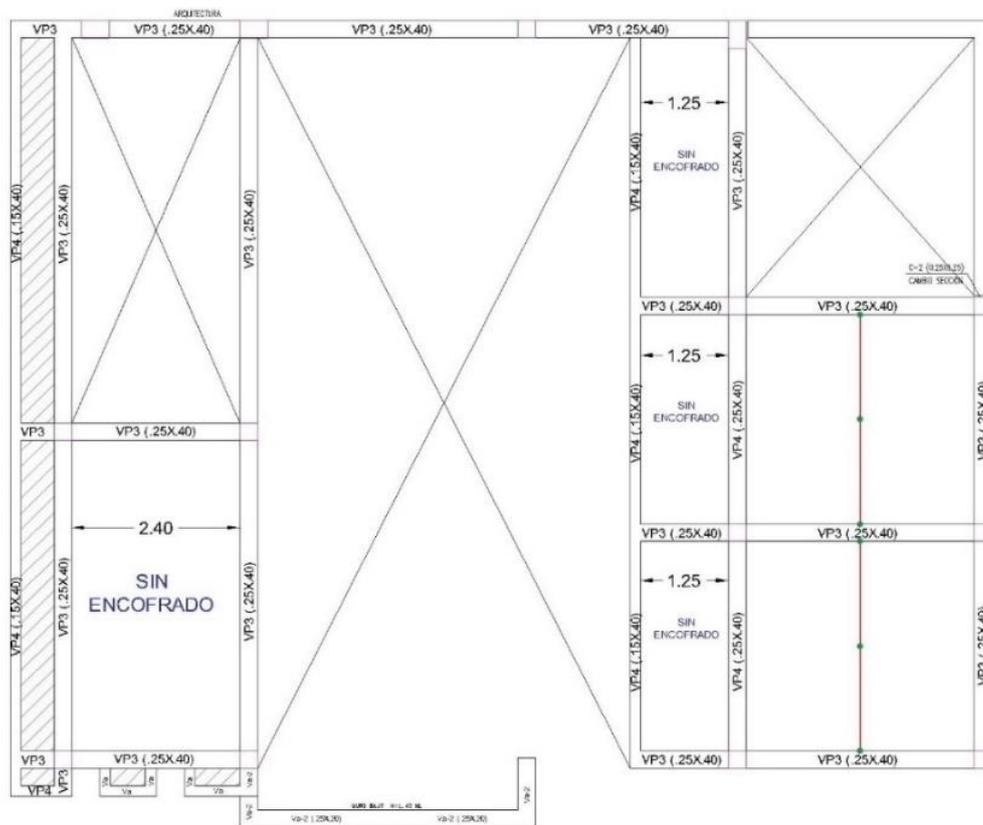


Figura 22: Paños de losa aligerada del 4° Piso que necesitan encofrado en el sistema



Para el análisis de aporte unitario de este sistema, se tomó como dato la cantidad de madera utilizada en el primer piso, convirtiéndolo a la unidad de p².

Tabla 14: Aporte unitario de madera en una losa aligerada con Vigacero.

DESCRIPCIÓN	PUNTALES @1.50			SOLERAS 1/PAÑO		
	Cant.	Altura	Sección Total	Cant.	Largo	Sección Total
Sección (pulg)			2"x3"			2x4
Sección (pie)			0.5			0.67
Paño 1	5	2.86	23.00	1	5.52	12.00
Paño 4	4	2.86	19.00	1	3.85	8.00
Paño 5	6	2.86	28.00	2	3.25	14.00
Cantidad por tipo		70.00			34.00	
Total (pie2)			104.00			
Desperdicio (10%)			114.40			
Área por encofrar			54.30			
#Usos			7.00			
Aporte Unitario			0.30			

Figura 23: Apuntalamiento de losa aligerada de luz de más de 3.00 m Vigacero



Figura 24: Manual Técnico Vigacero (2017)

Tabla 15: Análisis Unitario de Madera de cada sistema.

ANÁLISIS UNITARIO DE MADERA

Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	%Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
4.83	0.30	4.53	93.8%

Tomando los datos obtenidos en la tabla N°13 y 14, se compara el análisis unitario de madera para cada sistema, tal como lo muestra la tabla N°15. Donde se observa que el sistema Vigacero tiene un A.U.M 93.8% menor que el sistema tradicional. Estos datos deberán ser ingresados en el análisis de precios unitarios de la partida correspondiente, pues es lo que diferenciará el precio entre ambos sistemas.

Tabla 16: Análisis de precios unitarios de encofrado y desencofrado en losa aligerada tradicional.

Partida	01.04.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA ALIGERADA				
Rendimiento	m ² /DIA	MO. 15.0000	EQ. 15.0000	C.U.: m ² 64.74		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CUAD.	CANT.	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
Mano de Obra						
0101010003	Operario	Hh	1.00	0.5333	25.15	13.41
0101010004	Oficial	Hh	1.00	0.5333	19.85	10.59

						24.00
Materiales						
02040100010001	Alambre Negro Recocido N° 8	Kg	0.10	4.24	0.42	
0204120001	Clavos Para Madera Con Cabeza	Kg	0.11	4.32	0.48	
0231010001	Madera Tornillo	P2	4.83	8.10	39.12	
						40.02
Equipos						
0301010006	Herramientas Manuales	%Mo	3.00	24.00	0.72	

Tabla 17: Análisis de precios unitarios de apuntalamiento y desencofrado en losa aligerada Vigacero.

Partida	01.04.06.03	APUNTALAMIENTO Y DESENCOFRADO LOSA ALIGERADA VIGACERO				
Rendimiento	m²/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	C.U.: m ²	6.42	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CUAD.	CANT.	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
Mano de Obra						
0101010003	Operario	Hh	1.00	0.0667	25.15	1.68
0101010004	Oficial	Hh	1.00	0.0667	19.85	1.32
						3.00
Materiales						
02040100010001	Alambre Negro Recocido N° 8	Kg		0.10	4.24	0.42
0204120001	Clavos Para Madera Con Cabeza	Kg		0.11	4.32	0.48
0231010001	Madera Tornillo	P2		0.30	8.10	2.43
						3.33
Equipos						
0301010006	Herramientas Manuales	%Mo		3.00	3.00	0.09
						0.09

Tabla 18: Costo unitario de encofrado y desencofrado por m²

COSTO UNITARIO DE MADERA			
Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	%Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
64.74	6.42	58.32	90.1%

Tomando los precios obtenidos en la tabla N°16 y 17, se compara el análisis de precios unitarios para ambos sistemas, tal como lo muestra la tabla N°18. Donde el sistema Vigacero tiene un costo menor en un 90.1% que el sistema tradicional.

Tabla 19: Análisis comparativo de ambos sistemas en la partida de encofrado.

ENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA				
Descripción	Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	%Brecha
	(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
Metrado	362.16	172.64	189.51	52.3%
A.P.U.	64.74	6.42	58.32	90.1%
Costo total	23,446.24	1,108.35	22,337.89	95.3%

Teniendo en cuenta que en el sistema Vigacero solo 172.64 m² de los 362.16 m² de losa aligerada necesitan apuntalamiento, este menor metrado y además del costo unitario se traducen en la reducción del costo total de la partida, tal como se observa en la tabla N°19, donde el sistema Vigacero reduce el costo total de la partida en 22,337.24 frente al sistema tradicional, lo que equivale a un 95.3% de ahorro.

Otra partida importante de analizar es la del material aligerante, en el caso del sistema tradicional se utiliza ladrillo de arcilla hueco de hueco de 30x30x15, y en el sistema Vigacero los casetones de poliestireno expandido de 75x15x100. Para realizar el análisis comparativo evaluaremos el peso de cada uno y la cantidad de unidades por metro cuadrado que se necesita para una losa aligerada.

Tabla 20: *Análisis comparativo en las partidas de material aligerante*

Descripción	MATERIAL ALIGERANTE			
	Sistema Convencional (x)	Sistema Vigacero (y)	Brecha (z) = (x) - (y)	% Brecha (z) / (x)
Cant. por m ²	8.33	1.19	7.14	85.7%
Peso unitario (kg)	7.8	1.7	6.10	78.2%
Peso total x m ² (kg)	64.98	2.03	62.95	96.9%

La tabla N°20 muestra que se necesitan menos unidades de casetones EPS que ladrillos de arcilla para un m² de losa aligerada. Asimismo, que el peso de los casetones son 96.9% menos que el peso del ladrillo de arcilla por m². El peso del material aligerante no solo impacta en el peso total de la estructura, si no en el rendimiento de la mano de obra, ya que será más sencillo trabajar con un material menos pesado, por lo que esta característica afecta en el precio de la mano de obra en estas partidas.

Tabla 21: Análisis de precios unitarios de colocación de ladrillo para techo

Partida	01.04.06.03	LADRILLO PARA TECHO DE h=0.15 m					
Rendimiento	Und/DIA	MO.	1,600.0000	EQ.	1,600.0000	C.U.: Und	3.46
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CUAD.	CANT.	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
Mano De Obra							
0101010003	Operario	Hh	1.00	0.0050	25.15	0.13	
0101010004	Oficial	Hh	1.00	0.0050	19.85	0.10	
0101010005	Peón	Hh	9.00	0.0450	17.94	0.81	
1.04							
Materiales							
02160100040002	Ladrillo Para Techo 8h De 15x30x30 Cm	Mil		0.0011	2,203.39	2.42	
2.42							

Tabla 22: Análisis de precios unitarios de colocación de casetones EPS para losa aligerado

Partida	01.04.06.04	CASETONES DE POLIESTIRENO EPS PARA ALIGERADO DE 20cm					
Rendimiento	Und/DIA	MO.	500.0000	EQ.	500.0000	C.U.: Und	35.00
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CUAD.	CANT.	PRECIO S/.	PARCIAL S/.	
Mano de Obra							
0101010003	Operario	Hh	1.00	0.016	25.15	0.40	
0101010005	Peón	Hh	5.00	0.080	17.94	1.44	
1.84							
Materiales							
0210050003	Casetón De Poliestireno Expandido 0.75x0.15x1.00	Und		1.00	33.10	33.10	
33.10							
Equipos							
0301010006	Herramientas Manuales	%Mo		3.00	1.84	0.06	
0.06							

Tabla 23: Costo unitario de la colocación del material aligerante en cada sistema

COSTO UNITARIO DE MADERA			
Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	% Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
3.46	35.00	-31.54	-9.1%

Tomando los precios obtenidos en la tabla N°21 y 22, se compara el análisis de precios unitarios para ambos sistemas, tal como lo muestra la tabla N°23. Donde el sistema Vigacero tiene un costo mayor en un 9.1% que el sistema tradicional.

Tabla 24: Análisis comparativo en las partidas de material aligerante

Descripción	MATERIAL ALIGERANTE			
	Sistema Convencional (x)	Sistema Vigacero (y)	Brecha (z) = (x) - (y)	%Brecha (z) / (x)
Metrado	3017.00	432.00		
A.P.U.	3.46	35.00	-31.54	-9.1%
Costo total	10,438.82	15,120.00	-4,681.2	-44.8%

La tabla N°24 demuestra que en esta partida el sistema Vigacero es mucho más costoso que el sistema tradicional en 4,616.38 soles, que equivale a 44.20%, debido al mayor costo del casetón.

Tabla 25: Análisis comparativo de la cantidad de Personal y el rendimiento necesario para cada partida entre ambos sistemas.

Actividad	Personal			Rendimiento	
	Operario	Oficial	Peón	Und	Und. x día
CONVENCIONAL					
Vaciado de Concreto	3	2	12	m ³	23
Fierro habilitado y colocado	1	1	-	Kg	280
Encofrado y desencofrado	1	1	-	m ²	16
Colocación de ladrillo hueco	0	0	9	Und	1600
VIGACERO					
Vaciado de Concreto	3	2	12	m ³	23
Colocación Viguetas prefabricada	1	1	2	ml	300
Colocación de casetones EPS	1	-	5	Und	500
Fierro habilitado y colocado	1	1	-	Kg	280
Apuntalamiento y desencofrado	1	1	-	m ²	120

Finalmente, se evalúa el costo de mano de obra de las partidas que tienen diferentes rendimientos y cantidad de personal, como lo son el encofrado y desencofrado, la colocación de casetones EPS y colocación de ladrillo hueco, tal como lo muestra la tabla N°25.

Tabla 26: Análisis comparativo de la diferencia de costos de mano de obra entre ambos sistemas

Actividad	Convencional		Vigacero		Brecha
	P.U.	Total	P.U.	Total	
Encofrado y desencofrado	24	8691.6	3	517.92	94.04%
Colocación de ladrillo hueco	1.04	3137.68			74.67%
Colocación de casetones EPS			1.84	794.88	

En la tabla N°26 se observa que, en mano de obra, el sistema Vigacero, es mucho más económico que el sistema Vigacero, tomando en cuenta los rendimientos y cantidad de personal necesario para ejecutar la partida, tal como lo muestra la tabla N°25.

Tabla 27: Análisis de precios unitarios de colocación de viguetas prefabricadas Vigacero

Partida	01.04.06.02	VIGUETAS PRE-FABRICADAS DE ACERO GALVANIZADO "VIGACERO"				
Rendimiento	m/DIA	MO. 300.0000	EQ. 300.0000	C.U.: m	56.25	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CUAD.	CANT.	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	Hh	1.00	0.0267	25.15	0.67
0101010004	OFICIAL	Hh	1.00	0.0267	19.85	0.53
0101010005	PEON	Hh	2.00	0.0533	17.94	0.96
						2.16
Materiales						
02160200080006	VIGUETA PREFABRICADA ESTRIADA MARCA VIGACERO 0.13x0.09xL	M		1.00	54.03	54.03
						54.03
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%Mo		3.00	2.16	0.06
						0.06

Es importante resaltar la partida única para el sistema Vigacero, que es la de colocación de viguetas prefabricadas de acero galvanizado, que como se muestra en la tabla N°27 tiene un costo de 56.25 soles por metro lineal.

Tabla 28: Presupuesto de viguetas prefabricadas Vigacero

VIGUETAS PREFABRICADAS		
Metrado	P.U.	Costo total
385.07	56.25	21,660.19

Como se observa en la tabla N°28 el precio de las viguetas prefabricadas es de 21,494.61 ya que se necesitan 385.07 ml para esta edificación.

Tabla 29: Análisis de precios unitarios de tarrajeo de cielo raso

Partida	02.02.01.04	TARRAJEO DE CIELORASO				
Rendimiento	m²/DIA	MO. 14.00	EQ. 14.00	C.U.: m²	28.68	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CUAD.	CANT.	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
Mano de Obra						
0101010003	Operario	Hh	1.00	0.5714	25.15	14.37
0101010005	Peón	Hh	0.50	0.2857	17.94	5.13
						19.50
Materiales						
0204120001	Clavos Para Madera Con Cabeza	Kg		0.0220	5.10	0.11
02070200010001	Arena Fina	M³		0.0160	25.00	0.40
0207070001	Agua Puesta En Obra	M³		0.0220	6.00	0.13

0213010001	Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	Bol	0.1170	29.50	3.45
0231010001	Madera Tornillo	P2	0.58	8.10	4.70
					8.20
	Equipos				
0301010006	Herramientas Manuales	%Mo	5.00	19.50	0.98
					0.98

Tabla 30: Análisis de precios unitarios de tarrajeo de cielorraso con Vigacero

Partida	02.02.01.05	TARRAJEO DE CIELORASO CON VIGACERO				
Rendimiento	m ² /DIA	MO. 20.00	EQ. 20.00	C.U.: m ²	30.34	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CUAD.	CANT.	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
	Mano De Obra					
0101010003	Operario	Hh	1.00	0.4000	25.15	10.06
0101010005	Peón	Hh	0.50	0.2000	17.94	3.59
						13.65
	Materiales					
0204120001	Clavos Para Madera Con Cabeza	Kg		0.0220	4.32	0.10
02070200010001	Arena Fina	M ³		0.0330	21.19	0.70
0207070001	Agua Puesta En Obra	M ³		0.0088	6.00	0.05
0210030003	Red De Fibra De Vidrio - Super Malla Rf	M ²		1.0000	5.44	5.44
0213010001	Cemento Portland Tipo I (42.5 Kg)	Bol		0.1780	25.00	4.45
02221500010022	Mopafix 77 (Aditivo Protector De Vigueta)	Lt		0.0120	47.64	0.57
0231010001	Madera Tornillo	P2		0.58	8.10	4.70
						16.01
	Equipos					
0301010006	Herramientas Manuales	%Mo		5.00	13.65	0.68
						0.68

Tabla 31: Análisis comparativo entre ambos sistemas en la partida de tarrajeo

COSTO UNITARIO DEL TARRAJEO			
Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	%Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
28.68	30.34	-1.66	-5.8%

La última partida analizada fue la del tarrajeo de cielo raso, específicamente los precios unitarios tal y como se observa en las tablas N°29 y 30. Comparando estos datos se tiene que el sistema Vigacero es más costosa por 2.17 soles, que es equivalente a 7.70%, según la tabla N°31.

Tabla 32: Análisis comparativo costo total en la partida de tarrajeo

TARRAJEO DE CIELO RASO			
Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	%Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
10,386.75	10,987.63	- 600.88	-5.8%

Para finalizar, se realizó el análisis comparativo en el ámbito económico, teniendo la cantidad por m² y el análisis de precios unitarios de cada partida, se determina el precio de cada sistema por m².

Tabla 33: Análisis de precio unitario por m² del sistema tradicional.

SISTEMA TRADICIONAL			Total	200.89
<i>Losa de 20cm @40 cm</i>	Unid.	Cant. x m2	P.U.	Parcial
Concreto F'C= 210 kg/cm ²	m ³	0.0875	406.20	35.54
Fierro habilitado y colocado	kg	7.39	5.83	43.10
Encofrado y desencofrado	m ²	1.00	64.74	64.74
Colocación de ladrillo hueco 30x30x15	Und	8.33	3.46	28.82
Acabado de cielo raso	m ²	1.00	28.17	28.68

Tabla 34: Análisis de precio unitario por m² del sistema Vigacero.

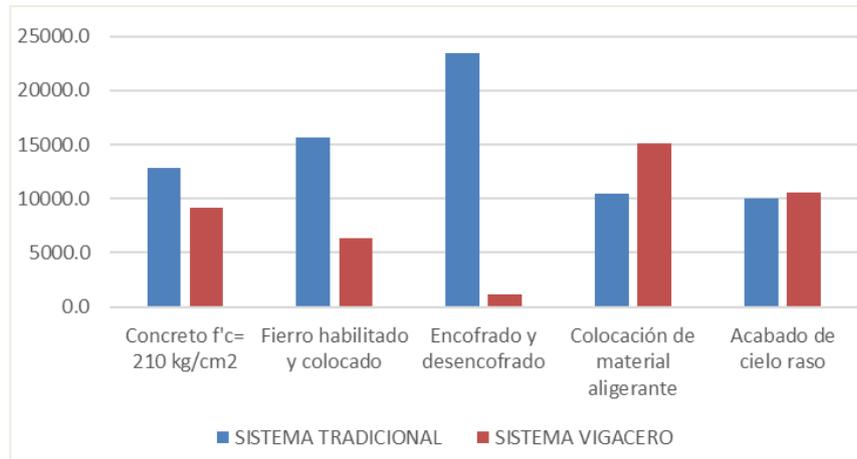
SISTEMA VIGACERO			Total	177.60
<i>Losa de 20cm @84 cm</i>	Unid.	Cant. x m2	P.U.	Parcial
Concreto F'C= 210 kg/cm ²	m ³	0.062	406.20	25.18
Fierro habilitado y colocado	kg	2.995	5.83	17.46
Apuntalamiento y desencofrado	m ²	0.477	6.42	3.06
casetones EPS 75x15x100	und	1.193	35.00	41.75
Acabado de cielo raso	m ²	1.000	30.34	30.34
Sistema Vigacero	ml	1.063	56.25	59.81

Tabla 35: Análisis comparativo de los precios de cada sistema por m²

PRECIO DEL SISTEMA POR m ²			
Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	%Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
200.89	177.60	23.29	11.6%

Comparando los precios obtenidos en las tablas N°33 y 34, podemos afirmar que el sistema Vigacero es más económico. Pues este precio incluye todas las partidas donde el sistema tiene influencia. Como se muestra en la tabla N°35 El precio unitario del sistema Vigacero por m² de losa aligerada es S/. 23.29 menor al sistema tradicional, equivalente a un 11.6% menos. Si consideramos que el área de losa aligerada en el proyecto es de 362.16, entonces la reducción total en esta edificación será de S/. 8,435.42.

Figura 25: Análisis comparativo de precio total por partida entre ambos sistemas.



La especialidad en donde impactó a mayor escala el uso del sistema prefabricado fue en la de estructuras donde el costo directo del sistema tradicional es de S/. 325,107.53 frente a los S/. 316,071.23 del sistema Vigacero, como se observa en la tabla N°36, lo que equivale a una reducción de costos de S/. 9,036.30. Finalmente, el costo directo total de la edificación fue de S/. 730,009.48 para el sistema tradicional y S/.721,574.06 en el sistema Vigacero, tal como lo muestra la tabla N°37, donde se observa una brecha de S/.8,435.42, entre ambos sistemas.

Tabla 36: Costo directo de la especialidad de estructuras en ambos sistemas

Costo directo especialidad estructuras			
Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	%Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
325,107.53	316,071.23	9,036.30	2.78%

Figura 26: Análisis comparativo del costo directo de la especialidad estructuras del proyecto

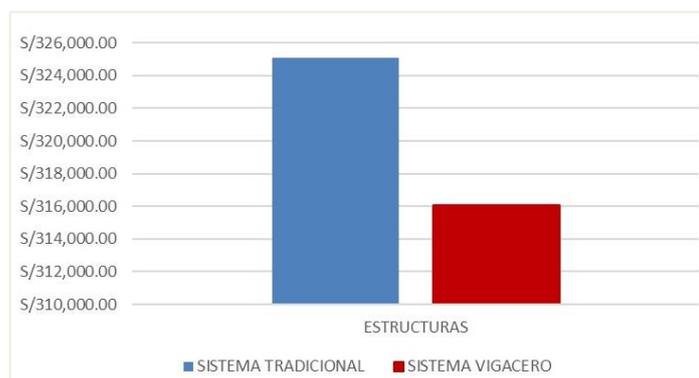
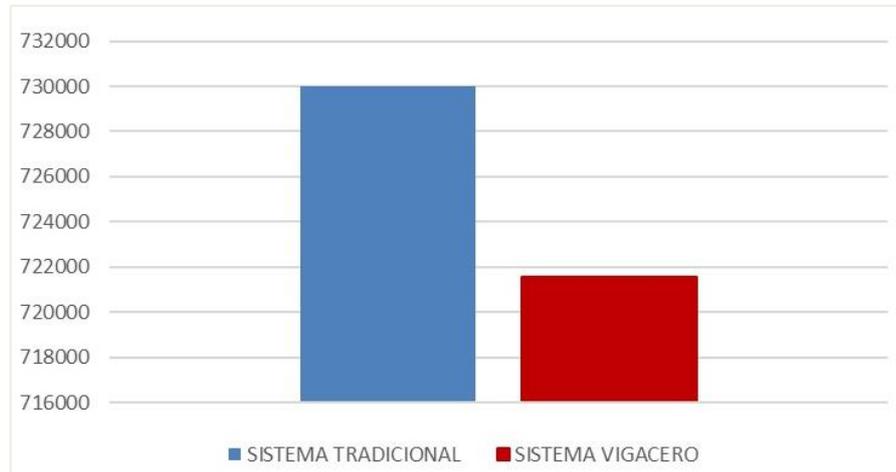


Tabla 37: Costo directo total del proyecto en ambos sistemas

Costo directo total			
Sistema Convencional (x)	Sistema Vigacero (y)	Brecha (z) = (x) - (y)	%Brecha (z) / (x)
730,009.48	721,574.06	8,435.42	1.15%

Figura 27: Análisis comparativo del costo directo total del proyecto



3.2. TIEMPO DE EJECUCIÓN

Siguiendo con el análisis comparativo, se examinaron los rendimientos de las partidas antes expuestas, para de esta manera poder plantear la programación de cada sistema y ver el tiempo de ejecución de cada uno. Tal como se observa en la figura 23 y 24, el sistema tradicional tomaría un tiempo estimado de 57 días y el sistema Vigacero solo 29 días.

Figura 28: Análisis comparativo del tiempo de ejecución de las losas aligeradas

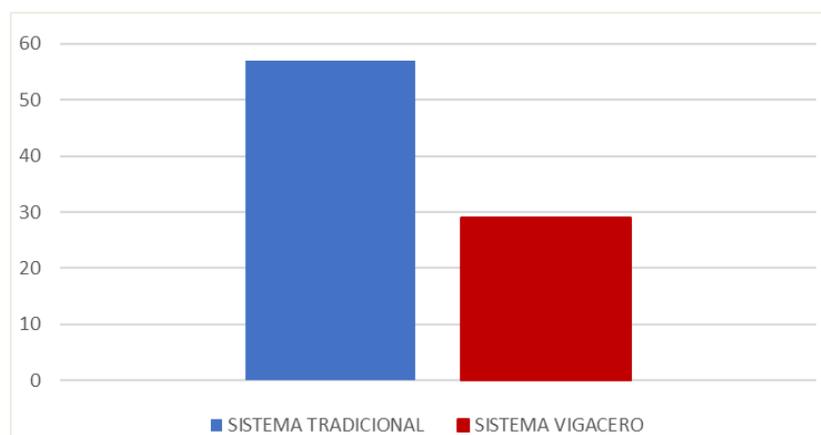


Figura 29: Tiempo de ejecución de Sistema tradicional

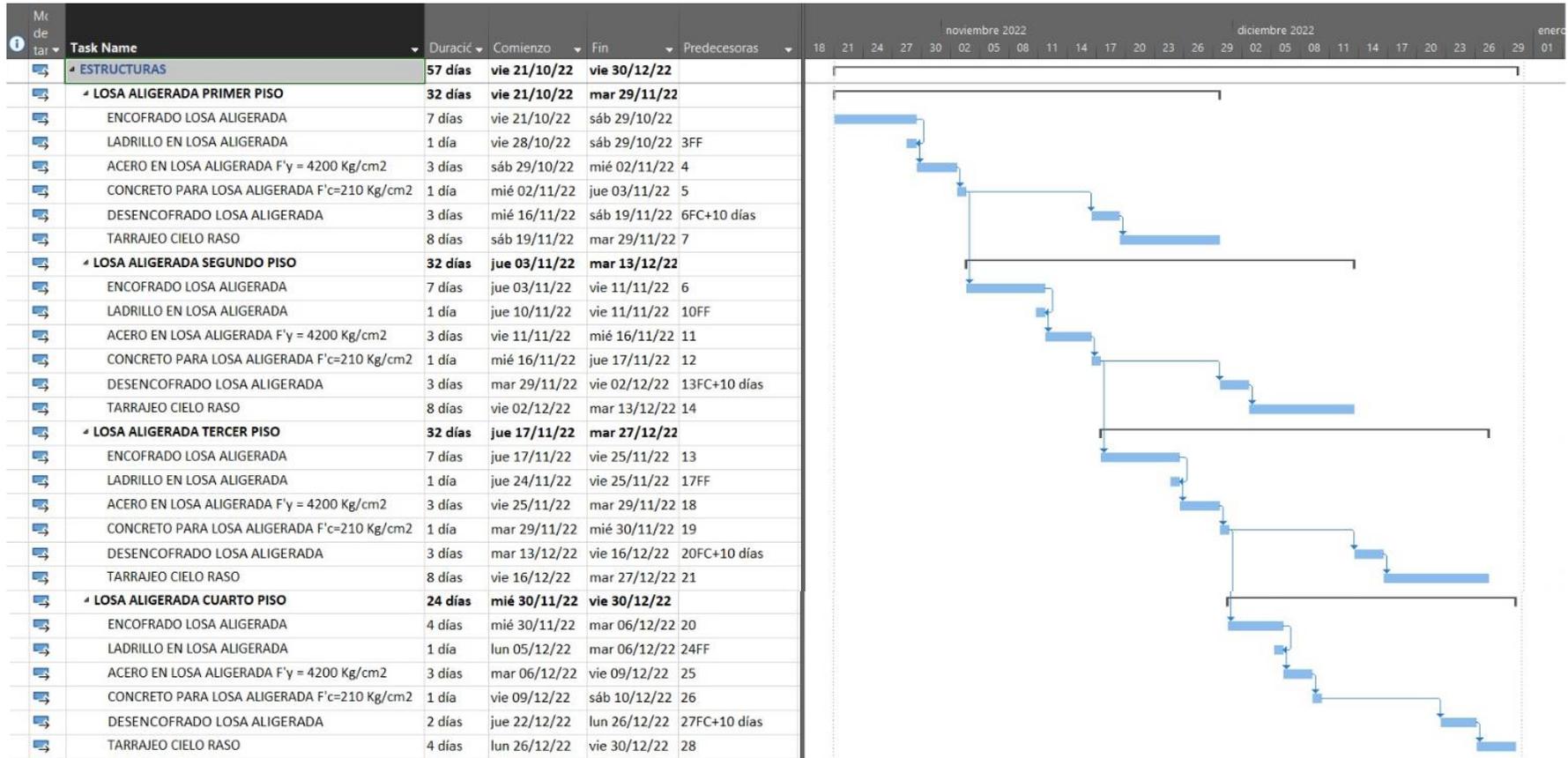


Figura 30: Tiempo de ejecución de Sistema Vigacero

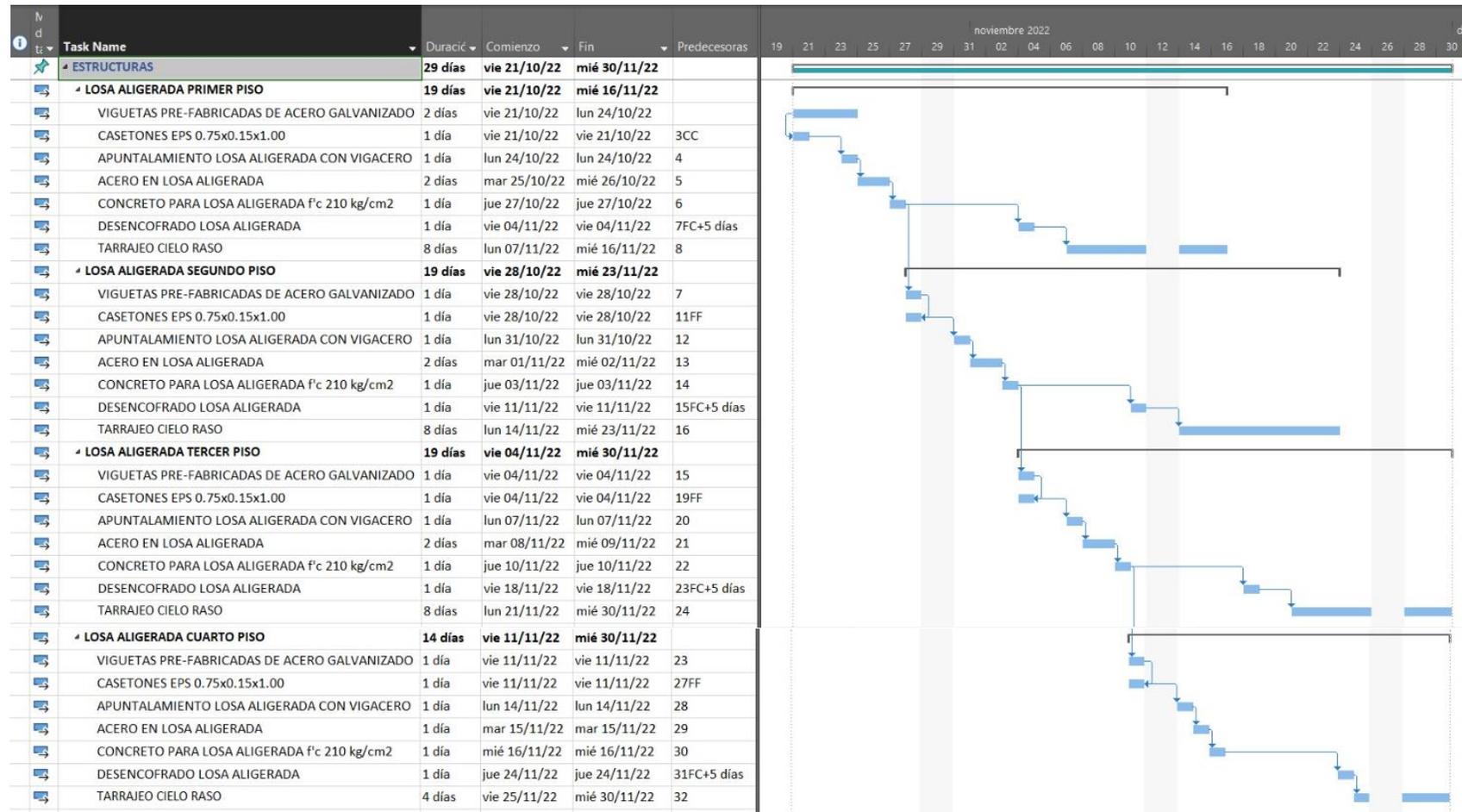
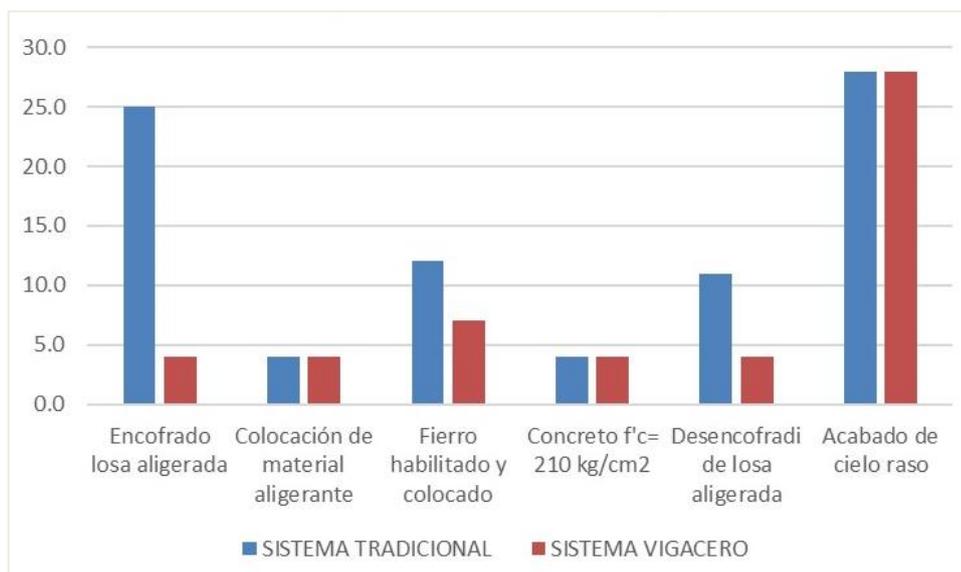


Figura 31: Análisis comparativo del tiempo de ejecución de las losas aligeradas por partida



3.3. GASTOS GENERALES

Como se expuso en párrafos anteriores, el sistema Vigacero reduce el tiempo de ejecución de losas aligeradas en 29 días, lo que equivale a aproximadamente un mes de trabajo. Y de igual manera que se evalúan los costos directos de la edificación, se deberá evaluar los costos indirectos de la misma. En este caso consideraremos este proyecto como una obra a contrata, en donde la reducción de tiempo impactaría en los gastos generales, específicamente en los gastos generales variables.

El primer punto por considerar es el gasto de la oficina central, como se observa en la tabla N°38, se toman en cuenta el alquiler de la oficina, el personal y el mobiliario a utilizar. En este caso se supondrá que estos gastos aportan a 5 obras en conjunto, teniendo un aporte al presente proyecto del 20%. Por lo que el ahorro en este caso sería de S/ 2,104.0

Tabla 38: *Gastos Generales Variables en la oficina central*

Gastos Oficina Central		Incidencia	Costo/Mes	Meses	Parcial
Alquiler oficina central	-Oficina central	1	2,000.00	1	2,000.00
	-Servicios varios	1	200.00	1	200.00
Personal oficina central	-Gerente de obra	1	6,000.00	1	6,000.00
	-secretaria	1	1,800.00	1	1,800.00
Equipo de oficina	-Mobiliario de oficina	1	100.00	1	100.00
	-Equipo de Cómputo	1	100.00	1	100.00
Impresiones, útiles de escritorio	-Útiles de escritorio, material PAD, etc.	1	210.00	1	210.00
	-Impresiones y empastados	1	110.00	1	110.00
TOTAL:					10,520
Aporte 20%:					2,104

El segundo Gasto Variable que se tiene, es el de obra, donde se considera al personal profesional y técnico, junto con equipos no incluidos en los costos directos, como se observa en la tabla N° 39. En este caso los montos más relevantes son los salarios del personal calificado, obteniendo un ahorro de S/. 9,450.

Tabla 39: *Gastos Generales Variables en la obra*

Gastos Obra		Incidencia	Costo/Mes	Meses	Parcial
Dirección técnica y administrativa	-Ingeniero Residente	1	4,000.00	1	4,000.00
	-Ingeniero Asistente de Residencia	1	1,500.00	1	1,500.00
	-Maestro de Obra General	1	2,500.00	1	2,500.00
Equipos no incluidos como costos directos	-Equipo de Oficina (Amortización)	1	100.00	1	100.00
	-Equipo de Cómputo (Amortización)	1	100.00	1	100.00
	-Camioneta pick up (Alquiler)	1	875.00	1	875.00
	-Camioneta pick up (combustible y mantenimiento)	1	375.00	1	375.00
TOTAL:					9,450.00

En conclusión, la reducción de 1 mes de trabajo permite reducir los gastos generales variable en el proyecto, debido a que estos gastos están relacionados al tiempo de ejecución. Tal como se muestra en la tabla N°40, donde se observa una reducción total de S/.11,554.00

Tabla 40: *Reducción de Gastos Generales Variables*

Gastos Generales Variables	Costo
Gastos oficina central	2,104.00
Gastos Obra	9,450.00
Total	11,554.00

3.4. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Como se comentó en la sección anterior, la diferencia del tiempo de ejecución entre ambos sistemas genera una variación en el costo de los gastos generales. Por lo que el sistema de concreto tradicional resulta costando S/.11,554.00 más, si este monto adicional es agregado al costo directo del proyecto y a su utilidad, obtenemos que el sistema convencional resulta costando S/. 943,957.80, como se observa en la tabla N°41. Asimismo, en la tabla N°42, se observa que el presupuesto total del sistema Vigacero incluyendo la utilidad es de S/. 919,573.98.

Tabla 41: *Costo directo total del proyecto en el sistema Tradicional*

Presupuesto Sistema. Tradicional	Costo
Costo directo	730,009.48
Gastos Generales (1 mes adicional)	11,554.00
Utilidad (8%)	58,400.76
Subtotal	799,964.24
IGV	143,993.56
Total	943,957.80

Tabla 42: *Costo directo total del proyecto en el sistema Vigacero.*

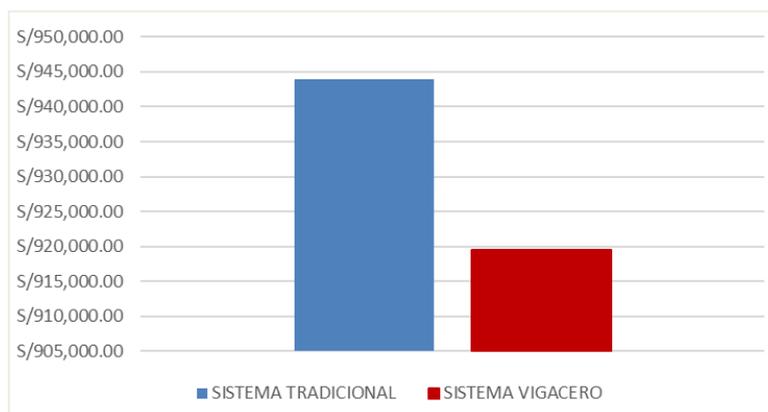
Presupuesto Sistema. Vigacero	Costo
Costo directo	721,574.06
Utilidad (8%)	57,725.92
Subtotal	779,299.98
IGV	140,274.00
Total	919,573.98

Finalmente, se obtiene la diferencia total del costo del proyecto entre ambos sistemas, determinando que el sistema Vigacero cuesta S/.24,383.83 menos que el sistema tradicional, tal como lo muestra la tabla N°43.

Tabla 43: Variación del costo total del proyecto

Variación costo total del proyecto			
Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	%Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
943,957.80	919,573.98	24,383.83	2.58%

Figura 32: Costo del proyecto de cada sistema



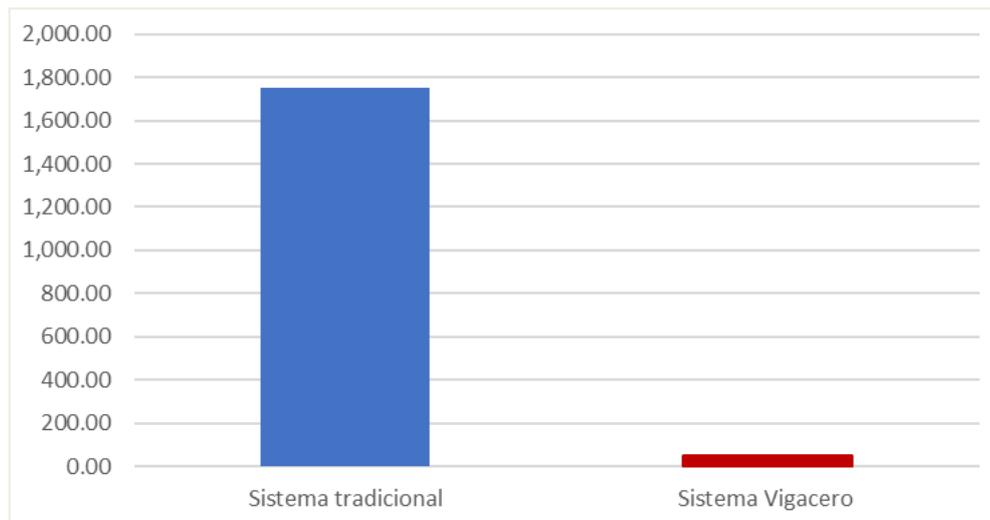
3.5. IMPACTO AMBIENTAL ENTRE AMBOS SISTEMAS

120,000 hectáreas de bosques desaparecen en la amazonia de nuestro país anualmente, un porcentaje de esta demanda es utilizado en el sector construcción, específicamente para la madera necesaria para el encofrado. El sistema Vigacero es uno que no requiere encofrado, pues las viguetas prefabricadas sirven de soporte para los casetones, convirtiéndose en un sistema de auto encofrado (SENCICO, 2021)

Tabla 44: Análisis comparativo de la madera utilizada para encofrado de losa aligerada

MADERA UTILIZADA (ft ²) EN ENCOFRADO DE LOSA ALIGERADA			
Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	%Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
1,749.18	51.79	1,697.39	97.0%

Figura 33: Análisis comparativo de pies cuadrados de madera utilizada en losas aligeradas por cada sistema

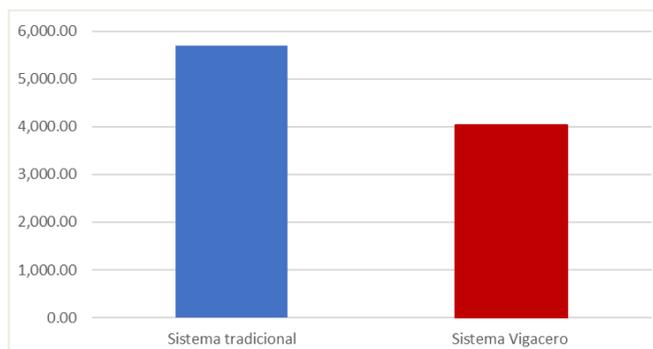


Por otro lado, este sistema prefabricado necesita de una menor demanda de concreto en las losas, debido a que la separación entre ejes de viguetas es de 84 cm en lugar de 40 cm. Estableciendo un ahorro de 2m^3 de concreto por cada 100m^2 de losa. Este es un punto importante, debido a que la elaboración del cemento forma parte del 8% de las emisiones de Dióxido de Carbono en el mundo. Además de que, al ahorrar concreto, se ahorra la cantidad de agua, en un aproximado de 460 litros de agua por cada 100m^2 de losa (SENCICO, 2021).

Tabla 45: Análisis comparativo del agua utilizada en el concreto de losa aligerada

LITROS DE AGUA UTILIZADA EN CONCRETO DE LOSA ALIGERADA			
Sistema Convencional	Sistema Vigacero	Brecha	% Brecha
(x)	(y)	(z) = (x) - (y)	(z) / (x)
5704.20	4041.00	1663.20	29.2%

Figura 34: Análisis comparativo de litros de agua utilizada en losas aligeradas por cada sistema



Es importante mencionar la huella de carbono, debido a que el proceso constructivo es uno de los responsables de gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, además de una parte significativa del consumo de agua, madera, concreto, acero y otros materiales en todo el mundo y, por ello, también del consumo de energía (SENCICO, 2021).

Tabla 46: Cuadro comparativo de emisiones de carbono entre ambos sistemas

Materiales x m ² de techo	Emisiones en kg CO ₂ /kg/m ²		Descripción
	Losa tradicional	Losa Vigacero	
Ladrillo de arcilla para techo	14.13	-	Considerando 8.33 ladrillos de arcilla para techo de 15x30x30
Casetones EPS	-	5.21	Considerando 1.19 Casetones EPS 15x75x100
Concreto en Vigueta (F'c= 210 kg/cm ²)	9.90	-	Considerando 2.5 viguetas por m ² de techo
Concreto en Vigueta (F'c= 210 kg/cm ²)	-	3.77	Considerando 1.2 viguetas por m ² de techo
Concreto en Losa superior (F'c= 210 kg/cm ²)	13.20	13.20	Considerando los 5 cm de losa superior de concreto
Acero en barras fy=4200	2.23	-	Considerando 2.5 ml de barras de 1/2" por m ² de techo
Acero estructural a 36	-	7.78	Se considera 1.10 ml de vigueta prefabricada
Tarrajeo mortero-cemento	8.786	4.39	Losa actual e=2 cm vs e=1cm vigueta prefabricada
Malla de fibra RF tarrajeo	-	0.34	Solo para losa con vigueta prefabricada de acero y EPS
TOTAL EMISIONES	48.25	34.69	El sistema Vigacero tiene 13.56 kg/m ² de emisiones de dióxido de carbono por m ² , equivalente a un 28.1% menos.

Fuente. Adaptado de SENCICO (2021)

Asimismo, este sistema reduce el peso por m², por lo que si al diseñar nuevamente las estructuras, considerando el sistema de losas Vigacero, se podrá reducir las secciones de los elementos estructurales y el uso de acero en estos, lo que conllevará a un impacto en el costo total del proyecto. Teniendo en cuenta que al utilizar el sistema el comportamiento sísmico de la estructura es mucho mejor a la de un sistema tradicional (SENCICO, 2021).

3.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS TECNICAS DE CADA SISTEMA

3.6.1. Sistema de losa aligerada tradicional

VENTAJAS

- El sistema tradicional de losas aligeradas no necesita de capacitación como el sistema Vigacero, debido a que es el más conocido en el sector construcción.
- No existe complicaciones para adquirir los materiales para este sistema; el ladrillo, acero, cemento y agregados correspondientes puede ser adquiridos en la ferretería más cercana hasta con un día de anticipación, dependiendo de la cantidad.
- Este sistema es de gran durabilidad y resistencia, debido a que está constituido por concreto y acero.

DESVENTAJAS

- En las instalaciones eléctricas, muchas veces se coloca erróneamente las cajas octogonales en el espacio donde se ubicará la vigueta. Asimismo, para colocar los puntos de luz, se debe picar el ladrillo de techo o quitarlo, lo que provoca exista una mayor demanda de concreto en esos espacios.
- Al igual que en las instalaciones eléctricas, en las sanitarias se debe romper ladrillo para el paso de tuberías, lo que genera desperdicio y un mayor consumo de concreto en esas zonas.

- El uso excesivo de insumos no reutilizables como lo son los clavos y alambres, para las partidas de encofrado. Además de utilizar madera en cantidades descomunales, lo que genera un mayor impacto en el ambiente.
- Este sistema genera un mayor tiempo de ejecución, por lo que en consecuencia se tendrá costo indirecto vinculado a los gastos variables del proyecto.
- Finalmente, el sistema se encuentra más expuesto a errores constructivos debido a la falla humana.

3.6.2. Sistema de losa aligerada con viguetas prefabricadas de acero

VENTAJAS

- Si bien es cierto, al ser un sistema nuevo necesita de la capacitación del personal para su ejecución, esto no debe ser tomado como una desventaja. Debido a que la empresa ARCOTECHO cuenta con un asesor comercial en la ciudad de Trujillo, que brindará las capacitaciones sin costos adicionales
- Es un sistema que no necesita de encofrados, debido a que las viguetas sirven de reemplazo. Únicamente se apuntalará cuando la luz de la losa supere los 3.00m, utilizando una solera en la mitad del paño y con puntales cada 1.50 m.
- Consume menos materiales, tales como acero, concreto y madera. Lo que equivale a un menor uso de agua y un menor impacto ambiental.
- En este sistema para ubicar las cajas octogonales, se utilizará una terraja manual para hacer los espacios en el Tecnopor, estas encajan correctamente, además, de que es imposible ubicar centros de luz en las viguetas, por lo que se asegura un buen trabajo.
- En el caso de las instalaciones sanitarias, todas van dentro del Tecnopor, utilizando un calentador para hacer las canaletas, teniendo el espacio exacto para su instalación.

DESVENTAJAS

- Para adquirir los insumos del sistema debe realizarse con anticipación y con el metrado correspondiente, pues estos son traídos desde lima. Por lo que la obra debe contar con una buena organización y planificación para que de esta manera no existan atrasos.

3.7. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Los resultados mostrados anteriormente permiten responder la pregunta de la investigación, planteada al inicio: ¿Cómo es el análisis comparativo referente a los costos, tiempos de ejecución y aspectos técnicos entre losa aligerada con el sistema Vigacero vs el sistema tradicional en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo? El hallar los costos de cada partida, permitió obtener el costo directo total del proyecto en cada uno de los sistemas, resultando en una deducción de costos con el sistema Vigacero en S/.9,947.90. Luego con la ayuda del programa Ms Project, se calculó el tiempo de ejecución de las losas aligeradas para cada sistema, lo que arrojó una reducción de tiempo de 28 días. Con este resultado se pudo encontrar la variación de los gastos generales, para luego conseguir la diferencia del costo total del proyecto entre ambos sistemas, que resultó ser S/.21,501.9.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. DISCUSIÓN

Con los resultados anteriormente expuestos, podemos decir que el volumen utilizado de concreto por m² de losa aligerada se reduce con el sistema Vigacero, tal como muestra la Tabla N°7 la reducción es de un 29.1%, equivalente a 9.24 m³. Esto se debe a la amplia separación entre las viguetas prefabricadas, pues en el sistema tradicional la separación de eje a eje es de 40 cm y en el sistema Vigacero es de 84 cm, lo que implica menor cantidad de viguetas y con ello menor cantidad de concreto. Debido a esta reducción de material, el costo de la partida es S/3,753.3 menos. Esta información guarda relación con lo encontrado en la investigación de Guerrero y Claire (2021) donde muestran que el sistema Vigacero consume 29.5% menos concreto que el sistema tradicional en las losas aligeradas, siendo incluso menor que el sistema prefabricado Techomax.

Asimismo, en la partida de acero de losa aligerada, tal como muestra la tabla N°10 en el sistema Vigacero se reduce el uso de acero en un 59.5%, que equivale a 1592.88 kg. Puesto que en este sistema la vigueta prefabricada sirve como reemplazo del acero positivo en las viguetas, necesitando únicamente del acero negativo y el de temperatura. Además que como se explicó en el párrafo anterior se necesita menos acero negativo debido al menor número de viguetas. Finalmente, como muestra la tabla N°12, esta reducción implica un ahorro de S/. 9,286.49 frente al sistema tradicional. Es importante mencionar que si bien se reduce el uso de acero en más de la mitad, se debe considerar el costo de la vigueta prefabricada y su colocación. Estos resultados pueden ser comparados con la tesis elaborada por Ruiz (2020) donde resalta que la losa Vigacero no necesita de refuerzo negativo a lo largo de las viguetas, pues la vigueta del sistema tiene un área de acero máximo de

6cm², y el área de acero calculado en la losa no supera el valor expuesto, lo que permite una reducción de material que conlleva a un menor costo en esta partida.

La partida de encofrado y desencofrado es una de las que más ahorro muestra, como se observa en la tabla N°18, el precio unitario del encofrado por m² de losa aligerada en el sistema Vigacero es menor en un 90.1%, equivalente a S/. 58.32. Esto debido a que el aporte unitario de la madera es menor en este sistema, pues los paños con luces menores a 3.00 m no necesitan de encofrado y únicamente se utiliza un apuntalamiento sencillo en paños que superen esta luz libre. Esto conlleva un menor uso de madera, pues el aporte unitario de este sistema es 93.79% menor que el convencional, lo que equivale a 1,697 pies cuadrados de madera. Asimismo, se debe tener en cuenta que de los 362.16 m² totales de losa aligerada, solo 172.64 m² necesitaron apuntalamiento, por lo que finalmente el ahorro total en esta partida es de S/. 22,337.9, tal como lo indica la Tabla N°19. Lo expuesto anteriormente, puede ser comparado con lo hallado en la tesis de pregrado de Rivera (2016), pues su investigación demuestra que el sistema Vigacero al limitar el uso del encofrado a solo apuntalamiento, permite reducir el uso de material de encofrado en un 93.63%, lo que conlleva a un menor costo en la partida.

Otras de las partidas analizadas fueron las de los materiales aligerantes, ya sea los ladrillos huecos de arcilla o los casetones de poliestireno expandido. Según nos muestra la Tabla N°20, un casetón pesa menos que un ladrillo y ocupa más volumen en una losa, ya que solo se necesita de 1.19 casetones frente a los 8.33 ladrillos para un m² de losa aligerada. Estos dos factores son determinantes al momento de analizar el rendimiento y costo de esta partida, ya que si bien trabajar con casetones es más sencillo debido al peso de estos, y por lo tanto el costo de la mano de obra se reduce en un 76.67% equivalente a S/. 2,342.8 (Tabla N° 26), y por consiguiente al tiempo de ejecución también es menor. Sin embargo, el costo de

la unidad del casetón es mucho mayor al del ladrillo, por lo que en el sistema Vigacero la colocación del material aligerante cuesta S/.4681.2 más que en el sistema tradicional (Tabla N°24). Estos resultados guardan relación con lo expuesto por Rivera (2016) en su trabajo de investigación, pues remarca que el sistema Vigacero aumenta el rendimiento de la colocación de los elementos aligerantes debido a ser de un material más livianos; lo que permite reducir el precio de mano de obra, frente a la mayor necesidad de mano de obra y esfuerzo al colocar ladrillos de arcilla.

Una partida propia que tiene el sistema Vigacero, es la de la colocación de sus viguetas prefabricadas, esta tiene un costo unitario de 56.25 soles. Para esta edificación se necesitó de 385.07 metros lineales de vigueta prefabricada por lo que el costo total de la partida es de 21,660.19 soles, como lo muestra la tabla N° 28, es importante tener en cuenta esta partida, ya que como se ha ido discutiendo en los párrafos anteriores el sistema Vigacero utiliza hasta un 50% menos acero que el sistema tradicional, sin embargo en esa comparación no se toma en cuenta el precio de esta vigueta prefabricada de acero.

La última partida analizada fue la del tarrajeo de cielo raso, tal y como se observa en la tabla N°31. En el sistema Vigacero el tarrajeo es más costoso, teniendo un precio unitario S/. 1.66 mayor. Esto debido a que se necesita de insumos adicionales como la red de fibra de vidrio, para generar un puente de adherencia entre los casetones de EPS y el mortero, además que las viguetas necesitan de un aditivo protector, para evitar su corrosión. Por lo que en general esta partida termina siendo más costosa en el sistema Vigacero en solo S/. 600.9 que equivale a un 5.8% más que el sistema tradicional.

Finalmente, después de analizar estas partidas, se obtuvo el precio de cada sistema por m² de losa aligerada, tal como lo muestra las tablas N°33 y N°34. El

precio unitario del sistema Vigacero es menor en un 11.6% (S/. 23.29) frente al sistema tradicional, lo que lo vuelve el sistema más viable a nivel económico. La razón por la cual la brecha entre ambos sistemas no es aún mayor, se debe a que a pesar del gran ahorro en las partidas de encofrado, concreto y acero, se debe considerar el costo de las viguetas prefabricadas, que equilibra un poco el ahorro obtenido en otras partidas. Aun así el sistema Vigacero sigue siendo más económico que el tradicional, dando un ahorro total de S/. 8,435.42 (sin IGV) en el proyecto, tal como lo muestra la Tabla N°35. Guerrero y Claire (2021) concuerdan con estos resultados, pues su investigación muestra que el m² de losa aligerada con el sistema Vigacero cuesta menos que el tradicional, sin embargo es más costoso que el sistema de vigas pretensadas Techomax; Pese a ello el sistema elegido fue Vigacero, por presentar mayores ventajas en distintos aspectos de su investigación.

Respecto al periodo de ejecución, Vigacero es el sistema que toma menos tiempo, pues para ejecutar las losas aligeradas de los 4 pisos se necesitan 29 días frente a los 57 del sistema tradicional. Lo que equivale a casi la mitad de tiempo de ejecución. Esto se debe a que este sistema no necesita encofrado, solo apuntalamiento en losas mayores a 3.00 m, que se ve reflejado en los 4 días que se necesitan para encofrar los 4 pisos frente a los 25 días que necesitaría el sistema tradicional. Asimismo, el tiempo de desencofrado por piso de la losa tradicional es de 15 días frente a los 7 días del sistema Vigacero. En la investigación realizada por Rivera (2016) se sustenta que además de lo expuesto anteriormente, otro factor importante en la reducción del tiempo es la ligereza de los casetones EPS que confiere una mejor trabajabilidad respecto a su colocación y transporte, así como, la colocación de las viguetas prefabricadas, lo que conlleva una reducción de 13 días de trabajo por piso en su respectivo proyecto.

En consecuencia, a la reducción de tiempos con el sistema Vigacero, los gastos generales del proyecto, específicamente los variables, se reducen también, pues estos están ligados al tiempo de ejecución del proyecto, estos 28 días menos significan un mes menos de pagos del personal técnico administrativo, de alquiler parcial de la oficina central de la empresa, así como el gasto del equipo de oficina, junto con los útiles de escritorios e impresiones. Esto significa que los gastos generales del sistema Vigacero, son S/.11,554.00 que el sistema tradicional, tal como se muestra en la tabla N°40.

Otro punto importante que se debe tener en cuenta al elegir el sistema es el impacto ambiental que tiene ambos. Como mencionan Susunaga (2014) la industria de la construcción es indispensable para el desarrollo de la sociedad, sin embargo, es una de las industrias que más generan residuos, contaminación y uso inadecuado de recursos naturales. Y como indica el Consejo Mundial de Construcción Sostenible, este sector es el que más posibilidad tiene para reducir sus impactos negativos al medio ambiente, ya que existen pequeños cambios, sin necesidad de incurrir en grandes costos de producción. El sistema Vigacero tiene ese pequeño gran cambio, se usa menos concreto por consiguiente menos agua, en este proyecto existe un ahorro de casi 1500 litros, equivalente a 4.10 litros por m², además de que el uso de madera se reduce considerablemente, en un aproximado de 1700 ft² de madera. Finalmente como se observa en la tabla N°46, el sistema Vigacero es el que menos emisiones de carbono tiene, reduciéndolo en un 28.1% menos que el sistema tradicional, lo que lo vuelve la opción más ecológica a escoger.

Además del tema económico, tiempos e impacto ambiental; esta también el aspecto técnico y como se muestra en las ventajas y desventajas de cada sistema, el tradicional es más conocido por lo que no necesitan de ninguna capacitación a diferencia del sistema Vigacero, sin embargo esta capacitación no tiene costo

adicional y es brindada por la empresa ARCOTECHO. Además de que el sistema es de fácil instalación, sus materiales son ligeros por lo que no necesitan de izaje como otros sistemas prefabricados. Asimismo, el sistema Vigacero es uno mucho más ordenado, genera menos desperdicio y el metrado es mucho más exacto a diferencia del sistema tradicional, que varía dependiendo de las instalaciones eléctricas y sanitarias debido a que se tiene que romper el ladrillo para el pase de estas. Un punto importante en mención es que, debe existir una planificación en obra, para poder realizar el requerimiento de materiales, pues la fábrica donde se elabora los componentes del sistema Vigacero, queda en la ciudad de Lima, y se debe pedir con 5 días calendario de anticipación.

4.1.1. LIMITACIONES

Durante la elaboración de este proyecto de investigación, se tuvo como limitaciones el poco acceso a obra, a causa de que muchas de las edificaciones donde se ejecutaba este sistema, no permitían el ingreso de personal no esencial. Debido a ello, fue difícil poder establecer los rendimientos del sistema basados en obra y con ello los tiempos de ejecución. Por lo que, los rendimientos planteados en esta tesis fueron obtenidos de otras investigaciones referentes al tema.

Asimismo, debido a aspectos sociales y políticos, los precios de los materiales variaban drásticamente de una semana a otra, por lo que las cotizaciones fueron realizadas en el mes de septiembre y no se actualizaron desde ese entonces. Por consiguiente, puede que la brecha económica entre ambos sistemas se haya reducido o ampliado.

Finalmente, la limitada información de este sistema, pues es uno creado y patentado exclusivamente en Perú por la empresa Arcotecho, por lo que al buscar información en específico de este sistema en otros países, no se encontró alguna referencia al respecto.

4.1.2. IMPLICANCIAS

Las implicancias prácticas a partir de los resultados encontrados fueron positivas, debido a que el presente trabajo de investigación genera un impacto en el sector construcción, pues da a conocer un nuevo sistema constructivo y lo compara con el sistema más usado en la actualidad; además permite que las personas puedan revisar la información y tener una nueva alternativa en cualquiera de sus proyectos. En este caso, nuestro país está en constante proyección de crecimiento en la industria inmobiliaria, por lo que resulta provechoso de tener un sistema que cumpla con lo requerido y permita reducir costos e insumos. Finalmente, este sistema es ideal en proyectos que requieran un cronograma limitado, debido a su menor tiempo de ejecución.

Respecto a las implicancias teóricas, la presente investigación se convierte en un precedente para futuros trabajos referentes a este tema, debido a la amplia información descrita anteriormente, abarcando no solo los costos y tiempos del nuevo sistema constructivo, si no también describiendo el impacto ambiental del sistema, junto con las ventajas y desventajas que presenta.

4.2. CONCLUSIONES

Se concluye que el sistema Vigacero es aquel que tiene un menor costo directo del proyecto, pues después de evaluar los costos de las partidas anteriormente expuestas, el costo total de una vivienda unifamiliar con sistema Vigacero es de S/721,574.06 y el costo con el sistema tradicional es de S/. 730,009.48, lo que equivale a una reducción de costos de S/. 8,435.42 sin incluir igr. Esto demuestra que el sistema Vigacero es el más económico por elegir, debido a que la rebaja de costos se centra en la reducción de encofrados, consumo de concreto y acero de refuerzo. Es importante resaltar que el área de losa aligerada

total del proyecto es de 362.16 m², y que la diferencia del costo por m² es de S/. 23.3, por lo que a mayor área techada mayor impacto en el costo de ejecución.

De igual manera, después de calcular los tiempos de ejecución para las partidas involucradas con losas aligeradas en cada sistema, se puede concluir que el sistema Vigacero es aquel con el menor tiempo de ejecución con 29 días frente a los 57 del sistema tradicional, debido a un mejor rendimiento en la colocación del material aligerante, y el menor tiempo de encofrado y desencofrado del sistema. Este aspecto permite que el sistema sea el ideal para ser utilizado en obras donde se tenga un tiempo bastante limitado o cualquier obra en general.

En consecuencia, al tener un menor tiempo de ejecución, el sistema Vigacero permite reducir los gastos generales del proyecto, específicamente los que están relacionados con el tiempo de ejecución, los gastos generales variables, en un monto total de S/.11,554.00. Esto se debe a que en ese tiempo no se tendrá que pagar personal técnico y administrativo, tales como ingenieros y maestro de obra, además de los alquileres o equipos de oficina.

Todo lo anteriormente descrito, conlleva a obtener la diferencia del presupuesto total del proyecto, obteniendo una reducción de costos total del 2.58% del sistema Vigacero frente al sistema tradicional, equivalente al monto de S/.24,383.83, incluyendo los gastos generales y la utilidad del proyecto. Esta diferencia se da debido a la reducción de precios en el costo directo y en los gastos generales del proyecto. Esto demuestra que el sistema Vigacero no solo tiene un menor tiempo de ejecución, sino también un menor presupuesto general del proyecto.

Después de investigar sobre las ventajas y desventajas del sistema Vigacero, podemos concluir que es un gran sistema a elección, pues es uno que cuenta un

menor impacto ambiental, por lo que genera una menor huella de carbono, aspecto muy importante en estos momentos, ya que el mundo cada vez se encuentra en busca de soluciones eco amigables que establezcan un cambio ante la problemática ambiental que atraviesa nuestro planeta.

Finalmente, en el aspecto técnico y al ser un sistema elaborado en una planta con estrictos niveles de calidad, la falla humana es menor, pues la colocación del sistema es más preciso a diferencia del tradicional, donde muchas veces se cometen errores en el proceso. Es importante resaltar que antes de implementar el sistema, se debe constatar que sea el ideal para el proyecto, dependiendo de la ubicación de la obra, el tipo de edificación y las características que esta requiera.

4.2.1. RECOMENDACIONES

En la presente investigación no se tomó en cuenta el ámbito del diseño, y es que como indica este sistema, los pesos se reducen en casi la mitad, lo que impacta directamente en el análisis estructural de la edificación, tal y como lo sostiene Ruiz (2020) en su tesis de pregrado, donde precisa que con el sistema Vigacero reduce la cortante basal en un 9.22% en la dirección X y 8.59% en la dirección "Y" frente al sistema convencional. Esto impactó directamente en las partidas de fierro, pues se redujo en muros y placas en un 2.40%, en columnas en un 7.80%, en vigas en un 7.91%, en losa maciza en un 7.24% y en la losa aligerada no se necesitó de acero, tan solo la vigueta prefabricada. Este reajuste redujo el costo del proyecto en S/.425,680.91. Por lo que se deja abierta la posibilidad de investigar un análisis comparativo en el aspecto del diseño estructural entre ambos sistemas.

REFERENCIAS

- Arapa, V., & Maldonado, F. (2019). *Análisis de la eficiencia del empleo de encofrados metálicos y madera en la construcción de edificios de la ciudad del Cusco – 2017 (Tesis de licenciatura)*. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/3751>
- Arcotecho (s.f.). Vigacero. Obtenido de <https://vigacero.pe/>
- Arcotecho (2021, 13 de septiembre) *¿Por qué constructoras innovadoras eligen Vigacero*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=T0guOR8wTgc>
- Arcotecho (2017) *Manual Técnico Vigacero*. Obtenido de <https://vigacero.pe/>
- Cari, E. & Calcina, L. (2021) *Análisis comparativo entre el sistema de losa convencional y losa con viguetas prefabricadas en el diseño sísmico de una vivienda en Arequipa*. Repositorio Institucional Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66505>
- Cueto, R. (2019). *Diseño de edificación multifamiliar empleando sistema de entresijos de viguetas prefabricadas de acero en el distrito de Surquillo, Lima (Tesis de licenciatura)*. Repositorio de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Recuperado de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3167>
- De la Torre, J. & Guerra, R. (2019). *Análisis comparativo del diseño sismorresistente de una edificación de albañilería confinada de cuatro niveles con dos sistemas de losa aligerada: convencional versus VIGACERO en Carabayllo - 2019*. Repositorio Institucional Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/52370>

- Espinoza, I. & Guerra, F. (2018). *Análisis comparativo de costos entre losa aligerada con sistema convencional versus viguetas prefabricadas de alma abierta en edificios multifamiliares*. Repositorio Académico Universidad San Martín de Porres. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4251>
- Guerrero, L. & Claure, H. (2021). *Estudio de optimización con Lean Construction y uso de viguetas prefabricadas de la ampliación del Albergue María Rosario Aráoz (Tesis de licenciatura)*. Repositorio de la Pontífice Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/19723>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill / Interamericana Editores. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Lozada, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*. Noticreto. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Mendoza, J. (2020). *Diseño de losas aligeradas con viguetas prefabricadas: solución de casos especiales*. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.14076/21737>
- Meza, C. & Martell, D. (2019). *Evaluación técnica y económica, entre los sistemas prefabricados de losa con viguetas Vigacero y losa con viguetas pretensadas en un edificio multifamiliar en el distrito de Surquillo (Tesis de licenciatura)*. Repositorio de la Universidad Ricardo Palma. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2648>
- Paye, A., Peña, J. & Franco, J. (2014). *Propuesta para la utilización de losas de entrepisos prefabricados y su evaluación costo-tiempo*. Sinergia e Innovación, 1-29. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10757/337192>

- Puicón, L. & Vásquez, O. (2018) *Uso de viguetas pretensadas para optimizar tiempo, calidad y costos en la autoconstrucción de losas aligeradas de los sectores C y D de Lima*. Repositorio Académico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Recuperado de <https://doi.org/10.19083/tesis/625167>
- Rivera, D. (2016). *Análisis comparativo del sistema prefabricado de losa aligerada Vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016 (Tesis de licenciatura)*. Repositorio de la Universidad Peruana Los Andes. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12848/276>
- Ruiz, R. C. (2020). *Reducción del peso de un edificio multifamiliar de 12 pisos y 2 sótanos, utilizando concreto $F'c=280\text{kg/cm}^2$, convencional, con aditivo Sika Lightcrete Pe y reemplazando la losa convencional por la Losa Vigacero, Trujillo – 2020 (Tesis de licenciatura)*. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/26470>
- Sanabria Riaño, B. S. (2017). *Análisis comparativo entre procesos de diseño y construcción de los sistemas tradicional y prefabricado de losas de entrepiso para edificaciones de hasta 4 niveles*. Repositorio Universidad Católica de Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10983/15493>
- SENCICO (2021) *Manuel de instalación de techo aligerado con viguetas prefabricadas de acero*. Primera edición junio 2021. Lima, Perú.
- Solís, W. (2019). *Comportamiento estructural del entrepiso de una vivienda de 3 niveles con el sistema prefabricado losa aligerada VIGACERO, Lima 2018*. Repositorio Institucional Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46444>
- Susunaga Monroy, J. M. (2014). *Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario*. Repositorio Institucional

Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Recuperado de
<http://hdl.handle.net/10983/1727>

Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (4ta ed.). México, D.F:
Editorial Limusa S.A. Recuperado de
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El_proceso_de_la_investigaci_n_cient_fica_Mario_Tamayo.pdf

Trujillo Rincón, J. W. (2016). *Análisis comparativo del costo y tiempo de construcción de una losa para entrepisos de una vivienda, entre los sistemas de losa aligerada con bloques de arcilla y losacero*. Repositorio Universidad de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17066>

Valenzuela Rosas, R. (2018). *Evaluación de sistemas constructivos para edificios de mediana altura con elementos de hormigón prefabricado*. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/169982>

Verdi, X. (2016). *Evaluación del comportamiento estructural con la incorporación de viguetas de acero en el edificio de aulas de la I.E.P "Euclides", Pillco Marca – Huánuco 2016 (Tesis de Maestría)*. Repositorio de la Universidad Nacional “Hermilio Valdizán”. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.13080/1880>

ANEXOS: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p>ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE SISTEMA DE LOSA ALIGERADA TRADICIONAL Y PREFABRICADA VIGACERO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 4 PISOS, TRUJILLO 2022</p>	<p>¿Cuál será el nivel de aporte referente a los costos y tiempos de ejecución de losa aligerada con el sistema Vigacero vs el sistema tradicional en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Realizar el análisis comparativo referente a los costos y tiempos de ejecución, entre el sistema convencional de losa aligerada frente al sistema de losa con viguetas prefabricadas en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo.</p> <p>Objetivo Específicos:</p> <p>Cuantificar el costo directo y tiempo de ejecución de la construcción de una vivienda unifamiliar de 4 pisos con sistema de losa convencional y Vigacero</p> <p>Comprobar la variación de los gastos generales, dependiendo del tiempo de ejecución de cada sistema en una vivienda unifamiliar de 4 pisos.</p> <p>Calcular la diferencia del costo total del proyecto entre ambos sistemas en una vivienda unifamiliar de 4 pisos.</p> <p>Realizar un análisis comparativo sobre el impacto ambiental y las ventajas del sistema Vigacero frente al sistema tradicional.</p>	<p>El sistema Vigacero será la opción más eficiente frente al sistema de losa aligerada tradicional en una vivienda unifamiliar de 4 pisos en la ciudad de Trujillo, 2022. Esto debido a que tendrá un menor costo, menor tiempo de ejecución, mayores beneficios técnicos y una menor huella de carbono.</p>	<p>1.Variable dependiente:</p> <p>Evaluación económica y tiempo de ejecución de los Sistemas de Losas Aligeradas</p> <p>2.Variable Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sistema de losa aligerada con viguetas prefabricadas de acero -Sistema de losa aligerada con viguetas convencionales 	<p><u>TIPO DE INVESTIGACION</u></p> <p>1. ENFOQUE: cuantitativo</p> <p>2. DISEÑO</p> <p>No experimental</p> <p>3. TIPO</p> <p>Descriptivo</p> <p><u>POBLACIÓN Y MUESTRA</u></p> <p>1. POBLACIÓN</p> <p>Edificaciones en el departamento de Trujillo, destinadas al uso de viviendas y/o oficinas</p> <p>2. MUESTRA</p> <p>Selección de un proyecto donde se haga uso de losas aligeradas, ubicado en la ciudad de Trujillo</p>