



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos con  
ferrocemento, Puente Piedra - 2019”**

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

**AUTOR:**

OSORIO MARIANO Deivid Kevin (ORCID: 0000-0003-2478-6338)

**ASESOR:**

Mg. MINAYA ROSARIO Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA – PERÚ**

**2020**

### **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada a mi mamá, padrino, hermanos, y tíos por haberme apoyado mucho en estos años para lograr ser un profesional de éxito y así me tengan de ejemplo mi hermanita que con esfuerzo, dedicación y voluntad todo se puede lograr.

### **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a dios y a mi mamá por el apoyo incondicional en todo momento.

A mi padrino Kley Gonzáles Quintanilla y hermano Kley Gonzáles Cayetano, quiénes fueron muy importantes en mi vida estudiantil, por sus consejos y confianza.

Al señor Quique Díaz, quién se convirtió en una de mis figuras paternas a lo largo de mi vida y que me apoyó para poder culminar con mis estudios.

Agradezco a la universidad por la oportunidad que me dio de tener un futuro y al Mg. Ing. Minaya Carlos por su apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	13
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Tipo y Diseño de investigación.....	10
3.2. Variable y Operacionalización.....	10
3.3. Población, Muestra y muestreo.....	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5. Procedimientos .....	24
3.6. Método de Análisis de datos .....	25
3.7 Aspectos éticos.....	25
IV. RESULTADOS .....	26
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES .....	54
VII. RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS .....	57
ANEXOS .....	63

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de los factores de Z.....	26
Tabla 2: Tabla de resumen de datos de albañilería confinada.....	26
Tabla 3: Tabla de Ratios de masa participante / Cuadro para corroborar el coeficiente de cortante basal en la estructura de albañilería confinada.....	29
Tabla 4: Tabla de la Cortante basal y coeficiente de la cortante (Albañilería confinada).....	30
Tabla 5: Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con x+e en muros (Albañilería confinada).....	30
Tabla 6: Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con x-e en muros (Albañilería confinada).....	31
Tabla 7: Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con y+e en muros (Albañilería confinada).....	31
Tabla 8: Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con y-e en muros (Albañilería confinada).....	32
Tabla 9: Tabla de espectro sismo severo de albañilería confinada .....	33
Tabla 10: Tabla de Periodos $T_p$ y $T_i$ .....	34
Tabla 11: Derivas en el eje x de la estructura de albañilería confinada .....	37
Tabla 12: Derivas en el eje y de la estructura de albañilería confinada .....	37
Tabla 13. Tabla de resumen de datos de ferrocemento.....	41
Tabla 14: Tabla de Ratios de masa participante / Cuadro para corroborar el coeficiente de cortante basal en la estructura de ferrocemento .....	42
Tabla 15: Tabla de la Cortante basal y coeficiente de la cortante (Ferrocemento) .....	42
Tabla 16: Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con x+e en muros (Ferrocemento).....	43
Tabla 17: Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con x-e en muros (Ferrocemento).....	44
Tabla 18: Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con y+e en muros (Ferrocemento).....	44
Tabla 19: Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con y-e en muros (Ferrocemento).....	45

Tabla 20: Tabla de espectro sismo severo de ferrocemento.....	46
Tabla 21: Derivas en el eje x de la estructura de ferrocemento.....	50
Tabla 22: Derivas en el eje x de la estructura de ferrocemento.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura 3D modelada en ETABS .....	27
Figura 2. Estructura modelada en ETABS centro de masa .....	28
Figura 3. Plano de la estructura de albañilería confinada del primer piso.....	28
Figura 4. Plano de la estructura de albañilería confinada del segundo piso.....	28
Figura 5. Análisis estático en ETABS de albañilería confinada .....	32
Figura 6. Factor de amplificación sísmica (C).....	34
Figura 7. Gráfica de Espectro sismo severo de albañilería.....	35
Figura 8. Análisis dinámico 3D en ETABS de albañilería confinada.....	35
Figura 9. Cuadro de desplazamiento en el eje x de albañilería confinada.....	36
Figura 10. Cuadro de desplazamiento en el eje y de albañilería confinada.....	36
Figura 11. Límites para la distorsión del entrepiso .....	36
Figura 12. Separación entre edificios .....	37
Figura 13. Sección de panel de ferrocemento .....	38
Figura 14. Estructura de ferrocemento modelada en ETABS .....	39
Figura 15. Centro de masa del segundo piso de ferrocemento .....	40
Figura 16. Centro de masa del primer piso de ferrocemento.....	40
Figura 17. Plano de la estructura del primer piso de ferrocemento.....	40
Figura 18. Plano de la estructura del segundo piso de ferrocemento .....	40
Figura 19. Muros en X e Y.....	43
Figura 20. Análisis estático en ETABS de la estructura de ferrocemento .....	45
Figura 21. Gráfica de Espectro sismo severo de la estructura de ferrocemento	47
Figura 22. Análisis dinámico 3D en ETABS de la estructura de ferrocemento...	47
Figura 23. Cuadro de desplazamiento en el eje x de ferrocemento.....	48
Figura 24. Cuadro de desplazamiento en el eje y de ferrocemento.....	49
Figura 25. Límite utilizado muro de ductilidad limitada .....	49

## RESUMEN

En este presente trabajo de investigación el objetivo principal fue justificar el uso del ferrocemento como una alternativa viable mediante el comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos frente a una estructura similar, pero de albañilería confinada, para así lograr que se utilice como vivienda social y brindar un mejor estilo de vida a las familias que puedan optar por este método constructivo.

La investigación fue una de tipo aplicada debido a que se buscó poner en práctica los conocimientos previos de evaluación del comportamiento sísmico, se utilizó un diseño cuasi experimental porque se manipuló intencionalmente el material de construcción, las técnicas utilizadas fueron descriptivo y explicativo.

Los resultados obtenidos del modelamiento de ambas estructuras nos arrojaron que, la vivienda de ferrocemento tuvo un menor desplazamiento y menor distorsión frente al de albañilería confinada, sin embargo, ambos resultados se encuentran dentro de la Norma Técnica E0.30.

Finalmente, con el modelamiento de las estructuras de ferrocemento y albañilería confinada, se observó el comportamiento sísmico de ambas, obteniendo que la vivienda de ferrocemento presenta un mejor comportamiento que el de albañilería confinada, por lo tanto, es una buena alternativa de construcción.

**Palabras claves:** Ferrocemento, comportamiento sísmico, albañilería confinada.



## **ABSTRACT**

In this present research work, the main objective was to justify the use of ferrocement as a viable alternative through the seismic behavior of a two-story house in front of a similar structure, but of confined masonry, in order to achieve that it is used as social housing and provide a better lifestyle to families who can opt for this constructive method.

The research was an applied type because it sought to put into practice the previous knowledge of evaluation of seismic behavior, a quasi-experimental design was used because the construction material was intentionally manipulated, the techniques used were descriptive and explanatory.

The results obtained from the modeling of both structures showed us that the ferrocement house had a lower displacement and less distortion compared to the confined masonry, however, both results are within the Technical Standard E0.30.

Finally, with the modeling of the ferrocement and confined masonry structures, the seismic behavior of both was observed, obtaining that the ferrocement house presents a better behavior than that of confined masonry, therefore, it is a good construction alternative.

**Keywords:** Ferrocement, seismic behavior, confined masonry

## I. INTRODUCCIÓN

**En el aspecto internacional.** Distintos países en vía de desarrollo como Ecuador; México y Colombia han utilizado diferentes tipos o métodos de construcción para hacer frente al problema de viviendas sociales. En Ecuador un sistema constructivo sismo resistente, aislante y acústico que consta de mallas electrosoldadas y paneles de poliestireno recubiertos con concreto, tienen una función similar al sistema de muros portantes, han sido utilizados en zonas urbanas y rurales, posee un bajo impacto ambiental, se llama Hormi2 o panecons. En México han utilizado un sistema de paneles denominado Emmedue o M2, basado en un sistema de paneles estructurales de poliestireno expandido ondulado con mallas de acero galvanizado, son estructuras sismo resistentes de fácil manipulación y simple anclaje, además de ser muy ligeras. Por otro lado, Colombia “ha ido utilizando el ferrocemento a través de los años en la construcción de viviendas sociales de bajos costos, debido a que se ahorra por las dimensiones que poseen los paneles y porque no es necesario la mano de obra especializada. También se llega a ahorrar todo con referente al tarrajeo de interiores y exteriores” [1].

**En el aspecto nacional.** Investigadores de los departamentos de Puno y Lima han realizado estudios a estructuras con ferrocemento, para poder visualizar su comportamiento frente a cargas y las propiedades que este posee. Dichos estudios demostraron que las viviendas construidas con ferrocemento tienen un buen comportamiento tanto a flexión como a compresión, siendo así estructuras muy resistentes a eventos sísmicos y también frente a ondas muy elevadas de calor. Se ensayaron paneles de ferrocemento de espesores de 25mm y 30mm frente a cargas laterales dando como resultado valores máximos 32.37KN y 39.16KN, al igual que desplazamientos superiores de 10.08mm y 15.149mm respectivamente.

**En el aspecto local.** El “AA. HH” San Judas Tadeo del distrito de Puente Piedra, es parte de los distritos más vulnerables ante un sismo por la ubicación, donde se observó ciertas viviendas con deterioros en su estructura, viviendas de material noble y de albañilería confinada en su gran mayoría, por esa circunstancia esta investigación realizó estudio.

La presente investigación permitió dar como alternativa beneficiar a las familias que se encuentren en busca de construir una casa, esta alternativa se llama ferrocemento y ya ha sido utilizado en diferentes países en vía de desarrollo, logrando propiedades similares frente a otros tipos de métodos de construcción, e inclusive proporcionar un mejor desempeño y resistencia , se escogió este material por el motivo de que su fabricación no es tan complicada y de que sus materiales son muy sencillos de conseguir, además que no se necesita de mano de obra especializada. Con esta investigación se otorgó la oportunidad de comparar el comportamiento sísmico de una vivienda de albañilería confinada frente a una de ferrocemento, para así demostrar que las viviendas de ferrocemento son más factibles que las de albañilería confinada en el AA. HH San Judas Tadeo en el Distrito de Puente Piedra.

Problema General:

¿Es posible determinar que el ferrocemento es una alternativa viable mediante el comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos, Puente Piedra-2019?

Los problemas específicos de esta investigación fueron:

- ✓ ¿Cuánto será la distorsión en una vivienda de dos pisos de ferrocemento en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019?
- ✓ ¿Cuánto serán las fuerzas cortantes en una vivienda de dos pisos con ferrocemento en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019?
- ✓ ¿Cuánto será el desplazamiento máximo en una vivienda de dos pisos de ferrocemento en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019?

La investigación se argumentó en los siguientes aspectos como social, económico, ambiental y teórico. Porque la mayoría de los pobladores no cumplen con la calidad mínima de vida, sin embargo, hay algunos que han logrado construir un piso o dos mediante construcciones convencionales. El uso del ferrocemento es más económico en comparación a otras construcciones tradicionales como la mampostería, albañilería confinada, concreto armado etc. El ahorro se va haciendo

visible principalmente en el momento del tarrajeo de interiores y exteriores, porque siendo paneles en la mayoría de las veces ya prefabricados son lisos por ende ya no hace falta tarrajar las paredes. Y ambiental porque al ser paneles prefabricados no se genera desmonte. Además, es un material no invasivo para terreno fértil, esto quiere decir que no impide una futura planificación de forestación en el área.

Hipótesis General:

El uso del ferrocemento como alternativa viable es determinado por el comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos, Puente Piedra-2019.

Las hipótesis específicas de esta investigación fueron:

- ✓ La distorsión en una vivienda de dos pisos de ferrocemento será menor en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.
- ✓ Las fuerzas cortantes en una vivienda de dos pisos de ferrocemento serán mayores en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.
- ✓ El desplazamiento máximo en una vivienda de dos pisos de ferrocemento será menor en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.

Objetivo General:

Justificar el uso del ferrocemento como una alternativa viable mediante comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos, Puente Piedra-2019.

Los objetivos específicos de esta investigación fueron:

- ✓ Determinar la distorsión de una vivienda de dos pisos de ferrocemento y compararlo con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.
- ✓ Determinar las fuerzas cortantes en una vivienda de dos pisos de ferrocemento y compararlo con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.
- ✓ Analizar el desplazamiento máximo en una vivienda de dos pisos de ferrocemento y compararlo con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.

## II. MARCO TEÓRICO

**Huanca Beбето** (2019). *Análisis de factibilidad técnica y económica de viviendas estructuradas con ferrocemento para las zonas rurales del distrito de Taraco – Puno*, de la Universidad Peruana Unión. La presente tesis tuvo como **objetivo** específico analizar el comportamiento estructural en una vivienda con ferrocemento, fue un estudio de **tipo** experimental, la **población** fue las viviendas del distrito de Taraco, **muestra y muestreo** fue el diseño de una vivienda de un nivel con sistema térmico, los principales **resultados** fueron que en el distrito de Taraco se realizó el análisis sísmico estático, obteniendo en el caso más crítico una fuerza cortante en la base de 12.80 tn en ambas direcciones como también los desplazamientos en X e Y = 0.00005 cm, que es totalmente insignificante y como resultado tiene un comportamiento adecuado frente a los movimientos sísmicos. Se **concluyó** que, en base a las relaciones de los tamaños de los paneles de ferrocemento frente al soporte de las cargas totales, se obtuvo una ecuación, por lo cual se puede inferir que para una altura de 2.20m puede soportar una carga total de 25.69 KN.

**Carranza Cristian** (2010). *Ferrocemento: Estudio del mortero reforzado con malla de alambre y sus aplicaciones*, de la Universidad Nacional de Ingeniería. Según lo planteado en esta investigación, el **objetivo** principal fue analizar las características físicas que presenta el ferrocemento con lo cual se logre un mejor uso en obra , **población** fue en La Molina para agregado fino y Villa El Salvador para el agregado grueso, la **muestra y muestreo** fueron 3 especímenes de diferentes medidas 17cmx20cm, 20cmx0cm y 25cmx20cm, con espesor de 3cm, 4cm y 5cm respectivamente, los **instrumentos** fueron ensayos a compresión y tracción, además se realizaron ensayos del mortero reforzado y sin reforzar en estado fresco y en estado endurecido, los principales **resultados** fueron que en los especímenes de ferrocemento el ensayo a compresión fue mayor en comparación con la que no tenía refuerzo. Por esta razón se **concluyó** que el módulo de rotura de los elementos construidos con ferrocemento en el ensayo de flexión se incrementó desde un 10% hasta un 43% en comparación con la muestra de mortero patrón sin reforzar.

**Ladera Jimmy** (2017). *Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema aporticado y albañilería confinada de una vivienda multifamiliar en el barrio San Carlos*. De la Universidad Continental. El **tipo** de investigación fue aplicada. Según lo planteado el **objetivo** general de esta investigación es examinar qué diferencias existen en el efectivo comportamiento estructural, de los sistemas albañilería confinada y aporticado, en relación con un movimiento sísmico, la **población** fueron viviendas multifamiliares en el distrito Huancayo, **muestra y muestreo** fue una vivienda multifamiliar de 4 pisos de 200m<sup>2</sup> ubicado en el distrito de San Carlos, el **instrumento** utilizado fue el software ETABS para modelar ambas viviendas, los principales **resultados** fueron que el sistema de albañilería confinada es más pesado frente a cargas laterales a diferencia del sistema estructural aporticado, sin embargo el sistema aporticado es más flexible. Por esta razón se **concluyó** que el sistema de albañilería confinada cuenta con menor desplazamiento y distorsión debido a su alta rigidez en comparación del sistema aporticado que presenta una mayor distorsión y desplazamiento, y esto se debe a la elevada ductilidad que ofrecen los pórticos,

**Ramírez Christian** (2013). *Ferrocemento como una alternativa de construcción viable*, ubicado en México, del Instituto Politécnico Nacional. En la mencionada investigación se **objeta** de manera fundamental el promover y difundir el uso del ferrocemento como material alternativo para la construcción de edificaciones. El **nivel** de investigación fue explicativo. Fue un estudio de **tipo** correlacional porque se realizó una comparación entre el ferrocemento y concreto armado, la **población** fueron proyectos de casa habitación en Oaxaca México **muestra y muestreo** fue una casa de dos plantas de ferrocemento, con una superficie total de 84.90 m<sup>2</sup>. Se **concluyó** que el sistema constructivo presente es una alternativa válida dada sus indudables ventajas técnicas como rapidez y facilidad de montaje, calidad del producto incluida en el panel, alto grado de terminación incluido en la obra gruesa, bajo costo de posventa. Unido a esto presenta una transmitancia térmica superior que garantiza un alto confort térmico en todo tipo de climas.

**Malpica Paula** (2017). *Análisis de factibilidad técnica y económica de viviendas sismorresistentes en ferrocemento*, ubicado en Bogotá. De la Universidad Nacional de Colombia tuvo como **objetivo** específico analizar y determinar la resistencia de los elementos estructurales que componen una vivienda construida con ferrocemento bajo cargas sísmicas para así poder generar un adecuado diseño estructural que cumpla con la normatividad vigente. El **nivel** de investigación utilizado fue explicativo, la **muestra y muestreo** fueron dos viviendas, una de mampostería y otra de ferrocemento de solo 1 nivel, como **instrumento** se utilizó el software SAP2000. Se **concluyó** que el ferrocemento es un material compuesto (mortero y mallas hexagonales) que concede construir elementos estructurales de delgado grosor y flexibles y que además logra poseer una alta resistencia y un buen comportamiento ante cargas sísmicas. Al emplear este material la estructura tiene un peso inferior estimado entre el 10% y el 25% comparado con la mampostería. Además, se puede visualizar que poseen una resistencia cortante menor a 7.0 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es adecuado para una cortante.

**Bedoya Daniel** (2005). *Estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmicas de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento*, ubicado en Barcelona. De la Universidad Politécnica de Catalunya, tuvo como **objetivo** específico diseñar y desarrollar un estudio experimental sobre los elementos estructurales y módulos prefabricados que simulan la composición de una vivienda construida con ferrocemento y posteriormente poder ensayarlos bajo cargas que simulan el efecto sísmico. El **tipo** de investigación fue experimental, la **población** fue estructuras de ferrocemento en Barcelona, **muestra y muestreo** fueron 10 paneles de ferrocemento de distintas medidas los **instrumentos** utilizados fueron ensayos de carga cíclica mediante un actuador hidráulico con capacidad de 300KN. Se **concluyó** que con la acción cíclica se simula la acción sísmica. Los elementos construidos y evaluados presentan una buena capacidad para resistir cargas cíclicas. Cabe resaltar que las propiedades del mortero son determinados por la relación agua-cemento y cemento-agregado. Además, se debe tener en cuenta que el volumen de refuerzo es directamente proporcional a la resistencia a tracción de los elementos estructurales de ferrocemento.

**D. Bedoya y G.A. Ortiz** (2014). *Nonlinear dynamical model for the assessment of the seismic behaviour of ferrocement houses (Modelo dinámico no lineal para la evaluación del comportamiento sísmico de casas de ferrocemento)*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. Los autores tuvieron como **objetivo** evaluar la conducta cíclica de un modelo de vivienda elaborado con ferrocemento, acoplado a través de muros prefabricados de pared de delgado espesor, logrando reconocer los elementos estructurales. El **tipo** de investigación fue experimental, la **población** fue una vivienda de ferrocemento ubicado en Colombia, la **muestra y muestreo** fue un prototipo a escala real de una vivienda de ferrocemento, los **instrumentos** utilizados fueron ensayos de cargas cíclicas de acuerdo con la Norma ASTM E2126-11. Los principales **resultados** fueron que este prototipo exhibió desplazamientos máximos por debajo del 80% del máximo permisible. Se **concluyó** que al finalizar el ensayo de carga cíclica se establecieron los parámetros para la evaluación estructural del sistema. Este último consentirá diseñar viviendas construidas con ferrocemento, conforme con los reglamentos de construcción sismo resistente.

**Piyush Sharma** (2016). *Analytical Research on Ferrocement: Design, Strength and Servicibility Aspects. Engineering and Technology (Investigación analítica en ferrocemento: aspectos de diseño, resistencia y serviciabilidad. Ingeniería y Tecnología)*. De la Universidad Amity, India. El **objetivo** principal del autor es investigar la posibilidad de utilizar hormigón ferrocementado en diferentes tipos de construcción avanzada. Fue un estudio de **tipo** histórico, la **población** fueron las aplicaciones del ferrocemento como tanques, silos, techos, entre otros, la **muestra y muestreo** fueron estructuras de ferrocemento utilizados en obra, como los paneles (muros). Por esta razón se **concluyó** que el estudio ha sacado a relucir que la construcción de ferrocemento es una innovadora técnica avanzada, sus materiales son accesibles y la facilidad de construcción lo hace adecuado para el desarrollo de países en el sector viviendas, tanques de agua y embarcaciones. Las estructuras de ferrocemento tienen ventaja sobre los materiales convencionales como acero, madera y plástico como estos son duraderos, fuertes, impermeables y también competitivo en precio en general.



**B.I. Shaheen & Boshra A. Eltaly** (2014). *Experimental and FE simulations of Ferrocement Domes Reinforced with Composite Materials*. Concrete Research Letters (Simulaciones experimentales y de EF de domos de ferrocemento reforzados con materiales compuestos. Cartas de investigación concretas), Universidad Minufiya, Egipto. El principal **objetivo** de los autores fue estimar el rendimiento de la estructura de cúpulas de ferrocemento reforzadas con material compuesto. Fue un estudio de **tipo** experimental, la **población** de estudio fueron estructuras de ferrocemento en Egipto la **muestra y muestreo** fueron 4 domos esféricos con diferentes medidas, ambos con 1000mm de diámetro, los 2 primeros con 500mm de altura y los otros 2 con 600mm, asimismo 2 mallas con polietileno y otras 2 con mallas de fibra de vidrio, el **instrumento** que se utilizó fue un gato hidráulico de 20tn para aplicarlo en el centro de la cúpula, la carga se aplicó en intervalo de 5KN. Al término de la investigación se **concluyó** que la anchura de las grietas aumentó sustituyendo las mallas metálicas soldadas por mallas de fibra de vidrio, y mallas de polietileno.

**Wainshtok Hugo & Lizazo Yenliu** (2014). *El uso del ferrocemento en la construcción civil. Experiencia La Habana Cuba*, Revista: Arquitectura y Urbanismo. El **objetivo** principal de este artículo fue el demostrar la factibilidad del ferrocemento en la construcción de viviendas en Cuba a lo largo de los años. Fue un estudio de **tipo** histórico. Por consiguiente, se **concluyó** que como se ha observado la utilización del ferrocemento ha sido amplio en el área de la construcción civil en el país de Cuba, por lo cual puede afirmarse que constituye una alternativa importante, viable y sostenible para tener en cuenta en los tipos de obras señalados (viviendas sociales, tanques de almacenamiento de agua, silos) para países en vías de desarrollo. El arquitecto senior cubano Pedro Galiano fue aquel que presentó varias casas construidas con ferrocemento siendo un pionero en este tipo de construcciones de vivienda social. Gracias a esto, el desarrollo del ferrocemento en Cuba ha permitido que la Sociedad Internacional del Ferrocemento haya otorgado la organización de dos Simposios Internacionales del Ferrocemento, el primero el FERRO 4 efectuado en octubre de 1991 y el segundo, el FERRO 10 en octubre del 2012.

**Maya, León y Bedoya.** (2005). *Evaluación numérica y experimental del comportamiento ante cargas horizontales de paneles de ferrocemento*. Revista: Ingenierías Universidad de Medellín, Colombia. El **objetivo** fue simular muros con ferrocemento ante cargas horizontales para observar su comportamiento. Fue un estudio de **tipo** experimental, la **población** de estudio fue paneles de ferrocemento en Colombia, **muestra y muestreo** fueron 2 especímenes de muros a escala real, de 2m de altura, 1m de ancho y 20mm de espesor y 8 probetas de ferrocemento 150mm de diámetro y 300mm de altura; los **instrumentos** empleados fueron ensayos a compresión y tracción, deformímetro mecánico y para simular las cargas horizontales se utilizó un actuador hidráulico con capacidad de 300 kN. Los principales **resultados** fueron que la curva de capacidad obtenida numéricamente es válida hasta alcanzar la capacidad máxima del panel, el comportamiento del panel en el rango elástico lineal tiene un valor de hasta 4KN, este puede considerarse como conservador. Se **concluyó** que, la capacidad ante fuerzas horizontales fue mayor que la demanda, así que podría utilizarse en construcciones.

**Bedoya D. y Álvarez D.** (2009). *Comportamiento de viviendas de ferrocemento bajo cargas cíclicas*. Revista: Ingenierías Universidad de Medellín, Colombia. El **objetivo** fue simular elementos con ferrocemento frente a cargas cíclicas para observar su comportamiento. Fue un estudio de **tipo** experimental, la **población** de estudio fue una estructura de ferrocemento de un nivel en Colombia, **muestra y muestreo** fueron dos módulos con ferrocemento de dimensiones cuadradas de planta, 3m de ancho y una altura de 2m; los **instrumentos** empleados fueron transductores mecánicos de desplazamiento con una precisión de 25.4 milésimas de milímetro (1/1000”), las cargas fueron aplicadas de manera controlada mediante un actuador hidráulico con capacidad de 300 kN, adicionalmente, se utilizó equipo de fotografía y vídeo. Los principales **resultados** fueron que la rigidez se fue deteriorando en cada carga cíclica. Se **concluyó** que al simular los elementos con ferrocemento el comportamiento característico fue a flexión y que su rigidez bajó en un 20% en las dos primeras cargas cíclicas, y casi un 85% al final. En general, los sistemas estructurales prefabricados de ferrocemento presentaron adecuada capacidad para disipar energía.

**El ferrocemento:** Es un sistema alternativo de construcción en edificaciones, es un material utilizado en la construcción de espesor delgado y flexible, compuesto por un número de mallas de alambres de acero de pequeño diámetro que están uniformemente distribuidas a través de una sección transversal y revestido con un mortero muy rico en cemento que cubre totalmente la malla de acero, logrando una estructura rígida y con una resistencia muy buena a la compresión y a la tracción. <sup>2</sup>

**Composición:** El ferrocemento es un material compuesto, y esto se debe a que está elaborado a partir de dos componentes diferentes, el mortero y la malla hexagonal o también conocida como malla de gallinero, estos materiales por sí solos no presentan características que se destaquen, sin embargo, como material compuesto adquieren propiedades mejoradas [...] <sup>3</sup>

**Limitaciones:** Un problema con el ferrocemento es que los paneles construidos de este material son de espesor delgado lo cual hace difícil realizar perforaciones en estos porque se podrían dañar. [...] En los ambientes donde el clima suele ser más húmedo o corrosivo, si las estructuras han sido dañadas por las perforaciones suele presentarse la corrosión debido a la exposición de las mallas hexagonales con el medio ambiente. <sup>4</sup>

**Utilización:** Si bien históricamente el ferrocemento se inició como un material usado en el ámbito naval como un material para reparación de embarcaciones, se fue proyectando hacia otros tipos de construcciones, como por ejemplo construcciones de viviendas, puentes, piscinas, depósitos, entre otros. Este material ha sido utilizado en países de vía en desarrollo porque cuentan con los materiales para la elaboración de este tipo de estructuras. <sup>5</sup>

**Calidad de material:** En tal sentido para la construcción de viviendas de ferrocemento no se necesita mano de obra especializada, sin embargo, el control de la fabricación de estas si debe ser por alguien experimentado en esta área. Cabe recalcar que en los procesos constructivos el control de calidad no debe alterar las intenciones arquitectónicas y constructivas. <sup>6</sup>

2. HUANCA B. *Análisis de factibilidad técnica y económica de viviendas estructuradas con ferrocemento para las zonas rurales del distrito de Taraco – Puno*, 2019, pág. 15

3. MALPICA P. *Análisis de factibilidad técnica y económica de viviendas sismorresistentes en ferrocemento*. Bogotá – Colombia, 2017, pág. 4

4. SADE N. *Diseño de losas de doble panel en ferrocemento mediante fundamentos teóricos de placas ortotrópicas*. Chile, 2005, pág. 11

5. RAMÍREZ C. *Ferrocemento una alternativa de construcción viable México*, 2013, pág. 9

6. BEDOYA D. *Estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmicas de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento*. Barcelona – España, 2005, pág. 81

**Comportamiento mecánico del ferrocemento:** [...] Con referencia al comportamiento mecánico del ferrocemento resalta en gran parte el tipo, la cantidad, orientación y las resistencias de la malla como también de la varilla de acero o fierro. Existen variedades de tipos de mallas, sin embargo, el más utilizado es la malla de alambre hexagonal, por ser más económico y fácil de conseguir, a estas mallas también se le conoce con el nombre de malla de gallinero y mayormente su diámetro oscila entre 0.5 mm y 1 mm. Para la elaboración del ferrocemento mayormente se usa un diámetro de 0,5 a 5 mm. [...] <sup>7</sup>

**Comportamiento sísmico:** Es el pronóstico del estado de una estructura frente a cargas y/o efectos externos, como pueden ser movimientos en los apoyos de la estructura y cambios de temperatura. El estado del diseño de los elementos estructurales tiene características como fuerzas cortantes y momentos de flexión; fuerzas axiales y reacciones en los apoyos, Por ende, analizar las estructuras implicaría determinar esos valores como una condición de carga. <sup>8</sup>

**Deformaciones:** Se define como la alteración del estado físico a causa de una fuerza externa, a un cambio de temperatura, etc. Las deformaciones son dos, deformaciones elásticas y deformaciones plásticas. La deformación elástica es aquella que por una fuerza externa cambia su estado físico, pero cuando se retira esa fuerza, el estado físico de esta regresa a su forma original. Mientras que en una deformación plástica el estado físico de un elemento estructural no regresa a su estado inicial por más que se le retire esa fuerza. <sup>9</sup>

**Fuerzas cortantes:** Según el estudio de flexión se generan fuerzas que son aplicadas en distintas secciones de la viga, y estas fuerzas o efectos son de dos tipos: fuerza cortante y momento flector. Estos efectos generan diferentes esfuerzos sobre la sección de la viga, por ejemplo, la fuerza cortante genera un esfuerzo cortante, que se debe inicialmente al módulo de la fuerza que es aplicada. Y el momento flector genera un esfuerzo normal, siendo máximo en los extremos de las secciones de la viga y dando un valor de cero sobre el eje neutro. [...] <sup>10</sup>

7. RAMÍREZ C. *Ferrocemento una alternativa de construcción viable México*, 2013, pág. 9

8. ASLAM K. *Análisis estructural* quinta edición ISBN: 978-607-519-540-7, 2015, pág. 3

9. AGUILAR R. *Análisis sísmico de edificios*. [En línea]. Lima – Perú. 2008, pág. 5

10. VILLAREAL G. *Análisis Estructural*. [En línea]. Lima – Perú. 2009, pág. 3

**Desplazamiento:** El diseño sísmico tradicional es el diseño basado en fuerzas (DBF), existe otro diseño sísmico basado directo basado en desplazamientos (DDBD) propuesto por su principal impulsor Priestley, M.J.N (2007). El diseño sísmico directo basado en desplazamientos (DDBD) a diferencia del diseño sísmico basado en fuerzas (DBF) analiza el daño que recibe toda la estructura para que así poder lograr un mecanismo de falla estructural para eludir que las estructuras tengan un colapso. SE hace más sencillo cuantificar el daño de una estructura a través de desplazamientos que de fuerzas. De esta manera una estructura para alcanzar un desplazamiento último de diseño debe lograr una adecuada ductilidad, es decir la estructura será dañada incursionando en el rango inelástico.<sup>11</sup>

**Albañilería confinada:** Se le denomina a aquella estructura que está conformada por losas aligeradas o macizas que se apoyan en los muros de ladrillos, en el cual a lo largo de sus dimensiones perimetrales se han ubicado elementos de concreto armado. Estos elementos con el nombre de confinados o confinamiento pueden ser de dos tipos: verticales en el caso de las columnas de amarre y horizontales llamados vigas de amarre, vigas soleras o de collar. En este tipo de estructuras los muros son portantes, es decir que generan un apoyo frente a cargas verticales y cargas sísmicas (fuerzas verticales y horizontales respectivamente).<sup>12</sup>

11. CORDOVA R. *Diseño sísmico directo basado en desplazamientos de un sistema estructural dual*, Lima – Perú, 2017, pág. 8

12. UNACEM. *Manual de construcción*, Lima – Perú, 2019, pág.19

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y Diseño de investigación

##### **Investigación aplicada:**

Recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. En general, a aquel tipo de estudios científicos orientados a resolver problemas de la vida cotidiana o a controlar situaciones prácticas. [13]

Por lo tanto, la investigación del presente proyecto es del **tipo aplicada**, debido a que se buscó poner en práctica los conocimientos previos de evaluación del comportamiento sísmico de una estructura de albañilería confinada frente a una de ferrocemento, mediante el uso del software Etabs 2016, con el fin de elegir un mejor sistema de construcción, en base a los resultados obtenidos del software y los criterios de distorsión, fuerzas cortantes y desplazamiento máximo.

##### **Diseño cuasi experimental:**

También manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes [14]

Desde ese punto de vista, el proyecto se considera **cuasi experimental**, ya que se manipularon intencionalmente el material de tipo de construcción al igual que el periodo de vibración, con el objetivo de realizar el análisis dinámico, además, el comportamiento sísmico para el presente estudio ha sido predefinido (análisis dinámico de vivienda de 2 pisos de albañilería confinada y ferrocemento) por el investigador, esto se logró mediante los indicadores que corresponden a torsión, fuerzas cortantes y desplazamiento máximo.

#### 3.2. Variable y Operacionalización.

**Variable Independiente:** Ferrocemento

##### **Definición conceptual:**

El ferrocemento empezó como material de construcción en el sector marítimo, para la construcción y reparación de barcos, por ende, poco a poco se fue utilizando en distintos países y no solo para este sector, sino también para silos, tanques de agua, piscinas y posteriormente en edificaciones.<sup>15</sup>

13. VARGAS y ZOILA. Revista Educación: *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*, Costa Rica, 2009, pág. 159

14. Hernández, Fernández y Baptista. *Metodología de la Investigación*, sexta edición. México, 2014, pág. 151

15. QUIJUNO D. *Desarrollo del ferrocemento en la construcción de viviendas, segunda etapa. Investigación para realizar estudios en paneles de ferrocemento*, Lima – Perú, 2011, pág. 2

**Definición operacional:** La interacción de la estructura de ferrocemento fue evaluada mediante el modelamiento de una vivienda de dos pisos y comparado con una de albañilería confinada, logrando así obtener el mejor sistema constructivo ante movimientos sísmicos.

Variable Independiente V1: Ferrocemento

**Variable Dependiente:** Comportamiento sísmico

**Definición conceptual:**

Es una ciencia que estudia la resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad en las obras.<sup>16</sup>

**Definición operacional:**

El comportamiento sísmico fue estudiado en el análisis dinámico, en el cual, se llegó a observar las deformaciones sísmicas (indicadores) como fuerzas cortantes y desplazamiento.

Variable Dependiente V2: comportamiento sísmico

### 3.3. Población, Muestra y muestreo

#### **Población**

Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.<sup>17</sup>

En este presente trabajo de investigación la población estuvo compuesta por todas las viviendas de dos pisos de albañilería confinada frente a viviendas de ferrocemento, ubicados en el AA.HH. San Judas Tadeo, distrito de Puente Piedra.

#### **Muestra**

Es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión, éste deberá ser representativo de dicha población. [...] El interés es que la muestra sea estadísticamente representativa.<sup>18</sup>

Bajo este contexto nuestra muestra fue una vivienda de albañilería confinada de dos pisos y una de ferrocemento con las características similares para poder compararlas, ambas viviendas de dos pisos, en el distrito de Puente Piedra.

16. ASLAM K. *Análisis estructural* quinta edición ISBN: 978-607-519-540-7, 2015, pág. 4

17. Hernández, Fernández y Baptista. *Metodología de la Investigación*, sexta edición. México, 2014. pág. 174

18. Hernández, Fernández y Baptista. *Metodología de la Investigación*, sexta edición. México, 2014. pág. 175

## **Muestreo**

Al desarrollar un proyecto de investigación “el total de observaciones en las cuales se está interesado sea su número finito o infinito, constituye lo que se llama una población,” [19]

En este presente trabajo se consideró un tipo de muestro no probabilístico, ya que este trabajo sigue otro criterio de selección que no depende de la probabilidad, se centró en el estudio total de la estructura de dos viviendas de dos pisos, por lo que no habrá muestreo.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

**Descriptivo:** Son, por tanto, estudios puramente descriptivos y cuando establecen hipótesis, éstas son también descriptivas. [...] El investigador pretende realizar descripciones comparativas entre grupos o subgrupos de personas u otros seres vivos, objetos, comunidades o indicadores. [20]

Por lo tanto, para este proyecto de investigación, se obtuvo información mediante los planos arquitectónicos y estructurales; y el procesamiento de los datos aplicados, en instrumentos como los programas ETABS 2016 (para la modelación de las viviendas frente a un movimiento sísmico), AutoCAD 2013 (para las medidas y dimensiones de las estructuras, y cálculos de áreas) Microsoft Word y Excel. Así mismo, en los instrumentos están vinculadas las normas vigentes del Perú, reglamentos y tesis realizadas en otros aspectos relacionadas a este tipo de proyecto y del Reglamento Nacional de Edificaciones (E 030 diseño sismorresistente; E 030 concreto armado; E 020 cargas; E 031 aislamiento sísmico). **Explicativo** porque frente a lo analizado se buscó darles solución a los problemas estructurales hallados en la vivienda de ferrocemento y albañilería confinada.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento de esta investigación consistió primero en la evaluación de una vivienda de dos pisos de albañilería confinada y otra de ferrocemento, seguidamente se recurre a las normas influyentes como la norma peruana – Reglamento Nacional de Edificaciones, en seguida se realiza el procedimiento de

19. Hernández, Fernández y Baptista. *Metodología de la Investigación*, sexta edición. México, 2014.pág. 176

20. Hernández, Fernández y Baptista. *Metodología de la Investigación*, sexta edición. México, 2014.pág. 200



obtención de los coeficientes requeridos en los diversos modelos que se ha tomado para su estudio, llevándolo (modelación de las viviendas) al software ETABS, para luego obtener y visualizar las respuestas estructurales en el comportamiento sísmico, y así llegar a la discusión de los resultados de distorsión, fuerzas cortantes y desplazamiento máximo obtenido.

### **3.6. Método de Análisis de datos**

En el método de análisis de los datos se realizó mediante la observación estructurada, ya que se permitirá visualizar las fichas de datos aplicados en el software ETABS y Microsoft Excel, cuyos datos fueron analizados y representados de manera gráfica, comparando el resultado (distorsión, fuerzas cortantes y desplazamiento máximo) del comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos de albañilería confinada con una de ferrocemento.

### **3.7 Aspectos éticos**

En este desarrollo del proyecto de investigación se respeta la autenticidad de los datos vertidos, y la genuinidad de la información. Así como las citas y referencias a los autores de las diferentes citas, información utilizada con los fines de esta investigación.

En conclusión, se asegura la autenticidad de este presente desarrollo del proyecto de investigación para que se pueda utilizar posteriormente en futuros trabajos de investigación o aportes en el ámbito social.

#### IV. RESULTADOS

Por su ubicación, Puente Piedra posee un  $Z = 0.45$

**Tabla 1:** *Tabla de los factores de Z*

Factores de Z	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma Técnica E.030

El tipo de suelo en la zona de estudio es arenosa densa, según la microzonificación del distrito, por lo tanto:

Perfil Tipo S2: Suelos intermedios = 1.05;

Asumiremos el valor de  $C = 2.5$  el cual se verificará mediante el análisis de la edificación.

Factor  $U = 1$ , debido a ser una edificación común

Coefficiente básico de reducción ( $R = 3$ , por su sistema estructural (Albañilería confinada)

Resumen de datos:

**Tabla 2:** *Tabla de resumen de datos de albañilería confinada*

U	1.00
Z	0.45
$T_p$ (s)	0.60
$T_I$ (s)	2.00
S	1.05
R	3.00

Fuente: Elaboración propia

Analizando la estructura de albañilería confinada:

Propiedades de los materiales:

Resistencia a la compresión:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Límite de fluencia del acero:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad del concreto:  $E_c = 15000 \times SQR(210)$

Peso específico de los muros de albañilería= 1800 kg/m<sup>3</sup>

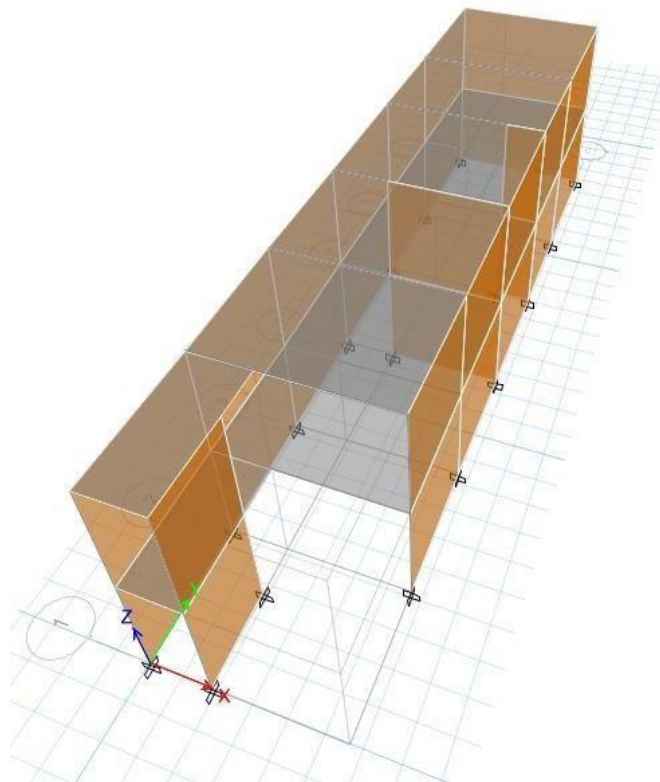
Losa aligerada e= 20cm

Columnas de 25x25cm

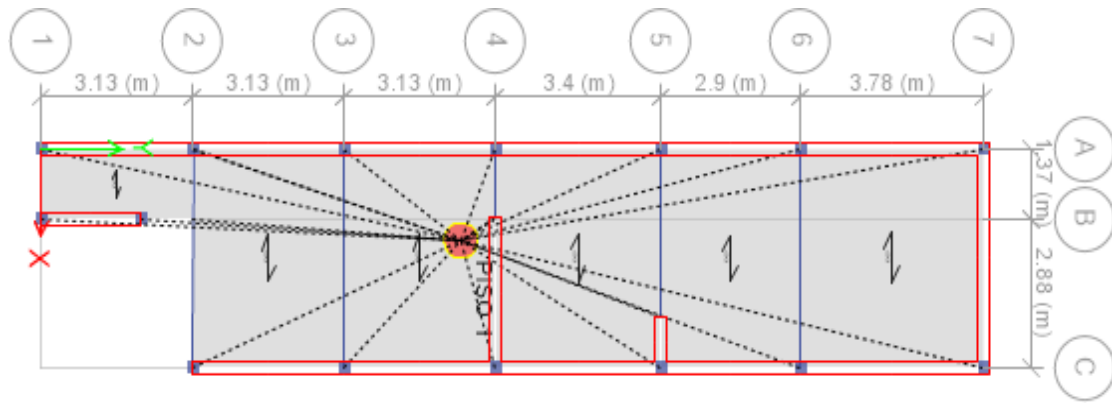
Vigas 25x20

Vigas 20x15cm

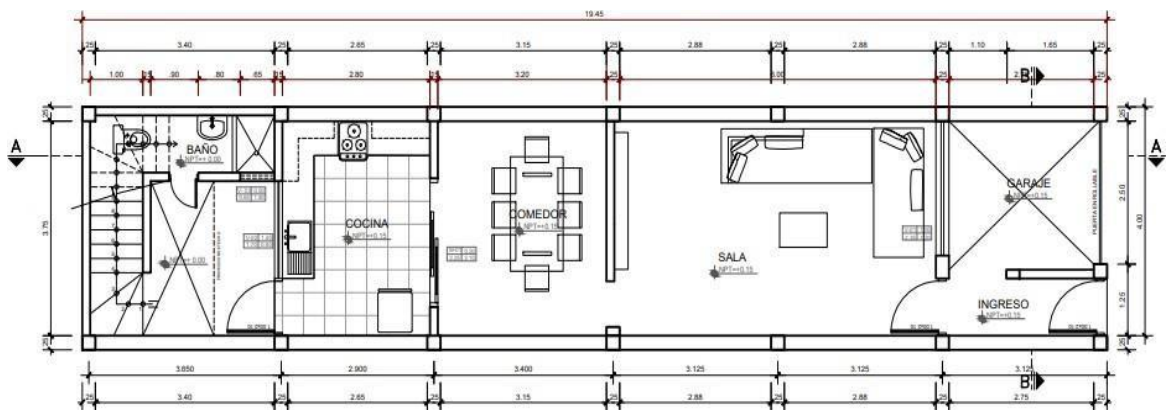
En la figura 1 se visualiza la casa de albañilería confinada que posee una forma irregular debido a ese espacio en hueco, y esto se debe a que en esa zona no existen muros portantes, solo tabiques al igual que en el segundo piso.



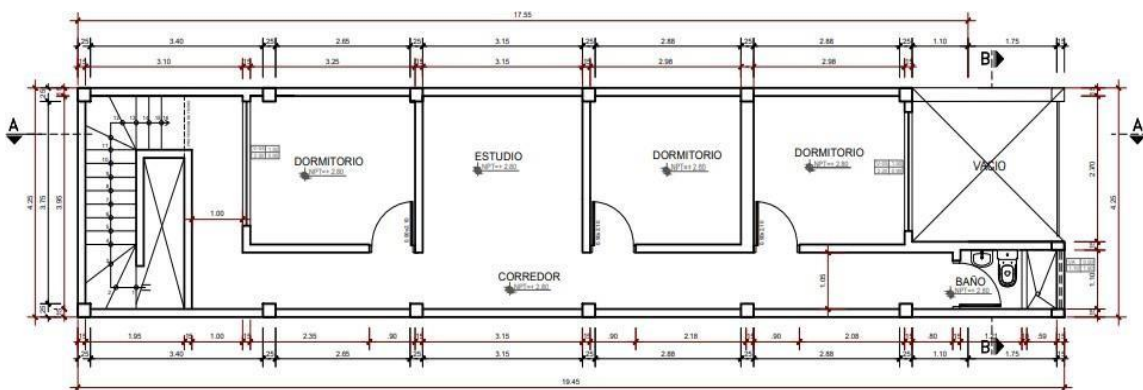
**Figura 1.** Estructura 3D modelada en ETABS  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.** Estructura modelada en ETABS centro de masa  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.** Plano de la estructura de albañilería confinada del primer piso  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.** Plano de la estructura de albañilería confinada del segundo piso  
Fuente: Elaboración propia

Análisis sísmico estático:

Se realizó el análisis sísmico estático según la norma E.030, para esto se realizó el modelamiento a través del software ETABS.

Para el análisis estático se necesitó el coeficiente de la cortante basal, que se halló mediante la siguiente fórmula: **ZUCS/R**

Reemplazando estos valores con los mencionados anteriormente:

$$(0.45 \times 1.0 \times 2.50 \times 1.05) / 2.70 = \mathbf{0.44}$$

Una vez analizada la estructura en el software nos arrojó la siguiente tabla:

**Tabla 3:** *Tabla de Ratios de masa participante / Cuadro para corroborar el coeficiente de cortante basal en la estructura de albañilería confinada*

Case	Mode	Period	UX	UY
		sec		
Modal	1	<b>0.156</b>	0.6977	0.0001
Modal	2	0.066	0.1322	0.0009
Modal	3	0.052	0.1498	1.26E-05
Modal	4	0.044	3.75E-05	0.9382
Modal	5	0.026	0.0203	0.0001
Modal	6	0.017	2.14E-06	0.0608

Fuente:Elaboración propia

El máximo periodo fue de **0.156**, por lo tanto:

$C = 2.5 \times 0.6 / 0.141$ ;  $C = 9.62$ , como C es mayor que 2.5 se tomó por defecto el valor de  $C = 2.5$ .

Según la Norma Técnica E.030,  $C/R \geq 0.125$

En ese caso:  $2.5 / 2.70 = 0.926$ , por lo tanto, sí cumple

Se corrobora que el coeficiente de la cortante basal es 0.44, además se observó que la cortante basal es **76.579 Tn**

**Tabla 4:** *Tabla de la Cortante basal y coeficiente de la cortante (Albañilería confinada):*

Load Pattern	Type	Direction	Eccentricity	Top Story	C	K	Weight Used	Base Shear
			%				tonf	tonf
SISMO X+++e	Seismic	X + Ecc. Y	5	Piso 2	0.44	1	174.0432	76.579
SISMO X - e	Seismic	X - Ecc. Y	5	Piso 2	0.44	1	174.0432	76.579
SISMO Y+++e	Seismic	Y + Ecc. X	5	Piso 2	0.44	1	174.0432	76.579
SISMO Y- e	Seismic	Y - Ecc. X	5	Piso 2	0.44	1	174.0432	76.579

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se visualizó el coeficiente de la cortante basal que ya se corroboró mediante la tabla 3, al igual que la cortante basal en la edificación de dos pisos de albañilería confinada.

**Tabla 5:** *Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con x+e en muros (Albañilería confinada):*

Story	Pier	Load Case/Comb o	Locatio n	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Piso 1	X3	SISMO X+++e	Bottom	35.226 2	33.440 1	0.029 1	0.085 9	0.049 3	72.390 6
Piso 1	X1	SISMO X+++e	Bottom	- 0.7151	29.616 2	0.011 2	0.130 4	0.018 2	64.313
Piso 1	X2	SISMO X+++e	Bottom	6.7636	5.1388	0.021 6	0.022 7	0.035 9	8.6342
					<b>68.195</b> <b>1</b>				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se visualizó las fuerzas cortantes y momentos flectores en los muros con respecto al eje X, con excentricidad positiva. La sumatoria de las fuerzas cortantes nos dio como valor 68.20.

**Tabla 6:** Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con x-e en muros (Albañilería confinada):

Story	Pier	Load Case/Comb o	Locatio n	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Piso 1	X3	SISMO X - e	Bottom	40.4474	38.7579	0.0445	0.127	0.0739	83.6147
Piso 1	X1	SISMO X - e	Bottom	-0.9736	22.6825	0.0169	0.2125	0.0271	54.1531
Piso 1	X2	SISMO X - e	Bottom	7.3755	5.5311	0.0318	0.033	0.0528	9.3188
					<b>66.9715</b>				

Fuente: Elaboración propia

La tabla arrojó un valor total de cortante igual a 66.97 en la excentricidad negativa en el eje x, los valores de las cortantes de la tabla 5 y 6 son similares, por ende se asume que se logró realizar un adecuado modelamiento sísmico estático.

**Tabla 7:** Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con y+e en muros (Albañilería confinada):

Story	Pier	Load Case/Comb o	Locatio n	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Piso 1	Y1	SISMO Y+++ e	Bottom	0.2919	21.9119	-0.0286	0.0362	-0.0215	44.6765
Piso 1	Y2	SISMO Y+++ e	Bottom	0	0.1407	0.0031	0.0026	0.0087	0.2253
Piso 1	Y3	SISMO Y+++ e	Bottom	0.2565	21.9606	-0.0119	0.0716	-0.0108	42.9937
					<b>44.0132</b>				

Fuente: Elaboración propia

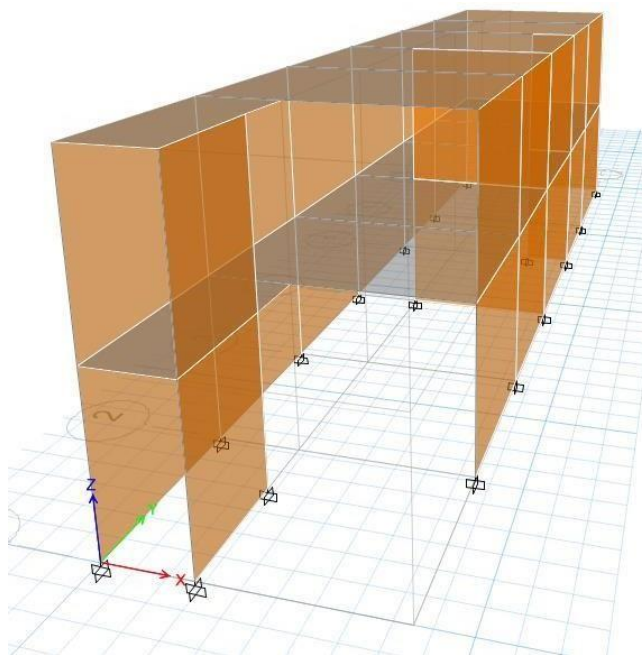
**Tabla 8:** Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con y-e en muros (Albañilería confinada):

Story	Pier	Load Case/Comb	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Piso 1	Y1	SISMO Y- e	Bottom	0.3315	24.878	0.005	0.0156	0.0023	49.8542
Piso 1	Y2	SISMO Y- e	Bottom	0	0.1521	-0.001	0.0008	0.0027	0.2438
Piso 1	Y3	SISMO Y- e	Bottom	0.3342	18.9866	0.0006	0.0011	0.0001	38.0975
					<b>44.0167</b>				

Fuente: Elaboración propia

La sumatoria de las fuerzas cortantes en el eje X nos dan un valor similar al de la cortante basal, por lo que se podría decir que, sí cumplen, sin embargo, en el eje Y poseen cortantes más bajas pero similares entre sí (excentricidad positiva y negativa).

El modelamiento de la estructura nos arrojó el siguiente gráfico:



**Figura 5.** Análisis estático en ETABS de albañilería confinada

Fuente: Elaboración propia



Análisis dinámico:

Para poder realizar este análisis se necesitó del espectro, por lo tanto:

**Tabla 9:** *Tabla de espectro sismo severo de albañilería confinada*

<b>C</b>	<b>T(s)</b>	<b>C/R</b>	<b>ZUCS/R*G</b>
2.50	0.00	0.9259	4.2919
2.50	0.02	0.9259	4.2919
2.50	0.04	0.9259	4.2919
2.50	0.06	0.9259	4.2919
2.50	0.08	0.9259	4.2919
2.50	0.10	0.9259	4.2919
2.50	0.12	0.9259	4.2919
2.50	0.14	0.9259	4.2919
2.50	0.16	0.9259	4.2919
2.50	0.18	0.9259	4.2919
2.50	0.20	0.9259	4.2919
2.50	0.25	0.9259	4.2919
2.50	0.30	0.9259	4.2919
2.50	0.35	0.9259	4.2919
2.50	0.40	0.9259	4.2919
2.50	0.45	0.9259	4.2919
2.50	0.50	0.9259	4.2919
2.50	0.55	0.9259	4.2919
2.50	0.60	0.9259	4.2919
2.31	0.65	0.8556	3.9657
2.14	0.70	0.7926	3.6738
2.00	0.75	0.7407	3.4335
1.88	0.80	0.6963	3.2275
1.76	0.85	0.6519	3.0215
1.67	0.90	0.6185	2.8670
1.58	0.95	0.5852	2.7125
1.50	1.00	0.5556	2.5751
1.36	1.10	0.5037	2.3348
1.25	1.20	0.4630	2.1459
1.15	1.30	0.4259	1.9743
1.07	1.40	0.3963	1.8369
1.00	1.50	0.3704	1.7168
0.94	1.60	0.3481	1.6137
0.88	1.70	0.3259	1.5107
0.83	1.80	0.3074	1.4249
0.79	1.90	0.2926	1.3562
0.75	2.00	0.2778	1.2876

0.62	2.20	0.2296	1.0644
0.52	2.40	0.1926	0.8927
0.44	2.60	0.1630	0.7554
0.38	2.80	0.1407	0.6524
0.33	3.00	0.1222	0.5665
0.19	4.00	0.0704	0.3262
0.12	5.00	0.0444	0.2060
0.08	6.00	0.0296	0.1373
0.06	7.00	0.0222	0.1030
0.05	8.00	0.0185	0.0858
0.04	9.00	0.0148	0.0687
0.03	10.00	0.0111	0.0515

Fuente: Elaboración propia

Para poder completar la tabla del espectro se necesitan de datos que se tomó según la Norma E0.30, como el período de  $T_p$  y  $T_L$ .

**Tabla 10:** *Tabla de Periodos  $T_p$  y  $T_L$*

PERÍODOS $T_p$ Y $T_L$				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
$T_p$ (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L$ (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Norma Técnica E.030

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

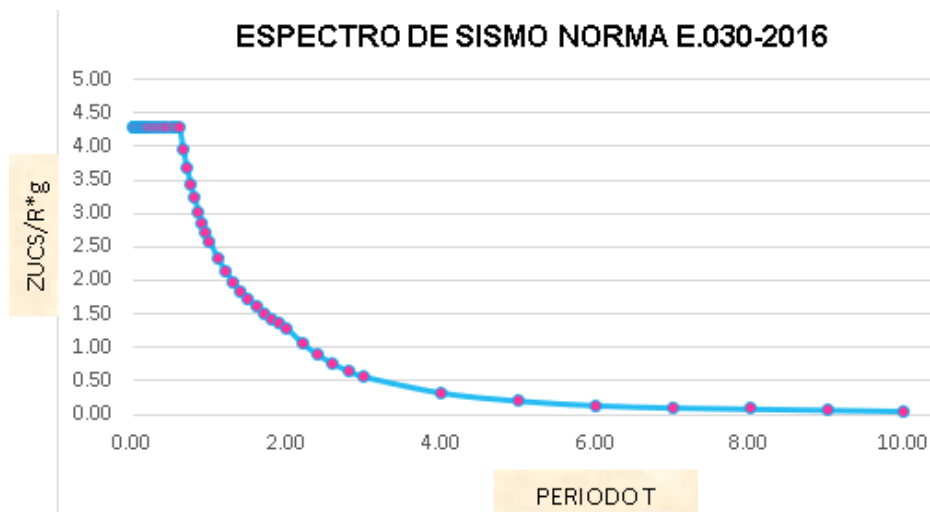
$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

**Figura 6.** Factor de amplificación sísmica (C)

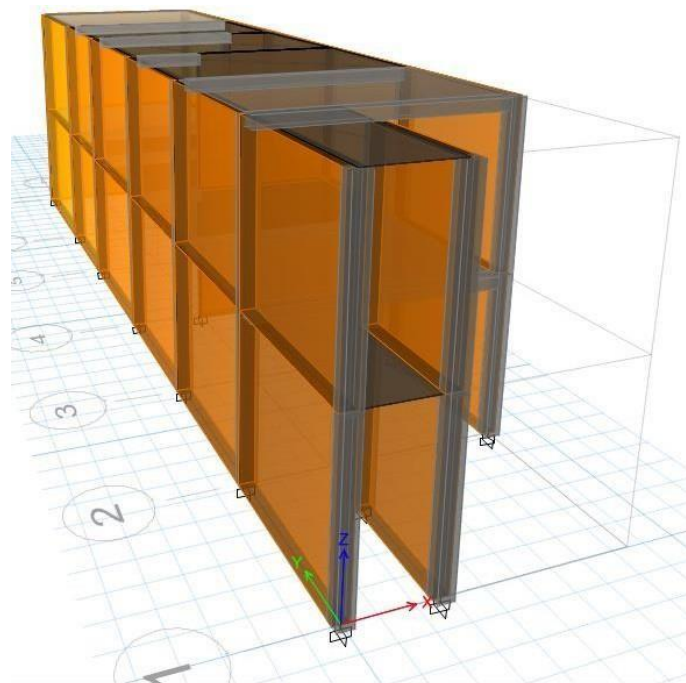
Fuente: Norma Técnica E.030

Cuando  $T = 0.00$ ,  $T_p = 0.6$ , reemplazando en la anterior ecuación nos da un valor de  $C = 2.5$ ; así se fue completando con el resto de la tabla de espectro de sismo severo de la estructura de albañilería confinada.

Espectro en Sismo severo:



**Figura 7.** Gráfica de Espectro sismo severo de albañilería  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 8.** Análisis dinámico 3D en ETABS de albañilería confinada  
Fuente: Elaboración propia

En la imagen del análisis no llega a visualizarse ninguna deflexión o desplazamiento en la estructura, esto se debe a que estas distancias son mínimas.

Desplazamientos:

El desplazamiento máximo en el eje x es de 0.5047 cm.

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum cm	Average cm	Ratio
Piso 2	SISMO XX Max	X	0.5047	0.2984	1.691
Piso 1	SISMO XX Max	X	0.2338	0.1366	1.712

**Figura 9.** Cuadro de desplazamiento en el eje x de albañilería confinada  
Fuente: Elaboración propia

El desplazamiento máximo en el eje y es de 0.0256 cm.

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum cm	Average cm	Ratio
Piso 2	SISMO YY Max	Y	0.0256	0.0253	1.01
Piso 1	SISMO YY Max	Y	0.0155	0.0153	1.009

**Figura 10.** Cuadro de desplazamiento en el eje y de albañilería confinada  
Fuente: Elaboración propia

El desplazamiento en el eje Y es menos que en el eje X, y esto se debe que en el eje Y se presencia mayor cantidad de muros.

Para la distorsión:

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	$(\Delta_i / h_{ei})$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

**Figura 11.** Límites para la distorsión del entrepiso  
Fuente: Norma Técnica E.030

Se tomó como deriva el valor de 0.005 ya que se trata de albañilería confinada, sin embargo, para poder observar mejor los valores se multiplicó por 1000.

**Tabla 11:** Derivas en el eje x de la estructura de albañilería confinada

X	PISO 2	0.5047	1.3627	0.7314	280	0.0025	<b>2.524</b>
	PISO 1	0.2338	0.6313	0.6313	280	0.0012	<b>1.169</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12:** Derivas en el eje y de la estructura de albañilería confinada

Y	PISO 2	0.0256	0.069	0.027	280	0.0001	<b>0.128</b>
	PISO 1	0.0155	0.042	0.042	280	0.0001	<b>0.078</b>

Fuente: Elaboración propia

Ambos cumplen con la deriva mínima, ya que son menores que 5 ( $0.005 \cdot 1000$ ); por lo tanto, si cumplen con los desplazamientos de acuerdo a la Norma Técnica E.030.

Separación entre edificios:

$s = 0,006 h \geq 0,03 \text{ m}$ Donde $h$ es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar $s$ .
---

**Figura 12.** Separación entre edificios

Fuente: Norma Técnica E.030

H= 5.60m

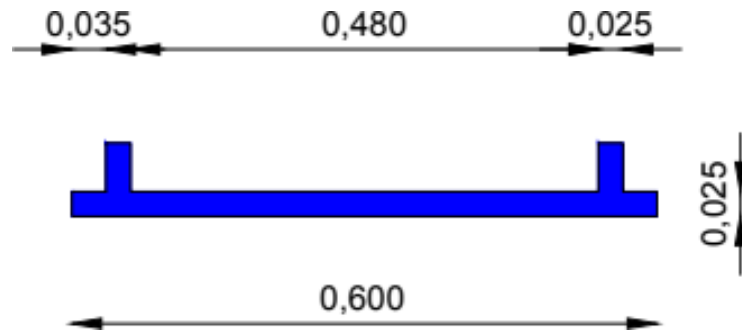
Por lo tanto, reemplazando en la fórmula anterior:

$$S = 0.006 \times 5.60 = 0.0336 \text{ m}$$

$0.0336 \text{ m} \geq 0.03 \text{ m}$ ; sí cumple

Analizando la estructura de Ferrocemento:

Para la estructura de ferrocemento (muros) se basó en la sección más utilizada en la construcción, según Huanca Beбето (2019):



**Figura 13.** Sección de panel de ferrocemento  
Fuente: Elaboración propia

Esta sección fue utilizada en los muros de la edificación de ferrocemento, posee un ancho de 0.60m y una altura de 2.80m. Como se observó en la imagen el espesor de estos paneles es de 0.025m lo cual es un espesor muy delgado, por lo tanto, se usó doble panel con una cámara de aire de 0.10m dando, así como resultado un muro de espesor 0.15m para el primer y segundo nivel.

Tomando como referencia al autor que utilizó doble malla electrosoldada de 3/4"x3/4 los cuales fueron colocados de manera simétrica en la estructura.

Para la dosificación o relación de componentes de este material se tuvo una relación de arena: cemento 1:3, considerando que es para bajas cargas.

Propiedades de los materiales:

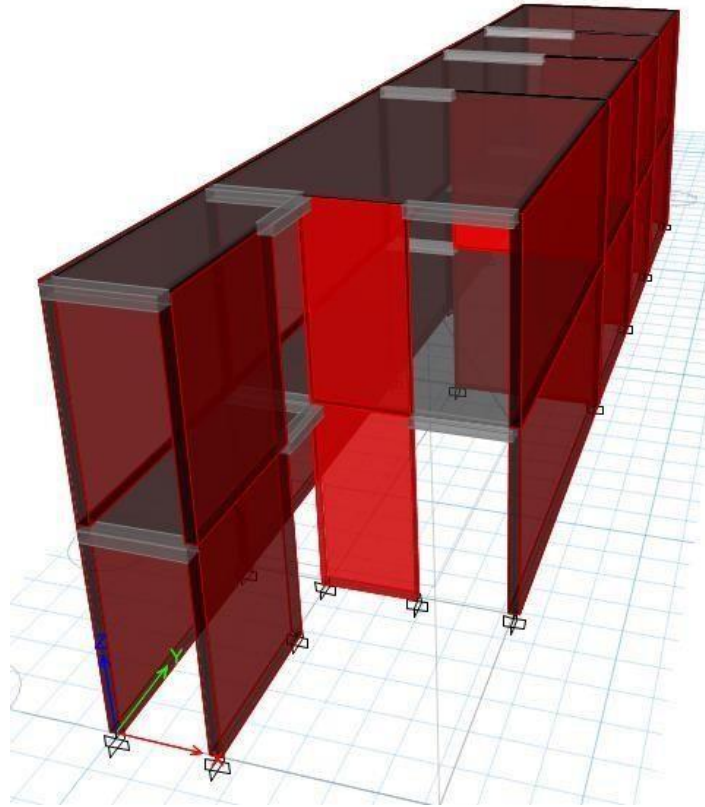
Resistencia a la compresión:  $f'c = 330.185 \text{ kg/cm}^2$

Límite de fluencia del acero:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad del concreto:  $E_c = 15000 \times \text{SQRT}(330.185)$

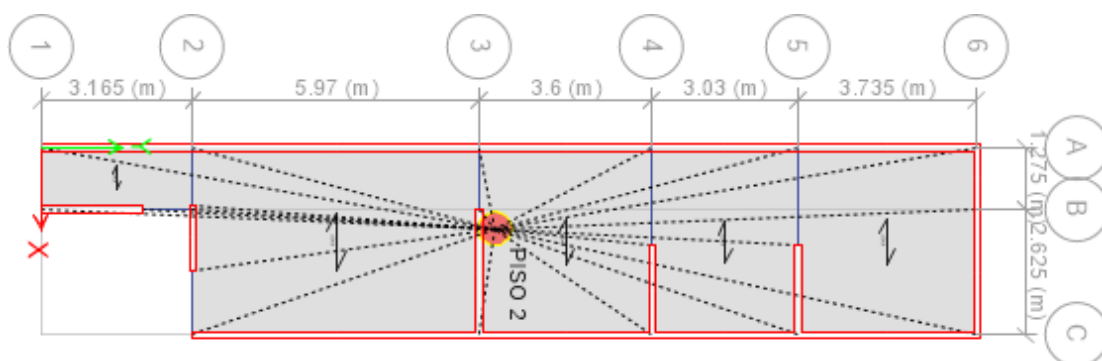
Losa aligerada  $e = 17 \text{ cm}$

Vigas 20x15cm

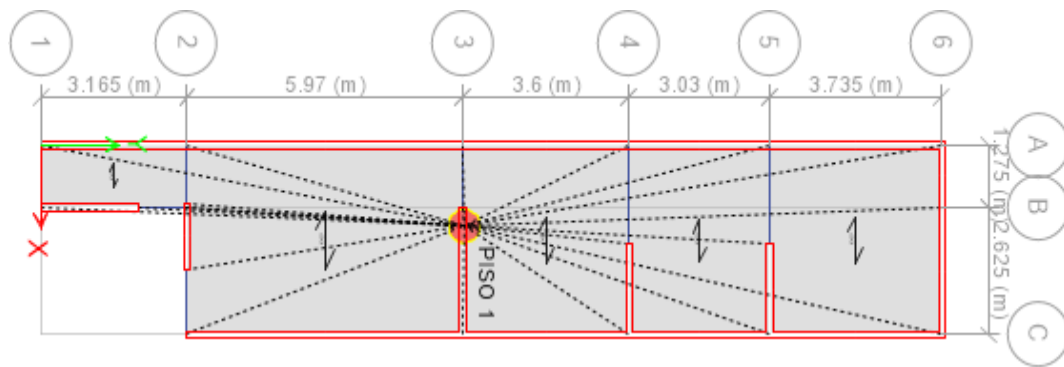


**Figura 14.** Estructura de ferrocemento modelada en ETABS  
Fuente: Elaboración propia

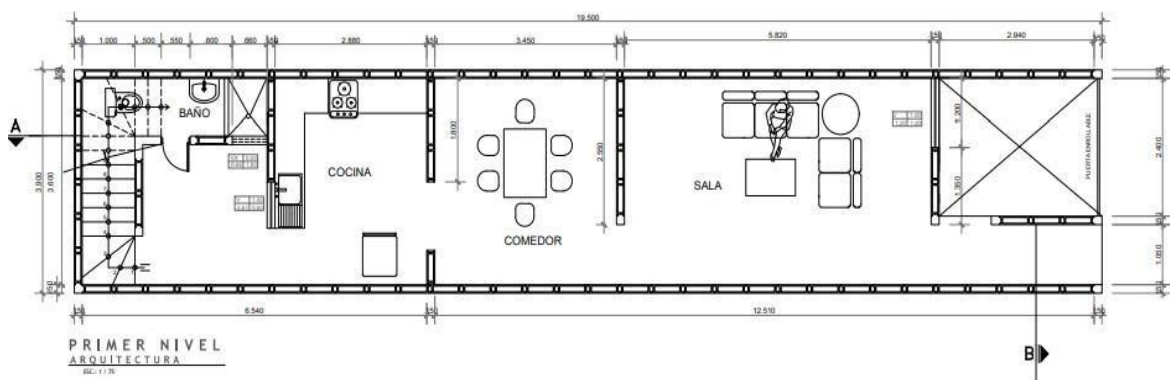
En la imagen anterior se visualiza la estructura de ferrocemento de dos niveles con características similares a la estructura de albañilería confinada, los muros son de ferrocemento, vigas y losas son de concreto armado.



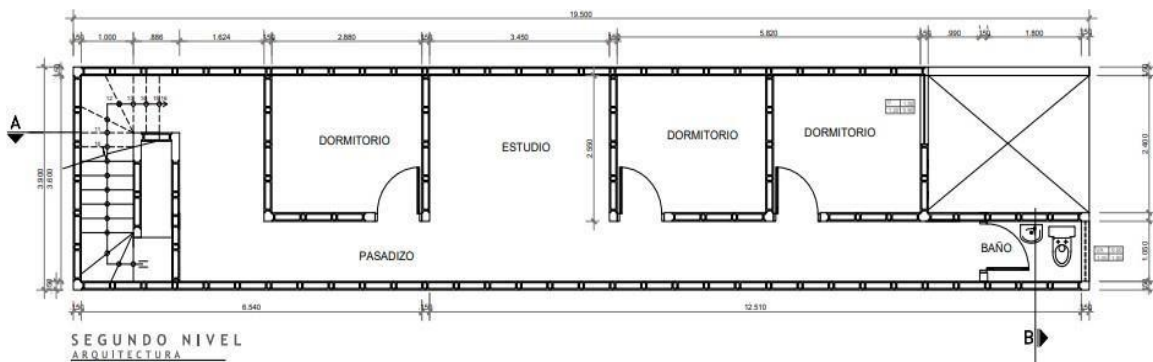
**Figura 15.** Centro de masa del segundo piso de ferrocemento  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 16.** Centro de masa del primer piso de ferrocemento  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 17.** Plano de la estructura del primer piso de ferrocemento  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 18.** Plano de la estructura del segundo piso de ferrocemento  
Fuente: Elaboración propia

En los planos de estructura se visualizan los muros de ferrocemento, cuyos paneles son dobles para poder obtener el espesor de 15cm, el cual se trabajó tanto para el primer como segundo piso. Estos muros actuaron como muros portantes.



Análisis sísmico estático:

Para realizar este análisis se necesitó del coeficiente de la cortante basal, que se halló mediante la siguiente fórmula: **ZUCS/R**

Resumen de datos:

**Tabla 13.** *Tabla de resumen de datos de ferrocemento*

U	1.00
Z	0.45
Tp (s)	0.60
Tl (s)	2.00
S	1.05
R	4.00

Fuente: Elaboración propia

Se tomó R= 4 ya que se consideró los paneles de ferrocemento como muros de ductilidad limitada.

Reemplazando la fórmula con los valores de la tabla de resumen, tenemos:

$$(0.45 \times 1.0 \times 2.50 \times 1.05) / 3.60 = \mathbf{0.33}$$

Una vez analizada la estructura en el software nos arrojó la siguiente tabla:

**Tabla 14:** *Tabla de Ratios de masa participante / Cuadro para corroborar el coeficiente de cortante basal en la estructura de ferrocemento*

Case	Mode	Period	UX	UY
		sec		
Modal	1	<b>0.053</b>	0.6797	0.0001
Modal	2	0.021	0.1318	0.0007
Modal	3	0.014	8.61E-06	0.9224
Modal	4	0.014	0.1555	0.0003
Modal	5	0.007	0.033	0.0001
Modal	6	0.005	5.53E-06	0.0766

Fuente: Elaboración propia

El máximo periodo fue de **0.053**, por lo tanto:

$C = 2.5 \times 0.6 / 0.053$ ;  $C = 28.30$ , como  $C$  es mayor que 2.5 se tomó por defecto el valor de  $C = 2.5$ .

Según la Norma Técnica E.030,  $C/R \geq 0.125$

En ese caso:  $2.5 / 3.60 = 0.624$ , por lo tanto, sí cumple

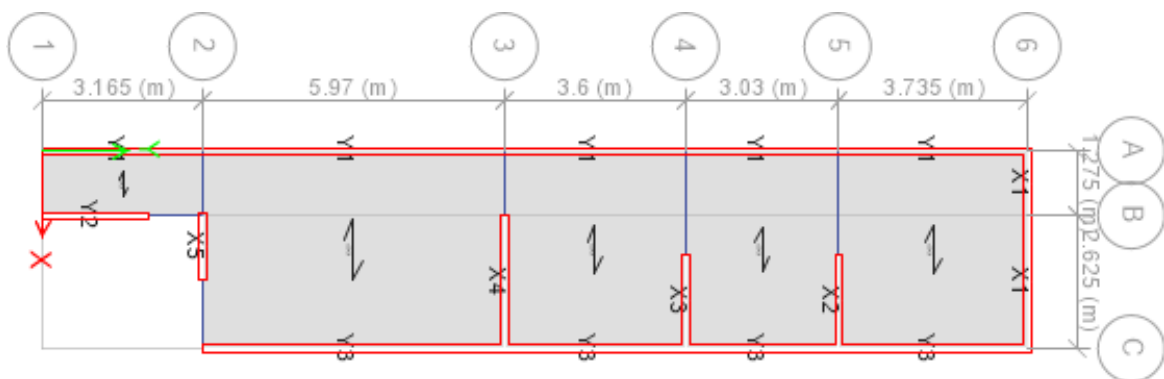
Se corrobora que el coeficiente de la cortante basal es 0.33, además se observó que la cortante basal es **24.901 Tn**

**Tabla 15:** Tabla de la Cortante basal y coeficiente de la cortante (Ferrocemento):

Load Pattern	Type	Direction	Eccentricity	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used	Base Shear
			%					tonf	tonf
SISMO X+++e	Seismic	X + Ecc. Y	5	PISO 2	Base	0.33	1	75.4577	24.901
SISMO X-e	Seismic	X - Ecc. Y	5	PISO 2	Base	0.33	1	75.4577	24.901
SISMO Y+++e	Seismic	Y + Ecc. X	5	PISO 2	Base	0.33	1	75.4577	24.901
SISMO Y-e	Seismic	Y - Ecc. X	5	PISO 2	Base </td <td>0.33</td> <td>1</td> <td>75.4577</td> <td>24.901</td>	0.33	1	75.4577	24.901

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se visualizó el coeficiente de la cortante basal que tiene como valor 0.33, que ya se corroboró anteriormente, al igual que la cortante basal en la edificación de ferrocemento.



**Figura 19.** Muros en X e Y  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16:** Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con x+e en muros (Ferrocemento):

Stor y	Pie r	Load Case/Comb o	Locatio n	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
PISO 1	X1	SISMO X+++e	Bottom	-0.9128	7.4872	0.0013	0.0141	0.0021	20.9284
PISO 1	X2	SISMO X+++e	Bottom	4.9421	3.0081	0.0022	0.0061	0.0047	6.8704
PISO 1	X3	SISMO X+++e	Bottom	6.7735	3.7574	0.0029	0.0067	0.0054	8.5657
PISO 1	X4	SISMO X+++e	Bottom	14.5341	8.1775	0.0024	0.0092	0.0047	21.1008
PISO 1	X5	SISMO X+++e	Bottom	-1.50E-05	2.0204	0.0001	0.0037	0.0003	5.3931
					<b>24.4506</b>				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se visualizó las fuerzas cortantes y momentos flectores en los muros con respecto al eje X, con excentricidad positiva. La sumatoria de las fuerzas cortantes nos dio como valor 24.45.

**Tabla 17:** Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con x-e en muros (Ferrocemento):

Stor y	Pie r	Load Case/Comb o	Locatio n	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
PISO 1	X1	SISMO X - e	Bottom	-1.0303	5.2373	0.002	0.0232	0.0032	17.6427
PISO 1	X2	SISMO X - e	Bottom	5.1132	2.8581	0.0037	0.0091	0.0072	6.7622
PISO 1	X3	SISMO X - e	Bottom	7.4784	4.0546	0.0044	0.0097	0.0079	9.3259
PISO 1	X4	SISMO X - e	Bottom	16.7836	9.6025	0.0037	0.0136	0.0072	24.5885
PISO 1	X5	SISMO X - e	Bottom	-1.77E-05	2.6355	0.0001	0.0054	0.0004	6.8152
					<b>24.388</b>				

Fuente: Elaboración propia

La tabla arrojó un valor total de cortante igual a 24.388 en la excentricidad negativa con respecto al eje x, los valores de las cortantes de la tabla 16 y 17 son similares, por ende se asumió que se ha logrado realizar un adecuado modelamiento sísmico estático.

**Tabla 18:** *Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con y+e en muros (Ferrocemento):*

Stor y	Pie r	Load Case/Comb o	Locatio n	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
PISO 1	Y1	SISMO Y+++ e	Bottom	0.875	12.3618	-0.0055	0.0351	-0.015	48.8926
PISO 1	Y2	SISMO Y+++ e	Bottom	2.10E-06	0.6655	-0.0016	0.0004	-0.004	1.4479
PISO 1	Y3	SISMO Y+++ e	Bottom	1.0062	11.845	-0.0026	0.0311	-0.0086	44.501
					<b>24.8723</b>				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19:** *Tabla de las fuerzas cortantes y momentos con y-e en muros (Ferrocemento):*

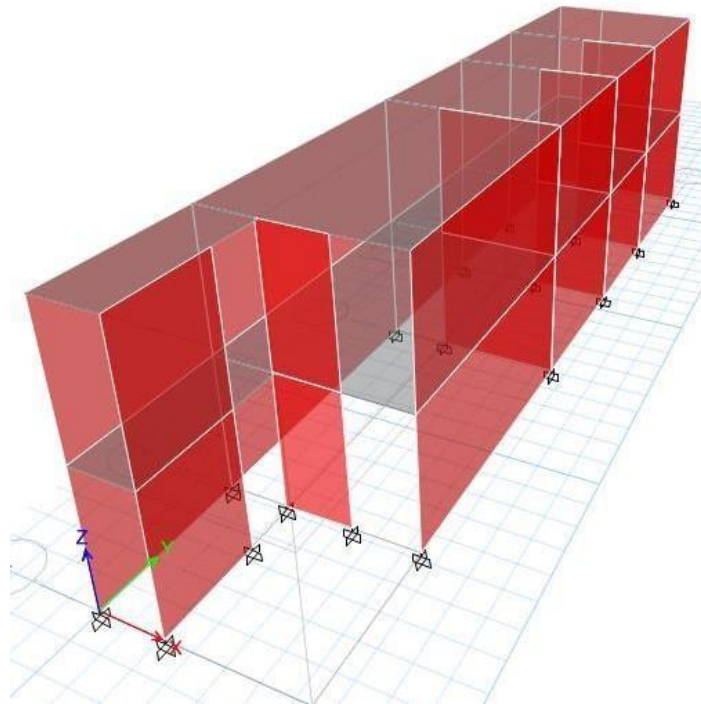
Stor y	Pie r	Load Case/Comb o	Locatio n	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
PISO 1	Y1	SISMO Y- e	Bottom	1.1826	13.4389	0.0009	-0.0178	0.0036	52.1297
PISO 1	Y2	SISMO Y- e	Bottom	2.49E-06	0.6775	0.0005	-0.0001	0.0012	1.4778
PISO 1	Y3	SISMO Y- e	Bottom	1.3001	10.7569	0.0016	-0.0045	0.0032	41.5801
					<b>24.8733</b>				

Fuente: Elaboración propia

La sumatoria de las fuerzas cortantes en el eje X como la sumatoria de las fuerzas en el eje Y nos dieron como resultados valores similares entre sí y a su vez a la

cortante basal, por ende, se asumió el correcto análisis estático de la estructura.

El modelamiento de la estructura nos arrojó el siguiente gráfico:



**Figura 20.** Análisis estático en ETABS de la estructura de ferrocemento  
Fuente: Elaboración propia

Análisis dinámico:

Se necesitó del espectro para llevar a cabo este análisis, por lo tanto:

**Tabla 20:** *Tabla de espectro sismo severo de ferrocemento*

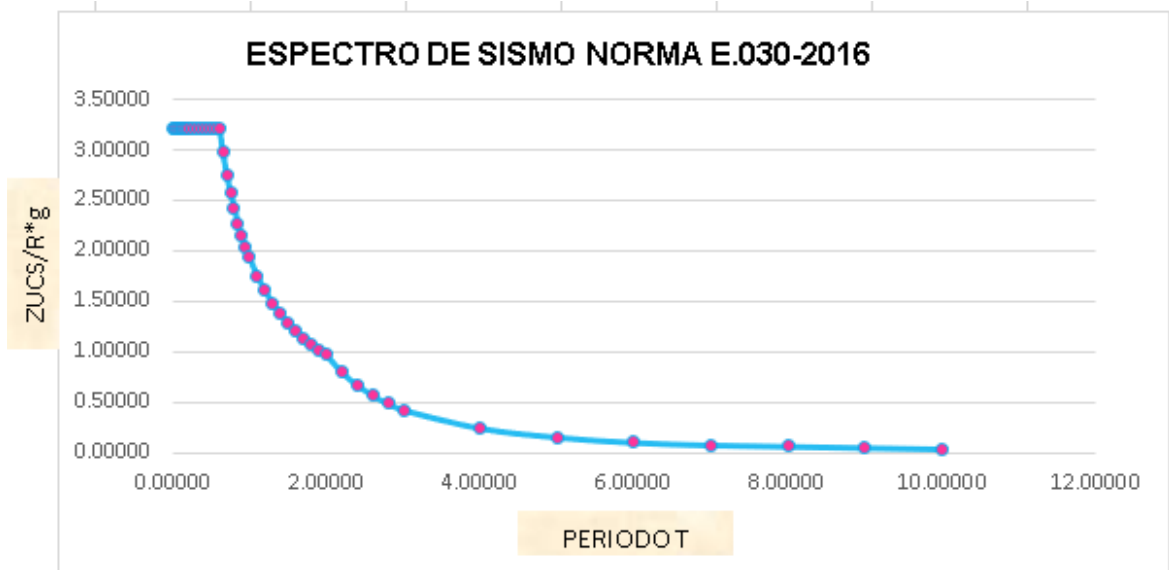
C	T(s)	C/R	ZUCS/R*G
2.50	0.00	0.6944	3.2189
2.50	0.02	0.6944	3.2189
2.50	0.04	0.6944	3.2189
2.50	0.06	0.6944	3.2189
2.50	0.08	0.6944	3.2189
2.50	0.10	0.6944	3.2189
2.50	0.12	0.6944	3.2189
2.50	0.14	0.6944	3.2189
2.50	0.16	0.6944	3.2189
2.50	0.18	0.6944	3.2189
2.50	0.20	0.6944	3.2189

2.50	0.25	0.6944	3.2189
2.50	0.30	0.6944	3.2189
2.50	0.35	0.6944	3.2189
2.50	0.40	0.6944	3.2189
2.50	0.45	0.6944	3.2189
2.50	0.50	0.6944	3.2189
2.50	0.55	0.6944	3.2189
2.50	0.60	0.6944	3.2189
2.31	0.65	0.6417	2.9743
2.14	0.70	0.5944	2.7554
2.00	0.75	0.5556	2.5751
1.88	0.80	0.5222	2.4206
1.76	0.85	0.4889	2.2661
1.67	0.90	0.4639	2.1502
1.58	0.95	0.4389	2.0343
1.50	1.00	0.4167	1.9313
1.36	1.10	0.3778	1.7511
1.25	1.20	0.3472	1.6095
1.15	1.30	0.3194	1.4807
1.07	1.40	0.2972	1.3777
1.00	1.50	0.2778	1.2876
0.94	1.60	0.2611	1.2103
0.88	1.70	0.2444	1.1331
0.83	1.80	0.2306	1.0687
0.79	1.90	0.2194	1.0172
0.75	2.00	0.2083	0.9657
0.62	2.20	0.1722	0.7983
0.52	2.40	0.1444	0.6695
0.44	2.60	0.1222	0.5665
0.38	2.80	0.1056	0.4893
0.33	3.00	0.0917	0.4249
0.19	4.00	0.0528	0.2446
0.12	5.00	0.0333	0.1545
0.08	6.00	0.0222	0.1030
0.06	7.00	0.0167	0.0773
0.05	8.00	0.0139	0.0644
0.04	9.00	0.0111	0.0515
0.03	10.00	0.0083	0.0386

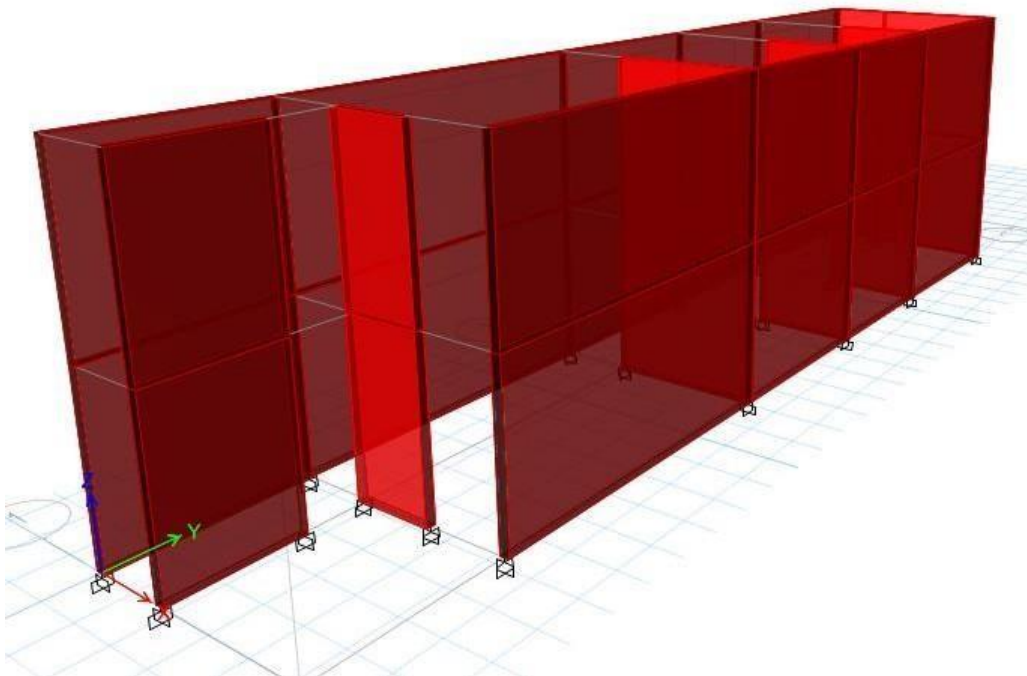
Fuente: Elaboración propia

Se realizó el análisis igual que al de albañilería confinada, por lo tanto se reemplazó en la fórmula los datos que se tenían del cuadro de resumen. Los periodos de  $T_p$  y  $T_I$  son los mismos ya que el tipo de suelo sigue siendo el mismo.

Espectro en Sismo severo:



**Figura 21.** Gráfica de Espectro sismo severo de la estructura de ferrocemento  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 22.** Análisis dinámico 3D en ETABS de la estructura de ferrocemento  
**Fuente:** Elaboración propia

Se visualizó que la estructura no sufre aparentemente ningún tipo de desplazamiento o deflexión, sin embargo, sí posee desplazamientos, pero mínimos.

Desplazamientos:

El desplazamiento máximo en el eje x es de 0.0427 cm.

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum cm	Average cm	Ratio
PISO 2	SISMO XX Max	X	0.0427	0.0252	1.695
PISO 1	SISMO XX Max	X	0.0166	0.0097	1.719

**Figura 23.** Cuadro de desplazamiento en el eje x de ferrocemento  
Fuente: Elaboración propia

El desplazamiento máximo en el eje y es de 0.0019 cm.

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum cm	Average cm	Ratio
PISO 2	SISMO YY Max	Y	0.0019	0.0019	1.009
PISO 1	SISMO YY Max	Y	0.001	0.001	1.007

**Figura 24.** Cuadro de desplazamiento en el eje y de ferrocemento  
Fuente: Elaboración propia

El desplazamiento en el eje Y es menor que en el eje X, al igual que en la edificación de albañilería confinada, y esto se debe a que en el eje Y se presencia mayor cantidad de muros.

Para la distorsión:

<b>Tabla N° 11</b>	
<b>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i / h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

**Figura 25.** Límite utilizado muro de ductilidad limitada  
Fuente: Norma Técnica E.030



Se tomó como deriva el valor de 0.005, ya que como se mencionó al inicio del análisis de la estructura de ferrocemento. se trataba de muros de ductilidad limitada. Para poder observar mejor los valores se multiplicó por 1000.

**Tabla 21:** *Derivas en el eje x de la estructura de ferrocemento*

<b>X</b>	PISO 2	0.0427	0.1537	0.0940	280	0.0002	<b>0.214</b>
	PISO 1	0.0166	0.0598	0.0598	280	0.0001	<b>0.083</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22:** *Derivas en el eje x de la estructura de ferrocemento*

<b>Y</b>	PISO 2	0.0019	0.007	0.003	280	0.0000	<b>0.010</b>
	PISO 1	0.001	0.004	0.004	280	0.0000	<b>0.005</b>

Fuente: Elaboración propia

Ambos cumplen con la deriva mínima, ya que son menores que 5 ( $0.005 \cdot 1000$ ); por lo tanto, si cumplen con los desplazamientos de acuerdo a la Norma Técnica E.030.

Además, en comparación con la estructura de albañilería confinada, la estructura de ferrocemento posee un menor desplazamiento y una menor deriva, por lo cual con respecto a estos puntos presentaría un mejor comportamiento.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 Utilización del ferrocemento como alternativa de construcción mediante el comportamiento sísmico

RESULTADO. – Se logró mostrar el comportamiento sísmico de la estructura mediante el modelamiento en el programa ETABS 2016, y a su vez compararlo con otro sistema de construcción, en este caso albañilería confinada. Al finalizar comparaciones tales como las distorsiones, fuerzas cortantes y desplazamientos máximos.

Antecedente, Malpica Paula (2017) en su investigación analizó dos sistemas constructivos, uno de ferrocemento y uno de mampostería, realizó el análisis sísmico estático y dinámico de ambas viviendas, con el cual demostró que el sistema de ferrocemento tiene un mejor comportamiento frente al de la mampostería, ya que este sistema no tan común presentó menor desplazamiento máximo y mayores cortantes en muros. Piyush Sharma (2016) en su investigación realizó estudios sobre el uso del ferrocemento a lo largo de la historia y su comparación frente a otros sistemas constructivos como la mampostería y el concreto armado, si bien es cierto la desventaja del ferrocemento es el número de pisos que se puede construir, sin embargo, la ventaja se observó en el costo, ya que suele ser más barato frente a otro tipo de construcciones convencionales.

Hipótesis: El uso del ferrocemento como alternativa viable es determinado por el comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos, Puente Piedra-2019. Por medio del análisis estructural de ambos métodos constructivos se logró demostrar que la vivienda de ferrocemento tiene menores desplazamiento y distorsiones frente al sistema de albañilería confinada, sin embargo, comparando fuerzas cortantes la vivienda de albañilería confinada arrojó mayores fuerzas que la estructura de ferrocemento.

Pregunta: ¿Es posible determinar que el ferrocemento es una alternativa viable mediante el comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos, Puente Piedra-2019? Sí fue posible, ya que como se mencionó anteriormente, se pudo modelar la vivienda de ferrocemento para evaluar su comportamiento sísmico y poder compararlo frente a un sistema de albañilería confinada, ambas casas similares.

Consideraciones: Ninguna.

## **5.2 Distorsión del entrepiso**

RESULTADO. – Se obtuvo la distorsión de la estructura de albañilería confinada y de ferrocemento en ambos ejes para poder compararlo y verificar si se encuentran dentro de la Norma, dichos resultados fueron óptimos, ya que son menores que la distorsión según Norma.

Antecedente, Ramírez Christian (2013) en su investigación moduló una edificación de ferrocemento de dos pisos en el programa SAP2000, cuyos paneles tenían una sola dimensión, con una longitud de 0.55m, espesor de 0.025m y una altura de 2.50m, obtuvo como resultado una deriva mínima en el eje x de 0.00286 y 0.00012, y en el eje Y de 0.00204 y 0.00012, piso 2 y piso 1 respectivamente.

Hipótesis: La distorsión en una vivienda de dos pisos de ferrocemento será menor en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019. Por medio del análisis dinámico en el programa ETABS 2016, se pudo hallar los desplazamientos máximos, con lo cual se procedió a hallar las distorsiones tanto de la estructura de ferrocemento como la de albañilería confinada, ambos encontrándose en el rango de la Norma Técnica E0.30. En el caso del antecedente también tuvo como deriva valores por debajo del máximo a tomar, por lo cual ambas viviendas de ferrocemento se encontrarían por debajo de la distorsión.

Pregunta: ¿Cuánto será la distorsión en una vivienda de dos pisos de ferrocemento en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019? Luego de realizar el análisis dinámico de ambas estructuras, en la vivienda de ferrocemento la distorsión en el eje X dan valores de 0.002 y 0.001 (piso 2 y piso 1) y en el eje Y valores de 0.00001 y 0.00001 (piso 2 y piso 1). Mientras que la distorsión de la estructura de albañilería confinada en el eje X dieron valores de 0.0025 y 0.0012 (piso 2 y piso 1) y en el eje Y valores de 0.0001 y 0.0001 (piso 2 y piso 1). Ambos cumplen, ya que son menor que la deriva mínima de 0.005 según la Norma E0.30.

Consideraciones: Ninguna.

## **5.3 Fuerzas cortantes en los muros**

RESULTADO. – Al realizar el modelamiento de las estructuras se obtuvieron mayores fuerzas cortantes en los muros de albañilería confinada que en los muros de ferrocemento.

Antecedente, Huanca Beбето (2019) en su investigación moduló una estructura de un piso de ferrocemento utilizando el software ETABS 2016, cuya área construida fue de 39.55 m<sup>2</sup> y con una cortante basal de 12.80 Tn. Además, el valor de la mayor fuerza cortante en los muros de ferrocemento fue de 7.42 Tn.

Hipótesis: Las fuerzas cortantes en una vivienda de dos pisos de ferrocemento serán mayores en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019. Por medio del modelamiento de las estructuras de ferrocemento y de albañilería confinada se obtuvieron los valores de estos, sin embargo, los muros de la vivienda de albañilería confinada poseen una mayor fuerza cortante frente a los muros de ferrocemento.

Pregunta: ¿Cuánto serán las fuerzas cortantes en una vivienda de dos pisos con ferrocemento en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019? La cortante basal en la estructura de ferrocemento es de 24.90 Tn, mientras que en el de albañilería confinada es de 76.58 Tn. La mayor fuerza cortante en los muros de ferrocemento es de 12.36 Tn en el eje Y, esto se debe a la sección del muro en la dirección del eje, mientras que en la vivienda de albañilería confinada presenta una fuerza cortante de 21.91 Tn.

Consideraciones: Ninguna.

#### **5.4 Desplazamiento máximo en los ejes X e Y**

RESULTADO. – Se logró modelar la estructura de albañilería confinada y ferrocemento, dando como resultado desplazamientos máximos que se encuentran dentro de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Para lo cual se utilizó solo un tipo de panel de longitud 0.60m y de 0.025m de espesor, siendo este usado en la mayoría de edificaciones.

Antecedente, Huanca Beбето (2019) en su investigación moduló una estructura de un piso de ferrocemento utilizando paneles de espesores muy delgados, al igual que de 3 longitudes que fueron de 0.60m y 0.75m, ambos con una altura de 2.80m, para así evaluar su comportamiento ante eventos sísmicos, se obtuvo como resultado desplazamientos máximos en el eje X e Y de 0.00005cm, los cuales son totalmente insignificantes.

Hipótesis: El desplazamiento máximo en una vivienda de dos pisos de ferrocemento será menor en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.

Por el modelamiento tanto de la estructura de albañilería confinada como de Ferrocemento en el software ETABS 2016, se afirma que la vivienda de ferrocemento tiene un menor desplazamiento frente al de albañilería confinada, sin embargo, ambos desplazamientos son mínimos por lo que cumple según la Norma Técnica E0.30.

Pregunta: ¿Cuánto será el desplazamiento máximo en una vivienda de dos pisos de ferrocemento en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019? Luego de realizar el modelamiento de la vivienda de albañilería confinada nos arrojó un desplazamiento máximo en el eje X de 0.5047 cm y de 0.0256 cm en el eje Y, mientras que los desplazamientos en eje X e Y en la vivienda de ferrocemento fueron de 0.0427 cm y 0.0019 cm, respectivamente. Esto se debe a que la estructura de ferrocemento todos los muros actúan como muros portantes, además por la cantidad de muros que se encuentran en el eje Y el desplazamiento es menor que en el eje X. Comparando el desplazamiento máximo con el del tesista, este tiene un menor desplazamiento debido a que es una estructura de solo un piso y de menor área, sin embargo, como se mencionó anteriormente los valores cumplen según la Norma E.030.

Consideraciones: Ninguna.

## **VI. CONCLUSIONES**

Objetivo General, se evaluó que sí es posible determinar la viabilidad del uso del ferrocemento mediante el comportamiento sísmico, y esto se logró mediante el análisis dinámico y estático en el modelamiento con el programa ETBAS 2016, ya que se obtuvieron los valores de las distorsiones, las fuerzas cortantes en muros y los desplazamientos máximos admisibles según la Norma Técnica E.30. Además, se realizó la comparación de la vivienda de ferrocemento con una de albañilería confinada, ambas estructuras similares. Se obtuvo que la estructura de ferrocemento posee distorsiones y desplazamientos máximos menores con respecto al sistema de albañilería confinada, no obstante, ambos valores de las estructuras analizadas se encuentran dentro de los límites según la Norma Técnica Sismorresistente.

Objetivo específico 1, se determinó la distorsión de una vivienda de ferrocemento mediante el análisis dinámico en el software ETABS 2016, al igual que en la vivienda de albañilería confinada, cuyos valores en el eje X son de 0.001 y 0.002 (Piso 1 y piso 2), y 0.0012 y 0.0025 (Piso 1 y piso 2), respectivamente. Mientras que en el eje Y son de 0.00001 y 0.00001 en la estructura de ferrocemento. En el de albañilería confinada son de 0.0001 y 0.0001. Los resultados de ambas distorsiones son directamente proporcionales al desplazamiento máximo de las estructuras analizadas. Se observó que los resultados obtenidos de las distorsiones tanto en el eje X e Y son menores a la distorsión mínima que es de 0.005. Además, las distorsiones en el eje Y son menores que en el eje X, y esto se debe a la cantidad de muros que se presentan en este eje.

Objetivo específico 2, se determinó las fuerzas cortantes en los muros de ferrocemento y en los muros de albañilería confinada, llegándose a comparar ambos resultados desde la cortante basal, este es directamente proporcional con el peso total de la estructura, es decir a mayor peso de la estructura mayor cortante basal. Además, ambas estructuras presentan distintos coeficientes de cortante basal, 0.33 con respecto a la vivienda de ferrocemento y 0.44 en el de albañilería confinada.

Por lo tanto, la estructura de ferrocemento al poseer paneles de delgado espesor posee una fuerza cortante menor en comparación del sistema de albañilería confinada.

Objetivo específico 3, se analizaron los desplazamientos máximos obtenidos del modelamiento de la estructura de ferrocemento y de albañilería confinada, como también se realizó su comparación. Los desplazamientos máximos del análisis dinámico de la vivienda de ferrocemento fueron menores que los de la vivienda de albañilería confinada en un 12%, logrando así demostrar que la vivienda de ferrocemento posee un mejor comportamiento sísmico que el otro método constructivo. Cabe recalcar que como son viviendas de áreas pequeñas y de dos pisos los desplazamientos que presentan son pequeños.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Objetivo General, en la presente investigación se presentó como una alternativa de construcción a una vivienda de ferrocemento de dos pisos mediante el comportamiento sísmico y comparación frente de una estructura similar, pero de albañilería confinada, por lo que se recomienda diseñar estructuras de ferrocemento de más de dos pisos, quizás con materiales compuestos o dimensiones mayores para que presenten un adecuado comportamiento estructural, sin embargo, para la zona de estudio una vivienda de dos pisos cumple con el propósito de vivienda social.

Objetivo específico 1, en la presente investigación la estructura de ferrocemento presentó distorsiones de entrepiso menores que la estructura de albañilería confinada, aunque por lo evaluado ambas distorsiones se encuentran dentro de la Normativa, por ende ambas estructuras poseen un óptimo comportamiento estructural frente a eventos sísmicos, por lo tanto se recomienda tener en cuenta en el predimensionamiento las dimensiones de los paneles de ferrocemento, ya que la distorsión depende de la altura de piso a techo (altura de piso) y del desplazamiento máximo obtenido del análisis dinámico del software.

Objetivo específico 2, en la presente investigación se obtuvo que las fuerzas cortantes en los muros de ferrocemento son menores que en los de albañilería confinada, por lo tanto, en cuestión de cortante basal el ferrocemento siempre será menor, ya que el peso total de la edificación es menor frente al de albañilería, esto se debe a los muros de delgado espesor de 2.5cm, a diferencia del de albañilería confinada que es de 25cm, por lo cual se recomienda poder dimensionar los paneles de ferrocemento para ver cómo actúan frente con espesores más gruesos.

Objetivo específico 3, en la presente investigación los desplazamientos máximos de la vivienda de ferrocemento son menores que en la de albañilería confinada, la estructura analizada fue una de tipo irregular en planta por tener una esquina entrante, por lo tanto, se recomienda construir viviendas sociales de ferrocemento con diseños simétricos para tener una mayor estabilidad.



## REFERENCIAS

1. HUANCA Beбето. *Análisis de factibilidad técnica y económica de viviendas estructuradas con ferrocemento para las zonas rurales del distrito de Taraco - Puno*. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Universidad Peruana Unión, Puno - Perú, 2019. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1828>
2. PUCHE, A. y QUINTANA, I. *Análisis comparativo entre el ferrocemento y el hormigón armado como sistema constructivo para proyectos de vivienda de interés prioritario en Colombia*. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Universidad de Cartagena. Facultad de Ciencias E Ingenierías. Programa de Ingeniería Civil, 2016. <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/2398>
3. Sampieri, H. Fernández. Baptista., *Metodología de la Investigación Tercera edición*, (2003), *Metodología de la investigación Formulación de la Hipótesis*. [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf).
4. WAINSHOTOK Hugo & LIZAZO Yenliu. *El uso del ferrocemento en la construcción civil*. Colombia: Revista Arquitectura y Urbanismo, 2014. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S181558982014000100009&script=sci\\_abstract](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S181558982014000100009&script=sci_abstract)
5. MALPICA Paula. *Análisis de factibilidad técnica y económica de viviendas sismo resistentes en ferrocemento*. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2017. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/61002/1/1018417483.2017.pdf>
6. HERRERA Raúl. *Diseño de vivienda con ferrocemento y comparativa de costos con concreto armado*. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Huajuapán de León, Oaxaca: Universidad Tecnológica de la Mixteca, 2018. Disponible en: [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/13432.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/13432.pdf)
7. RAMÍREZ Christian. *Ferrocemento una alternativa de construcción viable*. Tesis (para obtener el título de ingeniero arquitecto) México: Instituto Politécnico Nacional, 2013. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/22737/ferrocemento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. BARRIENTOS Carla. *Diseño en ferrocemento de un edificio destinado a vivienda social*. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2004. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/bmfcib275d/doc/bmfcib275d.pdf>
9. QUIJUN Daniel. Desarrollo del ferrocemento en la construcción de viviendas, segunda etapa. Investigación para realizar estudios en paneles de ferrocemento. Gerencia de Investigación y Normalización, 2011. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwj0o9Co7-XkAhUEeawKHUt5CBMQFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.sencico.gob.pe%2Fdescargar.php%3FidFile%3D77&usg=AOvVaw0tQHjtEP0hUPIQsFTRe6Uu>
10. GUTIÉRREZ Segundo. *Criterios de diseño de prototipos de viviendas de ferrocemento basados en principios de sustentabilidad*. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Privada del Norte, 2018. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13464?show=full>
11. CARRANZA Cristian. *Ferrocemento: Estudio del mortero reforzado con malla de alambre y sus aplicaciones*. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010. Disponible en: <http://repositorio.uni.pe/handle/uni/3164>
12. SADE Naim. *Diseño de losas de doble panel en ferrocemento mediante fundamentos teóricos de placas ortotrópicas*. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2005. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcis125d/doc/bmfcis125d.pdf>
13. BEDOYA Daniel. *Estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmicas de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento*. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2005. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93560>
14. VILLAREAL Genner. Análisis Estructural. [En línea]. Lima – Perú. 2009. [Fecha de consulta 10 de octubre del 2020]. <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2009/09/ZLibro-Analisis-Estructural-GV.pdf>

15. ASLAM Kassimali. Análisis estructural. [En línea]. 2015. [Fecha de consulta 10 de octubre del 2020]. Disponible en: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/59080468/Analisis\\_estructural\\_5ta\\_Edicion\\_-\\_Aslam\\_Kassimali-FREELIBROS20190429-71927-1p50kbs.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAnalisis\\_estructural\\_Quinta\\_edicion.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/59080468/Analisis_estructural_5ta_Edicion_-_Aslam_Kassimali-FREELIBROS20190429-71927-1p50kbs.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAnalisis_estructural_Quinta_edicion.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-)
16. GÓMEZ Sergio. Metodología de la investigación. Viveros de Asís 96, Col. Viveros de la Loma, Tlalnepantla, C.P. 54080, Estado de México. Editorial: Red Tercer Milenio. 2012. 92 pp. ISBN 978-607-733-149-0. Disponible en: [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf)
17. HERNÁNDEZ Roberto, FERNÁNDEZ Carlos y BAPTISTA María. Metodología de la investigación. [En línea]. 5ta Ed. México. 2010. [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2020]. ISBN: 978-607-15-0291-9. Disponible en: [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)
18. NTE-0.30. Normas Técnicas de Edificaciones E0.30- Diseño sismo resistente. Lima: s.n., 2018. Disponible en: [http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/TITULO\\_III\\_EDIFICACIONES/III.2%20ESTRUCTURAS/E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/TITULO_III_EDIFICACIONES/III.2%20ESTRUCTURAS/E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf)
19. NTE-0.70. Norma Técnica de Edificaciones 0.70 - Albañilería. Lima: s.n., 2006. <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2012/TOTAL/12.%20Norma%20t%C3%A9cnica%20E.070%20Alba%C3%B1iler%C3%ADa.pdf>
20. NTP-020. 2018. Normas Técnicas de Edificaciones E020 Norma técnica peruana vigente. Cargas. Lima: s.n., 2018. Disponible en: [https://www.academia.edu/7400235/NORMA\\_T%C3%89CNICA\\_DE\\_EDIFICACIONES\\_E020\\_CARGAS](https://www.academia.edu/7400235/NORMA_T%C3%89CNICA_DE_EDIFICACIONES_E020_CARGAS)
21. WAINSHOTOK, H. y LIZAZO, Y. (2014). El uso del ferrocemento en la construcción civil. Experiencia cubana. Arquitectura y urbanismo, 35(1), 1815-5898. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-58982014000100009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982014000100009)

22. TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. 4a. ed. México: Limusa, 2004. ISBN: 9681858727.
23. FONDO editorial Universidad Cesar Vallejo. Referencias estilo ISO 690 y 690 – 2. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.
24. BEDOYA y ORTIZ. Nonlinear dynamical model for the assessment of the seismic behaviour of ferrocement houses Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. [En línea].2014. [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.scipedia.com/public/Bedoya-Ruiz\\_et\\_al.\\_2014a](https://www.scipedia.com/public/Bedoya-Ruiz_et_al._2014a)
25. PIYUSH Sharma. *Analytical Research on Ferrocement: Design, Strength and Servicibility Aspects. Engineering and Technology*. Department of Civil Engineering, Amity School of Engineering and Technology. Amity University, Haryana, India. 2016. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/289531380\\_ANALYTICAL\\_RESEARCH\\_ON\\_FERROCEMENT\\_DESIGN\\_STRENGTH\\_AND\\_SERVICIBILITY\\_ASPECTS](https://www.researchgate.net/publication/289531380_ANALYTICAL_RESEARCH_ON_FERROCEMENT_DESIGN_STRENGTH_AND_SERVICIBILITY_ASPECTS)
26. SHAHEEN & BOSHRA. *Experimental and FE simulations of Ferrocement Domes Reinforced with Composite Materials. Concrete Research Letters*. Faculty of Engineering, Minufiya University, Egypt. [En línea].2014. [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/327573992\\_Experimental\\_and\\_FE\\_simulations\\_of\\_Ferrocement\\_Domes\\_Reinforced\\_with\\_Composite\\_Materials](https://www.researchgate.net/publication/327573992_Experimental_and_FE_simulations_of_Ferrocement_Domes_Reinforced_with_Composite_Materials)
27. NAAMAN, A. E., and HAMMOUD, H. (1998). *Ferrocement prefabricated housing: the next generation. Michigan: Journal of ferrocement*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946597873891>
28. NAAMAN, A. (2000). *Ferrocement and laminated cementitious composites, Michigan: Techno Press 3000*. [En línea]. 3rd Edition of the Prestressed Concrete. University of Michiga. [Fecha de consulta: 26 de setiembre de 2020] Disponible en: [https://technopress3000.com/yahoo\\_site\\_admin/assets/docs/Web-Content-FerrocementBook.2214601.pdf](https://technopress3000.com/yahoo_site_admin/assets/docs/Web-Content-FerrocementBook.2214601.pdf) ISBN: 0-9674939-0-0.

29. ACI Committee 549-1R-97. (1997). State of the Art Report on Ferrocement. In Manual of Concrete Practice Institute, Farmington Hills, Michigan. Disponible en: <https://trid.trb.org/view.aspx?id=573892>
30. ZHANG, FOLIENTE, YANG, Y. MA. (2002). Parameter identification of inelastic structures under dynamic loads. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, V. 31, 1113 – 1130. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eqe.151>
31. BENFANTE Angela. *Roberto Gargiani, Alberto Bologna: The Rhetoric of Pier Luigi Nervi: Concrete and Ferrocemento Forms*. Firenze Architettura, vol. 22, no. 1, 2018. [Fecha de consulta: 26 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.epflpress.org/produit/786/9782940222957/the-rhetoric-of-pier-luigi-nervi> ISBN: 9782940222957
32. PANKAJ, ARIF, M., KAUSHIK, AND S. K. (2002). Mechanical Behavior of Ferrocement Composites: Numerical Simulation, *Journal of Materials in civil Engineering*, Vol. 14(2), 156 - 157. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Mechanical-Behavior-of-Ferrocement-Composites%3A-Pankaj-Arif/ba227779accadb7a5a172f40b7885e93088f8d>
33. NASSIFF. H. (1998). *Calibration of the new ferrocement model, In ferrocement 6: Lambot symposium, proceedings of sixth international on ferrocement, A. E. Naaman*. Michigan: Universidad de Michigan. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.ferrocement-ifs.com/uploads/1/1/5/8/115874413/contents-ferro-6.pdf>
34. SHAHEEN, ELTALY and KAMEEL (2013), *Experimental and Analytical Investigation of Ferrocement Water Pipe*, *Journal of Civil Engineering and Construction Techno log*, Vol. 4, No. 4. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/283518975\\_Experimental\\_and\\_analytical\\_investigation\\_of\\_ferrocement\\_water\\_pipe](https://www.researchgate.net/publication/283518975_Experimental_and_analytical_investigation_of_ferrocement_water_pipe)
35. SHAHEEN ELTALY B. AND ABDUL-FATAHA. (2014). *Structural Performance of Ferrocement Beams Reinforced with Composite Materials*, *Structural Engineering and Mechanics*, Vol. 50, No. 6. Disponible en: <http://www.techno-press.org/content/?page=article&journal=sem&volume=50&num=6&ordernum=7>

36. SAKTHIVEL P. and JAGANNATHAN A. (2012) *Fibrous Ferrocement Composite with PVC-coated Weld Mesh and Bar-chip Polyolefin Fibers*, International Journal of EOMATE, Vol. 3, No. 2. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/287865538\\_Fibrous\\_Ferrocement\\_Composite\\_with\\_PVC-coated\\_Weld\\_Mesh\\_and\\_Bar-chip\\_Polyolefin\\_Fibers](https://www.researchgate.net/publication/287865538_Fibrous_Ferrocement_Composite_with_PVC-coated_Weld_Mesh_and_Bar-chip_Polyolefin_Fibers)
37. SAKTHIVEL P. and JAGANNATHAN A. (2012). *Study of Flexural Ferrocement and Thin Reinforced Cement Behavior of Ferrocement Slabs Reinforced with PVC-coated Weld Mesh*, International Journal of Engineering Research and Development, Vol. 1, No. 12. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/274972666\\_Structural\\_performance\\_of\\_ferrocement\\_beams\\_reinforced\\_with\\_composite\\_materials](https://www.researchgate.net/publication/274972666_Structural_performance_of_ferrocement_beams_reinforced_with_composite_materials)
38. AL-RIFAIE W. and AZAD A. (2013). *Experimental Investigation on Thin Ferrocement Dome Structures*, International Journal of Engineering and Advanced Technology, Vol. 3, No. 2. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v3i2/B2491123213.pdf> ISSN: 2249 – 8958
39. JUMAAT M. and ALAM A. (2006). *Flexural Strengthening of Reinforced Concrete Beams Using Ferrocement Laminate with Skeletal Bars*, Journal of Applied Sciences Research, Vol. 2, No. 9. [Fecha de consulta: 26 de setiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/318215005\\_FLEXURAL\\_AND\\_CRACKING\\_PERFORMANCE\\_OF\\_REINFORCED\\_CONCRETE\\_BEAM\\_STRENGTHENED\\_WITH\\_FERROCEMENT\\_LAMINATES](https://www.researchgate.net/publication/318215005_FLEXURAL_AND_CRACKING_PERFORMANCE_OF_REINFORCED_CONCRETE_BEAM_STRENGTHENED_WITH_FERROCEMENT_LAMINATES)
40. MAYA, LEÓN Y BEDOYA. Evaluación numérica y experimental del comportamiento ante cargas horizontales de paneles de ferrocemento. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. [En línea]. vol. 4, núm. 7, julio-diciembre, 2005, pp. 141-151. [Fecha de consulta: 26 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/750/75004711.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO 1: Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores


Yo, Osorio Mariano Deivid Kevin, egresado de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo (Sede Lima Norte), declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado:

“Comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos con ferrocemento, Puente Piedra - 2019”, es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación / Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

La Victoria, Lima – Perú, 30 de noviembre de 2020

Apellidos y Nombres del Autor Paterno Materno, Nombre 1 Nombre 2	
DNI: 70862330	Firma 
ORCID: 0000-0003-2478-6338	
Apellidos y Nombres del Autor Osorio Mariano, Deivid Kevin	
DNI:	Firma
ORCID:	
Apellidos y Nombres del Autor	

## ANEXO 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

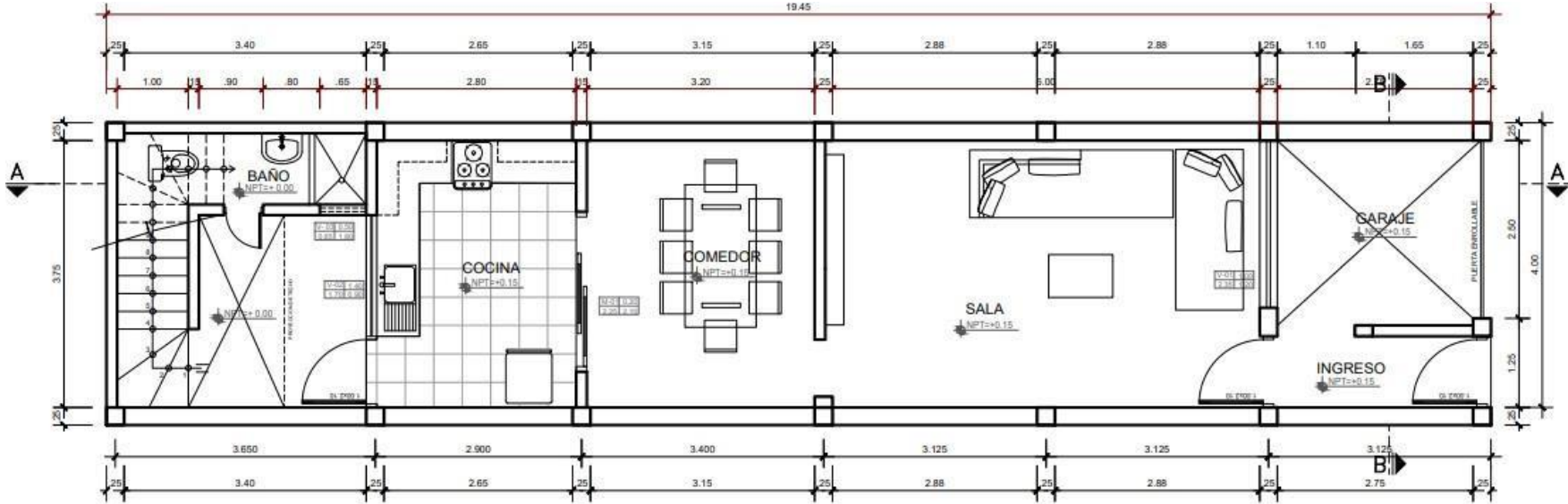
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable 1: Ferrocemento	
¿Es posible determinar que el ferrocemento es una alternativa viable mediante el comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos, Puente Piedra-2019?	Justificar el uso del ferrocemento como una alternativa viable mediante comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos, Puente Piedra-2019.	El uso del ferrocemento como alternativa viable es determinado por el comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos, Puente Piedra-2019.	Dimensiones	Indicadores
			Composición	-Relación de los componentes
Problema Especifico	Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico	Diseño estructural	Análisis estático y dinámico
¿Qué tanto será la distorsión en una vivienda de dos pisos de ferrocemento en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019?	Determinar la distorsión de una vivienda de dos pisos de ferrocemento y compararlo con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.	La distorsión en una vivienda de dos pisos de ferrocemento será menor en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.	Variable 2: Comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos	
			Resistencia	Distorsión
				Fuerza cortante
¿Qué tanto serán las fuerzas cortantes en una vivienda de dos pisos con ferrocemento en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019?	Determinar las fuerzas cortantes en una vivienda de dos pisos de ferrocemento y compararlo con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.	Las fuerzas cortantes en una vivienda de dos pisos de ferrocemento serán mayores en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.	Desplazamiento	
¿Qué tanto será el desplazamiento máximo en una vivienda de dos pisos de ferrocemento en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019?	Analizar el desplazamiento máximo en una vivienda de dos pisos de ferrocemento y compararlo con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.	El desplazamiento máximo en una vivienda de dos pisos de ferrocemento será menor en comparación con una de albañilería confinada, Puente Piedra-2019.		



### ANEXO 03: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLES

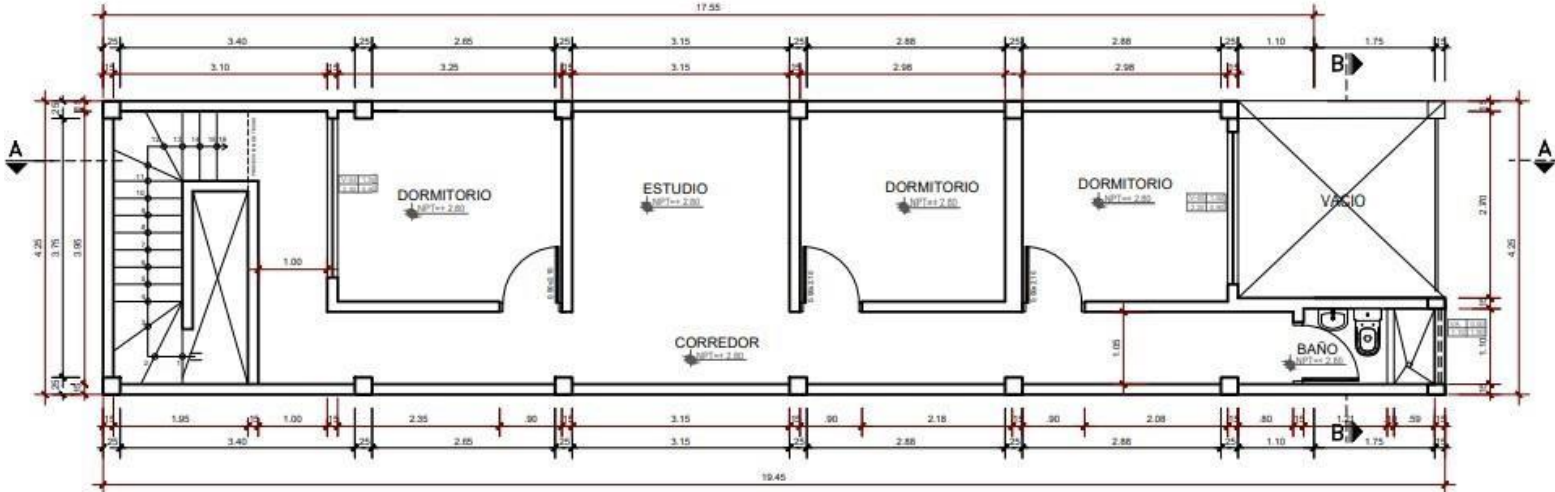
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO
Variable Independiente: Ferrocemento	Huanca Beбето (2019, p. 15) El ferrocemento es un sistema alternativo de construcción en edificaciones, es un material utilizado en la construcción de espesor delgado y flexible, compuesto por un número de mallas de alambres de acero de pequeño diámetro que están uniformemente distribuidas a través de una sección transversal y revestido con un mortero muy rico en cemento que cubre totalmente la malla de acero, logrando una estructura rígida y con una resistencia muy buena a la compresión y a la tracción.	El ferrocemento es un material que está compuesto por dos componentes: el mortero y las mallas de alambre, que juntas conforman un material alto en resistencia, con propiedades frente a la compresión y a la flexibilidad. Por estas razones se utilizan en países de vía en desarrollo como Cuba, Ecuador, Chile, entre otros.	Composición	Relación de los componentes	Experimentos Realizados (Antecedentes)
			Diseño estructural	Análisis estático y dinámico	Normas técnicas del reglamento nacional
Variable Dependiente: Comportamiento sísmico de una vivienda de dos pisos	Aslam Kassimali (2015, p. 3) Es la predicción del desempeño de una estructura ante las cargas prescritas y/o efectos externos, tales como movimientos en los apoyos y cambios de temperatura. Las características de interés en el desempeño del diseño de las estructuras son: esfuerzos o resultados de esfuerzos, tales como fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momentos de flexión; deflexiones; y reacciones en los apoyos. Por lo tanto, el análisis de las estructuras por lo general implica la determinación de esas cantidades como causa de una condición de carga.	En palabras sencillas el comportamiento sísmico es aquel que analiza las estructuras cuando ocurre un evento sísmico, para determinar que fuerzas actúan sobre éstas y obtener un diseño adecuado para posteriores edificaciones.	Resistencia	Distorsión	Modelamiento por el software ETABS
				Fuerza cortante	
				Desplazamiento	

**ANEXO 04:** Plano arquitectónico de albañilería confinada primer piso:




**PRIMER NIVEL**  
 ARQUITECTURA  
 ESC.: 1/75

**ANEXO 05:** Plano arquitectónico de albañilería confinada segundo piso:



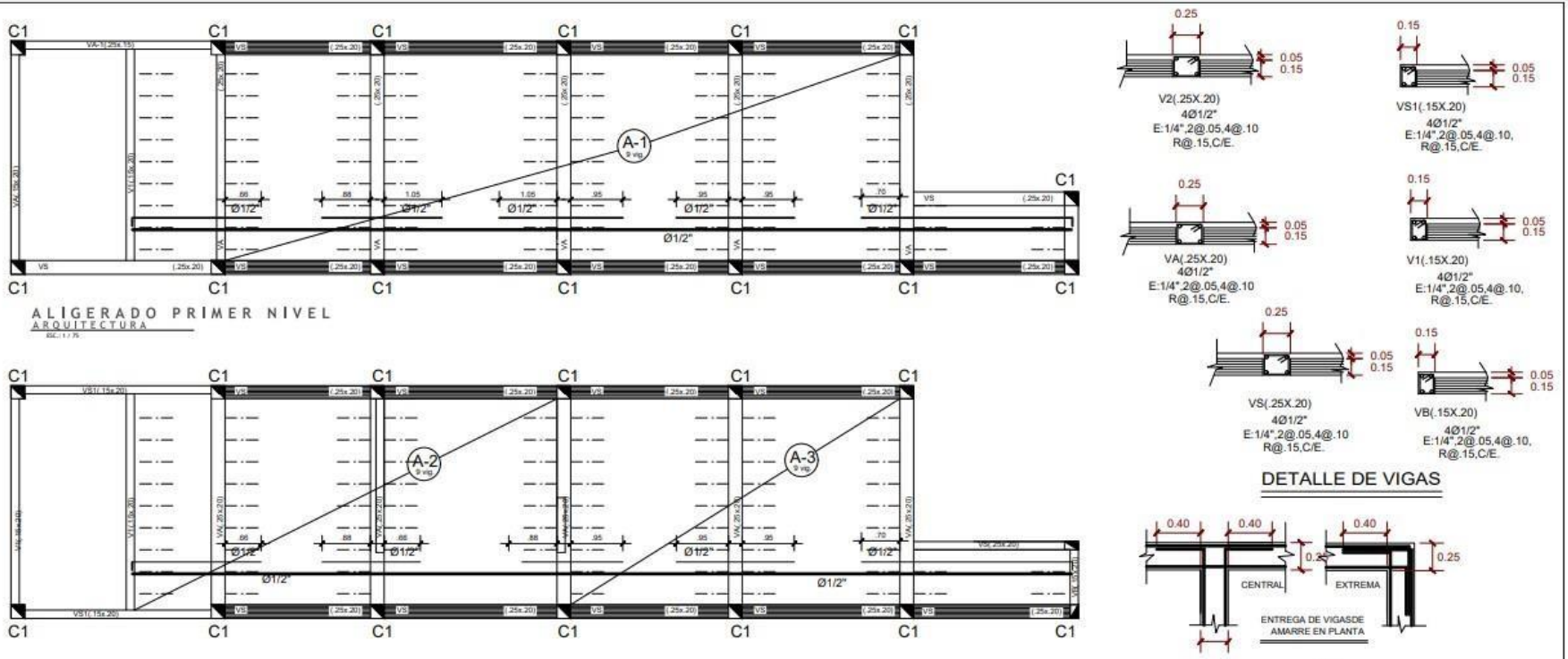
**SEGUNDO NIVEL**  
ARQUITECTURA  
E.C. 1/75

 <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE DOS PISOS CON FERROCEMENTO, PUENTE PIEDRA - 2019*		TESIS: OSORIO MARIANO DEVID KEVIN ASESOR: ING. CARLOS DANILO MINAYA ROSARIO		
	PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR	UBICACIÓN: AA. HH. SAN JUDAS TADED Mz. D lote 15		ESCALA: 1/75	COD. DE LAMINA: <b>A-01</b>
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	DEPARTAMENTO: LIMA PROVINCIA: LIMA DISTRITO: PUENTE PIEDRA	PLANO: DISTRIBUCIÓN: SISTEMA CONSTRUCTIVO: ALBAÑILERÍA CONFINADA		FECHA: NOVIEMBRE 2020	N° DE LAMINA:

**ANEXO 06:** Plano de corte y elevaciones de albañilería confinada:

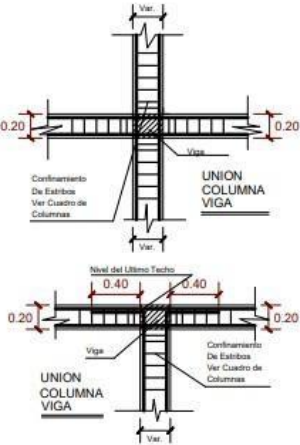
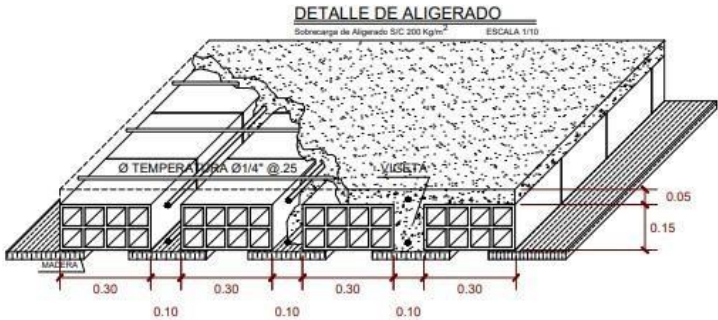



**ANEXO 07:** Plano de aligerados de albañilería confinada:



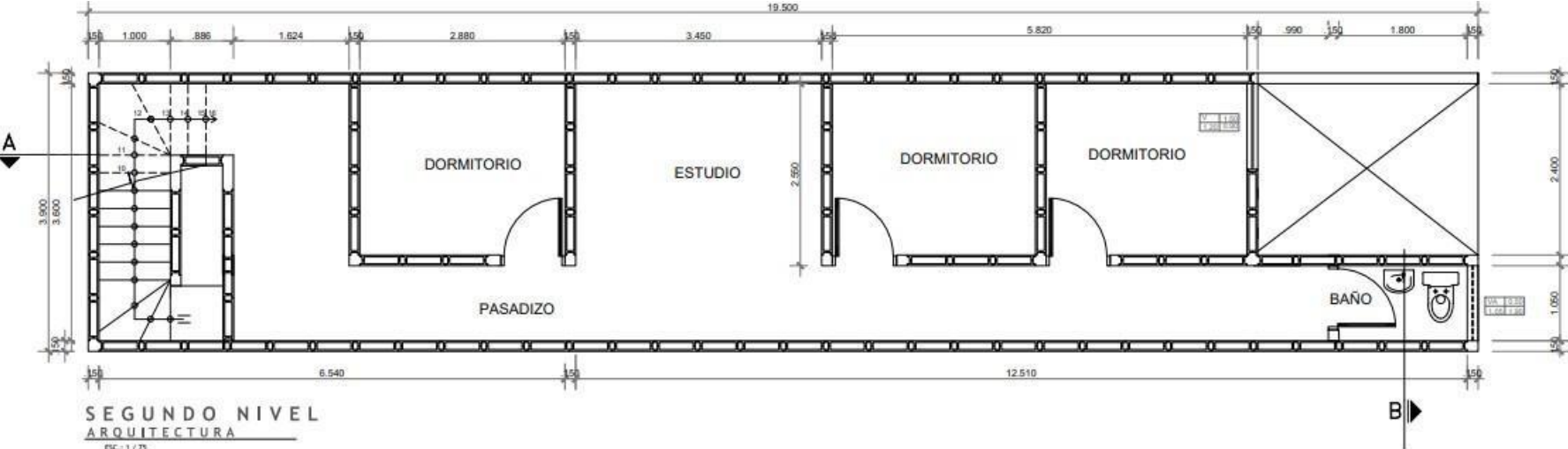
**ANEXO 08:** Plano de aligerados de albañilería confinada:

ALIGERADO SEGUNDO NIVEL  
ARQUITECTURA

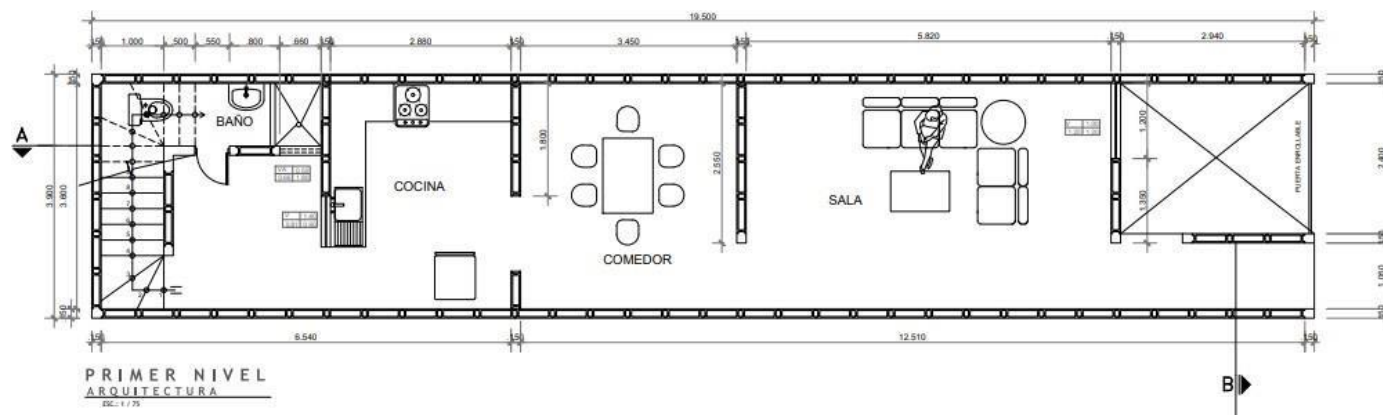



 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:		TESISTA:	
	COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE DOS PISOS CON FERROCEMENTO, PUENTE PIEDRA - 2019*		OSORIO MARIANO DEVID NEWI	
	PROYECTO:	UBICACIÓN:	ASESOR:	
	VIVIENDA UNIFAMILIAR	AA.HH.SAN JUDAS TADEO Mz. D lote 15	MG.CARLOS DANIL MIMAYA ROSARIO	
FACULTAD DE INGENIERIA	DEPARTAMENTO:	ESCALA:	COD. DE LAMINA:	
ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	LIMA	1/75	E-01	
	PROVINCIA:	FECHA:		
	LIMA	NOVIEMBRE 2020		
	DISTRITO:			
	PUENTE PIEDRA			
			N° DE LAMINA:	

**ANEXO 09:** Plano arquitectónico de ferrocemento segundo piso:



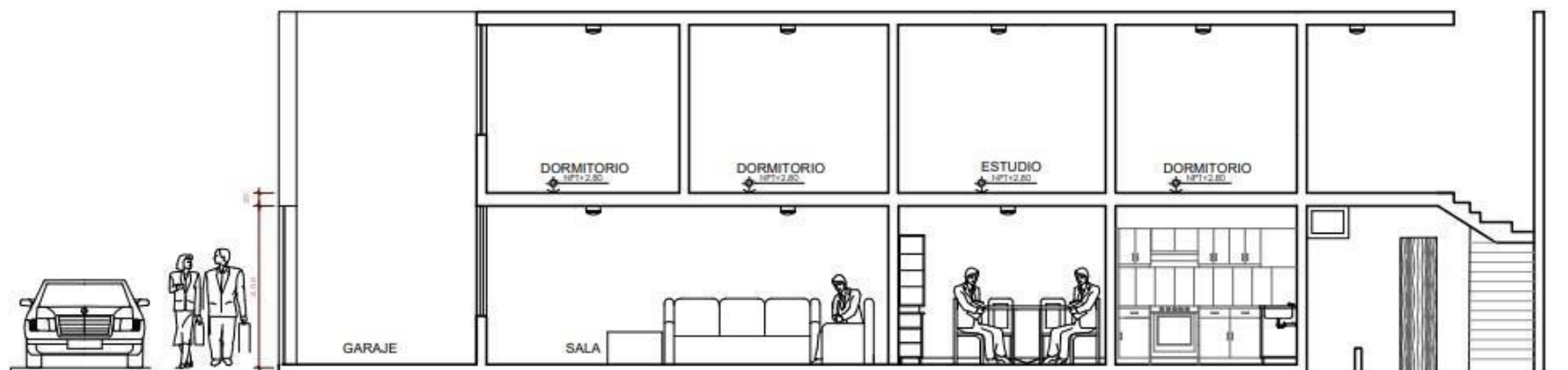
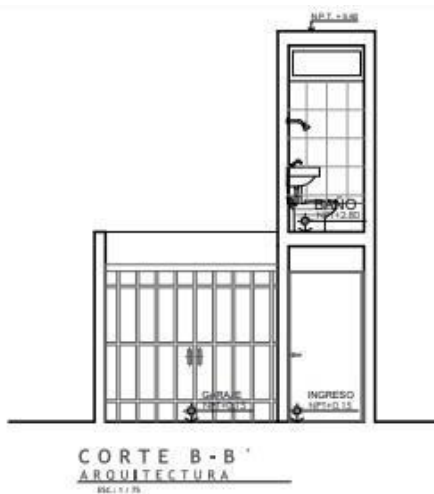
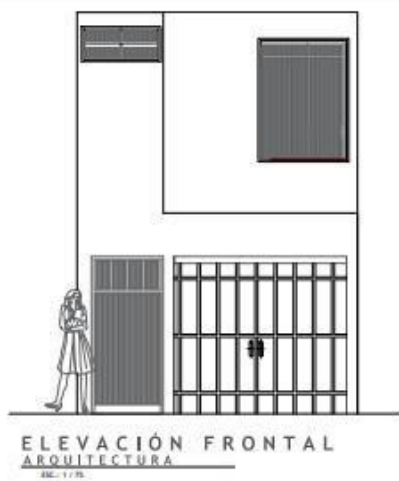
## ANEXO 10: Plano arquitectónico de ferrocemento primer piso:



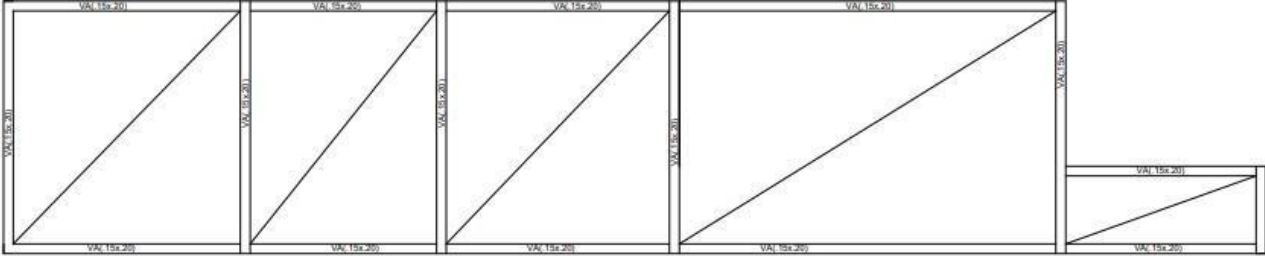
 <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA DE DOS PISOS CON FERROCEMENTO, PUENTE PIEDRA - 2019*		TESTISTA: OGDIO MARIANO DEVID KEVIN	
	PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR		ASESOR: MG. CARLOS DANIEL MINAYA ROSARIO	
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	UBICACIÓN: AA.HH.SAN JUDAS TADEO Mz. D lote 15		ESCALA: 1/75	
	PLANO: DISTRIBUCIÓN		C.O. DE LAMINA: <b>A-01</b>	
DEPARTAMENTO: LIMA PROVINCIA: LIMA DISTRITO: PUENTE PIEDRA		SISTEMA CONSTRUCTIVO: FERROCEMENTO		FECHA: NOVIEMBRE 2020
			N° DE LAMINA:	



**ANEXO 11:** Plano de corte y elevaciones de ferrocemento:

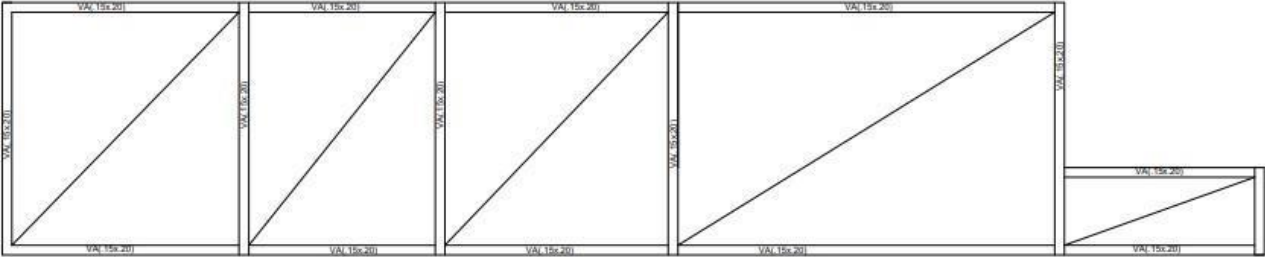


**ANEXO 12:** Plano de aligerados de ferrocemento:



**ALIGERADO SEGUNDO NIVEL**  
ARQUITECTURA

ESC.: 1 / 75



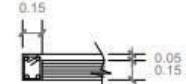
**ALIGERADO PRIMER NIVEL**  
ARQUITECTURA

ESC.: 1 / 75

**DETALLE DE VIGAS**

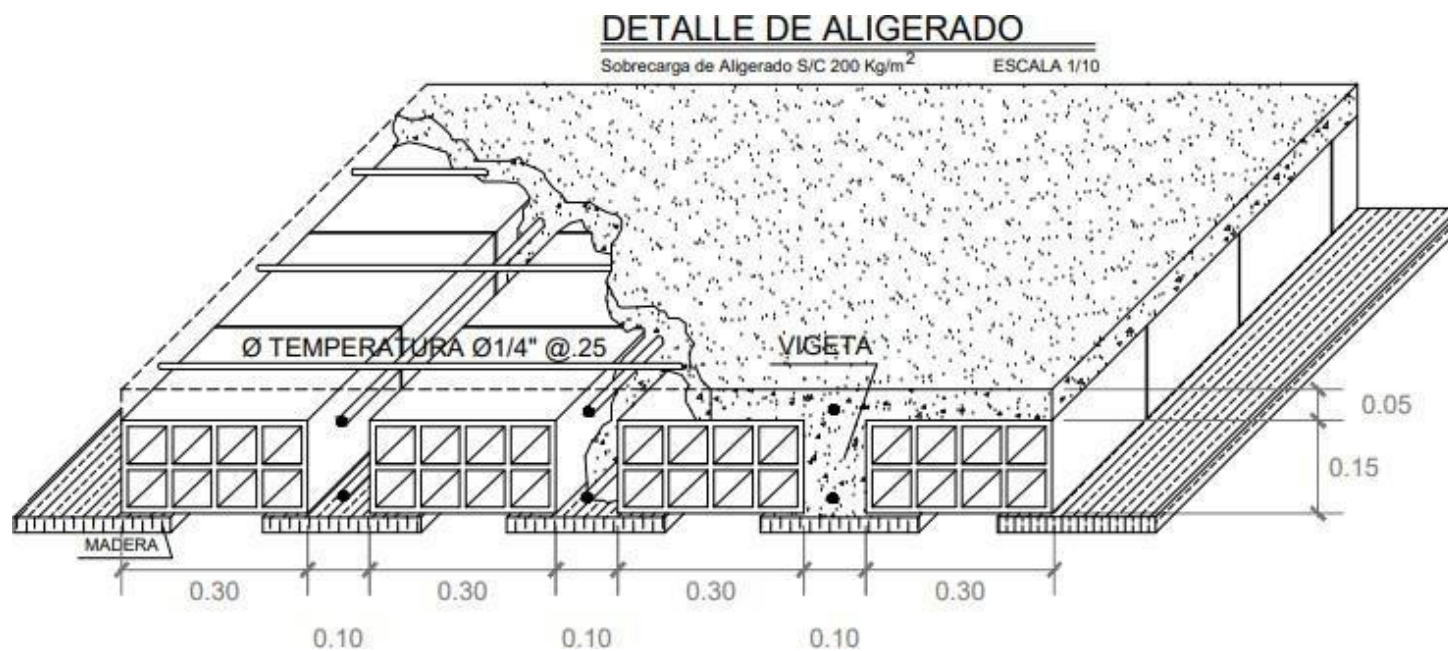


VS1 (-15X.20)  
4Ø1/2"  
E: 1/4" 2 @ .05.4 @ .10,  
R @ .15, C/E.



V1 (-15X.20)  
4Ø1/2"  
E: 1/4" 2 @ .05.4 @ .10,  
R @ .15, C/E.

**ANEXO 13: Detalle del aligerado:**



## ANEXO 14: Certificado de laboratorio del tesista



### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

## CONSTANCIA

El que suscribe Ing. Herson Duberly Pari Cusi, Coordinador de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca.

#### HACE CONSTAR

Que el Bachiller en Ingeniería Civil:

**BEBETO HUANCA QUISPE**

Código universitario N° 201322723

Ha realizado ensayos en el Laboratorio de Tecnología del Concreto y Ensayos de los Materiales y el Laboratorio de Estructuras para completar su trabajo de tesis denominado: "Análisis de factibilidad técnica y económica de viviendas estructuradas con ferrocemento para las zonas rurales del distrito de Taraco - Puno" con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos efectuados por el tesista fueron los siguientes:

- ✓ 03 Ensayos de Análisis Granulométrico por Tamizado.
- ✓ 03 Ensayos de Contenido de Humedad.
- ✓ 36 Ensayos de Resistencia a la Compresión en Probetas de Concreto.
- ✓ 09 Ensayos de Carga Horizontal.
- ✓ 03 Ensayos de Compresión Diagonal.

Los trabajos se realizaron en el Laboratorio de Tecnología del Concreto y Ensayos de los Materiales y el Laboratorio de Estructuras, llevándose a cabo entre el 21/12/2018 al 05/02/19.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime por conveniente.

Juliaca, Villa Chulinquani, 22 de febrero del 2019



Ing. Herson Duberly Pari Cusi  
Coordinador E.P. de Ingeniería Civil



Ing. Yesenia Apaza Pinto  
Encargada del Laboratorio



PROYECTO	: Análisis de factibilidad técnica y económica de viviendas estructuradas con ferrocemento para las zonas rurales del distrito de Tinaco – Puno.		
CANTERA	CABANILLAS, MARAVILLAS, ISLA	TESISTA.	Bach. Bebero Huancu
MUESTRA	BRIQUETAS DE CONCRETO	ING. RESP.	Ing. Ysenia Apaza
UBICACIÓN	SAN ROMAN - JULIACA	FECHA	Febrero de 2019

ENSAJO:

### RESISTENCIA 7 DIAS

Probetas	Cantera	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fuerza de falla (kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MMA-01	Cantera Maravillas	19.900	10.011	14825.100	188.357	184.202
MMA-02		19.700	10.183	14943.400	183.488	
MMA-03		19.933	10.253	14924.400	180.761	
MC-01	Cantera Cabanillas	20.200	10.214	17818.800	217.455	216.650
MC-02		20.000	10.233	17668.400	214.819	
MC-03		19.650	10.246	17948.800	217.675	
MP-01	Patron	19.867	10.287	19131.000	230.181	237.129
MP-02		19.617	10.193	19784.400	242.470	
MP-03		19.950	10.251	19702.100	238.736	
MI-01	Cantera Isla	19.783	10.281	18400.500	221.636	225.163
MI-02		20.083	10.260	18070.900	218.587	
MI-03		20.233	10.135	18981.300	235.266	

### RESISTENCIA 14 DIAS

Probetas	Cantera	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fuerza de falla (kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MMA-04	Cantera Maravillas	20.100	10.148	18244.500	225.570	227.957
MMA-05		19.833	10.176	18210.400	223.026	
MMA-06		19.533	10.158	18992.800	234.375	
MC-04	Cantera Cabanillas	19.983	10.200	21844.000	267.326	269.190
MC-05		20.050	10.205	21983.700	268.790	
MC-06		20.050	10.209	22220.300	271.452	
MP-04	Patron	19.683	10.182	23785.400	292.096	289.751
MP-05		20.000	10.170	23040.300	283.614	
MP-06		20.017	10.162	23806.200	293.542	
MI-04	Cantera Isla	19.950	10.152	21536.700	266.064	262.822
MI-05		19.833	10.165	21478.400	264.665	
MI-06		19.817	10.250	21266.000	257.737	

### RESISTENCIA 28 DIAS

Probetas	Cantera	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Fuerza de falla (kg)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MMA-07	Cantera Maravillas	20.000	10.147	21227.600	262.521	252.558
MMA-08		20.550	10.589	21122.600	239.854	
MMA-09		20.050	10.258	21099.100	255.299	
MC-07	Cantera Cabanillas	20.133	10.157	23814.100	293.890	287.480
MC-08		20.133	10.180	23331.300	286.632	
MC-09		20.167	10.196	23016.800	281.919	
MP-07	Patron	20.167	10.199	26483.100	324.163	330.185
MP-08		19.650	10.213	26653.800	325.359	
MP-09		19.900	10.127	27471.100	341.033	
MI-07	Cantera Isla	20.000	10.125	25408.300	315.549	309.703
MI-08		19.733	10.372	25413.100	300.756	
MI-09		19.933	10.131	25215.300	312.802	