



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema  
vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Durand Sanchez, Laynes Missael (ORCID: 0000-0003-1953-0573)

**ASESOR:**

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2020

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a mi padre y madre quienes me brindaron su apoyo constante. A mis hermanos Maythen y Rubyño quienes alegran mi vida. A mi abuela María quien me inspirado y es mi motivación de lograr ser un profesional, a mis amigos quienes me permiten aprender más de la vida. Finalmente, a la familia de la Iglesia Adventista del Séptimo Día quienes han contribuido grandemente en mi formación en cada aspecto humano.

### **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios que tiene “planes de bienestar y esperanza” para todos. En segundo lugar, a mis padres, hermano y familiares. En tercer lugar, a mis amigos y profesores de la facultad de teología en especial a Epitacio, Pablo, Kevin y Misael. Por último, agradezco a la universidad, al Ing. Carlos Minaya y a la empresa Arcotecho Perú por su dirección en el desarrollo de la presente investigación.

## Índice de contenido

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	18
3.2. Variable y operacionalización.....	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimiento .....	20
3.6. Método de análisis de dato .....	21
3.7. Aspectos éticos .....	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES .....	54
VII. RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS.....	58
ANEXOS .....	67

## Índice de tablas

<i>Tabla 1: Cuadro de apuntalamiento</i>	14
<i>Tabla 2: Características del concreto</i>	24
<i>Tabla 3: Características del acero grado 60</i>	24
<i>Tabla 4: Características del acero de la vigueta pre fabricado</i>	24
<i>Tabla 5: Peraltes mínimos para no verificar deflexión</i>	25
<i>Tabla 6: Datos iniciales</i>	25
<i>Tabla 7: Luz libre</i>	25
<i>Tabla 8: Predimensionamiento de la losa</i>	25
<i>Tabla 9: Peso propio de la losa Vigacero</i>	32
<i>Tabla 10: Carga muerta - Vigacero</i>	32
<i>Tabla 11: Carga viva - Vigacero</i>	32
<i>Tabla 12: Carga muerta - Vigacero</i>	33
<i>Tabla 13: Deflexión máxima de la losa</i>	33
<i>Tabla 14: Deflexión máxima de la losa</i>	33
<i>Tabla 15: Carga muerta - convencional</i>	35
<i>Tabla 16: Carga viva - convencional</i>	35
<i>Tabla 17: Carga muerta – Convencional</i>	35
<i>Tabla 18: Momento admisible - Vigacero</i>	37
<i>Tabla 19: Cortante admisible - Vigacero</i>	39
<i>Tabla 20: Resistencia requerida</i>	41
<i>Tabla 21: Calculo de momento flector</i>	41
<i>Tabla 22: Acero de refuerzo</i>	43
<i>Tabla 23: Resumen de metrado</i>	44
<i>Tabla 24: Presupuesto del sistema Vigacero</i>	44
<i>Tabla 25: Presupuesto del sistema convencional</i>	45
<i>Tabla 26: Resumen de presupuesto</i>	46

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Mapa de ubicación de la vivienda multifamiliar.....	3
Figura 2: Edificaciones de la ciudad de Arequipa.....	14
Figura 3: Plano de distribución de viguetas - planta.....	23
Figura 4: Ejes de la losa Vigacero.....	26
Figura 5 : Materiales de losa Vigacero.....	26
Figura 6: Sección de vigueta Vigacero.....	27
Figura 7: Viguetas cada 84 cm.....	27
Figura 8: Evaluación de la estructura Vigacero.....	28
Figura 9: Análisis de la estructura Vigacero.....	28
Figura 10: Ejes de la losa convencional.....	29
Figura 11: Materiales de losa convencional.....	29
Figura 12: Dimensiones de la losa convencional.....	30
Figura 13: Añadir cargas a la losa convencional.....	30
Figura 14: Evaluación de la estructura Vigacero.....	31
Figura 15: Análisis de la estructura convencional.....	31
Figura 16: Momento en la losa Vigacero.....	34
Figura 17: Diagrama de deflexión máxima en la losa Vigacero.....	34
Figura 18: Momento en la losa convencional.....	36
Figura 19: Diagrama de deflexión máxima en la losa convencional.....	36
Figura 20: Diagrama de momento – Vigacero.....	37
Figura 21: Diagrama de momento – sistema convencional.....	38
Figura 22: Diagrama de cortante – Vigacero.....	39
Figura 23: Diagrama de cortante – sistema convencional.....	40
<i>Figura 24:</i> Diagrama de momento flector.....	41
<i>Figura 25:</i> Distribución de acero en la vigueta.....	43
<i>Figura 26:</i> Perfil del sistema convencional y Vigacero.....	43
<i>Figura 27:</i> Comparativa de deflexión de la losa aligerada.....	47
<i>Figura 28:</i> Comparativa de momento de la losa aligerada.....	48
<i>Figura 29:</i> Comparativa de esfuerzo cortante de la losa aligerada.....	48
<i>Figura 30:</i> Comparativa del costo directo de la losa aligerada.....	49

## Resumen

El presente proyecto tuvo como objetivo principal determinar el comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema Vigacero y calcular el costo directo de la losa, ya que la gran demanda en el sector inmobiliario en el distrito de Cerro Colorado, Arequipa conlleva un crecimiento en la autoconstrucción de viviendas con una carencia en el comportamiento estructural. Para ello se planteó como una propuesta de solución el “sistema Vigacero”.

Esta investigación se basa en un método cuasi experimental, utilizando muestra por conveniencia. Para el análisis estructural se utilizó Etabs 2018 y para el análisis del costo directo de losa se utilizó el software Presuesto.pe, obteniendo como resultados la reducción de la deflexión en 82.43% menos que la deflexión máxima, 47.94% menos que el momento admisible, 40.36% menos que la cortante admisible de su propio sistema. Además de la reducción del costo directo en 15.24% respecto al sistema convencional.

Finalmente, con los análisis anteriores se determinó que el sistema Vigacero tiene un mejor comportamiento estructural además que tiene un costo inferior que el sistema tradicional y se sugirió realizar comparaciones del sistema propuesto con otros que se encuentran en el sector de la construcción.

**Palabras clave:** Sistema Vigacero, deflexión, cortante, costo directo.

## **Abstract**

The main objective of this project was to determine the structural behavior of the slab lightened with the Vigacero system and to calculate the direct cost of the slab, since the great demand in the real estate sector in the district of Cerro Colorado, Arequipa leads to a growth in the self-construction of houses with a lack in structural behavior. For this, the "Vigacero system" was proposed as a solution proposal.

This research is based on a quasi-experimental method, using a convenience sample. For the structural analysis, Etabs 2018 was used and for the analysis of the direct cost of the slab, the software Presuesto.pe was used, obtaining as results the reduction of the deflection in 82.43% less than the maximum deflection, 47.94% less than the admissible moment, 40.36% less than the allowable shear of your own system. In addition to the direct cost reduction of 15.24% compared to the conventional system.

Finally, with the previous analyzes, it was determined that the Vigacero system has a better structural behavior, as well as that it has a lower cost than the traditional system, and it was suggested to make comparisons of the proposed system with others found in the construction sector.

**Keywords:** System "Vigacero", deflection, shear, direct cost.



## **I. INTRODUCCIÓN**

## **Realidad problemática**

El sector de la construcción es cambiante por ello en el mundo se va generando nuevas tecnologías y formas de diseñar las edificaciones, no solo para ser más eficiente sino también eficaz. Un claro ejemplo son, los nuevos métodos de construcción en las losas aligeradas que buscan racionalizar simétricamente las cargas actuantes sobre ella a los demás elementos estructurales, adicionalmente a ello se busca que estos sistemas puedan ser empleadas en las viviendas autoconstruidas. Para así tener un mejor comportamiento estructural ante casos de sismos, con el objetivo de salvaguardar la vida.

Algunos de estos métodos son poco difundidos en la industria de la construcción peruana a pesar de poseer ventajas como las que mencionamos, en otros países esta multiplicidad de sistemas son bien conocidas y han ayudado a crear oportunidades tanto para el propietario como para el proyectista del ámbito público y privado. Tenemos casos como Ecuador, Colombia e India; donde se han implantado alternativas de construcción para la mejora el comportamiento estructural y la productividad. En el primer caso Avecillas Ríos (2016, p. 55)<sup>1</sup> propone la utilización de bloques de poliestireno expandido, el segundo caso Rendón Delgado (2019, p. 47)<sup>2</sup> utiliza un sistema de «losacero» con acero A-36. Por último, Chougule, Mota y Patil (2014, p. 119)<sup>3</sup> utilizaron plásticos reciclados como material de relleno en la losa de hormigón. En todos los casos se observó un incremento en la capacidad estructural de la losa, además se observó un aumento de productividad, disminución de plazo de ejecución y la disminución de desperdicio, etc.

En el aspecto local tenemos a Huaraz donde Sanchez Sigueñas (2015, p. 32)<sup>4</sup> utilizo en la losa aligerada poliestireno y placa colaborante, en la ciudad de Lima tenemos a Cueto Alberto (2019, p. 143) que empleo el “sistema de entrepisos de viguetas prefabricadas de acero en el distrito de surquillo” [5] asimismo Anco et al. (2014, p. 27)<sup>6</sup> propusieron la utilización de losas de entrepisos prefabricados, en dichos casos los resultados concuerdan con las evidencias internacionales. Por ello se buscó implementar un sistema de losa aligerada Vigacero poco conocida en el distrito Cerro Colorado, Arequipa. Ya que dicho departamento es considerado como

altamente sísmico según Allan Stewart (2020, p. 23)<sup>7</sup> así mismo, hay una gradual demanda en el sector inmobiliario ello implica un crecimiento en la autoconstrucción de viviendas como refiere Sanchez Montesinos (2018, p. 39)<sup>8</sup>.

### **Ubicación del proyecto**

El Proyecto de estudio se circunscribe en la ciudad de Arequipa, en el distrito de Cerro Colorado dentro del de Cantera se construyó un edificio multifamiliar de 3 pisos. Ver figura 01



*Figura 1:* Mapa de ubicación de la vivienda multifamiliar.

Fuente: Elaboración propia

Se observó que la mayoría de edificaciones continúan utilizando el sistema tradicional por ello, resulto necesario implementar un sistema innovador en la etapa de ejecución de la losa aligerada para mejorar el comportamiento estructural, el sistema a utilizar será Vigacero en una edificación de 3 pisos, para determinar el aporte de este sistema se realizó el análisis del comportamiento estructural y económico.

### **Formulación del problema**

#### **Problema general**

¿Cuánto es el costo directo y como es el comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020?

## **Problema específico**

¿Cuánto es la deflexión de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020?

¿Cuánto es la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020?

¿Cuánto es el costo directo del sistema Vigacero vs el sistema convencional en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020?

## **Justificación**

### **Justificación práctica**

El valor práctico de esta investigación, radica en la producción de información situada en el contexto de alternativa constructiva de losas aligeradas que luego servirán como ejemplo y se pueda optar su desarrollo en nuevas infraestructuras en la ciudad de Arequipa.

### **Justificación económica y social**

El sistema Vigacero compuesto por acero galvanizado y casetón de poliestireno expandido. Primero, tiene un mejor comportamiento estructural ya que se reduce la carga propia de la losa conservando su resistencia. Segundo, tienden a tener mayor duración y brindan mejor capacidad de alicatación térmica además provee mayor seguridad en los aspectos sísmicos. Tercero, ayuda a maximizar el valor de una inversión a favor del propietario o el proyectista público en el ámbito público y privado. Por último, conlleva a que los diferentes profesionales involucrados en la construcción se mantengan al día con las nuevas alternativas constructivas en el proceso de las losas aligeradas.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis general**

El comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos cumple con la norma E 0.60 del RNE además tiene una reducción del costo directo en el proceso de construcción.

### **Hipótesis específico**

La deflexión de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos es menor a la deflexión máxima de la norma E 0.60 del RNE.

La resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos es admisible por la norma E 0.60 de la RNE.

El costo directo con el sistema Vigacero es menor que el sistema tradicional en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.

### **Objetivo**

#### **Objetivo general**

Determinar el comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema Vigacero y calcular el costo directo de la losa, en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.

#### **Objetivo específico**

Determinar la deflexión de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.

Determinar la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.

Determinar el costo directo del sistema Vigacero vs el sistema tradicional en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.

## **II. MARCO TEÓRICO**

## **Antecedentes**

Cosinga Pérez y Gómes del Aguila (2017) *Análisis comparativo del costo estructural de un edificio empleando losas aligeradas con poliestireno expandido versus ladrillo de arcilla*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad de San Martín de Porres. Dicho estudio fue descriptiva aplicada con un enfoque cuantitativo, ellos se trazaron el objetivo de especificar el costo estructural de un edificación cuando es remplazado el ladrillo de arcilla por poliestireno expandido para ello utilizaron como instrumentos de investigación el software Etabs, S10 y Excel. Llegando a la conclusión de que de que hay una reducción de 7.5% en la cortante de la losa con el sistema de poliestireno expandido<sup>9</sup>.

Rodríguez Chávarry (2015) *Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Cajamarca. Esta pesquisa fue de tipo aplicada experimental de tipo descriptivo, el ingeniero propuso como objetivo contrastar la diferencia económica y estructural de una losa unidireccional tradicional versus una losa colaborante unidireccional. Como metodología de investigación utilizó teorías relacionadas al análisis y diseño estructural tanto de vigas como en columnas para luego realizar un modelamiento con el software Sap2000. A través de estos análisis se pudo verificar que las losas diseñadas con un sistema colaborante tiende a tener una mayor resistencia a flexión y a esfuerzo de corte además presenta se reduce la deflexión<sup>10</sup>.

Ramos (2012) *Análisis técnico y económico de losas de entrepiso*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura. La menciona investigación fue no experimental de tipo básica, estableció como finalidad dar a relacionar y explicar diez sistemas nuevos de losa de entrepiso dando conceptos del proceso constructivo, el sistema estructural, ventajas y desventajas. Las conclusiones más notables fueron: Que al aplicar EPS como material aligerante hay una reducción en el carga propia de la losa en un 40% con respecto aligerado convencional, el poliestireno expandido posibilita en obra ampliar la luces libres mato a 70 cm además tiene la peculiaridad de aislante térmico. Concluye que el sistema Vigacero es el más económico con respecto a otros sistemas. Recomienda la utilización de dicho sistema para mejorar la productividad en obra<sup>11</sup>.

Solis Trujillo (2019) Uso de *Comportamiento estructural del entrepiso de una vivienda de 3 niveles con el sistema prefabricado losa aligerada VIGACERO*, Lima 2018. Tesis para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad César Vallejo. Dicha investigación fue de tipo aplicada diseñado no experimental de modo transversal del nivel comparativo. Para la recolección de datos se recurrió a los planos, normas que proporcionan el país y el modelamiento en Etabs. Los resultados obtenidos muestran que el sistema Vigacero representa el 20% de la deflexión máxima de los parámetros del RNE, el momento admisible representa el 16.72% del momento nominal y la cortante admisible representa el 31.55% de la cortante nominal por ende los parámetros estructurales cumplen<sup>12</sup>.

Sanabria Riaño (2017) investigo el *análisis comparativo entre procesos de diseño y construcción de los sistemas tradicional y prefabricado de losas de entrepiso para edificaciones de hasta 4 niveles*. Para optar el título de Ingeniero Civil por la Universidad Católica de Colombia en Bogota D. C. La pesquisa se realizó de forma analítica descriptiva para ello examinaron los parámetros de construcción y diseño para crear indicadores de análisis tanto para el sistema tradicional como para las losas prefabricadas. En esta investigación mostro que es necesario tener un trabajo milimétrico entre los planos estructurales y arquitectónicos para usar de mejor forma el sistema prefabricado en los aspectos estructurales se evidencia una reducción de peso y mayor amplitud en la carga de diseño<sup>13</sup>.

Garino (2010) de la Universidad de la Republica en Uruguay investigo las *soluciones estructurales no habituales estructuras mixtas de acero y hormigón losas mixtas conformadas por placas de acero colaborante con vigas compuestas*. Este proyecto de investigación tuvo como finalidad detallar el comportamiento estructural de las losas hormigón mixto para ello realizaron una investigación bibliográfica y cálculos de parámetros de edificaciones las conclusiones obtenidas fueron que este tipo de losa aprovecha mejor las características mecánicas del acero y del hormigón, también se reduce el espesor de la losa y por ende el peso<sup>14</sup>.

Ascencio Arangua (2006) desarrollo el diseño de losas *colaborantes unidireccionales de hormigón usando planchas de zincalum® y sus analogías con el uso de placas de acero galvanizado instapanel® pv6-r*. Para optar el título de ingeniero civil en obras civiles en la Universidad Austral de Chile. Su objetivo



principal fue examinar las propiedades estructurales de zincalum en la losa y por otro lado su aplicación en el acero galvanizado en las placas colaborantes. Se partió del predimensionamiento de las vigas, se pasó al modelamiento estructural en Sap200, por último se evaluó la deformación en las probetas en laboratorio. Se obtuvo que el análisis lineal por método de elemento finito muestra el comportamiento del sistema de losa compuesta además las secciones a medida que el material redistribuye los esfuerzos aumenta su resistencia<sup>15</sup>.

Iza Chimbana (2015) de la Universidad Técnica de Ambato en Ecuador investigo *la incidencia de viguetas pretensadas en el comportamiento estructural de edificaciones de grandes luces* para la obtención del título de ingeniero civil. El trabajo se desarrolló de modo cuantitativo ya que se determinó cálculos para la interpretación, llevándolo a un nivel exploratorio, descriptivo y explicativo. Esta investigación se sustentó en la documentación ya existente dando como resultado que la deflexión de vigas a grandes luces esta en los parámetros de la norma ACI, además de ello resulta confiable la utilización de este elementos natural por que estas se fabrican cumpliendo parametros de calidad en la construcción<sup>16</sup>.

Tahmasebinia (2008) en su tesis "*Numerical modelling of reinforced concrete slabs subject to impact loading*" de la *University of Wollongong* en Australia este trabajo se desarrolló para optar la maestría en ingeniería civil. La metodología que se siguió fue experimental ya que se evaluó cinco losas de hormigón para examinar el comportamiento del entrepiso de hormigón armado sometidas a cargas de impacto para así poder predecir su comportamiento estructural en los aspectos de tensión y corte para ello se utilizó el método finite element package. Su conclusión fueron que un modelo de concreto dúctil da mejores resultados, que no solo se debe diseñar las construcciones para cargas estáticas si no dinámicas por ello es necesario evaluar con distintos materiales para tener un mejor comportamiento. La variedad de cargas es necesario distribuir las de manera uniforme a través de la losa es por ello fundamental reducir la carga de la losa. Por último menciona que estas losas tienen un mayor índice de flexión, corte o la combinación de ambos<sup>17</sup>.

Moyaba (2013) de la University of Cape Town en Sudáfrica investigo "*Concrete structural design for sustainability in residential and small commercial buildings*" para la obtención del título de ingeniero civil. En esta investigación se estudió el

diseño sostenible de las losa es decir buscar el óptimo comportamiento de la estructura de hormigón armado. El estudio parte comparativa de diferentes tipos de losas utilizadas en la actualidad, en particular de las innovaciones en el sector constructivo que posean una mayor eficiencia estructural y colocarlos en una escala en comparación con la losa maciza, tradicional. Este análisis comparativo se tomó los datos del diagrama de momento de flexión, como actúa la fuerza cortante y también la deflexión. Las conclusiones del autor fueron para el diseño de las losas es importante tener en cuenta la disposición de carga, la magnitud de la carga, así como el tipo de estructura que se está diseñando, es decir, una estructura rígida o flexible. Casi siempre las losas con viguetas prefabricadas y materiales ligeros para el encofrado las deflexiones se minimizan y la cantidad de hormigón se reduce hasta en un 60% mientras que la cantidad de acero requerida se reduce hasta en un 70% por ello es importante realizar el análisis de cada innovación constructiva<sup>18</sup>.

Saheed (2020) de la Universiti Putra Malaysia en Malaysia investigaron "*Structural behavior of out-of-plane loaded precast lightweight EPS-foam concrete C-shaped slabs*" para obtener la maestría en ingeniería civil. Esta investigación plateo como objetivo diseñar un hormigón con espuma de poliestireno expandido ligero on una resistencia a la compresión de 35 MPa y fabricaron losas de hormigón LEPSF prefabricadas en forma de C con diferentes parámetros. Los porcentajes utilizados fueron de (15%, 22,5% y 30%) y (7,5%, 15% y 22,5%), respectivamente. Los resultados de la investigación menciona que la utilización de poliestireno expandido a una resistencia favorable a temprana fraude; sin embargo, se observó una reducción en la fuerza a posterior. Pero el uso de polvo de cantera mejoró la resistencia a la compresión del hormigón en un 30% en comparación con las mezclas con EPS. Los resultados revelaron que la deflexión de las losas de hormigón en forma de C de EPS fue 31,5% - 45,7% menos que la registrada en losas de hormigón normales comparables<sup>19</sup>.

Parasuram y Baskaran (2020) en su artículo "Study On Bamboo And Steel As Hybrid Reinforcement For Concrete Slab" del departamento de ingeniería civil de la University of Moratuwa en Sri Lanka estudian el bambú para remplazar la utilización de acero ya que su país por ser pequeña es costoso la producción de acero. Por ello el bambú se puede utilizar como refuerzo híbrido para lograr los beneficios del

acero y el bambú, mientras se compensan las desventajas de cada uno. En la investigación presentan el análisis del comportamiento de las tres losas de hormigón armado tanto con acero como con bambú en comparación con el acero solo. En las cuatro muestras de losas (200 mm \* 1200 mm \* 60 mm) se probaron la carga de línea central. Y el comportamiento a la flexión de la losa reforzada con acero solo se comparó con tres losas híbridas reforzadas con una combinación diferente de acero y bambú. Después de los análisis respectivos con software estructurales se concluyó que las losas híbridas reforzadas con acero y bambú pueden utilizarse como una alternativa eficaz ya que se reduce la deflexión<sup>20</sup>.

Mohamed, Thamboo y Jeyakaran (2020) en su artículo "*Experimental and numerical assessment of the flexural behaviour of semi-precast-reinforced concrete slabs*" de la revista *Advances in Structural Engineering* investigaron el desempeño de las losas de hormigón armado semi-prefabricado para ello fue necesario estudiar el comportamiento general de flexión mediante estudios experimentales y numéricos. Para ello construyeron cinco losas semi-prefabricadas como prototipos para evaluar el comportamiento a la flexión con diferentes métodos de análisis estructural de superficies y recubrimiento de hormigón. También se construyó otras a pequeña escala con recubrimiento de hormigón superpuestas con el fin examinar la unión entre corte y tracción que son características de resistencia con esos diferentes tratamientos superficiales. Los resultados del experimento muestran que los métodos de tratamiento de superficies influye en el comportamiento a flexión de las losas, donde la resistencia de la unión al cizallamiento de la interfaz excede mayor a 1.0 MPa y la losa se comporta monolíticamente bajo acción a flexión. Además, se desarrollaron la técnica de modelado numérico para este sistema de losas, basándose en el marco de elementos finitos para un análisis más a fondo del comportamiento general de flexión. Los resultados fueron favorables. Finalmente, realizaron el análisis paramétricos para evaluar más a fondo las influencias de las resistencias, vano y relaciones de refuerzo del hormigón sobre la presión impuesta segura aplicable para este sistema de losas. En conclusión tenemos aumento en el comportamiento estructural (deflexión, flexión y cortante) de la losa<sup>21</sup>.

Al-Rubaye et al. (2020) en su artículo "*Flexural behaviour of concrete slabs reinforced with GFRP bars and hollow composite reinforcing systems*" del

departamento de ingeniería civil de la universidad University of Southern Queensland en Australia investigaron las barras de polímero reforzado con fibra de vidrio para refuerzo alternativo en losas de concreto debido a tener una alta resistencia a la corrosión. Esto se efectuó en los sistemas de losas de concreto huecas para reducir la cantidad de concreto en la losa y minimizar el peso propio, pero los orificios internos los hacen propensos a fallas por cizallamiento y colapso. Por ello se estudió el comportamiento a flexión de losas de hormigón reforzadas con barras de PRFV y CRS. Prepararon cuatro losas de hormigón a gran escala y se probaron bajo flexión estática de cuatro puntos para comprender cómo funcionaría este nuevo sistema de construcción. Se concluye que la utilización de PRFV reduce en 9% la compresión de la losa, en segundo lugar se tiene un mejor rendimiento estructural de las losas de hormigón alveolares además de un aumento de rigidez en un 33% sumado a ello tenemos un aumento de 45% en capacidad de carga. Por último tenemos que la carga de falla es menor que la falla convencional. Estas mejoras demuestran que la utilización de PRFV mejora el comportamiento estructural de la losa y de la edificación como un todo<sup>22</sup>.

## **Teorías relacionadas al tema**

### **El Concreto**

Según Harmsen (2017, p. 12) es una mezcla y sus componentes básicos son el agregado fino o arena, piedra o agregado grueso cemento y agua<sup>23</sup>. El concreto cuando es diseñado adquiere diferentes propiedades en primer lugar, la resistencia a la compresión. Según Toirac Corral (2009, p. 477) es la capacidad que tiene el concreto para soportar una fuerza axial esta debe ser  $f'_c \geq 175 \text{ Kg/cm}^2$  en un concreto estructural<sup>24</sup>. En segundo lugar, la resistencia "a la tracción es mucho menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre un 8% a 15%"<sup>[23]</sup> (Harmsen 2017, p. 24). Por último está la resistencia al esfuerzo cortante esta es muy difícil de determinar pero se puede prescindir de ella ya que solo será utilizado en casos especiales según McCormac y Brwm (2014, p. 225), el concreto tiene muchas propiedades pero no es tan favorable su resistencia a la tracción por ello necesitara del acero para ser utilizado de manera eficiente en las construcciones<sup>25</sup>.

## **El Acero**

Harmsen (2017, p. 36). “El acero es una aleación de diversos elementos entre ellos: carbono, manganeso, silicio, cromo, níquel y vanadio. El carbono es el más importante y el que determina sus propiedades mecánicas”[23] Su comportamiento es muy homogéneo ya que es muy similar la resistencia a tracción y compresión esto es llamado elastoplacido según la ACI-10.2.4<sup>23</sup>.

## **Deflexión**

Cardenas Serrano, Lopez Nicolaz y Vaquin Mallada [sin fecha], p. 3) menciona que, “La deflexión es el grado en el que un elemento estructural se desplaza bajo la aplicación de una fuerza o carga. La deflexión se determina aplicando las leyes que relacionan las fuerzas y desplazamientos”[26] El cálculo de la deflexión nos permitirá establecer el peralte que la losa aligerada tendrá. Antes de verificar la deflexión nosotros podemos establecer el peralte según la Tabla 9.1 de la norma E.060.

## **La flexión y el esfuerzo cortante**

Se conoce que en primera instancia que la resistencia de compresión del concreto no podrá ser mayor  $f'_c$ , en segunda instancia la resistencia a la cortante del concreto es muy pequeña por ello se considera que el acero toma la fuerza total en esfuerzo a corte, en tercer lugar que la relación de esfuerzo y deformación del concreto solo es admisible hasta el 50% de su resistencia, por ello será necesario el acero para resistir el momento de flexión para ello realizaremos el cálculo de cuantía por el método de diseño de flexión según Morales Morales (2009, p. 13)<sup>27</sup>.

## **Sistema Vigacero**

Por la creciente falla de las viviendas construidas sin especialistas en la materia, se desarrolló un sistema que mejore dicha falencia. Con la Resolución Ministerial N° 264-2014-VIVIENDA se incorporó un sistema compuesto como base estructural viguetas de perfil prefabricadas, además de tener una mayor amplitud de distancia de los puntales en el encofrado tradicional. La utilización de viguetas de acero no es un uso reciente, tenemos el caso de Inglaterra donde se edificó un edificio de siete niveles empleando vigas y viguetas de acero<sup>28</sup>, Sainz (2009); otro claro

ejemplo es en Francia donde se conoce de la utilización de bovedillas con vigueta de hierro estas se consideraban muy resistentes al fuego<sup>29</sup> Macaluso (2016) por ultimo podemos citar Roma donde su utilización es para posibilitar el recubrimiento de grandes luces, se han vuelto las soluciones tecnológicas más adecuadas<sup>30</sup> Paolacci y Sguerri (2000). A pesar de que las viguetas prefabricadas de acero no son muy utilizadas en el Perú podemos encontrar evidencias de su utilización y como han sobrevivido al tiempo como a los movimientos sísmicos “En Arequipa luego del fuerte sismo de 1911, se realizó la reconstrucción con rieles de ferrocarril (separados a 80 cm entre sí) y sillar tallado. Muchas de estas edificaciones hoy tienen más de 100 años”[31] Custodio Limachi (2014, p. 11).



Figura 2: Edificaciones de la ciudad de Arequipa

Fuente: Elaboración propia

Hoy en día el sistema Vigacero ha diseñado viguetas prefabricadas de acero galvanizado como componente estructural, estas se comportan como refuerzo positivo respecto a las cargas actuantes de la losa, pero al tener mayor área de acero tiende a tener un comportamiento más homogéneo. Su apuntalamiento difiere del sistema tradicional, ello lo apreciamos en la siguiente tabla:

Tabla 1: Cuadro de apuntalamiento

Luces	Apuntalamiento
$L \geq 4.50 \text{ ml}$	No requiere apuntalamiento
$4.50 \text{ ml} < L \leq 8.00 \text{ ml}$	Apuntalamiento mínimo *

\* Diseñado por el ingeniero estructural

Fuente: Elaboración propia

### **Vigueta prefabricada de acero galvanizado**

La forma peculiar de las viguetas es debido a la técnica ROLL FORMING, el acero galvanizado pasa por punzadores y dados dándole la forma de U. Su longitud queda determinado por la obra a desarrollarse. “Esta es la única forma de garantizar que el acero no reduzca sus propiedades físicas, en oposición las viguetas resultara tener mejores propiedades de resistencia mecánica”[31] Custodio Limachi (2014, p. 14). Ver en anexo 6.

### **Casetón de poliestireno expandido**

Es un material que se utiliza como material aligerante, ya que está compuesta por *Expanded polystyrene* de densidades variables mayores al 15 kg/m<sup>3</sup>, en obra además se comporta como material encofrante de concreto. Añadimos el beneficio de su portabilidad así mejora el rendimiento el traslado de material como el colocado. Por último, es un material reutilizable y de menor riesgo que el ladrillo. Ver anexo 6.

### **La malla de temperatura en el sistema Vigacero**

Para reducir las grietas en el concreto ante el cambio de temperatura. Se deberá superponer sobre el casetón, a una altura tal que quede al medio de la capa de compresión. Las especificaciones del tipo de acero a utilizar se muestran en el anexo 6.

### **Productividad**

La Productividad identifica varios componentes para su mejora, es importante identificar cada una de ellas<sup>32</sup> desde el liderazgo de los responsables de obra y las decisiones para el producto final<sup>33</sup>. Por ello es trascendental plantear nuevas soluciones en la construcción<sup>34</sup>. El journal of Building Engineering menciona en uno de sus artículos que “el curso de toma de decisiones propuesto podría ayudar a los inversionistas a seleccionar el sistema de construcción prefabricado más apropiado para lograr el mayor nivel de productividad”[35]

### **El concreto en el sistema Vigacero**

Custodio Limachi (2014, p. 14). Menciona que “como en toda construcción es necesario tener una dosificación adecuada siguiendo las Norma E.60 y el código

ACI-318, estas deben cumplir las expectativas de falla. Respecto al cemento tan solo representa el 15% de la mezcla, ya que en este diseño ocupara menos volumen.” [31] Este material es de suma importancia en obra, por ello los materiales que lo componen deben tener un adecuado diseño.

### **Comportamiento estructural**

SENCICO (2020) menciona que “Todos los elementos estructurales deberán diseñarse para resistir los efectos máximos producidos por las cargas amplificadas, determinados por medio del análisis estructural, suponiendo una respuesta lineal elástica de la estructura.”[36] según la SENCICO (2020) debe comprobarse “la respuesta de las elementos estructurales en condiciones de servicio (deflexiones, agrietamiento, vibraciones, fatiga, etc.)”[36] Estas deben estar en los límites para un comportamiento satisfactorio, es decir tener resistencia, ser rígida y dúctil según Campos Culqui (2018, p. 25) todo este análisis debe realizarse respetando la norma técnica de edificaciones de concreto armado y las cargas actuantes<sup>37</sup>.

### **Presupuesto o costo en obra**

Es la representación por escrito de todos los gastos a realizar en la obra o partida dentro de una obra. En nuestro caso la partida será estructuras especificando la elaboración de la losa aligerada. En estos gastos están comprendidos los materiales el personal en obra, los técnicos, equipos y los profesionales en este rubro.

### **ETABS**

“ETABS es un software que sirve para el análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Tiene una alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal, opciones de dimensionamiento sofisticadas y que abarcan una amplia gama de materiales, informes y diseños esquemáticos que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados”[38]

### **Presupuesto.pe**

Presupuesto.pe es un software web, vinculado a creación de presupuestos de obra, esta aplicación contiene una base de datos de precios unitarios actualizada para las diferentes partidas en la construcción. Para así tener el valor de una obra.



### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

De acuerdo a su fin es de tipo **aplicada** ya que mediante las teorías previas y su aplicación generaremos nuevos conocimientos y soluciones a la problemática planteada en la investigación, (CONCYTEC 2018) manifiesta “que este tipo de investigación está dirigida a determinar a través del conocimiento científico, los medios metodológicos, protocolos y tecnologías. Como se puede cubrir una necesidad reconocida y específica”[39].

#### Diseño de investigación

El nivel de pesquisa es **descriptiva** ya que “la investigación observara los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos [...]. A ello se suma que las variable independiente por que tiene restricciones a la hora de aplicarlo, pero se logra al menos manipular la variable independiente”[40] Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014, p. 152) además es de diseño **cuasiexperimental** ya que el objeto a estudia no será seleccionado al azar sino que fue determinada por el investigador.

Añade Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) que la interpretación dependerá de los conocimientos existentes a la luz de predicción inicial es decir la hipótesis<sup>40</sup>. Po lo tanto, la investigación se desarrolló de modo cuasi experimental, ya que se manipulara intencionalmente el sistema Vigacero en el comportamiento estructural de losa, con el fin de determinar la deflexión, la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante; por último, determinar el costo del sistema Vigacero vs el sistema tradicional. El estudio fue cuasi experimental también porque el sistema a utilizar para las losas aligeradas fue pre definido por el investigador, la losa aligerada convencional y el sistema Vigacero estas fueron evaluadas y modeladas en el software ETABS para determinar su comportamiento estructural de la vivienda.

### 3.2. Variable y operacionalización

#### Variable independiente

La variable independiente estará comprendida por el sistema Vigacero que es un entre piso de concreto armado, la que posee una Resolución Ministerial N° 264-2014-VIVIENDA, se propuso su utilización para tener un mejor comportamiento y resistente a los sismos ya que, reduce la deflexión así lo manifiesta Custodio

Limachi (2014, p. 13). Las dimensiones estudiadas fueron el Casetón de EPS y la vigueta de acero galvanizado para operacionalizar nuestras dimensiones nos contactamos con la empresa Arcoteco Perú quienes producen los materiales del sistema Vigacero, ellos nos brindaron las especificaciones técnicas. Los materiales a utilizar serán el Casetón de EPS y la vigueta prefabricada, la separación de ella será de 84 cm a diferencia del sistema convencional que es de 40 cm Respecto a la tabla de operacionalización de variables ver en el Anexo 4.

### **Variable dependiente**

La variable dependiente será el comportamiento estructural de la losa aligerada ella “es la forma como responde toda una estructura en términos de desplazamientos y deformaciones, ante la aplicación de fuerzas propias de la infraestructura o agente externo”[42]. Capcha (2017). Los indicadores de esta variable serán la deflexión máxima y mínima, el momento último y admisible, la cortante admisible y última además del metrado y presupuesto. En la operacionalidad en primer lugar se realizó el predimensionamiento estructural para una losa convencional. En segundo lugar, se procedió a modelamiento estructural de ambos sistemas (convencional y Vigacero) en el software Etaps con las especificaciones obtenidas de la ficha técnica y la norma peruana de construcción. En tercer lugar, se procedió a la evaluación de las cargas a ambas losas. En cuarto lugar, se pasó los datos obtenidos a Excel como base de datos. En quinto lugar, se realizó el metrado y presupuesto para ambas losas. Finalmente, con los datos obtenidos se pasó a evaluar nuestras hipótesis. Para más detalles revisar el Anexo 4.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014, p. 175) menciona que, la población son elementos que se deben seleccionar con criterios para la investigación<sup>40</sup> a ello añade Otzen y Manterola (2017, p. 227) que deben ser accesibles si se realizar un estudio limitado o espacial<sup>43</sup>, por ello para esta investigación mi población estará conformada por todas las viviendas de tres niveles en el distrito de Cerro Colorado de la ciudad de Arequipa.

## **Muestra**

Otzen y Manterola (2017, p. 230) menciona que cuando optamos por la técnica de muestreo no probabilísticos podemos tomar la muestra por conveniencia ya que hay una “proximidad de los sujetos para el investigador” [43] en dicha investigación se procedió a optar por dicha técnica. Viendo la tipología de diseño optamos como muestra una edificación de tres pisos con el sistema Vigacero en las Canteras Mz. F Lt.4 en el distrito de cerro Colorado de la provincia de Arequipa.

## **Muestreo**

Está conformada por un conjunto representativo de la población que estudia el investigador ello llegara a formar nuestra muestra. Esta investigación se tomó como técnica de muestreo no probabilístico es decir no depende de la probabilidad. A su vez, por las características del proyecto se optara por el estudio total de la losa como estructura de una edificación de 3 niveles.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica dispuesta por el investigador para recolectar los datos fue descriptiva es decir la observación estructura o sistemática ya que los datos serán obtenidos por los planos (AutoCAD), fichas técnicas del sistema Vigacero, parámetros de diseño estructural, la normativa de construcción peruana las normas E 060 y E20, los datos se proceara por ETAPS 2018 (para estudio de deflexión, flexión y cortante), Excel, Microsoft Word y los costos unitarios brindados por Capeco y estas se evaluaran en el software S10.

### **3.5. Procedimiento**

En primer lugar se realizara la toma de datos de los planos en AutoCAD a ello se sumó los parámetros de diseño estipulados por RNE. En segundo lugar se realizó el predimensionamiento estructural para una losa convencional. En tercer lugar, se procedió a modelamiento estructural de ambos sistemas (convencional y Vigacero) en el software Etaps con las especificaciones obtenidas del material bibliográfico y los expertos en el área. En tercer lugar, los datos brindados por el software se llevaron a Excel con base de dato para su respectivo análisis. En quinto lugar, se realizó el metrado empleando la secuencia que estipula Capeco. En sexto lugar, se

realizó el presupuesto para ambas losas emplean S10. Po último, se llegó a la discusión de los resultados la deflexión, flexión, cortante y costo de la losa.

### **3.6. Método de análisis de dato**

Para el análisis de las dimensiones de deflexión, la resistencia a flexión y esfuerzo a corte y costo el método empleado fue la observación sistemática, ya que médiante el programa ETAPS 2018 Y S10 podremos visualizar los datos además de analizarlos con normativa peruana. También se procedió a representar estos datos en una gráfica que vincula los fenómenos de estudio para así conocer el comportamiento estructural de la losa y la diferencia de costo con el sistema tradicional.

### **3.7. Aspectos éticos**

Esta investigación cumple los parámetros éticos ya que “asegurar la veracidad de los datos recolectados en la investigación y el cumplimiento estricto”[44] Oliveros y Martinez (2012) de los parámetros de diseño emitidos por el RNE. Añadiendo a ello hay una responsabilidad ética profesional y social.

Todos los datos fueron facilitados por la empresa Arcotecho Perú, así mismo por el propietario. La presente investigación además de ello será verificada por Turnitin para evaluar su autenticidad.

## **IV. RESULTADOS**

## Ubicación

El proyecto se ubica en Las Canteras Mz.F Lt.4 en el distrito de Cerro Colorado de la provincia de Arequipa. La edificación proyectada de tres niveles para uso multifamiliar se encuentra en una zona de demanda en el sector inmobiliario además de un crecimiento en la autoconstrucción porque su población es de clase media (C). Por ello la investigación busca generar una opción más económica del proyecto sumado a ello mejorar el comportamiento estructural de la losa convencional, para ello se utilizó el sistema Vigacero.

La vivienda tiene comprende un terreno de 358.4 metros cuadrados, con una frontal de 15.3 metros y 29.38 metros de longitud, colindante a terrenos sin construir a sus alrededores. El proyecto tomara como distribución las áreas proyectadas en los planos previos que puso en disposición el propietario al investigador.

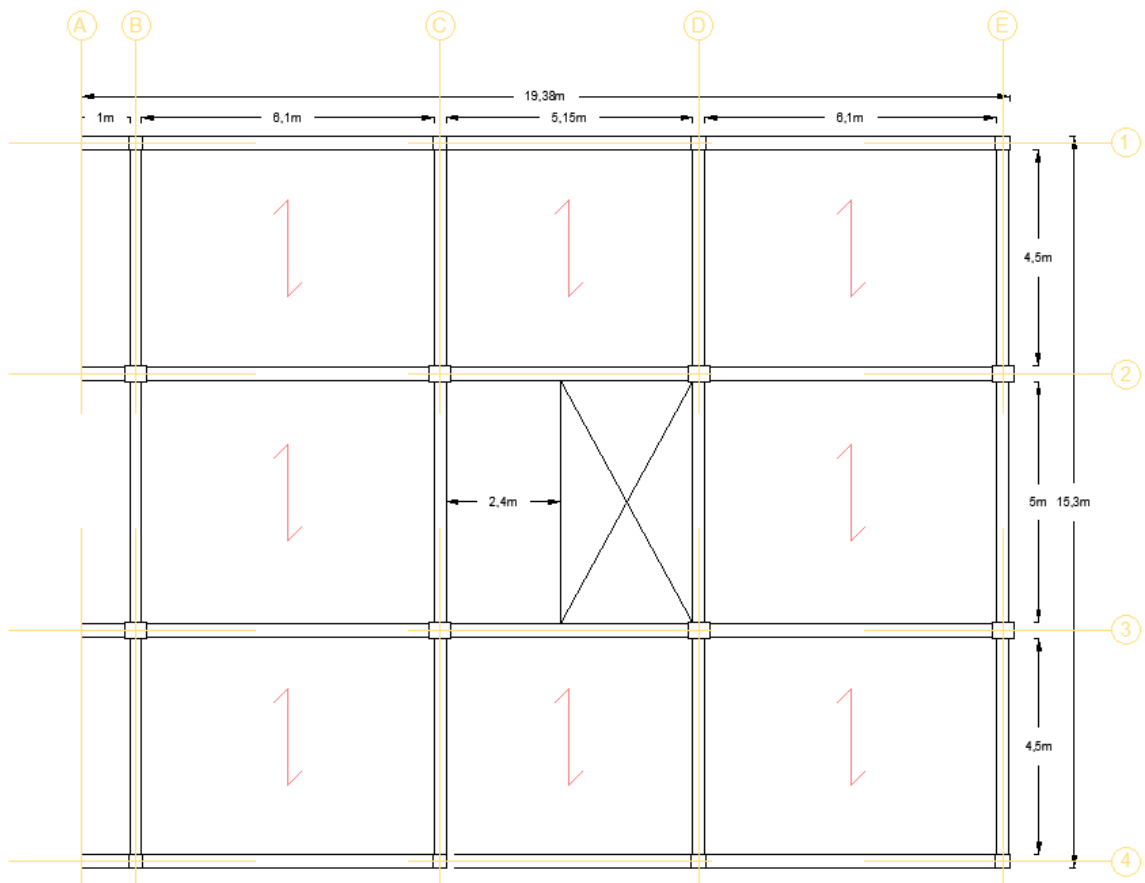


Figura 3: Plano de distribución de viguetas - planta

Fuente: Elaboración propia

## Características de los materiales

La vivienda multifamiliar es de albañilería confinada es decir muros, columnas y vigas. En la etapa de la losa, el proyecto contara con un sistema Vigacero. Pero para ello se procedió a realizar una comparación con el sistema tradicional; a continuación veremos las características de los materiales estructurales de los dos sistemas.

Respecto al concreto los dos sistemas tienen las mismas especificaciones

Tabla 2: Características del concreto

Notación	Características	Valor	Unidades
<b>Wc</b>	Peso específico	2400	Kg/m <sup>3</sup>
<b>F'c</b>	Resistencia del concreto	210	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ec</b>	Módulo de elasticidad	73264.73203	Mpa
<b>Ec</b>	Módulo de elasticidad	233714.4952	Kgf/cm <sup>2</sup>
	Módulo de poisson	0.2	

Fuente: Elaboración propia

El acero que se utilizo es de grado 60 para la losa aligerada convencional, para los balancines y bastones del sistema Vigacero también se utilizó este tipo de acero.

Tabla 3: Características del acero grado 60

Notación	Características	Valor	Unidades
<b>Wa</b>	Peso específico	7800	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Fy</b>	Resistencia del concreto	4200	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ec</b>	Módulo de elasticidad	2e <sup>6</sup>	Kgf/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

El acero para la vigueta pre fabricada del sistema Vigacero es acero pre-galvanizado de alta resistencia ASTM A653 grado estructural SS.

Tabla 4: Características del acero de la vigueta pre fabricado

Notación	Características	Valor	Unidades
<b>Wa</b>	Peso específico	4.86	Kg/m
<b>Fy</b>	Resistencia del acero	2530	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ec</b>	Módulo de elastina		
<b>Ix</b>	Momento de inercia	743674	mm <sup>4</sup>
<b>Sxt</b>	Módulo elástico	12965	mm <sup>3</sup>
<b>Sxb</b>	Modulo elástico	22784	mm <sup>3</sup>
<b>y</b>	Centro de masa	32.64	mm
	Área	600	mm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia



## Predimensionamiento de la losa

El predimensionamiento de la losa se llevó a cabo bajo la norma E. 060 ya que son elementos sometidos a flexión empezamos determinar el espesor de la losa con la tabla 5, esta tabla se encuentra en la norma E 0.60.

Tabla 5: Peraltes mínimos para no verificar deflexión

	Espesor o peralte mínimo, $h$			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18,5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Fuente: Reglamento Nacional de edificaciones

La tabla anterior se utiliza con los datos iniciales que se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 6: Datos iniciales

Datos iniciales		Unidad
F'c	210	kg/cm <sup>2</sup>
Fy	4200	kg/cm <sup>2</sup>
Ø Flexión	0.9	
Ø corte	0.85	
# tramos	3	

Fuente: RNE E.060, 2009

Tabla 7: Luz libre

Luz libre		unidad
Tramo 1	4.50	m
Tramo 2	5.00	m
Tramo 3	4.50	m
Tramo 4		m
Tramo 5		m
Tramo 6		m

Fuente: Elaboración propia

Con la interacción de tabla 5, 6 y 7 pasaremos a determinar el peralte de la losa convencional y del sistema Vigacero

Tabla 8: Predimensionamiento de la losa

Predimensionamiento		unidad	formula
Luz mayor discontinua	24.32	cm	$l/18.5$

Luz mayor continua	23.81	cm	I/21
Peralte asumido	25.00	cm	

Fuente: Elaboración propia

## Modelamiento en ETABS 2018

### Losa aligerada Vigacero

Primero se determinó los ejes, para una sola losa aligerada como matriz ya que los demás niveles tienen una estructura similar

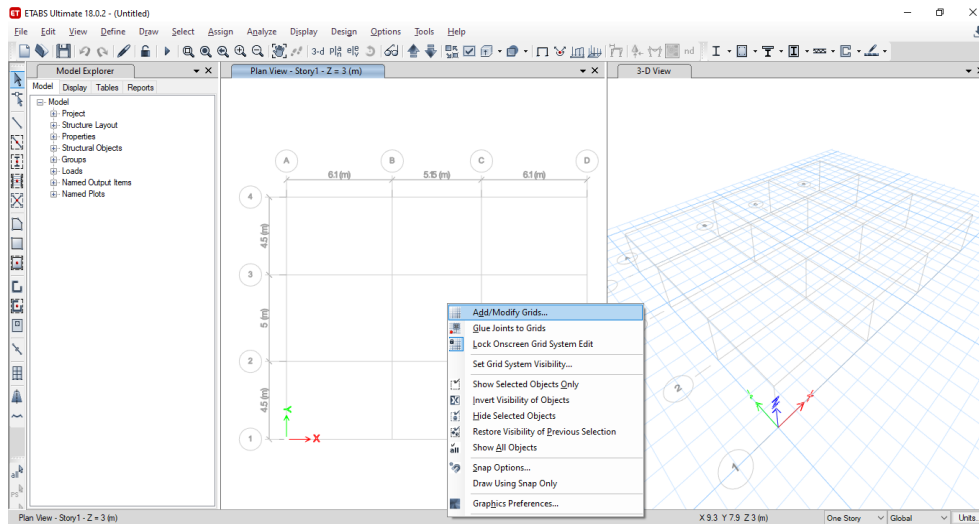


Figura 4: Ejes de la losa Vigacero

Fuente: Elaboración propia

Se pasó a definir los materiales de la losa el concreto como el acero que utilizará la estructura

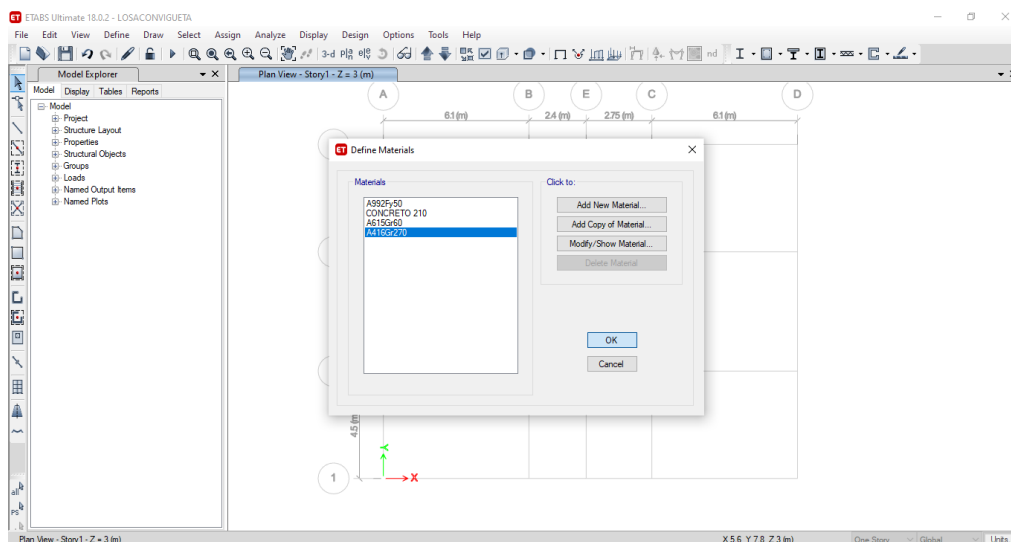


Figura 5: Materiales de losa Vigacero

Fuente: Elaboración propia

Se diseñó la sección de la viga prefabricada, ya que su sección no está registrada en el ETABS

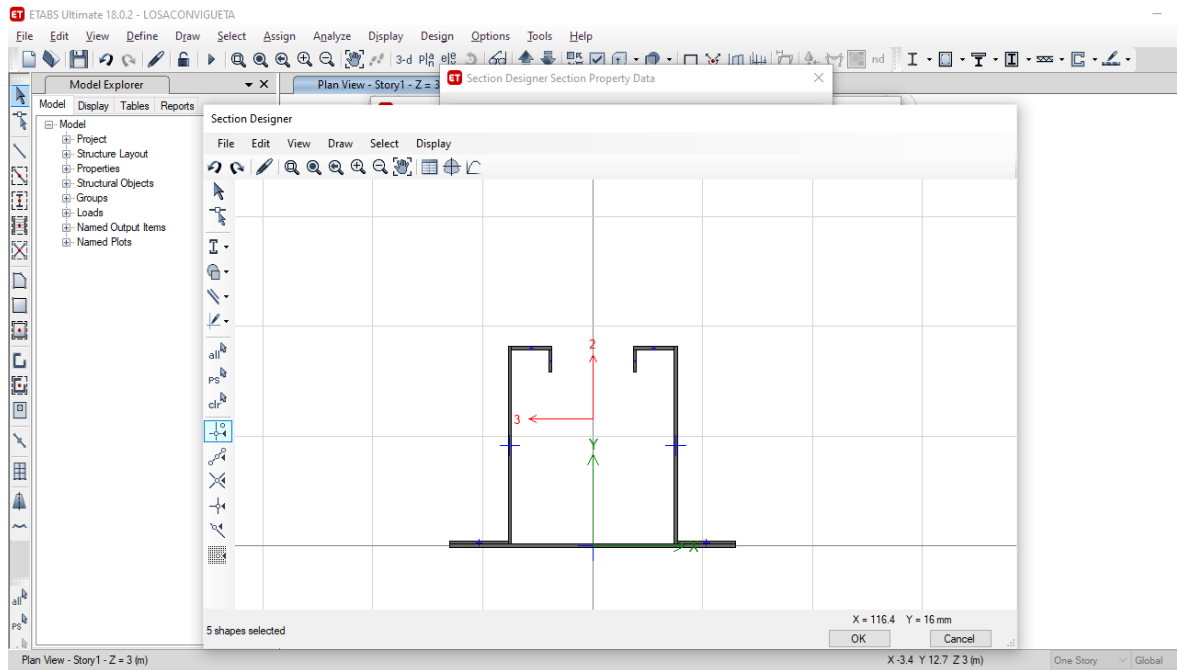


Figura 6: Sección de viga Vigacero

Fuente: Elaboración propia

Se grafica las viguetas en la losa con una separación de 84 cm

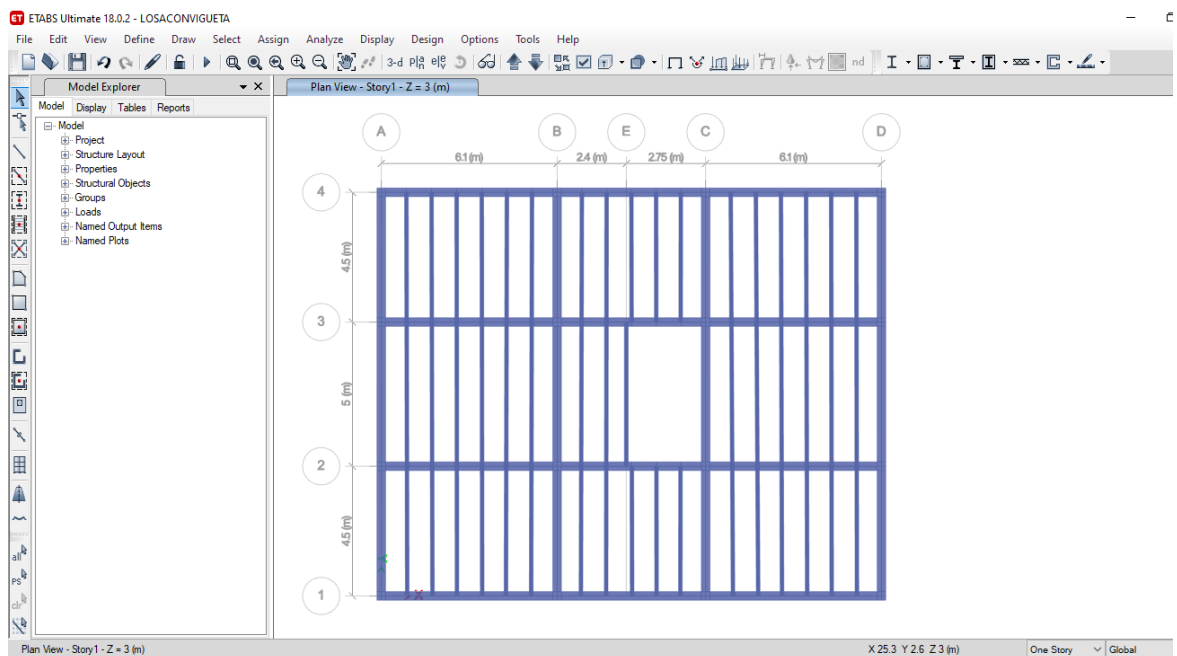


Figura 7: Viguetas cada 84 cm

Fuente: Elaboración propia

Se realiza en ingreso de carga y las combinaciones, para evaluar que la estructuración está bien se realiza la comprobación con el software.

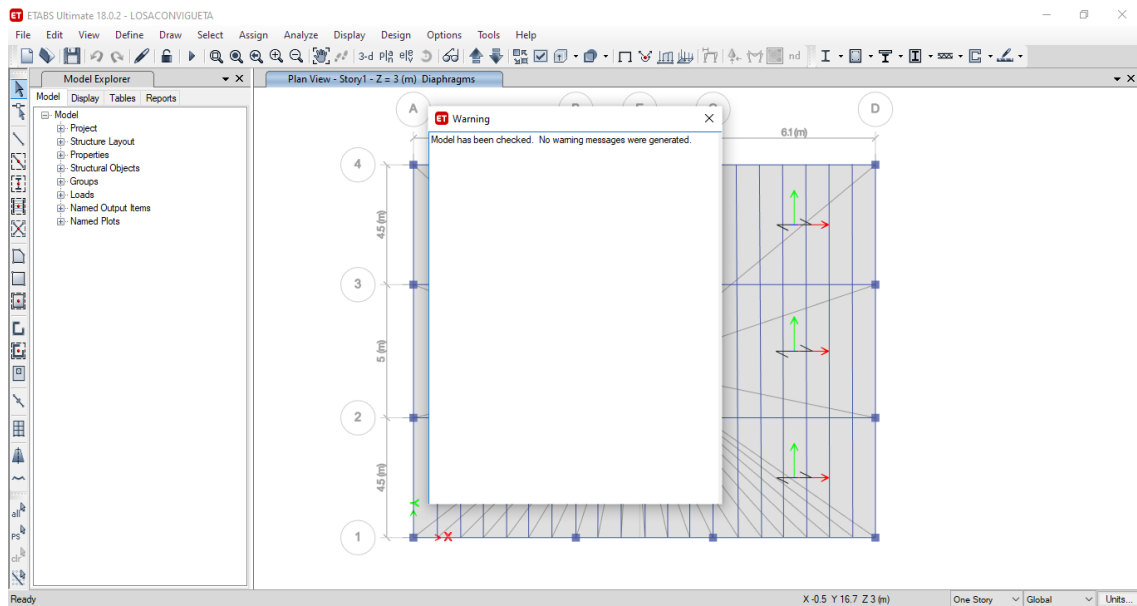


Figura 8: Evaluación de la estructura Vigacero

Fuente: Elaboración propia

Después de la comprobación se para a realizar el análisis de la losa para verificar los parámetros estructurales

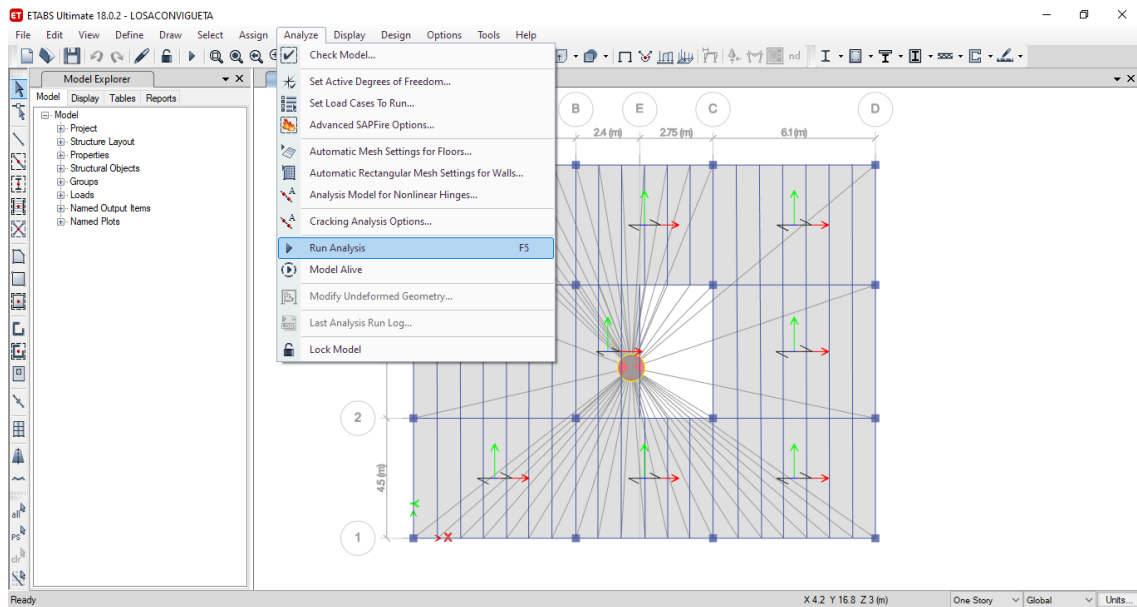


Figura 9: Análisis de la estructura Vigacero

Fuente: Elaboración propia

## Sistema convencional

Primero se determinó los ejes, para una sola losa aligerada como matriz ya que los demás niveles tienen una estructura similar.

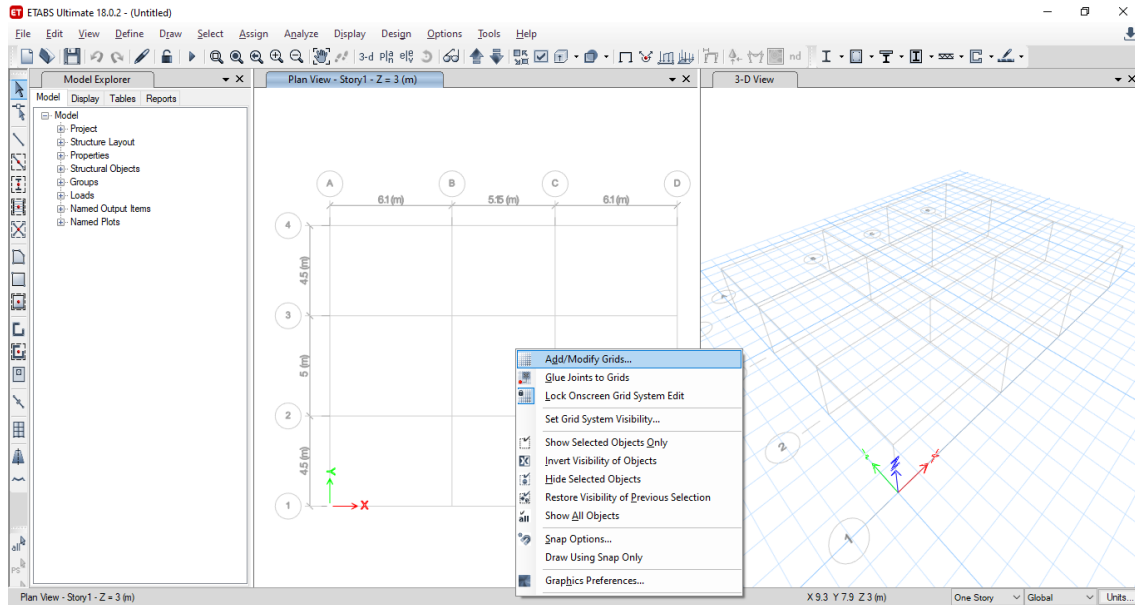


Figura 10: Ejes de la losa convencional

Fuente: Elaboración propia

Se pasó a definir los materiales de la losa el concreto como el acero que utilizará la estructura.

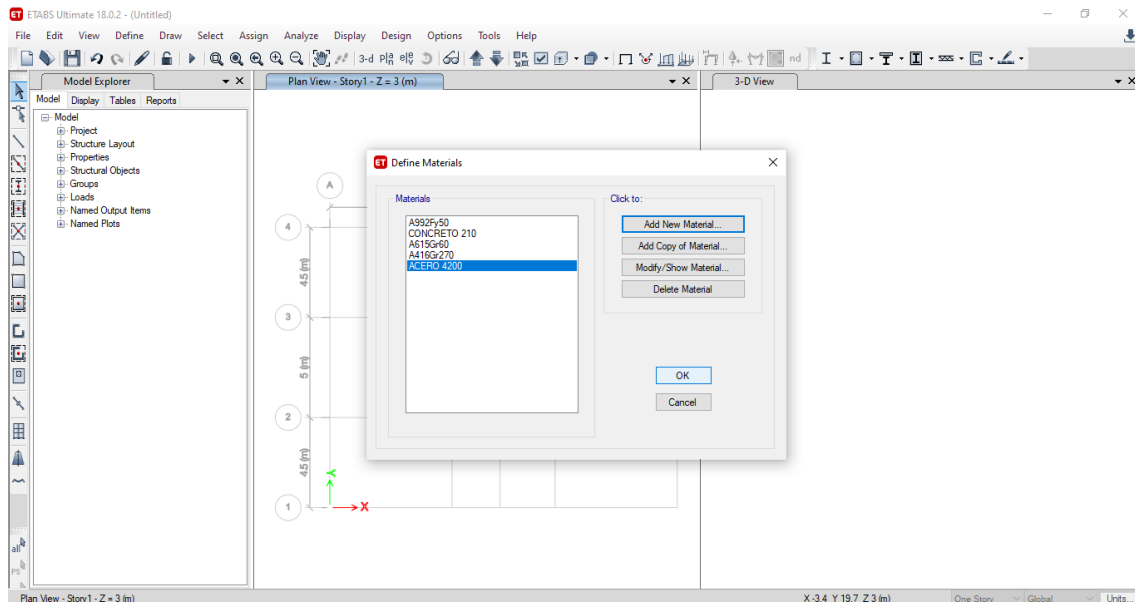


Figura 11: Materiales de losa convencional

Fuente: Elaboración propia

Se pasó a crear la losa convencional con las dimensiones del predimensionamiento ya realizada anteriormente.

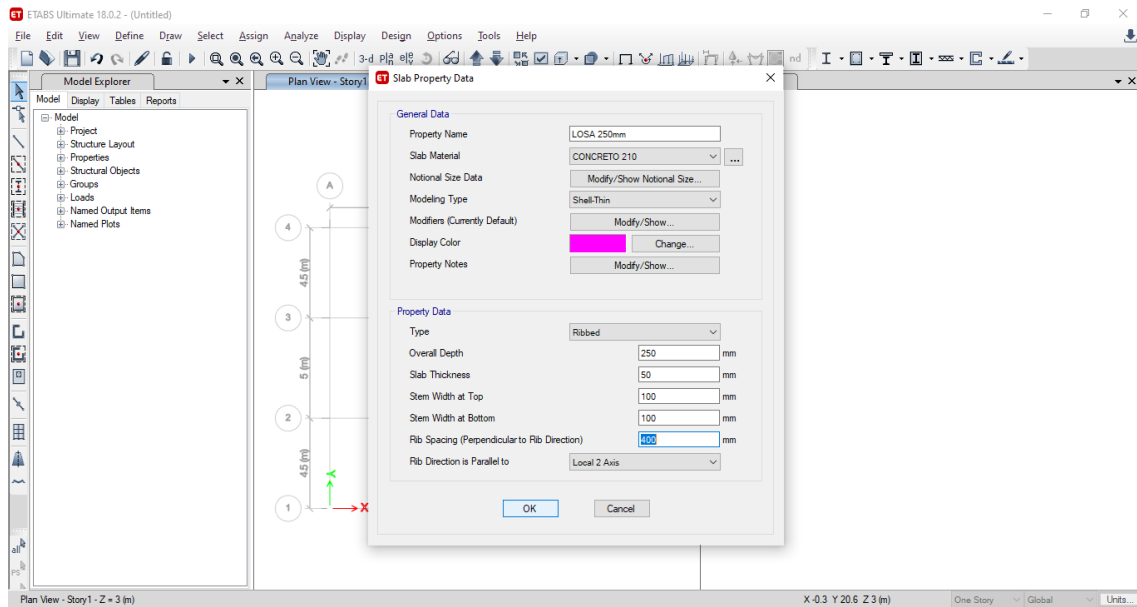


Figura 12: Dimensiones de la losa convencional

Fuente: Elaboración propia

Se pasó a diagramar la losa para asignarle las cargas que soportara tanto vivas como muerta.

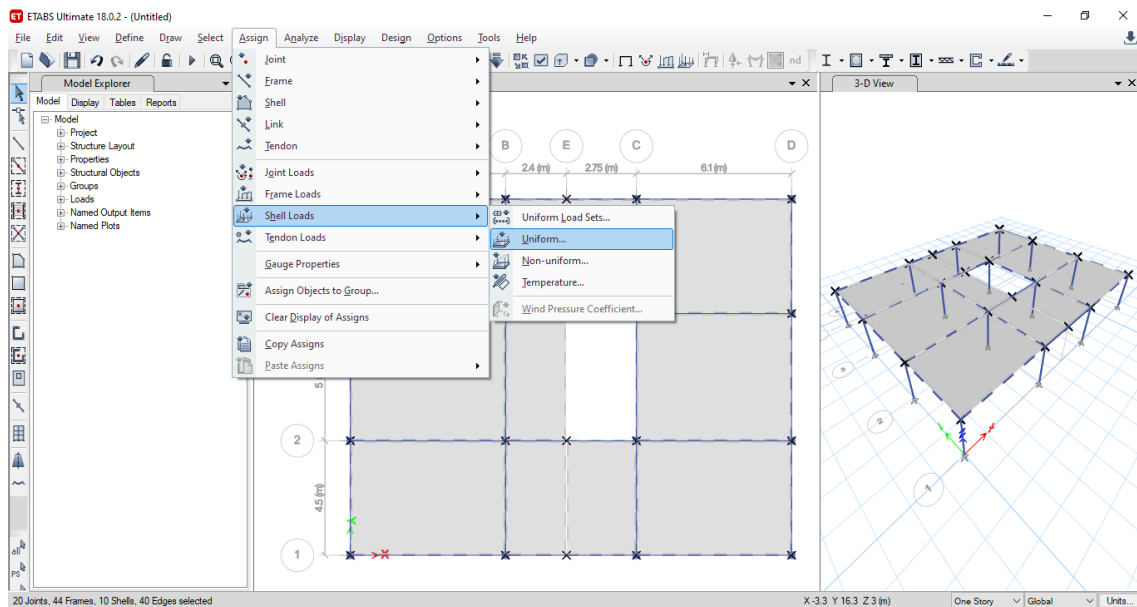


Figura 13: Añadir cargas a la losa convencional

Fuente: Elaboración propia

Se pasa a realizar el chequeo del sistema estructural, para verificar si está bien elaborado el diseño

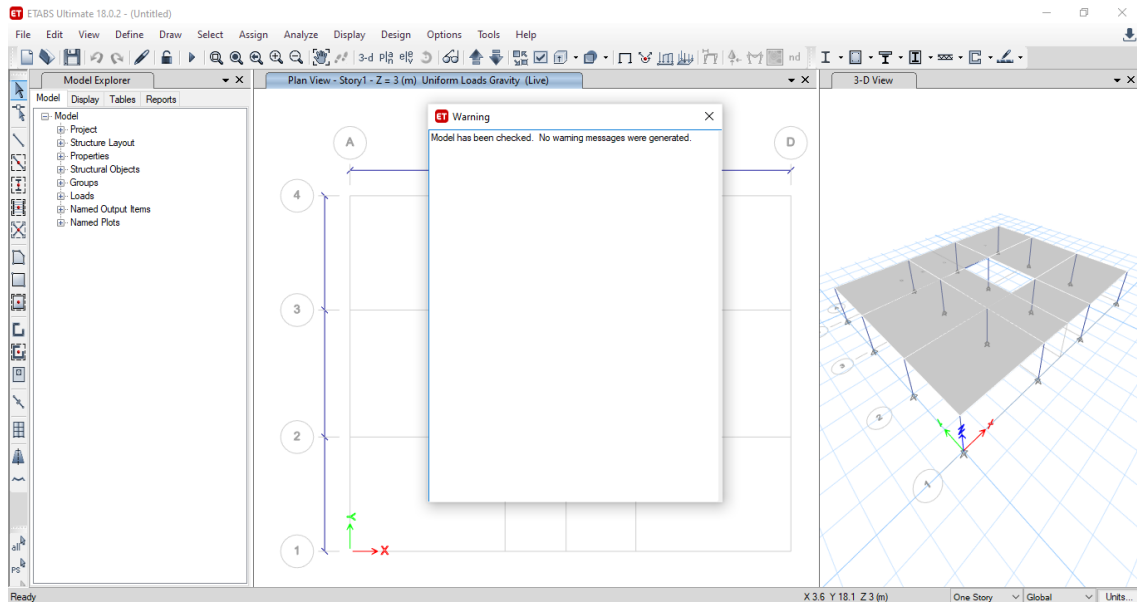


Figura 14: Evaluación de la estructura Vigacero

Fuente: Elaboración propia

Después de la comprobación se para a realizar el análisis de la losa para verificar los parámetros estructurales

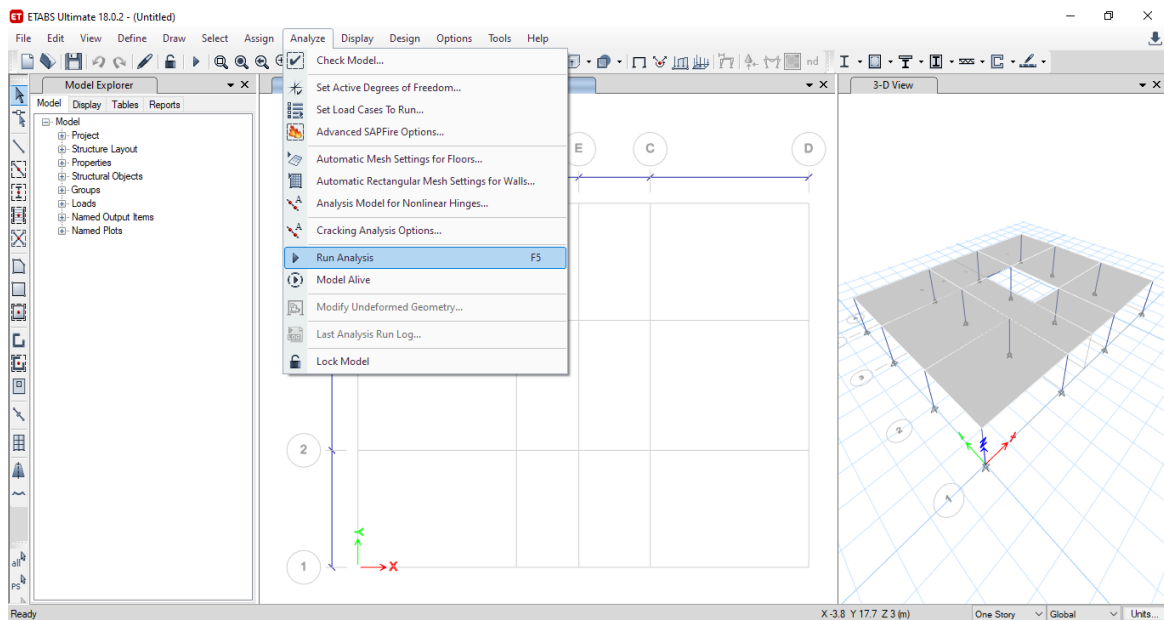


Figura 15: Análisis de la estructura convencional

Fuente: Elaboración propia

## Análisis estructural del objetivo uno

### Sistema Vigacero – Deflexión

Se procedió a realizar el cálculo de carga última, para ello es necesario determinar las cargas vivas y muertas.

Para ello necesitamos determinar el peso de la losa aligerada de la ficha técnica proporcionada por la empresa Arcotecho Perú nos da ese dato, Ver tabla 9.

Tabla 9: Peso propio de la losa Vigacero

	Vigueta de acero			Casetón de Poliestireno expandido (EPS)				Concreto en Obra		PESO PARCIAL DE LA LOSA Kg/m <sup>2</sup>
	Espesor de losa H	Espacio entre eje de viguetas	Peso	Casetón de EPS	Largo de casetón	Volumen de casetón	Peso del casetón	Vol	Peso del concreto	
	cm	m	Kg/m	und	m	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	Kg	
VIGUETAS PREFABRICADAS VIGACERO® CASETON DE EPS DENSIDAD 15 Kg/m <sup>3</sup>	13	0.79	4.86	1	1.0	0.063	0.95	0.054	130.6	136.4
	16	0.84	4.86	1	1.0	0.083	1.24	0.066	158.4	164.5
	17	0.84	4.86	1	1.0	0.090	1.35	0.069	166.1	172.3
	20	0.84	4.86	1	1.0	0.113	1.69	0.071	169.9	176.5
	20	0.79	4.86	1	1.0	0.105	1.58	0.074	177.6	184.0
	25	0.69	4.86	1	1.0	0.150	2.25	0.079	189.1	196.2
	25	0.79	4.86	1	1.0	0.140	2.10	0.080	193.0	199.9
	25	0.84	4.86	1	1.0	0.150	2.25	0.082	196.8	203.9
	35	0.59	4.86	1	1.0	0.200	3.00	0.098	235.2	243.1
	35	0.69	4.86	1	1.0	0.414	6.21	0.098	235.2	246.3

Fuente: Arcotecho Perú

Con el metrado de carga obtendremos la carga muerta y la carga viva se procedió con los parámetros de la norma E. 020. La interacción de ambas cargas nos dará la carga de diseño.

Tabla 10: Carga muerta - Vigacero

Carga muerta		
Peso de la losa aligerada	0.2039	Tn/m <sup>2</sup>
Peso del acabado	0.1	Tn/m <sup>2</sup>
Peso por tabiquería	0.1	Tn/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>0.4039</b>	<b>Tn/m<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración propia

La carga viva será determinada por el RNE la norma E. 020

Tabla 11: Carga viva - Vigacero

Carga Viva		
Sobre carga (vivienda)	0.2	Tn/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia



La norma E.020 también determina la fórmula de combinación de carga, se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 12: Carga muerta - Vigacero

Carga Ultima	
<b>Wu</b>	1.4WD+1.7WL
<b>Wu</b>	0.90546

Fuente: Elaboración propia

### Deflexión máxima admisible en ambos sistemas

Para determinar la deflexión máxima admisible se utilizó la tabla 13 del reglamento nacional de edificaciones norma E. 060.

Tabla 13: Deflexión máxima de la losa

DEFLEXIONES MÁXIMAS ADMISIBLES		
Tipo de elemento	Deflexión considerada	Límite de deflexión
Techos planos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes	Deflexión inmediata debida a la carga viva	L/180*
Pisos que no soportan ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva	L/360*

Fuente: Reglamento Nacional de edificaciones

Tabla 14: Deflexión máxima de la losa

Deflexión máxima admisible	Unidades	
Deflexión inmediata debido a la carga viva	L/360	m
Luz máxima	5.00	m
<b>L/360</b>	<b>0.01388888</b>	<b>m</b>

Fuente: Elaboración propia

Esta **deflexión máxima 0.01388888 m** será utilizada para los dos sistemas de losa propuesta en la investigación.

### Deflexión en el sistema Vigacero

Para determinar la deflexión de la losa se evalúa cuando está sometida con la CV (carga viva), así lo determina el RNE E. 020. Esta deflexión máxima se genera en un punto de la vigueta donde el momento es máximo como lo indica el siguiente figura 16.

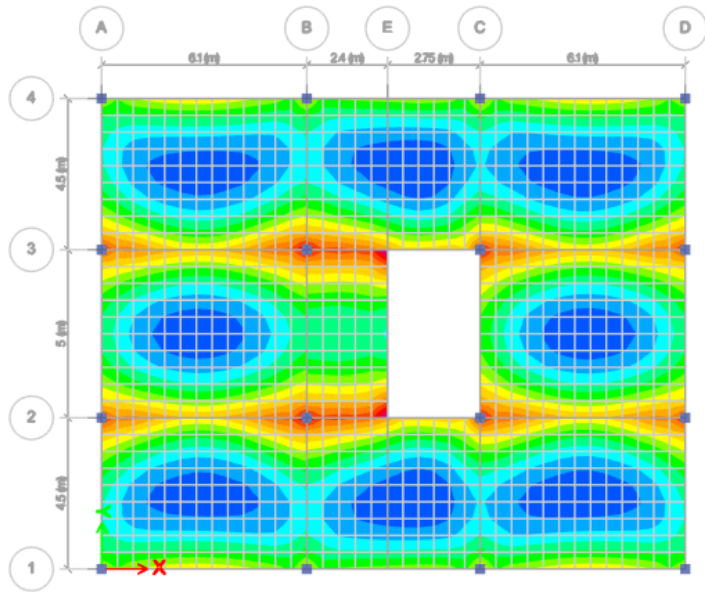


Figura 16: Momento en la losa Vigacero

Fuente: Elaboración propia

Para ello consideraremos el paño de la luz más larga. Es donde se efectúa el momento máximo.

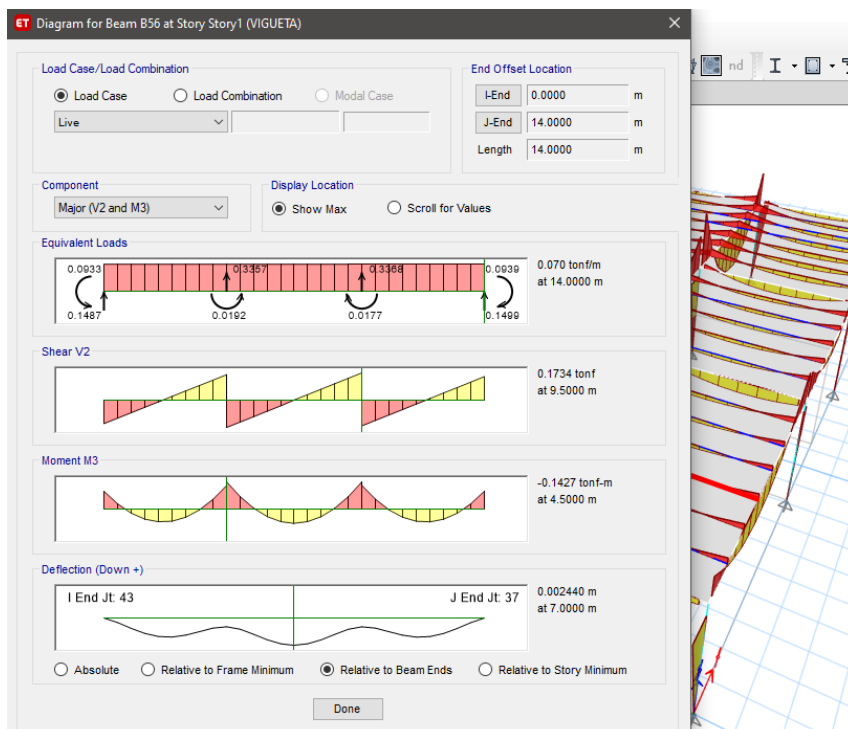


Figura 17: Diagrama de deflexión máxima en la losa Vigacero

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 17, la deflexión máxima se presenta a 7 m de la vigueta en la luz más larga de 5m. Entonces la deflexión máxima es 0.002440 m

### Sistema convencional – Deflexión

Se procedió a realizar el cálculo de carga última, para ello es necesario determinar las cargas vivas y muertas.

Tabla 15: Carga muerta - convencional

<b>Carga muerta</b>		
Peso de la losa aligerada	0.35	Tn/m <sup>2</sup>
Peso del acabado	0.1	Tn/m <sup>2</sup>
Peso por tabiquería	0.1	Tn/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>0.55</b>	<b>Tn/m<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración propia

La carga viva será determinada por el RNE la norma E. 020

Tabla 16: Carga viva - convencional

<b>Carga Viva</b>		
Sobre carga (vivienda)	0.2	Tn/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

La norma E.020 también determina la fórmula de combinación de carga, se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 17: Carga muerta – Convencional

<b>Carga Ultima</b>	
<b>Wu</b>	1.4WD+1.7WL
<b>Wu</b>	0.44

Fuente: Elaboración propia

### Deflexión en el sistema convencional

Para determinar la deflexión de la losa se evalúa cuando está sometida con la CV (carga viva), así lo determina el RNE E. 020. Esta deflexión máxima se genera en un punto de la vigueta donde el momento es máximo como lo indica el siguiente figura 18.

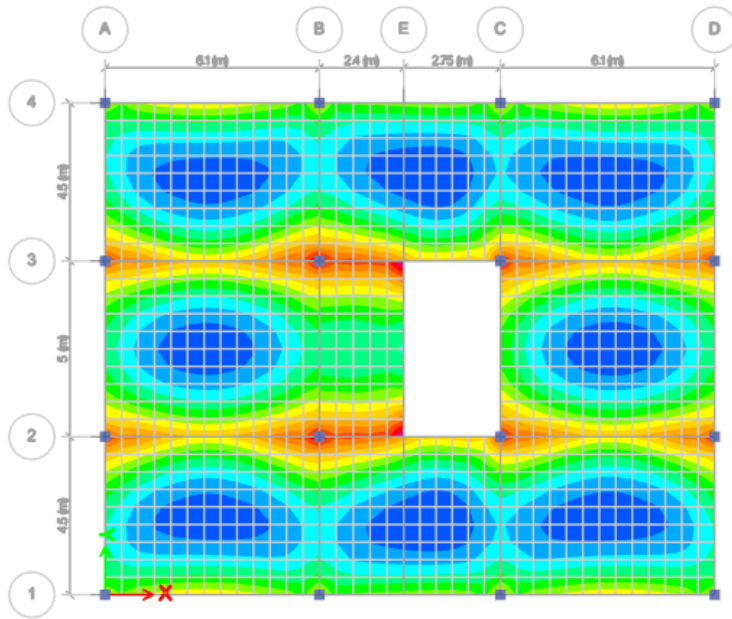


Figura 18: Momento en la losa convencional

Fuente: Elaboración propia

Para ello consideraremos el paño de la luz más larga. Es donde se efectúa el momento máximo.

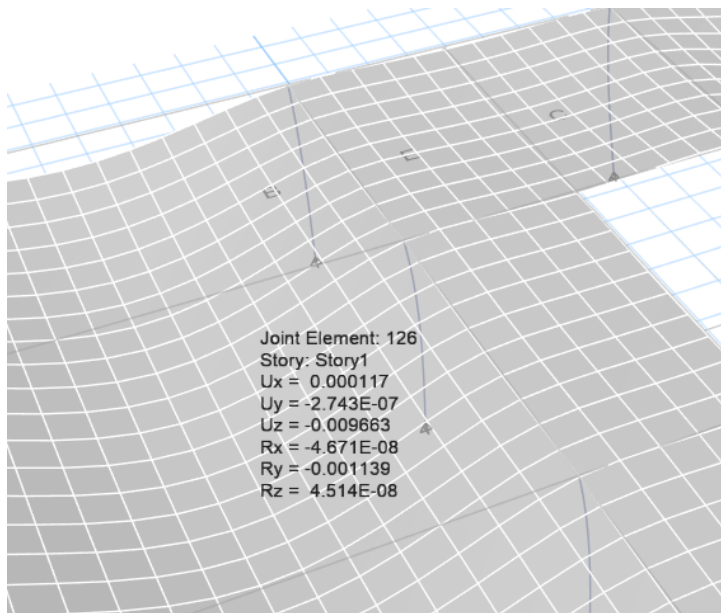


Figura 19: Diagrama de deflexión máxima en la losa convencional

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 19, la deflexión máxima se presenta a 7 m de la vigueta en la luz más larga de 5m. Entonces la deflexión máxima es 0.009663 m

## Análisis estructural del objetivo dos

### Sistema Vigacero – Momento

Cuando realizamos el diseño de la vigueta a flexión, se realiza el cálculo de acero que requiere para que la losa pueda resistir la cortante y el momento que está sometida la losa por la actuante de las cargas. Para determinar el momento admisible en el sistema Vigacero se utiliza la tabla de momento admisible proporcionada por la empresa Arcotecho Perú.

Tabla 18: Momento admisible - Vigacero

	ALTURA O ESPESOR DE LOSA ALIGERADA (cm)	DISTANCIA ENTRE EJES (cm)	PESO PROPIO (Kg/m <sup>2</sup> )	MOMENTOS ADMISIBLES Ø Mn (Tn/m <sup>2</sup> )	
				CASETÓN DE EPS	VIGACERO losa sin tabiquería
			PAÑOS CONTINUOS	16 cm	84
17 cm	84	1.35		1.15	1.40
20 cm	84	1.69		1.34	1.62
25 cm	84	2.25		1.67	1.98
30 cm	74	2.44		1.97	2.30
35 cm	69	2.70		2.96	3.36

Fuente: Arcotecho Perú

De la tabla de momentos admisibles para la losa de 25 cm tenemos como dato el valor de 1.98 Tnf-m

Para determinar el valor del momento último de la losas con el sistema Vigacero, correremos el programa Etabs 2018. Ella debe cumplir que  $\phi Mn > Mu$ .

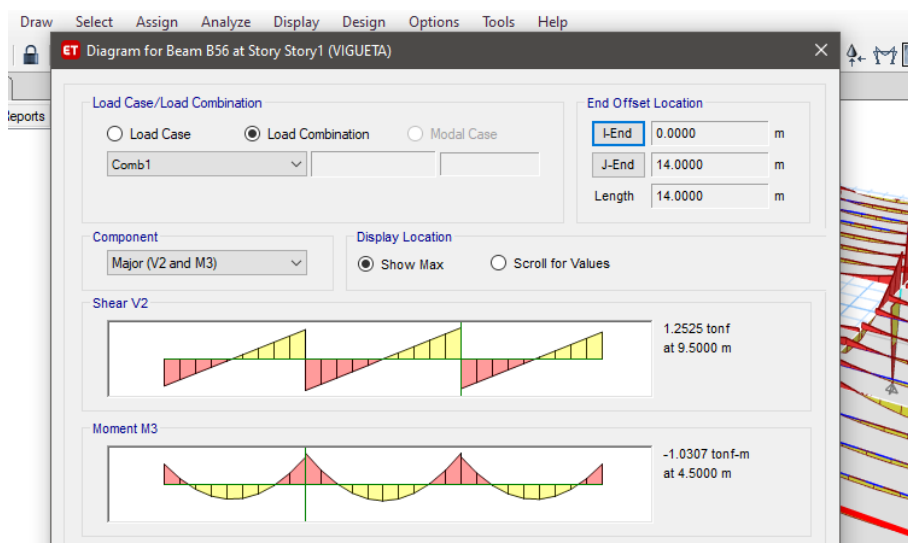


Figura 20: Diagrama de momento – Vigacero

Fuente: Elaboración propia

De la anterior figura obtenemos que el momento nominal es de 1.0307 Tnf-m en el sistema Vigacero.

### Sistema Convencional – Momento

Para determinar el momento nominal del sistema convencional primero se determina la cuantía mínima con las siguientes formulas:

$$\rho_{\min} = \frac{14}{F_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033 \qquad \rho_{\min} = 0.8 * \frac{\sqrt{F'_c}}{F_y} = 0.0028$$

De estos dos datos se elegirá el mayor dato que es 0.0033, además como reductor de capacidad para flexión utilizaremos 0.90 como lo determina el código ACI.

$$M_n = \rho * F_y * b * d^2 * \left( 1 - 0.59 * \frac{\rho * F_y}{F'_c} \right) = 67664.255 \text{ kg} - \text{cm} = 0.68 \text{ Tn} - \text{m}$$

$$\phi M_n = 0.90 * 0.68 = 0.61 \text{ Tn} - \text{m}$$

De las ecuaciones anteriores se determina que el momento nominal de la losa convencional es 0.61 Tnf-m. Para determinar el momento último es necesario ir al modelamiento de Etabs.

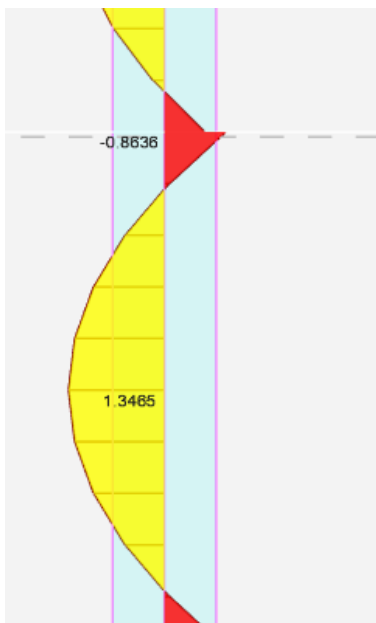


Figura 21: Diagrama de momento – sistema convencional

Fuente: Elaboración propia

La figura anterior muestra el resultado del momento último de la losa en el software que es 1.365 Tnf-m esta se da en la luz más larga, esta no cumple con la condición  $\phi M_n > M_u$ .

## Análisis estructural del objetivo dos

### Sistema Vigacero – cortante

Para determinar la cortante admisible en el sistema Vigacero se utiliza la tabla de cortantes admisible proporcionada por la empresa Arcoteco Perú.

Tabla 19: Cortante admisible - Vigacero

LOSA ALIGERADA	$\phi V_c$	$\phi V_c$
f'c losa in situ	210 Kg/cm <sup>2</sup> (ton)	350 Kg/cm <sup>2</sup> (ton)
16 cm	1.26	1.63
17 cm	1.35	1.75
20 cm	1.63	2.11
25 cm	2.10	2.71
30 cm	2.57	3.31

Fuente: Arcoteco Perú

De la tabla de cortante admisible para la losa de 25 cm tenemos como dato el valor de 2.10 Tnf

Para determinar el valor del momento último de la losas con el sistema Vigacero, correremos el programa Etabs 2018. Ella debe cumplir que  $\phi V_n > V_u$ .

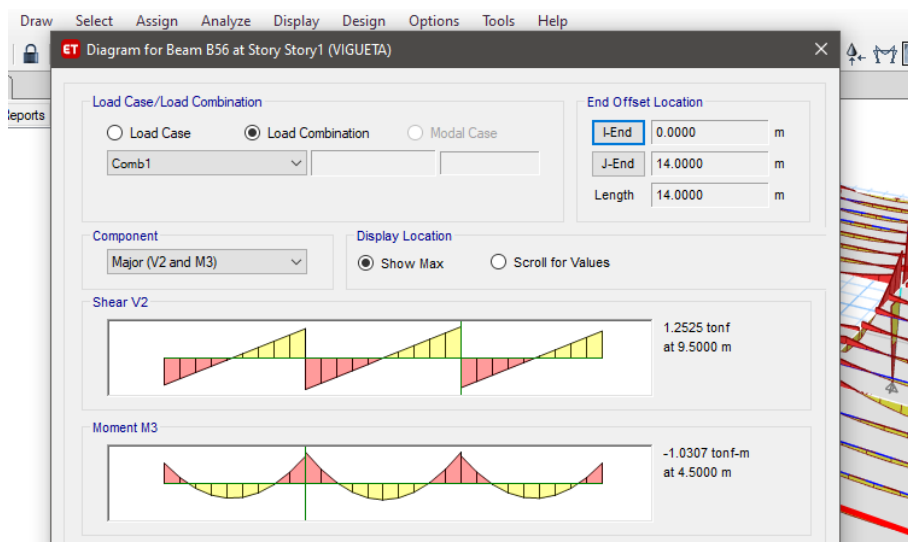


Figura 22: Diagrama de cortante – Vigacero

Fuente: Elaboración propia

De la anterior figura obtenemos que la cortante nominal es de 1.2525 Tnf en el sistema Vigacero.

## Sistema Convencional – Cortante

Para determinar el momento nominal del sistema convencional se efectuara la siguiente formula, se adicionara un 10% en la resistencia del concreto de la losa según la norma E 060

$$\phi V_n = \phi * 1.1 * 0.53 * \sqrt{F'_c} * b * d = 1608.59 \text{ kg} = 1.61 \text{ Tnf}$$

De las ecuaciones anteriores se determina que la cortante nominal de la losa convencional es 1.62 TNf. Para determinar la cortante última es necesario ir al modelamiento de Etabs.

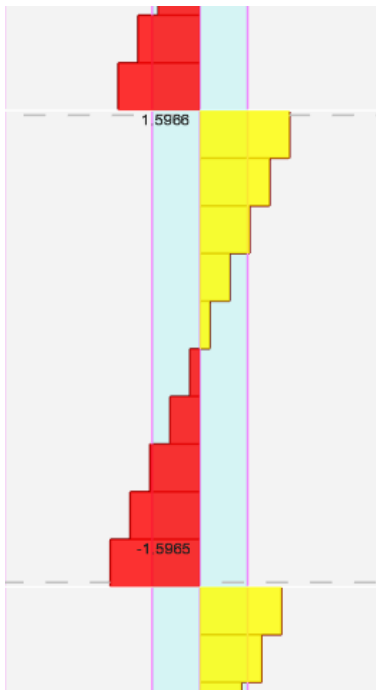


Figura 23: Diagrama de cortante – sistema convencional

Fuente: Elaboración propia

La figura anterior muestra el resultado de la cortante ultima de la losa en el software que es 1.5965 Tnf esta se da en la luz más larga, esta cumple con la condición establecida por el RNE detalla que  $\phi V_n > V_u$ .

## Análisis de costo del objetivo tres

### Determinación de refuerzos

Para determinar los refuerzos para el sistema convencional, se calcular la carga viva y carga muerta requerida de las viguetas además se procederá a realizar el cálculo del momento flector.



Resistencia requerida por la vigueta:

Tabla 20: Resistencia requerida

Resistencia requerida				
Carga Muerta	550 Kg/m <sup>2</sup>	Carga Muerta por vigueta	220	Kg/ml
Carga viva	200 Kg/m <sup>2</sup>	Carga viva por vigueta	80	Kg/ml
<b>Carga Última</b>	<b>1.195 Tn/m<sup>2</sup></b>	<b>Carga Última por vigueta</b>	<b>0.444</b>	<b>Tn/ml</b>

Fuente: Elaboración propia

Después de determinar la carga última por vigueta calculamos el momento flector:

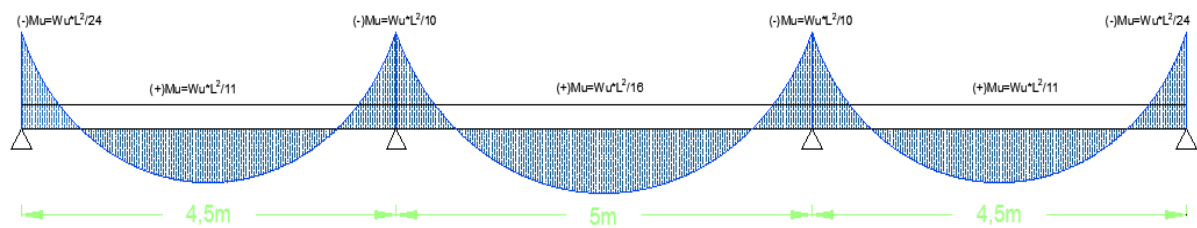


Figura 24: Diagrama de momento flector

Fuente: Elaboración propia

El momento flector estará determinada por las formulas anteriores, cada una de ellas se evalúa con la carga ultima por vigueta, a continuación apreciamos los resultados en orden de izquierda a derecha.

Tabla 21: Calculo de momento flector

Calculo del momento flector		
<b>(-)Mu=Wu*L<sup>2</sup>/24</b>	0.375	Tn-m
<b>(+)Mu=Wu*L<sup>2</sup>/11</b>	0.817	Tn-m
<b>(-)Mu=Wu*L<sup>2</sup>/10</b>	1.110	Tn-m
<b>(+)Mu=Wu*L<sup>2</sup>/16</b>	0.694	Tn-m
<b>(-)Mu=Wu*L<sup>2</sup>/10</b>	1.110	Tn-m
<b>(+)Mu=Wu*L<sup>2</sup>/11</b>	0.817	Tn-m
<b>(-)Mu=Wu*L<sup>2</sup>/24</b>	0.375	Tn-m

Fuente: Elaboración propia

Con los datos anteriores pasaremos a realizar el cálculo de los refuerzos negativos, para el momento positivo consideraremos una sección rectangular de 40 centímetros y para los momentos negativos consideraremos una sección rectangular de 10 centímetros. Para hallar el área de acero para los dos casos se calculara con la formula directa, que es la siguiente:

$$A_s = \frac{0.85 * F'_c * b * d}{F_y} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0.85 * \phi * F'_c * b * d^2}} \right)$$

Donde la altura de bloque de compresión debe ser menor o igual a cinco centímetros para comprobar ello aplicaremos la siguiente formula:

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'_c * b}$$

De las formulas anteriores obtenemos:

#### **Acero en los apoyos extremos:**

Para el  $M(-)=0.375$  Tn-m se obtiene que necesitamos  $A_s = 0.462$ . Entonces el área de acero requerido ( $A_s$ ) para refuerzo es de  $1\emptyset 1/2" = 1.27$  centímetros cuadrados.

Comprobación,  $a=2.99 \leq 5$ . Si, Cumple.

#### **Acero positivo:**

Para el  $M(+)=0.817$  Tn-m se obtiene que necesitamos  $A_s = 0.996$ . Entonces el área de acero requerido ( $A_s$ ) para refuerzo es de  $1\emptyset 1/2" = 1.27$  centímetros cuadrados.

Comprobación,  $a=0.75 \leq 5$ . Si, Cumple.

Para el  $M(+)=0.694$  Tn-m se obtiene que necesitamos  $A_s = 0.844$ . Entonces el área de acero requerido ( $A_s$ ) para refuerzo es de  $1\emptyset 1/2" = 1.27$  centímetros cuadrados.

Comprobación,  $a=0.75 \leq 5$ . Si, Cumple.

#### **Acero negativo:**

Para el  $M(-)= 1.110$  Tn-m se obtiene que necesitamos  $A_s = 1.447$ . Entonces el área de acero requerido ( $A_s$ ) para refuerzo es de  $1\emptyset 1/2"$  más  $1 \emptyset 3/8"$  que equivale a 1.98 centímetros cuadrados.

Comprobación,  $a=4.66 \leq 5$ . Si, Cumple.

Los datos anteriores se verificado que cumple la verificación de cuantía, con un tipo de falla dúctil además la cuantía de la vigueta es mayor a la cuantía mínima y menor a la cuantía máxima, entonces cumple con todo los parámetros. Para el refuerzo del concreto en tracción ante un cambio de temperatura, es necesario un refuerzo

de temperatura en este caso se optara por un  $\emptyset 1/4"$  cada 25 centímetros. A continuación presentamos el cuadro de resumen:

Tabla 22: Acero de refuerzo

Cuadro de resumen de acero de refuerzo							
Refuerzo	Apoyo 1	Tramo 1-2	Apoyo 2	Tramo 2-3	Apoyo 3	Tramo 3-4	Apoyo 4
A. Negativo 1	1 $\emptyset$ 1/2"		1 $\emptyset$ 3/8"		1 $\emptyset$ 3/8"		1 $\emptyset$ 1/2"
A. Negativo 2			1 $\emptyset$ 1/2"		1 $\emptyset$ 1/2"		
A. Positivo		1 $\emptyset$ 1/2"		1 $\emptyset$ 1/2"		1 $\emptyset$ 1/2"	
Acero total	1.270	1.270	1.980	1.270	1.980	1.270	1.270

Fuente: Elaboración propia

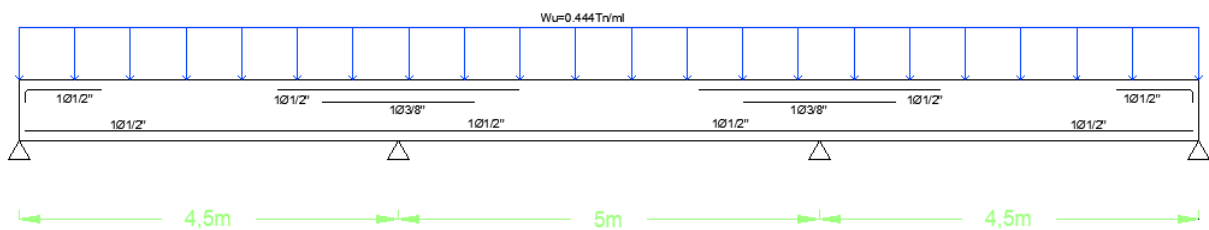
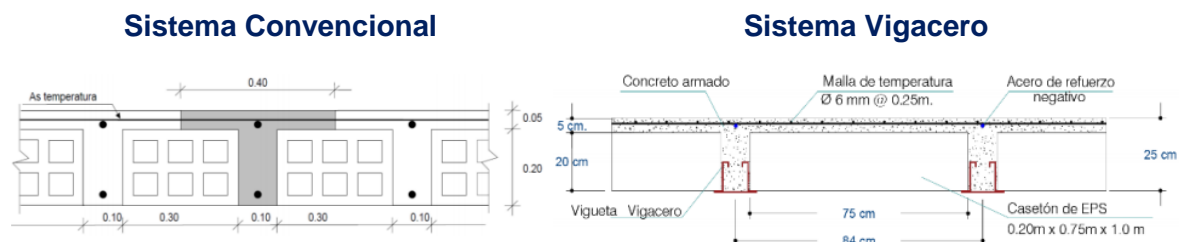


Figura 25: Distribución de acero en la viga

Fuente: Elaboración propia

Después de determinar el acero requerido para el sistema convencional, pasamos a realizar el metrado de los ambos sistemas para así determinar el presupuesto de ambos sistemas. Para el procesamiento de metrado debemos tener en cuenta que el acero negativo tanto en el sistema convencional como el sistema Vigacero es iguales. Por otro lado, el sistema convencional como material aligerado utiliza ladrillo, y el sistema Vigacero utiliza poliestireno expandido (EPS). El acero positivo será remplazado por las viguetas prefabricadas en el sistema Vigacero. Por último, el Acero de temperatura para ambos sistemas será el mismo.

Figura 26: Perfil del sistema convencional y Vigacero



Fuente: Elaboración propia

El cálculo de metrado se realizó de la partida de concreto armado en el sistema aligerado a continuación se observa el cuadro de resumen de los dos sistemas.

Tabla 23: Resumen de metrado

Sistema Convencional		Sistema Vigacero	
Encofrado	Und.	Encofrado	Und.
Tablones 1.5"*8"	129	Tablones 1.5"*8"	3
Soleras 2"*4"	76	Soleras 2"*4"	12
Puntales 2"*3"	813	Puntales 2"*3"	63
Frisos 1.5"*12"	3	Frisos 1.5"*12"	3
Aporte Unitario	Pie2/m2	Aporte Unitario	Pie2/m2
Cantidad de encofrado	5.34	Cantidad de encofrado	0.48
Área de encofrado	729.45 m2	Área de encofrado	729.45 m2
Viguetas	Und.	Viguetas	ML
Vigueta Convencional	387	Vigueta Vigacero	837
Material aligerado	Und	Material aligerado	Und
Bloques 30*30*20	6763	EPS	882
Concreto F'c=210Kg/m3	M3	Concreto F'c=210Kg/m3	M3
Concreto pre-mesclado	73.67	Concreto pre-mesclado	52.31
Barra corrugadas	Kg	Barra corrugadas	Kg
Refuerzo de 1/4"	238.31808	Refuerzo de 1/4"	238.31808
Refuerzo de 3/8"	94.40928	Refuerzo de 3/8"	43.85304
Refuerzo de 1/2"	1136.5997	Refuerzo de 1/2"	201.33036
Acero Total	1469.33	Acero Total	483.50
Cielo raso	M3	Cielo raso	M3
Área de tarrajeo	729.45	Área de tarrajeo	729.45

Fuente: Elaboración propia

Con los datos anteriores realizamos el presupuesto en el software presupuesto.pe para mayor detalle del presupuesto, análisis de precios unitarios además precios y cantidades de recurso ver anexo.

### Presupuesto con el sistema Vigacero - Software presupuesto.pe

Tabla 24: Presupuesto del sistema Vigacero

#### PRESUPUESTO

PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR - "CERRO COLORADO" - SISTEMA VIGACERO

**SUBPRESUPUESTO: ESTRUCTURAS**

**CLIENTE:** Carlos Danniell Quispe Gutierrez  
**UBICACION:** Las Canteras Mz.F Lt.4 - Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa  
**FECHA BASE:** 2020-11-04  
**MONEDA:** SOLES

Item	Partida	Unidad	Metrado	CU	Parcial
1	Estructuras				83,026.71
1.1	Concreto Armado				83,026.71
1.1.1	Sistema Aligerado Vigacero				83,026.71
1.1.1.1	ENCOFRADO NORMAL DE LOSA ALIGERADA	M2	729.45	4.70	3,428.42
1.1.1.2	DESENCOFRADO DE ALIGERADO	M2	729.45	1.28	933.70
1.1.1.3	ACERO CORRUGADO F`Y = 4200 KG/CM2	KG	483.50	4.58	2,214.43
1.1.1.4	COLOCACION DE VIGUETAS DE ACERO GALVANIZADO 1.5 MM	ML	837.00	32.75	27,411.75
1.1.1.5	CASETON DE POLIESTIRENO EPS PARA TECHO ALIGERADO H=0.25M	UND	882.00	21.26	18,751.32
1.1.1.6	CONCRETO PREMEZCLADO LOSA ALIGERADA F`C=210 KG/CM2	M3	52.31	241.16	12,614.80
1.1.1.7	TARRAJEO DE CIELORASO E=1.5CM, MEZCLA 1:5	M2	729.45	22.40	16,339.68
1.1.1.8	FLETE DE TRANSPORTE TERRESTRE	GLB	1.00	3,200.00	3,200.00
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>84,894.10</b>
GASTOS GENERALES 10%					8,489.41
UTILIDAD 10%					8,489.41
<b>SUB TOTAL</b>					<b>101,872.92</b>
IGV 18%					18,337.13
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>120,210.05</b>

**SON: CIENTO DIECISIETE MIL QUINIENTOS SESENTA Y CINCO CON 82/100 SOLES**

Fuente: Elaboración propia

## Presupuesto con el sistema convencional - Software presupuesto.pe

Tabla 25: Presupuesto del sistema convencional

### PRESUPUESTO

**PROYECTO:** VIVIENDA MULTIFAMILIAR - "CERRO COLORADO" - SISTEMA CONVENCIONAL  
**SUBPRESUPUESTO:** ESTRUCTURAS  
**CLIENTE:** Carlos Danniell Quispe Gutierrez  
**UBICACION:** Las Canteras Mz.F Lt.4 - Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa  
**FECHA BASE:** 2020-11-04  
**MONEDA:** SOLES

Item	Partida	Unidad	Metrado	CU	Parcial
------	---------	--------	---------	----	---------

<b>1</b>	<b>Estructuras</b>				<b>97,957.98</b>
<b>1.1</b>	<b>Concreto Armado</b>				<b>97,957.98</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Sistema Aligerado Convencional</b>				<b>97,957.98</b>
1.1.1.1	ENCOFRADO NORMAL DE LOSA ALIGERADA	M2	729.45	42.25	30,819.26
1.1.1.2	DESENCOFRADO DE ALIGERADO	M2	729.45	5.31	3,873.38
1.1.1.3	ACERO CORRUGADO F'Y = 4200 KG/CM2	KG	1,469.33	4.54	6,670.74
1.1.1.4	LADRILLO HUECO DE ARCILLA H=0.20M PARA LOSA ALIGERADA	UND	6,763.00	3.35	22,656.05
1.1.1.5	CONCRETO PREMEZCLADO LOSA ALIGERADA F'C=210 KG/CM2	M3	73.67	241.16	17,766.26
1.1.1.6	TARRAJEO DE CIELORASO E=1.5CM, MEZCLA 1:5	M2	729.45	19.84	14,472.29
1.1.1.7	FLETE DE TRANSPORTE	GLB	1.00	1,700.00	1,700.00
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>97,957.98</b>
	<b>GASTOS GENERALES 15%</b>				<b>9,795.80</b>
	<b>UTILIDAD 10%</b>				<b>9,795.80</b>
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>117,549.58</b>
	<b>IGV 18%</b>				<b>21,158.92</b>
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>138,708.50</b>

SON: CIENTO VEINTE MIL DOSCIENTOS DIEZ CON 05/100 SOLES

Fuente: Elaboración propia

De los dos presupuestos anteriores, se procede a realizar una tabla de resumen para apreciar la diferencia del costo directo de la partida de la losa aligerada de la vivienda multifamiliar.

Tabla 26: Resumen de presupuesto

<b>PRESUPUESTO</b>			
PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR - "CERRO COLORADO"		
SUBPRESUPUESTO:	ESTRUCTURAS		
CLIENTE:	Carlos Dannel Quispe Gutierrez		
UBICACION:	Las Canteras Mz.F Lt.4 - Cerro Colorado - Arequipa - Arequipa		
FECHA BASE:	2020-11-04		
MONEDA:	SOLES		
	<b>SISTEMA CONVENCIONAL</b>	<b>SISTEMA VIGACERO</b>	
<b>COSTO DIRECTO</b>	S/. 97,957.98	<b>COSTO DIRECTO</b>	S/. 84,894.10
<b>TOTAL</b>	S/. 138,708.50	<b>TOTAL</b>	S/. 120,210.05

Fuente: Elaboración propia

## Resultados

### Objetivo uno - Deflexión de la losa aligerada

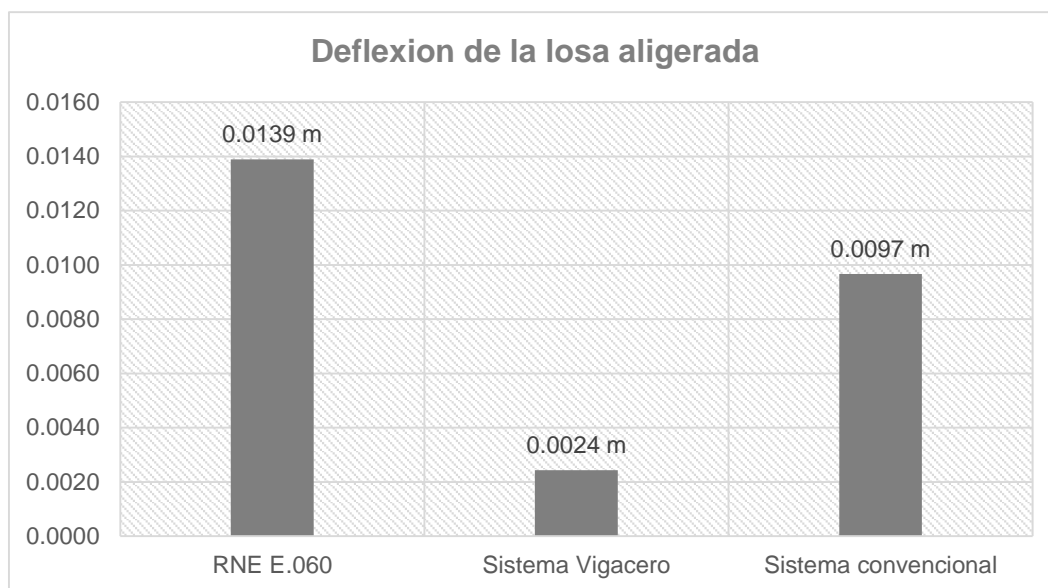


Figura 27: Comparativa de deflexión de la losa aligerada

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Los resultados de los cálculos de la pág.32 al 36 muestran en primer lugar, que la deflexión máxima de acuerdo con la norma E 0.60 del RNE para la losa aligerada es de 0.01389 m. En segundo lugar, la deflexión en el sistema Vigacero es de 0.00244 m. Por último, la deflexión para el sistema convencional es de 0.0097 m. Por lo tanto, la deflexión de ambos sistemas cumple con los parámetros de la norma E 0.60. También se aprecia que el sistema Vigacero representa el 17.57% de la deflexión máxima estipula por la norma E 0.60, es decir que la deflexión es 82.43% menos que la deflexión máxima y 75% menos que la deflexión de la losa convencional.

### Objetivo dos - Resistencia a flexión y a esfuerzo cortante

#### Resistencia a flexión

**Interpretación de la figura 28:** Los resultados de los cálculos de la pág.37 al 38 muestran en primer lugar, que el momento máxima admisible del sistema Vigacero es de 1.98 Tnf-m. En segundo lugar, el momento último del sistema Vigacero es de 1.0307 Tnf-m. Por último, el momento último para el sistema convencional es de

1.365 Tnf-m. Por lo tanto el momento ultimo del sistema Vigacero representa el 52.06% del momento admisible del sistema Vigacero, es decir que el momento último es 47.94% menos que el momento admisible y 24.49% menos que el momento último de la losa convencional.

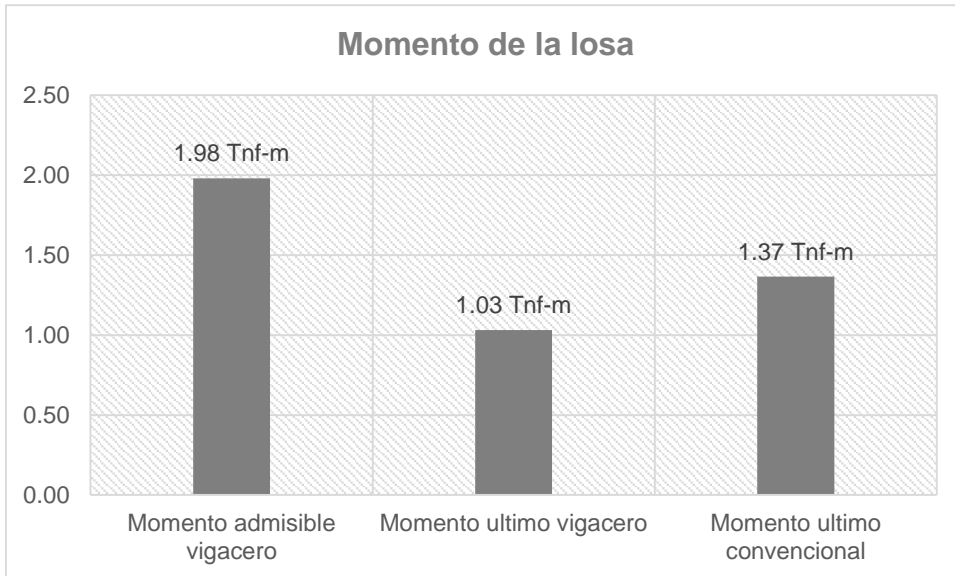


Figura 28: Comparativa de momento de la losa aligerada

Fuente: Elaboración propia

### Esfuerzo cortante

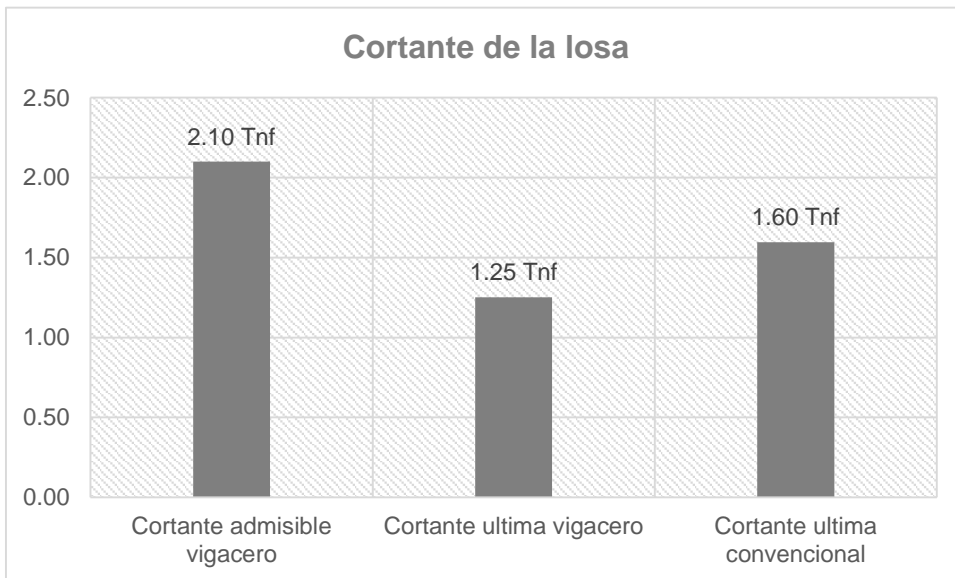


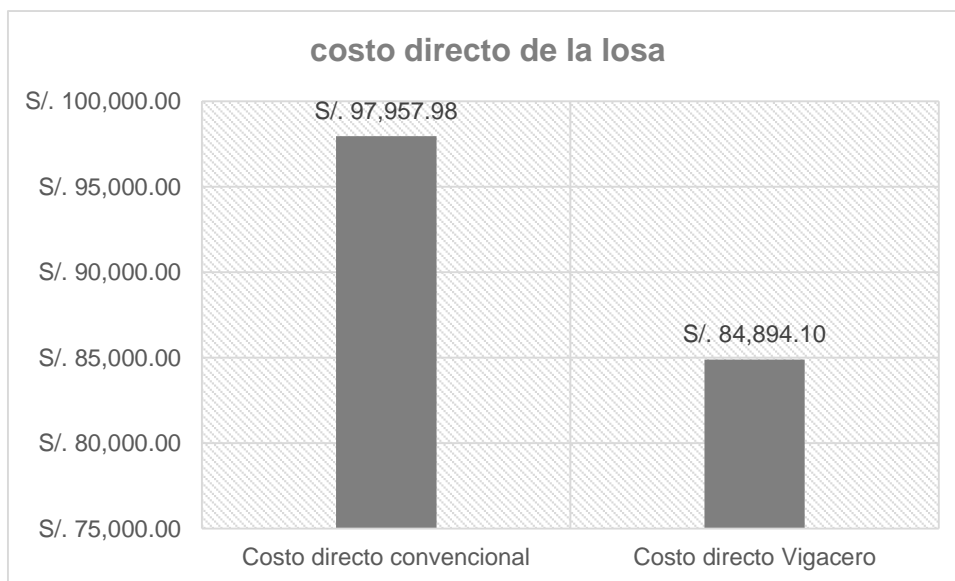
Figura 29: Comparativa de esfuerzo cortante de la losa aligerada

Fuente: Elaboración propia



**Interpretación:** Los resultados de los cálculos de la pág.39 al 40 muestran en primer lugar, que la cortante máxima admisible del sistema Vigacero es de 2.10 Tnf. En segundo lugar, la cortante última del sistema Vigacero es de 1.2525 Tnf. Por último, la cortante última para el sistema convencional es de 1.5965 Tnf. Por lo tanto la cortante ultima del sistema Vigacero representa el 59.64% de la cortante admisible del sistema Vigacero, es decir que la cortante ultima es 40.36% menos que la cortante admisible y 21.55% menos que la cortante ultima de la losa convencional.

### Objetivo tres – Costo Directo



*Figura 30:* Comparativa del costo directo de la losa aligerada

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Los resultados de los cálculos de la pág.41 al 45 muestran en primer lugar, que el costo directo de la losa aligerada con el sistema Vigacero es de S/. 84,894.10. Por último, el costo directo de la losa aligerada con el sistema convencional es de S/. 97,957.98. Por lo tanto el costo directo con el sistema Vigacero es 13.34% menos que el costo directo de la losa aligerada con el sistema convencional.

## V. DISCUSIÓN

## Discusiones

### 5.1 Determinar la deflexión de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.

**Resultado.-** Al utilizar el sistema Vigacero, se determinó y obtuvo una deflexión menor a la deflexión máxima determinada por la norma E 0.60 del RNE.

**Antecedentes:** Solis Trujillo (2019) en su investigación utilizó el sistema Vigacero, que comprende viguetas prefabricadas y EPS como material aligerante, para reducir la deflexión de la losa aligerada. Obteniendo que el sistema Vigacero representa el 20% de la deflexión máxima determinada por la norma E 0.60 del RNE, es decir es 80% menos que la deflexión máxima.

**Hipótesis:** La deflexión de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos es menor a la deflexión máxima de la norma E 0.60 del RNE. Mediante el modelamiento estructural de la losa Vigacero con el software ETABS 2018, se confirmó la reducción de la deflexión además que cumple con los parámetros de la norma E 0.60 del RNE sobre la deflexión máxima.

**Pregunta:** ¿Cuánto es la deflexión de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020? Del análisis estructural mediante el software ETABS 2018 se obtuvo un resultado 0.00244 m de deflexión del sistema Vigacero. El sistema Vigacero entonces representa el 17.57% de la deflexión máxima estipulada por la norma E 0.60, es decir que la deflexión es 82.43% menos que la deflexión máxima además 75% menos que la deflexión de la losa convencional.

### 5.2 Determinar la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.

**Resultado.-** Al utilizar el sistema Vigacero, se determinó y obtuvo la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de la losa aligerada. Además esta es admisible por la norma E 0.60 de la RNE.

**Antecedentes:** Solis Trujillo (2019) en su investigación utilizó el sistema Vigacero, que comprende viguetas prefabricadas y EPS como material aligerante, para

reducir la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante. Obteniendo que en el sistema Vigacero el momento admisible representa el 16.72% del momento nominal y la cortante admisible representa el 31.55% de la cortante nominal, siendo menor tanto al momento nominal como a la cortante nominal además de ser admisible a la norma E 0.60 de la RNE.

**Hipótesis:** La resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos es admisible por la norma E 0.60 de la RNE. Mediante el modelamiento estructural de la losa Vigacero con el software ETABS 2018, la ficha técnica del sistema Vigacero y los datos de la norma E 0.60. Se confirmó la reducción de la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante además, la losa cumple con los parámetros de la norma E 0.60 del RNE.

**Pregunta:** ¿Cuánto es la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020? Del análisis estructural mediante el software ETABS 2018, la ficha técnica del sistema Vigacero y los datos de la norma E 0.60. Se determinó la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante. Para la resistencia a flexión; primero se precisó, que el momento máximo admisible del sistema Vigacero es de 1.98 Tnf-m. En segundo lugar, el momento último del sistema Vigacero es de 1.0307 Tnf-m. Por último, el momento último para el sistema convencional es de 1.365 Tnf-m. Por lo tanto el momento ultimo del sistema Vigacero representa el 52.06% del momento admisible del sistema Vigacero, es decir que el momento último es 47.94% menos que el momento admisible y 24.49% menos que el momento último de la losa convencional. Para el esfuerzo cortante, primero se determinó, que la cortante máxima admisible del sistema Vigacero es de 2.10 Tnf. En segundo lugar, la cortante última del sistema Vigacero es de 1.2525 Tnf. Por último, la cortante última para el sistema convencional es de 1.5965 Tnf. Por lo tanto la cortante ultima del sistema Vigacero representa el 59.64% de la cortante admisible del sistema Vigacero, es decir que la cortante ultima es 40.36% menos que la cortante admisible y 21.55% menos que la cortante ultima de la losa convencional.

### **5.3 Determinar el costo directo del sistema Vigacero vs el sistema tradicional en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.**

**Resultado.-** Al utilizar el sistema Vigacero, se determinó y obtuvo que el costo directo del sistema Vigacero es menor que el sistema tradicional en una edificación de 3 pisos en el distrito Cerro Colorado, Arequipa.

**Antecedentes:** Cueto Alberto (2019) en su investigación utilizó el sistema Vigacero, que comprende viguetas prefabricadas y EPS como material aligerante, para reducir el presupuesto de la losa aligerada. Obteniendo que al utilizar dicho sistema de entrepisos se redujo en un 12.64% el costo directo de la partida losa aligerada, respecto al sistema convencional.

**Hipótesis:** El costo directo con el sistema Vigacero es menor que el sistema tradicional en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020. Mediante el software presupuestos.pe, se confirmó la reducción del costo directo en la partida losa aligerada Vigacero con respecto a la losa aligerada convencional.

**Pregunta:** ¿Cuánto es el costo directo del sistema Vigacero vs el sistema convencional en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020? Del análisis de precio unitario con el software Presupuesto.pe se obtuvo un resultado de costo directo de S/. 84,844.10. Además el costo directo de la losa aligerada con el sistema convencional es de S/. 97,957.98. Por lo tanto el costo directo con el sistema Vigacero es 13.34% menos que el costo directo de la losa aligerada con el sistema convencional.

## **VI. CONCLUSIONES**

## Conclusiones

**Objetivo general:** Se determinó que, la losa aligerada con el sistema Vigacero, mejora las características estructurales del entrepiso de la vivienda multifamiliar de tres pisos en el distrito de Cerro Colorado en la provincia de Arequipa. Observando su comportamiento estructural: al disminuir la deflexión con respecto a la deflexión máxima, al reducir la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante respecto al momento nominal como a la cortante nominal determinada por el RNE. Además al reducir el costo directo de la losa aligerada.

**Objetivo específico uno:** Se determinó la dependencia del sistema Vigacero en el comportamiento estructural mediante el software ETABS 2018, ya que influye en la disminución de la deflexión en 82.43% respecto a la deflexión máxima estipulada por la norma E 0.60 además de ser 75% menor a la deflexión de la losa convencional; entonces la reducción de la deflexión está directamente relacionado a la utilización del sistema Vigacero. Por lo que el mejoramiento del comportamiento estructural con respecto a la deflexión de la losa, queda demostrada.

**Objetivo específico dos:** Se determinó la dependencia del sistema Vigacero en el comportamiento estructural mediante el software ETABS 2018. En primer lugar, influye en la disminución de la resistencia a flexión en 47.94% respecto al momento admisible del sistema Vigacero además de ser 24.49% menor al momento último de la losa convencional. Por último, influye en la disminución del esfuerzo cortante en 40.36% respecto a la cortante admisible además de ser 21.55% menor que la cortante última de la losa convencional. Entonces la reducción de la resistencia a flexión y esfuerzo cortante está directamente relacionado a la utilización del sistema Vigacero. Por lo que el mejoramiento del comportamiento estructural con respecto a la resistencia a flexión y esfuerzo cortante, queda demostrada.

**Objetivo específico tres:** Se determinó la dependencia del sistema Vigacero en el costo directo mediante el software Presupuesto.pe, ya que influye en la disminución del costo directo en 13.34% respecto al costo directo de la losa convencional; entonces la reducción del costo directo está directamente relacionado a la utilización del sistema Vigacero. Por lo que el mejoramiento del comportamiento estructural con respecto al costo directo de la losa, queda demostrada.

## **VII. RECOMENDACIONES**



## **Recomendaciones**

**Objetivo específico uno:** En esta investigación la utilización de viguetas prefabricadas Vigacero y EPS como material aligerante ha logrado reducir la deflexión de la losa; para futuras investigaciones se recomienda estudiar hasta en que porcentaje se puede reducir el peralte de la losa con este sistema cumpliendo con los parámetros establecidos del RNE.

**Objetivo específico dos:** En esta investigación la utilización de viguetas prefabricadas Vigacero y EPS como material aligerante ha logrado reducir la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante respecto al momento nominal como a la cortante nominal de una losa convencional; para futuras investigaciones se recomienda realizar un comparativo de comportamiento estructural con otros sistemas constructivos.

**Objetivo específico tres:** En esta investigación la utilización de viguetas prefabricadas Vigacero y EPS como material aligerante ha logrado reducir el costo directo del sistema Vigacero con respecto al sistema convencional, tomando para ambos sistemas la misma cantidad de acero de refuerzo negativo; para futuras investigaciones se recomienda realizar un cálculo por separado de refuerzo negativo para el sistema Vigacero, para obtener un costo directo más preciso.

## REFERENCIAS

1. AVECILLAS RÍOS, D.R. *Alternativa estructural - constructiva de entrepisos y techos de hormigón armado con bloques de poliestireno expandido* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad de Cuenca, Cuenca, 2016. [Consultado 17 setiembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25944>
2. RENDÓN DELGADO, L.C. *Comportamiento estructural del aligeramiento de entepiso y su incidencia en los costos de construcción en el municipio de Ocaña Norte de Santander* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, 2019. [Consultado 17 setiembre 2020]. Disponible en: [repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/2333](http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/2333)
3. CHOUGULE, A.D., MOTA, M.H. y PATIL, U. To Study the Filler Slab As Alternative Construction Technology-a Review. *Journal of Information, Knowledge and Research in Civil Engineering* [en línea]. 2014, **3** (2). 975–6744 [fecha de consulta 17 setiembre 2020]. Disponible en: <http://www.ejournal.aessangli.in/ASEEJournals/CIVIL37.pdf>
4. SANCHEZ SIGUEÑAS, M.L. *Análisis comparativo entre losa aligerada con ladrillo poliestireno y placa colaborante de una vivienda multifamiliar, Huaraz 2015* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad San Pedro, Chimbote, 2015. [Consultado 17 setiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/1547>
5. CUETO ALBERTO, R.R. *Diseño de edificación multifamiliar empleando sistema de entrepisos de viguetas prefabricadas de acero en el distrito de Surquillo, Lima* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, 2019. [Consultado 17 setiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3167>
6. ANCO, P., AURELIO, A., CASTILLO, P., SANCHEZ, F., ANCO, P., CASTILLO, P. y SANCHEZ, F. *Propuesta para la utilización de losas de entrepisos prefabricados y su evaluación costo-tiempo* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicada, Lima, 2014. [Consultado 17 setiembre 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/337192>

7. ALLAN STEWART, A.C. *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicada, Lima, 2020. [Consultado 17 setiembre 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/648665>
8. SANCHEZ MONTESINOS, E.E. *Estudio de Factibilidad para el proyecto inmobiliario "Torre Ébano" en el distrito de Cerro Colorado – Arequipa* [en línea]. Tesis pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2018. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12349>
9. COSINGA PÉREZ, A.B. y GÓMES DEL AGUILA, R.A. *Análisis comparativo del costo estructural de un edificio empleando losas aligeradas con poliestireno expandido versus ladrillo de arcilla* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad de San Martín de Porres, Lima, 2017. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12727/3719>
10. RODRÍGUEZ CHÁVARRY, A.N. *Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2015. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/482>
11. RAMOS RUGEL, M. *Análisis técnico y económico de losas de Entrepiso* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad de Piura, Piura, 2012. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/1423>
12. SOLIS TRUJILLO, W.M. *Comportamiento estructural del entrepiso de una vivienda de 3 niveles con el sistema prefabricado losa aligerada VIGACERO, Lima 2018* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad César Vallejo, Lima, 2018. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46444>
13. SANABRIA RIAÑO, B.S. *Análisis comparativo entre procesos de diseño y construcción de los sistemas tradicional y prefabricado de losas de entrepiso para edificaciones de hasta 4 niveles* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Católica de

Colombia, Bogotá, 2017. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15493/1/01%20DOC%20FINAL.pdf>

14. GARINO, P. *Soluciones estructurales no habituales estructuras mixtas de acero y hormigón losas mixtas conformadas por placas de acero colaborante con vigas compuestas* [en línea]. Universidad de la República, Uruguay, 2010. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: [http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2012/09/Tesina-Patricia-Garino\\_Soluciones-estructurales-no-habituales\\_aprobado-11.pdf](http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2012/09/Tesina-Patricia-Garino_Soluciones-estructurales-no-habituales_aprobado-11.pdf)

15. ASCENCIO ARANGUA, J.C. *Diseño de losas colaborantes unidireccionales de hormigón usando planchas de Zinalum® y sus analogías con el uso de placas de acero galvanizado Instapanel® PV6-R* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 2006. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcia811d/doc/bmfcia811d.pdf>

16. IZA CHIMBANA, N.G. *La incidencia de viguetas pretensadas en el comportamiento estructural de edificaciones de grandes luces* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Técnica de Abanto, 2015. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/10031>

17. TAHMASEBINIA, F. *Numerical modelling of reinforced concrete slabs subject to impact loading* [en línea]. Tesis maestría. University of Wollongong, Australia, 2008. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/269220230>

18. ALEXANDER, M., COLLIS, V., MOYABA, K. *Concrete Structural Design for Sustainability in Residential and Small Commercial Buildings* [en línea]. Tesis pregrado. University of Cape Town, Cabo, 2013. [Consultado 18 setiembre 2020]. Disponible en: [https://www.academia.edu/download/34978696/Thesis\\_on\\_Conc.Des.\\_For\\_SustDes.\\_Structural\\_Form\\_-\\_Koketso\\_2\\_.pdf](https://www.academia.edu/download/34978696/Thesis_on_Conc.Des._For_SustDes._Structural_Form_-_Koketso_2_.pdf)

19. SAHEED, S., MUGAHED AMRAN, Y.H., EL-ZEADANI, M., AZIZ, F., FEDIUK, R., ALYOUSEF, R. y ALABDULJABBAR, H. Structural behavior of out-of-plane loaded precast lightweight EPS-foam concrete C-shaped slabs. *Journal of Building Engineering* [en línea]. 2020, Vol. **33** [fecha de consulta 18 setiembre 2020]. ISSN 2352-7102. DOI 10.1016/j.jobbe.2020.101597.
20. PARASURAM, M. y BASKARAN, K. Study On Bamboo And Steel As Hybrid Reinforcement For Concrete Slab. *Moratuwa Engineering Research Conference* [en línea]. 2020 [fecha de consulta 18 setiembre 2020]. ISSN 9781728199757. DOI 10.1109/MERCon50084.2020.9185244
21. MOHAMED, M.I.S., THAMBOO, J.A. y JEYAKARAN, T. Experimental and numerical assessment of the flexural behaviour of semi-precast-reinforced concrete slabs. *Advances in Structural Engineering* [en línea]. 2020, vol. **23** (9). 1865–1879 [fecha de consulta 18 setiembre 2020]. ISSN 1369-4332. DOI 10.1177/1369433220904011. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=143805883&site=eds-live>
22. AL-RUBAYE, M., MANALO, A., ALAJARMEH, O., FERDOUS, W., LOKUGE, W., BENMOKRANE, B. y EDOO, A. Flexural behaviour of concrete slabs reinforced with GFRP bars and hollow composite reinforcing systems. *Composite Structures* [en línea]. 2020, vol **236** [fecha de consulta 18 setiembre 2020]. ISSN 0263-8223. DOI 10.1016/j.compstruct.2019.111836. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S0263822318341060&site=eds-live>.
23. HARMSEN, T.E. *Diseño de estructuras de concreto armado*. 5ª ed. Lima: Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. ISBN 978-61-2317-297-8.
24. TOIRAC CORRAL, J. La resistencia a compresión del hormigón, condición necesaria pero no suficiente para el logro de la durabilidad de las obras. *Ciencia y Sociedad* [en línea]. 2009, vol **34**(4). 463–504 [fecha de consulta 18 setiembre 2020]. ISSN 0378-7680. DOI 10.22206/CYS.2009.V34I4.PP463-504

25. MCCORMAC, J.C. y BRWM, R.H. *Design of Reinforced Concrete*. 10<sup>a</sup> ed. United States of America: Clemson University, 2014. ISBN-13: 978-1118879108
26. CARDENAS SERRANO, C., LOPEZ NICOLAZ, R. and VAQUIN MALLADA, R. *Deflexiones* [en línea] [fecha de consulta 7 octubre 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/pabl robertlopeznicolaz/deflexiones-55349380>.
27. MORALES MORALES, R. *Diseño en concreto armado*. 4<sup>a</sup> ed. Lima: ICG, 2009.
28. SAINZ, J. *Espacio, tiempo y arquitectura: el futuro de una nueva tradición*. 17<sup>a</sup> ed. Barcelona: Reverté, 2009. ISBN: 978-84-291-2117-9.
29. *Università Kore di Enna* [en línea] [fecha de consulta 7 octubre 2020]. Disponible en: <https://unikore.it/index.php/en/documenti-download/category/1336-prof-macaluso-giuseppe-architettura>
30. *Il solaio: tipologie e modellazione, Paolacci e Sguerri, Dispense di Costruzioni* [en línea] [fecha de consulta 7 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.docsity.com/it/il-solaio-tipologie-e-modellazione-paolacci-e-sguerri/72262/>
31. CUSTODIO LIMACHI, L. *Manual de instalación de techo aligerado con viguetas prefabricados de acero* [en línea]. Noviembre 2014 [fecha de consulta 7 octubre 2020]. Disponible en: [https://issuu.com/sencico\\_documentosdigitales/docs/manual\\_de\\_instalaci\\_oacute\\_n\\_de\\_tec](https://issuu.com/sencico_documentosdigitales/docs/manual_de_instalaci_oacute_n_de_tec)
32. FOSTER, K. R. *Productivity and Prosperity: A Historical Sociology of Productivist Thought* [en línea]. Toronto: University of Toronto Press, Scholarly Publishing Division, 2016 [fecha de consulta 7 octubre 2020]. ISBN: 978-1-4875-0078-8. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1362458&lang=es&site=eds-live&scope=site>.
33. Balbuena, S. E., Perez, J. E. M., Irudayaselvam, S., y Balaccua, M. M. Application of Leadership Theories in Analyzing the Effects of Leadership Styles on

Productivity in Philippine Higher Education Institutions. *Online Submission* [en línea]. 2020, vol 8(3). 53-62 [fecha de consulta 7 octubre 2020]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=ED606847&lang=es&site=eds-live&scope=site>.

34. MACHADO, C., DAVIM J. P. *Productivity and Organizational Management*. [en línea]. Berlin: De Gruyter, 2017 [fecha de consulta 7 octubre 2020]. ISBN: 9783110355451. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1504917&lang=es&site=eds-live&scope=site>.

35. SHAHPARI, M. et al. Assessing the productivity of prefabricated and in-situ construction systems using hybrid multi-criteria decision making method. *Journal of Building Engineering* [en línea]. 2020, vol 27 [fecha de consulta 7 octubre 2020]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S2352710219308514&lang=es&site=eds-live&scope=site>

36. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. *Norma E.060 Concreto Armado* [en línea] [fecha de consulta 15 octubre 2020]. Disponible en: [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf)

37. CAMPOS CULQUI, J.J. *Análisis del comportamiento estructural de una edificación con muros de ductilidad limitada, en el distrito de Pillco Marca – Huánuco* [en línea]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, 2018. [Consultado 22 octubre 2020]. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE\\_b6892fdc072aac4c29dc38192618dc30](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_b6892fdc072aac4c29dc38192618dc30)

38. CSI Spain. *Información general de ETABS* [en línea] [fecha de consulta 15 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.csiespana.com/software/5/etabs>.

39. CONCYTEC. *Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica*



- *reglamento RENACYT* [en línea] [fecha de consulta 15 octubre 2020]. Disponible en:

[https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento\\_renacyt\\_version\\_final.pdf](https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf).

40. HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. *Metodología de la investigación*. 6ª ed. México: Editorial Mc Graw Hill Education, 2014. ISBN 9781456223960

41. HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. y MENDOZA TORRES, C.P. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. 8ª ed. México: Mc Graw Hill Interamericana, 2018. ISBN 978-1-4562-6096-5.

42. CAPCHA, E. *Comportamiento Estructural. Ingeniería de estructuras-análisis no lineal* [en línea] [fecha de consulta 15 octubre 2020]. Disponible en: <https://ceainingeria.blogspot.com/2017/01/comportamiento-estructural.html>.

43. OTZEN, T. y MANTEROLA, C. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology* [en línea]. 2017, vol **35**(1). 227-232 [fecha de consulta 28 octubre 2020]. ISSN 0717-9502

44. OLIVEROS, A. and MARTINEZ, S. Aspectos éticos de la investigación en Ingeniería Software que involucra seres humanos. *Red de Universidades con Carreras en Informática* [en línea]. 2012 [fecha de consulta 15 octubre 2020]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23714>

**ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Título:	Comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020					
Autor:	Laynes Missael Durand Sánchez					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
Variable independiente: <b>Sistema Vigacero</b>	El sistema Vigacero que es un entre piso de concreto armado, la que cuenta con una Resolución Ministerial N° 264-2014-VIVIENDA, se desarrolló con el propósito que el entrepiso sea resistente a los sismos y se reduzca la deflexión así lo manifiesta (Custodio Limachi 2014, p. 13) además que este sistema difiere del encofrado característico utilizado dentro de la construcción de edificios.	Nos contactamos con la empresa Arcotecho Perú quienes producen los materiales del sistema Vigacero, ellos nos brindaron las especificaciones. La vigueta prefabricada tendrá una separación de 84 cm a diferencia del sistema convencional que es de 40 cm.	Caseton de EPS	Características mecánicas	Ficha técnica Normativa	Kg/cm3, Kg/m2
				Dimensión caseton	Ficha técnica Normativa	Metros
			Vigueta de acero galvanizado	Características mecánicas	Ficha técnica Normativa	Kg/cm3, Kg/m2
				Dimensión del perfil	Ficha técnica Normativa	Metros
Variable dependiente: <b>Comportamiento estructural de la losa aligerada</b>	El comportamiento estructural es la forma como responde toda una estructura en términos de desplazamientos y deformaciones, ante la aplicación de fuerzas de la propia estructura o externas (Capcha 2017).	En primer lugar se realizó el predimensionamiento estructural para una losa convencional. En segundo lugar, se procedió a modelamiento estructural de ambos sistemas (convencional y Vigacero) en el software Etaps con las especificaciones obtenidas de la normativa y ficha técnica. En tercer lugar, se procedió a la evaluación de las cargas a ambas losas. En cuarto lugar, se pasó los datos obtenidos a Excel como base de dato. En quinto lugar, se realizó el metrado y presupuesto para ambas losas. Finalmente, con los datos obtenidos se pasó a evaluar nuestras hipótesis.	Deflexión	Deflexión máxima	software ETABS 2018 Normativa y planos	Centímetros
				Deflexión mínima	software ETABS 2018 Normativa y planos	Centímetros
			Resistencia a flexión y a esfuerzo cortante	Momento admisible	software ETABS 2018 Normativa y planos	Tn-m
				Momento ultimo	software ETABS 2018 Normativa y planos	Tn-m
				Cortante admisible	software ETABS 2018 Normativa y planos	Tn/m2
				Cortante ultima	software ETABS 2018 Normativa y planos	Tn/m2
			Costo	Metrado	Excel Normativa y planos	m2, und, m3, kg
				Presupuesto	Presupuesto.pe Normativa y planos	Soles

## ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

<b>Título:</b>	Comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020					
<b>Autor:</b>	Laynes Missael Durand Sánchez					
PROBLEMA	OBEJTIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>V. INPENDIENTE: Sistema Vigacero</b>			<b>Tipo:</b> Aplicada <b>Nivel:</b> Descriptiva <b>Diseño:</b> Cuasi-Experimental <b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Población:</b> Las viviendas de 3 niveles con el sistema Vigacero en el distrito de Cerro Colorado de la ciudad de Arequipa. <b>Muestra:</b> Una edificación de tres pisos con el sistema Vigacero en la Canteras Mz. F Lt.4 en el distrito de cerro Colorado de la provincia de Arequipa. <b>Técnica:</b> Observación <b>Instrumentos:</b> Software ETABS 2016 y S10
			<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	
¿Cómo es el comportamiento estructural y el costo de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020?	Examinar el comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema Vigacero y calcular el costo de la losa, en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.	El comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos cumple con la norma E 0.60 del RNE además tiene una reducción de costo en el proceso de construcción.	Casetón de EPS	Características mecánicas Dimensiones del casetón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas técnicas</li> <li>• Planos arquitectónicos y estructurales</li> <li>• Estudio de bibliografía y casos anteriores.</li> </ul>	
			Vigueta de acero galvanizado	Características mecánicas Dimensiones del perfil		
<b>PROBLEMA ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b>	<b>V. DEPENDIENTE: Comportamiento estructural de la losa aligerada</b>			
			<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	
¿Cuánto es la deflexión de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020?	Calcular la deflexión de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.	La deflexión de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos es menor a la deflexión máxima dispuesta en la norma E 0.60 del RNE.	Deflexión	Deflexión máxima y mínima de la losa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El software ETABS 2018</li> <li>• Presupuesto.pe</li> <li>• Normatividades influyentes</li> <li>• Planos arquitectónicos y estructurales</li> <li>• Cuadro de recolección de datos</li> </ul>	
¿Cuánto es la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020?	Calcular la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.	La resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de la losa aligerada con el sistema Vigacero en una edificación de 3 pisos es admisible por la norma E 0.60 de la RNE	Resistencia a flexión y a esfuerzo cortante	Momento admisible y último de la losa además de la cortante admisible y ultima de la losa		
¿Cuánto es el costo del sistema Vigacero vs el sistema convencional en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020?	Calcular el costo del sistema Vigacero vs el sistema tradicional en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.	El costo con el sistema Vigacero es menor que el sistema tradicional en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020.	Costo	Metrado y presupuesto de la partida de losa aligerada		

**ANEXO 4: REVISIÓN DE INSTRUMENTOS – DPI.**

FICHA DE VALIDACIÓN DE DATOS	
TÍTULO:	"PROPUESTA DE MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES MEDIANTE EL SISTEMA VIGACERO EN LIMA-PERÚ"
AUTOR:	DURAND SÁNCHEZ, LAYNES DURAND

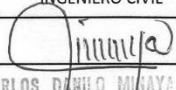
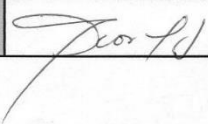

INFORMACION GENERAL				
UBICACIÓN DEL PROYECTO				
I.	DISTRITO			
	TIPO DE EDIFICIO			
	FECHA			
II.	TIPO DE SISTEMA UTILIZADO EN LA LOSA ALIGERADA			
III.	PRESUPUESTO DE LOSA ALIGERADA			
MANIPULACIÓN O TRASPORTE				
IV.	¿Cuáles fueron los inconvenientes presentados en su manipulación o transporte del material?			
ARMADO DEL ALIGERADO				
V.	¿Cuáles fueron las dificultades presentados en el armado de la losa y cuanto material se utilizó?			
INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS				
VI.	¿Cuáles fueron las dificultades presentados en la intalaciones eléctricas y sanitarias ?			
REDUCCIÓN DEL PERSONAL				
VII.	<table border="1"> <tr> <td>TRASPORTE</td> <td>ARMADO</td> <td>INSTALACION</td> </tr> </table>	TRASPORTE	ARMADO	INSTALACION
TRASPORTE	ARMADO	INSTALACION		

EXPERTOS	A	B	C
NOMBRE:	AGUSTIN V. CORZO ALIAGA	JOSE LUIS PONCE FILLOS	CARLOS DANLO MINAYA ROSARIO
PROFESIÓN:	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL
REGISTRO CIP:	50070	107402	<i>[Firma]</i>
FIRMA:	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	CARLOS DANLO MINAYA ROSARIO INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187


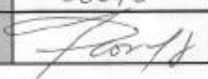
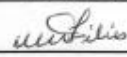
FICHA DE VALIDACIÓN DE DATOS	
TÍTULO:	"PROPUESTA DE MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES MEDIANTE EL SISTEMA VIGACERO EN LIMA-PERÚ"
AUTOR:	DURAND SÁNCHEZ, LAYNES DURAND

INFORMACION GENERAL	
UBICACIÓN DEL PROYECTO	
I.	DISTRITO
	TIPO DE EDIFICIO
	ÁREA DE LOSA
	FECHA
II.	TIPO DE SISTEMA UTILIZADO EN LA LOSA ALIGERADA
III.	HABILITACIÓN DE ACERO PARA LOSA
	Duración
	Cuadrila
	Horas x Día
IV.	TRASPORTE DE MATERIAL ( ) LADRILLO ( ) CASETÓN
	Duración
	Cuadrila
	Horas x Día
V.	ARMADO DEL ENCOFRADO Y APUNTALAMIENTO
	Duración
	Cuadrila
	Horas x Día
VI.	ARMADO DE LA LOSA ( ) LADRILLO Y ACERO ( ) CASETÓN Y ACERO
	Duración
	Cuadrila
	Horas x Día
VII.	COLOCACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS
	Duración
	Cuadrila
VIII.	VACIADO DE CONCRETO
	Duración
	Cuadrila
	Horas x Día
	Cantidad de concreto

EXPERTOS	A	B	C
NOMBRE:	AGUSTIN V. CORZO SLIAGA	JOSE LUIS PONCE FILIOS	CARLOS MINAYA ROSARIO
PROFESIÓN:	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL
REGISTRO CIP:	50070	107402	
FIRMA:			CARLOS DANILO MINAYA ROSARIO INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187

FICHA DE VALIDACIÓN DE DATOS		
TÍTULO:	"PROPUESTA DE MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES MEDIANTE EL SISTEMA VIGACERO EN LIMA-PERÚ"	
AUTOR:	DURAND SÁNCHEZ, LAYNES DURAND	
INFORMACIÓN GENERAL		
UBICACIÓN DEL PROYECTO		
I.	UBICACIÓN	
	DISTRITO	
	PROVINCIA	
	REGION	
SISTEMA VIGACERO		
II.	EPS	Vigueta de acero galvanizado
	Dimensiones	Dimensiones
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL		
DEFLEXIÓN		
III.	Deflexión máxima	Deflexión mínima
RESISTENCIA A FLEXIÓN		
IV.	Momento admisible	Momento ultimo
RESISTENCIA A ESFUERZO CORTANTE		
V.	Cortante admisible	Cortante ultima

EXPERTOS	A	B	C
NOMBRE:	AGUSTIN V. CORZO ALIAGA	JOSE LUIS PONCE FILIOS	CARLOS DANILLO MINAYA ROSARIO
PROFESIÓN:	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL
REGISTRO CIP:	50070	107402	
FIRMA:			CARLOS DANILLO MINAYA ROSARIO INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187

## ANEXO 5: RESULTADOS ETABS 2018.

### RESULTADO ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL SISTEMA VIGACERO - SOFTWARE ETABS 2018

El proyecto se ubica en Las Canteras Mz. F Lt.4 en el distrito de Cerro Colorado de la provincia de Arequipa, con un área techada de 729.45 m<sup>2</sup>. Espesor de losa 25 cm, con luces de vigueta 4.50, 5.00 y 4.50 respectivamente.

Concreto 210 Kg/cm<sup>2</sup>

Acero para la vigueta pre-galvanizado de alta resistencia ASTM A653 grado estructural SS.

Carga Muerta: 0.4039 Tn/m<sup>2</sup>

Carga Viva: 0.2 Tn/m<sup>2</sup>

#### **Resultado:**

Deflexión = 0.002440 m

Momento nominal = 1.0307 Tnf-m

Cortante nominal = 1.2525 Tnf

### RESULTADO ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL SISTEMA TRADICIONAL - SOFTWARE ETABS 2018

El proyecto se ubica en Las Canteras Mz. F Lt.4 en el distrito de Cerro Colorado de la provincia de Arequipa, con un área techada de 729.45 m<sup>2</sup>. Espesor de losa 25 cm, con luces de vigueta 4.50, 5.00 y 4.50 respectivamente.

Concreto 210 Kg/cm<sup>2</sup>

Acero grado 60

Carga Muerta: 0.55 Tn/m<sup>2</sup>

Carga Viva: 0.2 Tn/m<sup>2</sup>

#### **Resultado:**

Deflexión = 0.009663 m

Momento nominal = 1.365 Tnf-m


Cortante nominal = 1.5965 Tnf

  
DANIEL ROBERTO QUIUN WONG  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 28114

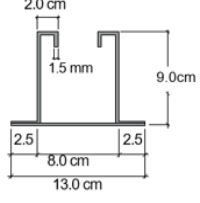


## ANEXO 6: CARACTERÍSTICA DE LOS MATERIALES DEL SISTEMA VIGACERO

### Vigueta Vigacero

	CARACTERÍSTICAS	Fy (Min)	2530 kg/cm <sup>2</sup>
		Fy (Max)	3000 kg/cm <sup>2</sup>
		Fu (Min)	3726 kg/cm <sup>2</sup>
		Fu (Max)	5622 kg/cm <sup>2</sup>
		I <sub>x</sub>	743674 mm <sup>4</sup>
		S <sub>xt</sub>	13965 mm <sup>3</sup>
		S <sub>xb</sub>	22784 mm <sup>3</sup>
		Ȳ	32.64 mm

	CARACTERÍSTICAS	Dimensiones	
		H= 90 cm	b= 13 cm
		Peso	4.86kg/ml
		Espeso	0.15 cm
		Rendimiento	180 m <sup>2</sup> /día
		Acabado	Galvanizado
		Calidad	ASTM A 1011
			ASTM A 1008
Luz máxima	8.00 m		

\*Esfuerzo de fluencia (Fy), Esfuerzo de torsión (Fu), Momento de inercia (I<sub>x</sub>), Modulo elástico de fibra superior (S<sub>xt</sub>), Modulo elástico de fibra inferior (S<sub>xb</sub>), Centro de masa respecto a fibra inferior (Ȳ).

### Caseton

	CARACTERÍSTICAS	Dimensiones	
		Largo:	Ancho:
		1.0 m	0.60
		Espesor:	0.70
		Entre	0.75
		0.12 m	* Pude variar
		0.25 m	dependiend
		0.30 m	o del diseño
		Peso máximo	3 kg/m <sup>2</sup>
		Espeso	0.15 cm
Densidad	12-15 kg/m <sup>3</sup>		
Color	Blanco		

\*Estas características depende del proyecto que se pueda plantear

### Malla de temperatura

Descripción	Medidas	Cocada	Diámetro
Malla Soldada R-80	2,40 x 6,00 m	200 x 330 mm	4,5 / 3,0 mm
Malla Soldada QE-106	2,40 x 5,00 m	150 x 150 mm	4,5 mm
Malla Soldada Q-139	2,40 x 6,00 m	100 x 100 mm	4,2 mm

## ANEXO 7: CÁLCULO DE ACERO.

### Cálculo de acero en los apoyos extremos para $M(-)=0.375$ Tn-m

$$A_s = \frac{0.85 * F' * b * d}{F_y} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85 * \phi * F'c * b * d^2}} \right)$$

$$A_s = \frac{0.85 * 210 * 10 * 22}{4200} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 0.375 * 10^5}{0.85 * 0.9 * 210 * 10 * 22^2}} \right)$$

$$A_s = 0.462 \text{ cm}^2 \text{ --- } A_s = 1\phi 1/2" = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'c * b}$$

$$a = \frac{1.27 * 4200}{0.85 * 210 * 10} = 2.99 \text{ cm} \leq 5 \text{ cm} \text{ --- } -OK$$

### Cálculo de acero positivo para $M(+)=0.817$ Tn-m

$$A_s = \frac{0.85 * F' * b * d}{F_y} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85 * \phi * F'c * b * d^2}} \right)$$

$$A_s = \frac{0.85 * 210 * 40 * 22}{4200} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 0.817 * 10^5}{0.85 * 0.9 * 210 * 40 * 22^2}} \right)$$

$$A_s = 0.996 \text{ cm}^2 \text{ --- } A_s = 1\phi 1/2" = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'c * b}$$

$$a = \frac{1.27 * 4200}{0.85 * 210 * 40} = 0.747 \text{ cm} \leq 5 \text{ cm} \text{ --- } -OK$$

### Cálculo de acero positivo para $M(+)=0.694$ Tn-m

$$A_s = \frac{0.85 * F' * b * d}{F_y} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85 * \phi * F'c * b * d^2}} \right)$$

$$A_s = \frac{0.85 * 210 * 40 * 22}{4200} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 0.694 * 10^5}{0.85 * 0.9 * 210 * 40 * 22^2}} \right)$$

$$A_s = 0.844 \text{ cm}^2 \text{ --- } A_s = 1\phi 1/2" = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'c * b}$$

$$a = \frac{1.27 * 4200}{0.85 * 210 * 40} = 0.747 \text{ cm} \leq 5 \text{ cm} \text{ --- } -OK$$

### Cálculo de acero negativo para $M(+)=1.110$ Tn-m

$$A_s = \frac{0.85 * F' * b * d}{F_y} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85 * \phi * F'c * b * d^2}} \right)$$

$$A_s = \frac{0.85 * 210 * 10 * 22}{4200} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 1.11 * 10^5}{0.85 * 0.9 * 210 * 10 * 22^2}} \right)$$

$$A_s = 1.447 \text{ cm}^2 \text{ --- } A_s = 1\phi 1/2" + 1\phi 3/8" = 1.98 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'c * b}$$

$$a = \frac{1.98 * 4200}{0.85 * 210 * 40} = 4.659 \text{ cm} \leq 5 \text{ cm} \text{ --- } -OK$$

## ANEXO 8: ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DEL SISTEMA VIGACERO.

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR - "CERRO

COLORADO" - SISTEMA VIGACERO

SUBPRESUPUESTO: ESTRUCTURAS

CLIENTE: Carlos Danniell Quispe

Gutierrez

UBICACION: Las Canteras Mz.F Lt.4 - Cerro Colorado -

Arequipa - Arequipa

FECHA BASE: 2020-11-04

MONEDA: SOLES

#### 1.1.1.1 ENCOFRADO NORMAL DE LOSA ALIGERADA

Rendimiento: 90.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Costo Unitario:	4.70
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial
CAPATAZ	HH	0.1000	0.0089	20.83	0.19
OPERARIO	HH	1.0000	0.0889	10.75	0.96
OFICIAL	HH	1.0000	0.0889	8.75	0.78
				<b>Mano de obra:</b>	<b>1.93</b>
ALAMBRE NEGRO N° 8	KG		0.0500	4.20	0.21
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.0500	4.03	0.20
MADERA TORNILLO	P2		0.4800	4.80	2.30
				<b>Materiales:</b>	<b>2.71</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.93	0.06
				<b>Equipo:</b>	<b>0.06</b>

#### 1.1.1.2 DESENCOFRADO DE ALIGERADO

Rendimiento: 150.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Costo Unitario:	1.28
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial
OFICIAL	HH	1.0000	0.0533	8.75	0.47
PEON	HH	2.0000	0.1067	7.25	0.77
				<b>Mano de obra:</b>	<b>1.24</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.24	0.04
				<b>Equipo:</b>	<b>0.04</b>

#### 1.1.1.3 ACERO CORRUGADO F'Y = 4200 KG/CM2

Rendimiento: 350.0000 KG/DIA		Unidad: KG		Costo Unitario:	4.58
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial
OPERARIO	HH	1.0000	0.0229	10.75	0.25

OFICIAL	HH	1.0000	0.0229	8.75	0.20
PEON	HH	1.0000	0.0229	7.25	0.17
				<b>Mano de obra:</b>	<b>0.62</b>
ALAMBRE NEGRO N° 16	KG		0.0400	4.20	0.17
ACERO CORRUGADO F'Y = 4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0700	3.30	3.53
				<b>Materiales:</b>	<b>3.70</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.62	0.03
CIZALLA P/CORTE DE FIERRO	HM	1.0000	0.0229	10.00	0.23
				<b>Equipo:</b>	<b>0.26</b>

#### 1.1.1.4 COLOCACION DE VIGUETAS DE ACERO GALVANIZADO 1.5 MM

<b>Rendimiento: 180.0000 ML/DIA</b>		<b>Unidad: ML</b>		<b>Costo Unitario:</b>	<b>32.75</b>
<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PU</b>	<b>Parcial</b>
CAPATAZ	HH	0.1000	0.0044	20.83	0.09
OPERARIO	HH	1.0000	0.0444	10.75	0.48
OFICIAL	HH	1.0000	0.0444	8.75	0.39
PEON	HH	4.0000	0.1778	7.25	1.29
				<b>Mano de obra:</b>	<b>2.25</b>
VIGUETA VIGACERO DE ACERO GALVANIZADO	ML		1.0000	30.50	30.50
				<b>Materiales:</b>	<b>30.50</b>

#### 1.1.1.5 CASETON DE POLIESTIRENO EPS PARA TECHO ALIGERADO H=0.25M

<b>Rendimiento: 300.0000 UND/DIA</b>		<b>Unidad: UND</b>		<b>Costo Unitario:</b>	<b>21.26</b>
<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PU</b>	<b>Parcial</b>
CAPATAZ	HH	0.1000	0.0027	20.83	0.06
OPERARIO	HH	1.0000	0.0267	10.75	0.29
OFICIAL	HH	1.0000	0.0267	8.75	0.23
PEON	HH	4.0000	0.1067	7.25	0.77
				<b>Mano de obra:</b>	<b>1.35</b>
CASETON DE POLIESTIRENO EPS 0.20x0.75x1.00	UND		1.0000	19.87	19.87
				<b>Materiales:</b>	<b>19.87</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.35	0.04
				<b>Equipo:</b>	<b>0.04</b>

#### 1.1.1.6 CONCRETO PREMEZCLADO LOSA ALIGERADA F'c=210 KG/CM2

<b>Rendimiento: 100.0000 M3/DIA</b>		<b>Unidad: M3</b>		<b>Costo Unitario:</b>	<b>241.16</b>
<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PU</b>	<b>Parcial</b>

CAPATAZ	HH	0.1000	0.0080	20.83	0.17
OPERARIO	HH	2.0000	0.1600	10.75	1.72
OFICIAL	HH	1.0000	0.0800	8.75	0.70
PEON	HH	4.0000	0.3200	7.25	2.32

**Mano de obra: 4.91**

VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	HM	1.0000	0.0800	6.05	0.48
------------------------------------	----	--------	--------	------	------

HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.91	0.15
-----------------------	-----	--	--------	------	------

**Equipo: 0.63**

CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2	M3		1.0200	225.00	229.50
----------------------------------------	----	--	--------	--------	--------

SERVICIO DE BOMBA DE CONCRETO	M3		1.0200	6.00	6.12
----------------------------------	----	--	--------	------	------

**Subcontratos: 235.62**

#### 1.1.1.7 TARRAJEO DE CIELORASO E=1.5CM, MEZCLA 1:5

**Rendimiento: 10.0000 M2/DIA**

			<b>Unidad: M2</b>		<b>Costo Unitario:</b>	<b>22.40</b>
<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>		<b>PU</b>	<b>Parcial</b>

CAPATAZ	HH	0.1000	0.0800	20.83	1.67
---------	----	--------	--------	-------	------

OPERARIO	HH	1.0000	0.8000	10.75	8.60
----------	----	--------	--------	-------	------

PEON	HH	0.3300	0.2640	7.25	1.91
------	----	--------	--------	------	------

**Mano de obra: 12.18**

CLAVOS 3"	KG		0.0040	4.50	0.02
-----------	----	--	--------	------	------

ARENA FINA	M3		0.0330	30.12	0.99
------------	----	--	--------	-------	------

CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BLS		0.1780	22.50	4.01
-------------------------------------	-----	--	--------	-------	------

AGUA PARA LA OBRA	M3		0.0054	8.00	0.04
-------------------	----	--	--------	------	------

MADERA TORNILLO	P2		0.4340	4.80	2.08
-----------------	----	--	--------	------	------

MALLA DE GALLNERO – COCADA ¾"	M2		1.0000	2.56	2.56
----------------------------------	----	--	--------	------	------

**Materiales: 9.70**

HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	12.18	0.37
-----------------------	-----	--	--------	-------	------

REGLA DE ALUMINIO DE DIFERENTES MEDIDAS	UND	0.0000	0.0100	15.00	0.15
--------------------------------------------	-----	--------	--------	-------	------

**Equipo: 0.52**

#### 1.1.1.8 FLETE DE TRANSPORTE TERRESTRE

**Rendimiento: GLB/DIA**

			<b>Unidad: GLB</b>		<b>Costo Unitario:</b>	<b>3,200.00</b>
<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>		<b>PU</b>	<b>Parcial</b>

FLETE TERRESTRE	GLB		1.0000	3,200.00	3,200.00
-----------------	-----	--	--------	----------	----------

**Subcontratos: 3,200.00**

## ANEXO 9: ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DES SISTEMA TRADICIONAL.

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR - "CERRO COLORADO" -  
SISTEMA CONVENCIONAL

SUBPRESUPUESTO:

ESTRUCTURAS

CLIENTE: Carlos Dannel Quispe  
Gutierrez

UBICACION: Las Canteras Mz.F Lt.4 - Cerro Colorado -  
Arequipa - Arequipa

FECHA BASE: 2020-11-04

MONEDA: SOLES

#### 1.1.1.1 ENCOFRADO NORMAL DE LOSA ALIGERADA

Rendimiento: 12.0000 M2/DIA

Unidad: M2

Costo Unitario: 42.25

Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial
CAPATAZ	HH	0.1000	0.0667	20.83	1.39
OPERARIO	HH	1.0000	0.6667	10.75	7.17
OFICIAL	HH	1.0000	0.6667	8.75	5.83
<b>Mano de obra:</b>					<b>14.39</b>
PETROLEO	GAL		0.0500	10.50	0.53
ALAMBRE NEGRO N° 8	KG		0.1200	4.20	0.50
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.1900	4.03	0.77
MADERA TORNILLO	P2		5.3400	4.80	25.63
<b>Materiales:</b>					<b>27.43</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	14.39	0.43
<b>Equipo:</b>					<b>0.43</b>

#### 1.1.1.2 DEENCOFRADO DE ALIGERADO

Rendimiento: 36.0000 M2/DIA

Unidad: M2

Costo Unitario: 5.31

Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial
OFICIAL	HH	1.0000	0.2222	8.75	1.94
PEON	HH	2.0000	0.4444	7.25	3.22
<b>Mano de obra:</b>					<b>5.16</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.16	0.15
<b>Equipo:</b>					<b>0.15</b>

<b>1.1.1.3 ACERO CORRUGADO F'Y = 4200 KG/CM2</b>						
<b>Rendimiento: 350.0000 KG/DIA</b>			<b>Unidad: KG</b>		<b>Costo Unitario: 4.54</b>	
<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PU</b>	<b>Parcial</b>	
OPERARIO	HH	1.0000	0.0229	10.75	0.25	
OFICIAL	HH	1.0000	0.0229	8.75	0.20	
PEON	HH	1.0000	0.0229	7.25	0.17	
				<b>Mano de obra:</b>	<b>0.62</b>	
ALAMBRE NEGRO N° 16	KG		0.0700	4.20	0.29	
ACERO CORRUGADO F'Y = 4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0700	3.30	3.53	
				<b>Materiales:</b>	<b>3.82</b>	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.62	0.03	
CIZALLA P/CORTE DE FIERRO	HM	0.3200	0.0073	10.00	0.07	
				<b>Equipo:</b>	<b>0.10</b>	

<b>1.1.1.4 LADRILLO HUECO DE ARCILLA H=0.20M PARA LOSA ALIGERADA</b>						
<b>Rendimiento: 1,300.0000 UND/DIA</b>			<b>Unidad: UND</b>		<b>Costo Unitario: 3.35</b>	
<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PU</b>	<b>Parcial</b>	
CAPATAZ	HH	0.1000	0.0006	20.83	0.01	
OPERARIO	HH	1.0000	0.0062	10.75	0.07	
OFICIAL	HH	1.0000	0.0062	8.75	0.05	
PEON	HH	9.0000	0.0554	7.25	0.40	
				<b>Mano de obra:</b>	<b>0.53</b>	
LADRILLO ARCILLA HUECO 20x30x30cm	MLL		1.0000	2.80	2.80	
				<b>Materiales:</b>	<b>2.80</b>	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.53	0.02	
				<b>Equipo:</b>	<b>0.02</b>	

<b>1.1.1.5 CONCRETO PREMEZCLADO LOSA ALIGERADA F'c=210 KG/CM2</b>						
<b>Rendimiento: 100.0000 M3/DIA</b>			<b>Unidad: M3</b>		<b>Costo Unitario: 241.16</b>	
<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PU</b>	<b>Parcial</b>	
CAPATAZ	HH	0.1000	0.0080	20.83	0.17	
OPERARIO	HH	2.0000	0.1600	10.75	1.72	
OFICIAL	HH	1.0000	0.0800	8.75	0.70	
PEON	HH	4.0000	0.3200	7.25	2.32	



					<b>Mano de obra:</b>	<b>4.91</b>
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	HM	1.0000	0.0800	6.05	0.48	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	4.91	0.15	
					<b>Equipo:</b>	<b>0.63</b>
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2	M3		1.0200	225.00	229.50	
SERVICIO DE BOMBA DE CONCRETO	M3		1.0200	6.00	6.12	
					<b>Subcontratos:</b>	<b>235.62</b>

#### 1.1.1.6 TARRAJEO DE CIELORASO E=1.5CM, MEZCLA 1:5

<b>Rendimiento: 10.0000 M2/DIA</b>		<b>Unidad: M2</b>		<b>Costo Unitario:</b>	<b>19.84</b>
<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PU</b>	<b>Parcial</b>
CAPATAZ	HH	0.1000	0.0800	20.83	1.67
OPERARIO	HH	1.0000	0.8000	10.75	8.60
PEON	HH	0.3300	0.2640	7.25	1.91
				<b>Mano de obra:</b>	<b>12.18</b>
CLAVOS 3"	KG		0.0040	4.50	0.02
ARENA FINA	M3		0.0330	30.12	0.99
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BLS		0.1780	22.50	4.01
AGUA PARA LA OBRA	M3		0.0054	8.00	0.04
MADERA TORNILLO	P2		0.4340	4.80	2.08
				<b>Materiales:</b>	<b>7.14</b>
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	12.18	0.37
REGLA DE ALUMINIO DE DIFERENTES MEDIDAS	UND	0.0000	0.0100	15.00	0.15
				<b>Equipo:</b>	<b>0.52</b>

#### 1.1.1.7 FLETE DE TRANSPORTE

<b>Rendimiento: GLB/DIA</b>		<b>Unidad: GLB</b>		<b>Costo Unitario:</b>	<b>1,700.00</b>
<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PU</b>	<b>Parcial</b>
FLETE TERRESTRE	GLB		1.0000	1,700.00	1,700.00
					<b>Subcontratos: 1,700.00</b>

## ANEXO 10: METRADO DE LOSA CONVENCIONAL

### Encofrado y desencofrado

Metrado de 1-3 Piso				
Descripción	#	Largo	Ancho	Área
Paño 1				
Eje D-E entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90
Eje D-E entre 2-3	1	6.1	5	30.50
Paño 2				
Eje C-D entre 1-2, 3-4	2	5.15	4.5	46.35
Eje C-D entre 2-3	1	2.4	5	12.00
Paño 3				
Eje B-C entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90
Eje B-C entre 2-3	1	6.1	5	30.50
Paño 4				
Eje A-B entre 1-2, 3-4	2	1	4.5	9.00
Eje A-B entre 2-3	1	1	5	5.00
			Área Total m2	243.15
			Número de pisos	3
			<b>Total m2</b>	<b>729.45</b>

### Cantidad de elementos de encofrado

Metrado de 1-3 Piso / elementos de encofrado				
Descripción	Puntales @0.80	Tablones @0.40	Soleras @0.80	Frisos
Paño 1				
Eje D-E entre 1-2, 3-4	180	30	12	0
Eje D-E entre 2-3	105	15	7	0
Paño 2				
Eje C-D entre 1-2, 3-4	144	24	12	0
Eje C-D entre 2-3	42	6	7	0
Paño 3				
Eje B-C entre 1-2, 3-4	180	30	12	0
Eje B-C entre 2-3	105	15	7	0
Paño 4				
Eje A-B entre 1-2, 3-4	36	6	12	2
Eje A-B entre 2-3	21	3	7	1
<b>Total 1-3 Piso (unidades)</b>	<b>813</b>	<b>129</b>	<b>76</b>	<b>3</b>

Aporte unitario de encofrado

Metrado de 1-3 Piso / Aporte unitario				
Descripción	Puntales @0.80	Tablones @0.40	Soleras @0.80	Frisos
Sección (pulg)	2"x3"	1.5"x8"	2"x4"	1.5"x12"
Longitud (pies)	7.71	2.95	2.62	3.28
Paño 1				
Eje D-E entre 1-2, 3-4	693.90	88.50	20.96	0.00
Eje D-E entre 2-3	404.78	44.25	12.23	0.00
Paño 2				
Eje C-D entre 1-2, 3-4	555.12	70.80	20.96	0.00
Eje C-D entre 2-3	42.00	17.70	12.23	0.00
Paño 3				
Eje B-C entre 1-2, 3-4	693.90	88.50	20.96	0.00
Eje B-C entre 2-3	404.78	44.25	12.23	0.00
Paño 4				
Eje A-B entre 1-2, 3-4	138.78	17.70	20.96	9.84
Eje A-B entre 2-3	80.96	8.85	12.23	4.92
Cantidad por tipo	3014.21	380.55	132.75	14.76
Total (pie2)	3542.261667			
Desperdicio (10%)	3896.487833			
Área a encofrar	243.15			
# Usos	3			
Aporte Unitario	5.34			

Viguetas convencionales

Metrado de 1-3 Piso				
Descripción	Ancho	Cantidad	#	Sub-total
Paño 1				
Eje D-E entre 1-4	6.1	15	3	45.00
Paño 2				
Eje C-D entre 1-2, 3-4	5.15	12	2	24.00
Eje C-D entre 2-3	2.4	6	1	6.00
Paño 3				
Eje B-C entre 1-4	6.1	15	3	45.00
Paño 4				
Eje A-B entre 1-4	1	3	3	9.00
			Sub Total (Unid)	129.00
			Número de pisos	3
			<b>Total Und</b>	<b>387</b>

Bloques huecos de arcilla C = 9 und/m<sup>2</sup>

Nº Pisos	Área	ladrillo	Cantidad
1 er	243.15	9	2188.35
2 do	243.15	9	2188.35
3 ro	243.15	9	2188.35
Sub-Total			6565.05
Desperdicio 3%			6762.0015
Total (Und)			6763.00

Volumen de concreto pre-mesclado F'c=210Kg/m<sup>3</sup>

Volumen de concreto 1-3 piso Factor 25cm=0.1						
Descripción	#	Largo	Ancho	Área	Factor	Parcial
Paño 1						
Eje D-E entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90	0.10	5.49
Eje D-E entre 2-3	1	6.1	5	30.50	0.10	3.05
Paño 2						
Eje C-D entre 1-2, 3-4	2	5.15	4.5	46.35	0.10	4.64
Eje C-D entre 2-3	1	2.4	5	12.00	0.10	1.20
Paño 3						
Eje B-C entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90	0.10	5.49
Eje B-C entre 2-3	1	6.1	5	30.50	0.10	3.05
Paño 4						
Eje A-B entre 1-2, 3-4	2	1	4.5	9.00	0.10	0.90
Eje A-B entre 2-3	1	1	5	5.00	0.10	0.50
Volumen de concreto (m <sup>3</sup> )						24.32
Desperdicio (1%)						24.56
Número de pisos						3.00
Volumen total (m <sup>3</sup> )						73.67

Acero de refuerzo

Acero de refuerzo 1-3 Pisos								
Descripción	Cant.	Tipo	#	Long.	Diámetro	1/4"	3/8"	1/2"
Paño 1								
Eje D-E entre 1-4	15	Corrido Ext.	2	5.05	1/2"			151.50
	15	Corrido Int.	1	5.55	1/2"			83.25
	15	Baston	2	1.4	1/2"			42.00
	15	Balancin	2	3.45	1/2"			103.50
	15	Balancin	2	1.9	3/8"		57.00	

Acero de refuerzo 1-3 Pisos								
Descripción	Cant.	Tipo	#	Long.	Diámetro	1/4"	3/8"	1/2"
<b>Paño 2</b>								
Eje C-D entre 1-4	6	Corrido Ext.	2	5.05	1/2"			60.60
	6	Corrido Int.	1	5.55	1/2"			33.30
	6	Baston	2	1.4	1/2"			16.80
	6	Balancin	2	3.45	1/2"			41.40
	6	Balancin	2	1.9	3/8"		22.80	
<b>Eje C-D entre 1-2, 2-3</b>								
	6	Corrido Int.	2	5.55	1/2"			66.60
	6	Baston	2	1.4	1/2"			16.80
	6	Balancin	2	1.78	1/2"			21.36
	6	Balancin	2	1.03	3/8"		12.36	
<b>Paño 3</b>								
Eje B-C entre 1-4	15	Corrido Ext.	2	5.05	1/2"			151.50
	15	Corrido Int.	1	5.55	1/2"			83.25
	15	Baston	2	1.4	1/2"			42.00
	15	Balancin	2	3.45	1/2"			103.50
	15	Balancin	2	1.9	3/8"		57.00	
<b>Paño 4</b>								
Eje A-B entre 1-4	3	Corrido Ext.	2	5.05	1/2"			30.30
	3	Corrido Int.	1	5.55	1/2"			16.65
	3	Baston	2	1.4	1/2"			8.40
	3	Balancin	2	3.45	1/2"			20.70
	3	Balancin	2	1.9	3/8"		11.40	
<b>Temperatura</b>								
Eje A-E entre 1-2, 3-4	18	Temperatura	2	19.38	1/4"	697.68		
Eje A-C entre 2-3	20	Temperatura	1	10	1/4"	200.00		
Eje D-E entre 2-3	20	Temperatura	1	6.7	1/4"	134.00		
Sub total ml						1031.68	160.56	1093.41
Peso por ml						0.22	0.56	0.99
Sub total en Kg						226.97	89.91	1082.48
Desperdicio (5%)						238.32	94.41	1136.60
Sub total Acero Kg						1469.33		
Número de pisos						3.00		
Total Acero Kg						4407.98		

Tarrajeo de cielo raso

Metrado de Tarrajeo 1-3 Piso				
Descripción	#	Largo	Ancho	Area
Paño 1				
Eje D-E entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90
Eje D-E entre 2-3	1	6.1	5	30.50
Paño 2				
Eje C-D entre 1-2, 3-4	2	5.15	4.5	46.35
Eje C-D entre 2-3	1	2.4	5	12.00
Paño 3				
Eje B-C entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90
Eje B-C entre 2-3	1	6.1	5	30.50
Paño 4				
Eje A-B entre 1-2, 3-4	2	1	4.5	9.00
Eje A-B entre 2-3	1	1	5	5.00
			Área Total m2	243.15
			Número de pisos	3.00
			<b>Total m2</b>	<b>729.45</b>

## ANEXO 11: METRADO DE LOSA VIGACERO

### Encofrado y desencofrado

Metrado de 1-3 Piso				
Descripción	#	Largo	Ancho	Área
Paño 1				
Eje D-E entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90
Eje D-E entre 2-3	1	6.1	5	30.50
Paño 2				
Eje C-D entre 1-2, 3-4	2	5.15	4.5	46.35
Eje C-D entre 2-3	1	2.4	5	12.00
Paño 3				
Eje B-C entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90
Eje B-C entre 2-3	1	6.1	5	30.50
Paño 4				
Eje A-B entre 1-2, 3-4	2	1	4.5	9.00
Eje A-B entre 2-3	1	1	5	5.00
			Área Total m2	243.15
			Número de pisos	3
			<b>Total m2</b>	<b>729.45</b>

### Cantidad de elementos de encofrado

Metrado de 1-3 Piso / elementos de encofrado				
Descripción	Puntales @0.80	Tablones @0.40	Soleras @0.80	Frisos
Paño 1				
Eje D-E entre 1-2, 3-4	14	0	2	0
Eje D-E entre 2-3	7	0	1	0
Paño 2				
Eje C-D entre 1-2, 3-4	12	0	2	0
Eje C-D entre 2-3	3	0	1	0
Paño 3				
Eje B-C entre 1-2, 3-4	14	0	2	0
Eje B-C entre 2-3	7	0	1	0
Paño 4				
Eje A-B entre 1-2, 3-4	4	2	2	2
Eje A-B entre 2-3	2	1	1	1
<b>Total 1-3 Piso (unidades)</b>	<b>63</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>3</b>

Aporte unitario de encofrado

Metrado de 1-3 Piso / Aporte unitario				
Descripción	Puntales @0.80	Tablones @0.40	Soleras @0.80	Frisos
Seccion (pulg)	2"x3"	1.5"x8"	2"x4"	1.5"x12"
Longitud (pies)	7.71	2.95	2.62	3.28
Paño 1				
Eje D-E entre 1-2, 3-4	53.97	0.00	3.49	0.00
Eje D-E entre 2-3	26.99	0.00	1.75	0.00
Paño 2				
Eje C-D entre 1-2, 3-4	46.26	0.00	3.49	0.00
Eje C-D entre 2-3	42.00	0.00	1.75	0.00
Paño 3				
Eje B-C entre 1-2, 3-4	53.97	0.00	3.49	0.00
Eje B-C entre 2-3	26.99	0.00	1.75	0.00
Paño 4				
Eje A-B entre 1-2, 3-4	15.42	5.90	3.49	9.84
Eje A-B entre 2-3	7.71	2.95	1.75	4.92
Cantidad por tipo	273.30	8.85	20.96	14.76
Total (pie2)	317.87			
Desperdicio (10%)	349.657			
Area a encofrar	243.15			
# Usos	3			
Aporte Unitario	0.48			

Viguetas Vigacero

Metrado de 1-3 Piso				
Descripción	Ancho	Cantidad	#	Sub-total
Paño 1				
Eje D-E entre 1-4	6.1	7	3	21.00
Paño 2				
Eje C-D entre 1-2, 3-4	5.15	6	2	12.00
Eje C-D entre 2-3	2.4	3	1	3.00
Paño 3				
Eje B-C entre 1-4	6.1	7	3	21.00
Paño 4				
Eje A-B entre 1-4	1	1	3	3.00
Sub Total (Unid)				60.00
Número de pisos				3
Total Und				180

EPS



Nº Pisos	Área	dimensión	Cantidad
1 er	243.15	75x20x100	291
2 do	243.15	75x20x100	291
3 ro	243.15	75x20x100	291
Sub-Total			873
Desperdicio 1%			881.73
Total (Und)			882.00

Volumen de concreto pre-mesclado F'c= 210 Kg/m3

Volumen de concreto 1-3 piso Factor 25cm=0.071						
Descripción	#	Largo	Ancho	Área	Factor	Parcial
Paño 1						
Eje D-E entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90	0.07	3.90
Eje D-E entre 2-3	1	6.1	5	30.50	0.07	2.17
Paño 2						
Eje C-D entre 1-2, 3-4	2	5.15	4.5	46.35	0.07	3.29
Eje C-D entre 2-3	1	2.4	5	12.00	0.07	0.85
Paño 3						
Eje B-C entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90	0.07	3.90
Eje B-C entre 2-3	1	6.1	5	30.50	0.07	2.17
Paño 4						
Eje A-B entre 1-2, 3-4	2	1	4.5	9.00	0.07	0.64
Eje A-B entre 2-3	1	1	5	5.00	0.07	0.36
Volumen de concreto (m3)						17.26
Desperdicio (1%)						17.44
Número de pisos						3.00
Volumen total (m3)						52.31

Acero de refuerzo

Acero de refuerzo 1-3 Pisos								
Descripción	Cant.	Tipo	#	Long.	Diámetro	1/4"	3/8"	1/2"
Paño 1								
Eje D-E entre 1-4	7	Bastón	2	1.4	1/2"			19.60
	7	Balancín	2	3.45	1/2"			48.30
	7	Balancín	2	1.9	3/8"		26.60	

Acero de refuerzo 1-3 Pisos								
Descripción	Cant.	Tipo	#	Long.	Diámetro	1/4"	3/8"	1/2"
Paño 2								
Eje C-D entre 1-4	3	Bastón	2	1.4	1/2"			8.40
	3	Balancín	2	3.45	1/2"			20.70
	3	Balancín	2	1.9	3/8"		11.40	
Eje C-D entre 1-2, 2-3	3	Bastón	2	1.4	1/2"			8.40
	3	Balancín	2	1.78	1/2"			10.68
	3	Balancín	2	1.03	3/8"		6.18	
Paño 3								
Eje B-C entre 1-4	7	Bastón	2	1.4	1/2"			19.60
	7	Balancin	2	3.45	1/2"			48.30
	7	Balancin	2	1.9	3/8"		26.60	
Paño 4								
Eje A-B entre 1-4	1	Baston	2	1.4	1/2"			2.80
	1	Balancin	2	3.45	1/2"			6.90
	1	Balancin	2	1.9	3/8"		3.80	
Temperatura								
Eje A-E entre 1-2, 3-4	18	Temperatura	2	19.38	1/4"	697.68		
Eje A-C entre 2-3	20	Temperatura	1	10	1/4"	200.00		
Eje D-E entre 2-3	20	Temperatura	1	6.7	1/4"	134.00		
						1031.68	74.58	193.68
						0.22	0.56	0.99
						226.97	41.76	191.74
						238.32	43.85	201.33
							483.50	
							3.00	
							1450.50	

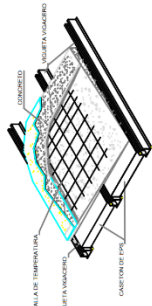
#### Tarrajeo de cielo raso

Metrado de Tarrajeo 1-3 Piso				
Descripción	#	Largo	Ancho	Área
Paño 1				
Eje D-E entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90
Eje D-E entre 2-3	1	6.1	5	30.50
Paño 2				
Eje C-D entre 1-2, 3-4	2	5.15	4.5	46.35
Eje C-D entre 2-3	1	2.4	5	12.00

Metrado de Tarrajeo 1-3 Piso				
Descripción	#	Largo	Ancho	Área
Paño 3				
Eje B-C entre 1-2, 3-4	2	6.1	4.5	54.90
Eje B-C entre 2-3	1	6.1	5	30.50
Paño 4				
Eje A-B entre 1-2, 3-4	2	1	4.5	9.00
Eje A-B entre 2-3	1	1	5	5.00
Área Total m2				243.15
Número de pisos				3.00
Total m2				729.45

# ANEXO 12: PLANO DEL ENTREPISO

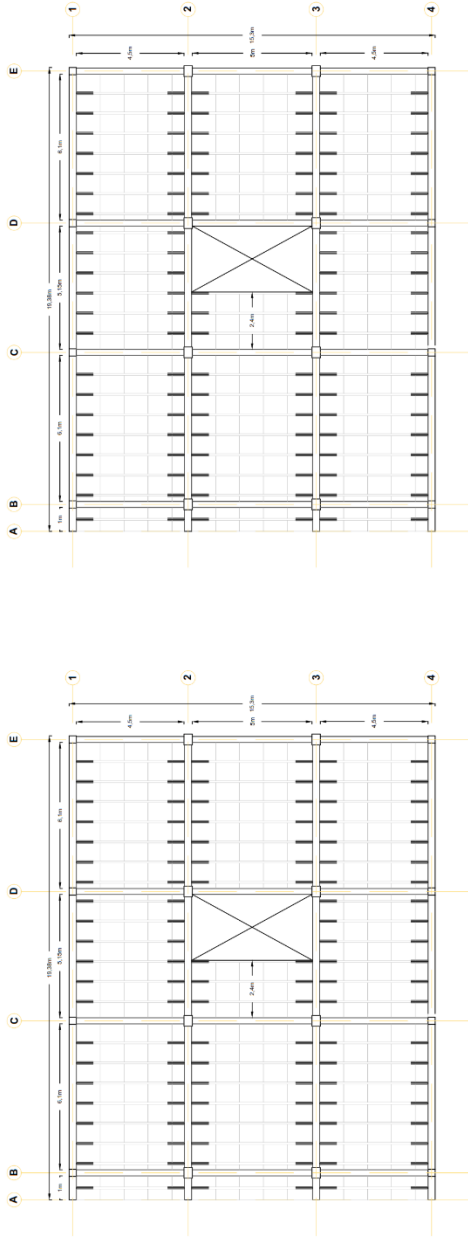
## SISTEMA PREFABRICADO LOSA ALIGERADA VIGACERO



PROYECTO	VIVIENDA MULTIFAMILIAR
UBICACIÓN	LAS CANTERAZ MZ. F. L.T. 7 - AREQUIPA
CLIENTE	CARLOS DANIEL QUIRPE GUTIERREZ
FECHA	10 - JUNIO - 2020

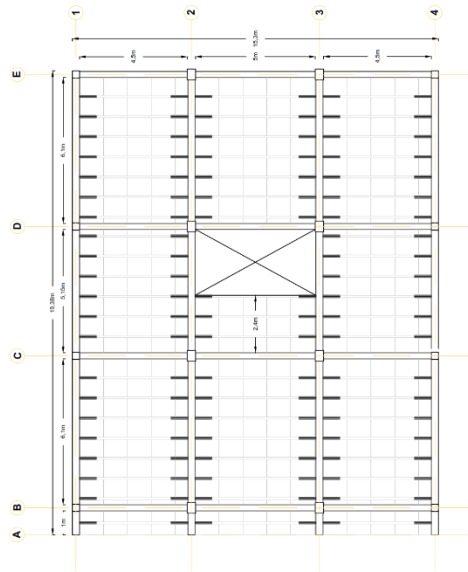
# E-01

ELABORADO: ROBERTO CARBENAZ GUZMÁN



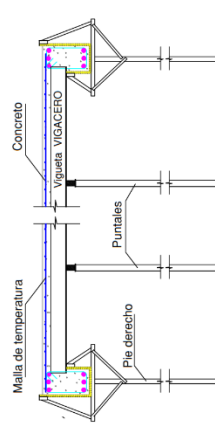
TECHO PISO 1\*

TECHO PISO 2\*

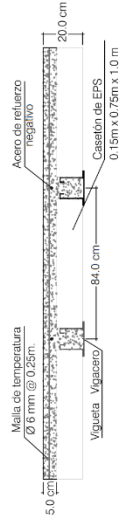


TECHO PISO 3\*

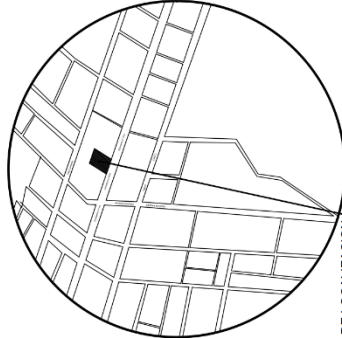
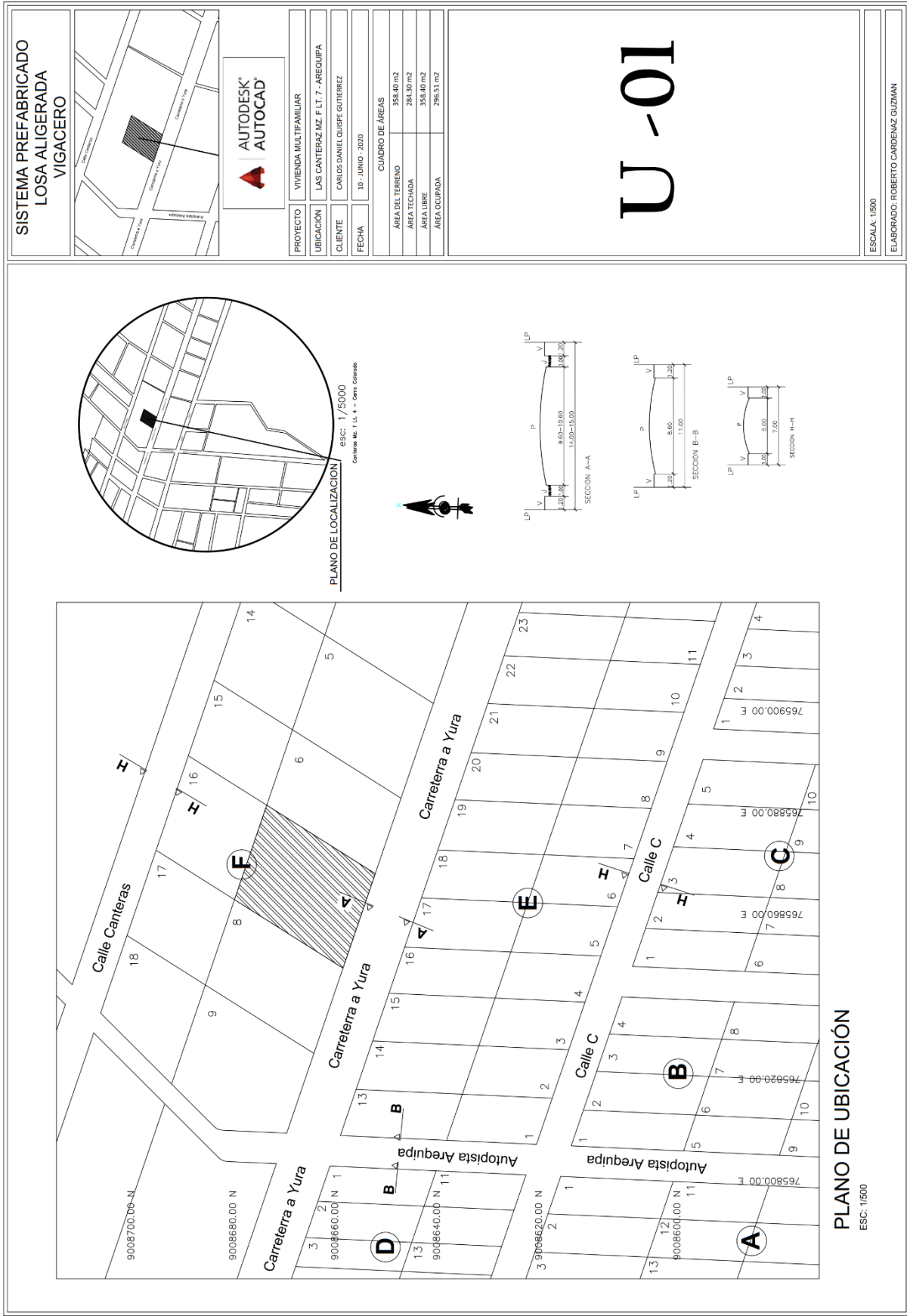
### DETALLE DE APUNTAMIENTO



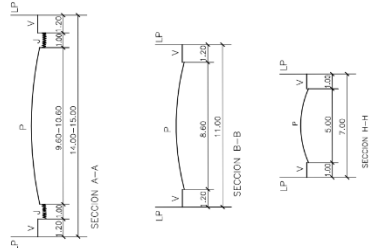
### DETALLE DE SEPARACIÓN DE VIGUETAS



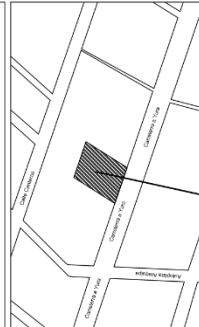
# ANEXO 13: PLANO DE UBICACIÓN



PLANO DE LOCALIZACIÓN  
 ESC: 1/5000  
 Carretera Mz. 1 Lt. 4 - Cerro Colorado



SISTEMA PREFABRICADO  
 LOSA ALIGERADA  
 VIGACERO



PROYECTO	VIVIENDA MULTIFAMILIAR
UBICACIÓN	LAS CANTERAS MZ. F. LT. 7 - AREQUIPA
CLIENTE	CARLOS DANIEL QUIRPE GUTIERREZ
FECHA	10 - JUNIO - 2020
CUADRO DE ÁREAS	
ÁREA DEL TERRENO	558.40 m <sup>2</sup>
ÁREA TECHADA	384.30 m <sup>2</sup>
ÁREA LIBRE	558.40 m <sup>2</sup>
ÁREA OCUPADA	296.51 m <sup>2</sup>

# U - 01

ESCALA: 1/500  
 ELABORADO: ROBERTO CARDENAZ GUZMAN

PLANO DE UBICACIÓN  
 ESC: 1/500