



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Determinación de eficiencias entre CRFP y perfiles metálicos como
reforzamiento de losa aligerada con fines de aumento de carga **400
kg/m²****

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Flores Quispe, Jimmy Franco (ORCID: 0000-0001-6885-1045)

ASESOR:

Dr. Suarez Alvites, Alejandro (ORCID: 0000-0002-9397-057X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios, a mis padres y hermano por el apoyo constante, por la confianza que depositaron en mí, así lograr a motivarme a culminar este proyecto. A mi esposa y mis hijas por la fuerza y el aliento a continuar con mi crecimiento profesional.

Agradecimiento

A mis padres, hermano y esposa por estar en cada momento pendiente de mi crecimiento personal y profesional, a mi asesor por su apoyo académico y consejos que hacen que sea un mejor profesional.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de abreviaturas.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. MÉTODO	19
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2 Variables y operacionalización	20
3.3 Población, muestra y muestreo	22
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
3.5 Procedimientos	23
3.6 Método de análisis de datos.....	24
3.7 Aspectos éticos	34
IV. RESULTADOS	28
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS.....	53
ANEXOS	28

Índice de tablas

Tabla 1: Cuadro de usos del acero	12
Tabla 2: Propiedades mecánicas del acero	12
Tabla 3 Microzonificación sísmica	15
Tabla 4 Parámetro de sitio	15
Tabla 5 Factor de uso de edificación	16
Tabla 6 Coeficiente de reducción (R_o)	17
Tabla 7 Clasificación de viviendas	22
Tabla 8 Comparación de cargas.....	25
Tabla 9: Propiedades de FRP	32
Tabla 10: Factores de cálculo de cargas.....	32
Tabla 11: Peso sísmico de los edificios (t)	30
Tabla 12: Cortante basal estático de los edificios (t).	30
Tabla 13: Cortante basal dinámico de los edificios (t).....	30
Tabla 14: Desplazamientos máximos en cada nivel por carga sísmica.....	31
Tabla 15: Verificación por distorsión permisible.	31
Tabla 16 Momentos en viguetas de aligerado (t-m), por cargas de gravedad.	31
Tabla 17: Redistribución de Momentos en viguetas de aligerado (t-m), por cargas de gravedad.	32
Tabla 18 Momentos en vigas (t-m), por la envolvente de cargas	32
Tabla 19: Fuerza cortante en viguetas de aligerado (t), por cargas de gravedad	32
Tabla 20 Fuerza cortante en vigas (t), por la envolvente de cargas	32
Tabla 21: Resumen de esfuerzos vs la capacidad admisible del suelo.....	35
Tabla 22 Figura Propiedades de materiales	36
Tabla 23 Factores de reducción	36
Tabla 24 Análisis de cálculo.....	37
Tabla 25: Cuadro de comparación de esfuerzos	39
Tabla 26 Cuadro comparativo de esfuerzos	42

Índice de figuras

Figura 1: Polímero reforzado con fibra de carbono	12
Figura 2 Factor de zona "Z"	14
Figura 3 Peso total de la vivienda	25
Figura 4 Modelo de elementos finitos utilizado, aplicación de Cargas Vivas (400	27
Figura 5: Deformaciones por cargas en servicio (Carga muerta + Carga viva).....	28
Figura 6 Momentos flectores $Mu3$ (t-m) sobre vigueta de losa ubicada en ejes 1-2/A-C. Estado 1.4D+1.7L+1.7ΔL.....	29
Figura 7: Fuerzas cortantes $Vu2$ (t) sobre vigueta de losa ubicada en ejes 1-2/A-C. Estado 1.4D+1.7L+1.7ΔL.....	29
Figura 8 Momentos flectores últimos $Mu3$ (t-m) sobre las vigas de los ejes 1 y 2 - Estado: Envoltente.....	30
Figura 9 Fuerzas cortantes $Vu2$ (t) sobre las vigas de los ejes 1 y 2. Estado: Envoltente	30
Figura 10: Sección a reforzar.....	31
Figura 11: Detalle de viga	34
Figura 12: Análisis modal a flexión transversal y torsional	29
Figura 13: Análisis modal a flexión longitudinal	30
Figura 14 Corte típico de cimiento corrido.	33
Figura 15Cimentación existente. Esfuerzos en el suelo, combinación Carga Muerta + Carga Viva (kg/cm ²).....	34
Figura 16Cimentación existente. Esfuerzos en el suelo, combinación Carga Muerta + Carga Viva ± Sismo dirección X (kg/cm ²).	34
Figura 17 Cimentación existente. Esfuerzos en el suelo, combinación Carga Muerta + Carga Viva ± Sismo dirección Y (kg/cm ²).	35
Figura 18Sección y ubicación de columnas analizadas.....	36
Figura 19:Diagrama de interacción Dir X.....	38
Figura 20 Diagrama de interacción en Y.....	38
Figura 21: Diagrama momento curvatura con FRP- ductilidad con FRP.....	40
Figura 22 Detalle de nueva distribución de Luz tributaria	41
Figura 23 Ubicación del gimnasio doméstico en el encofrado del 2do piso.....	43
Figura 24: Esquemas de reforzamiento con FRP, por debajo de la losa	44
Figura 25: Esquemas de reforzamiento con Vigas metálicas, por debajo de la losa.....	45
Figura 26 Grafica de momento vs curvatura del diseño B 4 Ø 3/4"	46
Figura 27: Esquemas de reforzamiento con FRP, por debajo de la losa	47
Figura 28: Esquemas de reforzamiento con Vigas metálicas, por debajo de la losa.....	48

Índice de abreviaturas

Cfrp: Carbón fiber reinforced polymer (Polímeros reforzada de fibra de carbono)

RNE: Reglamento nacional de edificaciones

ACI: American Concrete Institute (Instituto americano del concreto)

SAE: Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotores).

Prf: Polymer reinforced fiber (Polímeros de fibra reforzado)

Prfv: Polymer reinforced fiber (Polímeros reforzado de fibra de vidrio)

NSR: El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente

V: Carga sísmica que actúa durante un sismo

Z: Factor de zona

U: Factor de uso

C: Coeficiente sísmico

S: Factor de suelo

P: Peso total de la vivienda

R: Factor de reduction

Pd: Carga muerta

Pl: Carga viva

F^c: Fuerza de compresión

µm: Micra

Mm: Milímetro

Kg: Kilogramo

m²: Metro cuadrado

Tn: Toneladas

D: Carga muerta, correspondiente al peso propio de los elementos estructurales y no estructurales

L: Carga Viva, correspondiente al peso de las sobrecargas.

ΔL: Carga Viva adicional correspondiente al cambio de uso

EX, Y: Carga Sísmica, correspondiente al análisis modal espectral.

Resumen

El presente trabajo demuestra la viabilidad técnica del reforzamiento de una losa para mejorar su resistencia a las cargas distribuidas de una edificación de albañilería confinada. En el estudio se comparan dos técnicas de reforzamiento, usando la fibra CFRP y usando la estructura metálica. Los cálculos de reforzamiento se alinearon con las normas E020, E030, E060 y la ACI 440. Las características geométricas de la fibra CFRP propuesta son 0.05m de ancho, en una longitud de 3.65m y 1mm en espesor. Tiene una resistencia a la flexión de 123.4 Mpa y un módulo resistente a la compresión longitudinal de 77.2 Gpa. Para la viga metálica las características geométricas son tipo H (W10x17) con espesor de ala de 0.84cm y espesor de alma de 0.61cm. Tiene un módulo de elasticidad de $E = 2100,000 \text{ kg/cm}^2$ y un esfuerzo de fluencia del acero a $f_y = 2,530.0 \text{ kg/cm}^2$. La losa está sujeta a una carga viva mínima distribuida de 200 kg/m^2 , luego del reforzamiento tendrá una capacidad de soporte de 400 kg/m^2 . Ambos sistemas de reforzamiento cumplen con el objetivo esperado; no obstante, el reforzamiento con CFRP resulta económicamente adecuado a diferencia de las vigas metálicas que son costosas. Otra de las bondades de la CFRP es que no experimenta problemas de corrosión, es de fácil instalación, en su aplicación deja cantidad mínima de residuos, y su capacidad máxima de esfuerzo último de tensión es 10054 kg/cm^2 . Para los trabajos de diseño se usaron tablas de Excel y el software ETABS 2017, permitiendo apreciar áreas y secciones necesarias para estimar los reforzamientos, y que pueda cumplir con las normas de construcción peruana, sismo-resistente visto en el RNE 030, además de las cargas permitidas por la norma E020. Los elementos estructurales que están confinados con la losa y que soportan los esfuerzos sísmos resistentes de la edificación, también fueron evaluados en términos de reforzamiento; los cálculos de diseño, planos de corte y secciones complementaron el desarrollo del proyecto. Los resultados de este proyecto tiene una enorme implicancia en la industria de la construcción, ya que la metodología puede aplicarse al reforzamiento de losas aligerada cuya antigüedad supera los 30 años y no cumplen con la capacidad para soportar las cargas mínimas de diseño. Los reforzamiento finalmente prolongaran la vida útil de las edificaciones, reduciendo la demanda de materiales de construcción.

Palabras clave: Reforzamiento, diseño, uso de edificación, cfrp, losa aligerada.

Abstract

This work demonstrates the technical feasibility of reinforcing a slab to improve its resistance to the distributed loads of a confined masonry building. In the study two reinforcement techniques are compared, using the CFRP fiber and using the metallic structure. Reinforcement calculations were aligned with E020, E030, E060 and ACI 440 standards. The geometric characteristics of the proposed CFRP fiber are 0.05m wide, 3.65m long and 1mm thick. It has a flexural strength of 123.4 Mpa and a longitudinal compression resistant modulus of 77.2 Gpa. For the metal beam the geometric characteristics are type H (W10x17) with a wing thickness of 0.84cm and a web thickness of 0.61cm. It has a modulus of elasticity of $E = \text{avg } 2,100,000 \text{ kg / cm}^2$ and a yield stress of the steel at $f_y = 2,530.0 \text{ kg / cm}^2$. The slab is subject to a minimum distributed live load of 200 kg / m^2 , after reinforcement it will have a bearing capacity of 400 kg / m^2 . Both reinforcement systems meet the expected objective; however, CFRP reinforcement is economically adequate unlike expensive metal beams. Another of the benefits of the CFRP is that it does not experience corrosion problems, it is easy to install, in its application it leaves a minimum amount of residue, and its maximum ultimate tensile stress capacity is 10054 kg / cm^2 . For the design works, Excel tables and the ETABS 2017 software were used, allowing to appreciate areas and sections necessary to estimate the reinforcements, and that can comply with the Peruvian construction regulations, earthquake-resistant seen in the RNE 030, in addition to the loads allowed by the E020 standard. The structural elements that are confined with the slab and that support the earthquake resistant stresses of the building, were also evaluated in terms of reinforcement; Design calculations, section plans and sections complemented the development of the project. The results of this project have an enormous implication in the construction industry, since the methodology can be applied to the reinforcement of lightweight slabs whose age exceeds 30 years and do not meet the capacity to withstand minimum design loads. The reinforcements will finally prolong the useful life of the buildings, reducing the demand for construction materials.

Keywords: Reinforcement, design, use of building, cfrp, light slab.

INTRODUCCIÓN

Moncayo Theurer, M., Rodriguez, J., Alcivar, Lopez, Soriano, & Villacis,(2016) explicaron:

El factor de riesgo de una estructura antigua se produce por deficiencias en los elementos estructurales tales como: (1) aumento de carga; (2) cumplieron su vida útil de servicio; (3) cambios de uso; (4) deterioro en el acero y concreto, y (5) posible proceso erróneo de construcción. En el tiempo de servicio de la vivienda es importante realizar un análisis a la estructura, y así de evaluar posible acción para refuerzo de componentes. En el proceso de construcción y uso pueden surgir situaciones que afecten negativamente a la capacidad esperada y en ciertos casos, producir fallas que podrían llevarlas al colapso. A lo largo de su servicio, la estructura se someterá a cargas muertas, vivas, ocasionales, sísmicas y de viento. Es probable que los materiales reciban el ataque de agentes externos, como la salinidad y es por ello que cada cierto tiempo es conveniente revisiones de la estructura y establecer el programa de reparación y reforzamiento para mantener sus capacidades. (p.58)

En el presente proyecto usaremos dos alternativas de reforzamiento, analizaremos su eficiencia: el acero y la fibra de carbono.

Deghenhard, C., Teixeira, T., Vargas, A., Vito, M., Piccinini, A., & Do Vale Silva, B. (2016) Le incremento de carga de una estructura de concreto armado tiene como opción el uso del acero estructural (p. 188)

Moncayo Theurer M, el al., (2016) explicaron características y propiedades de fibra de carbono para uso en reforzamiento en diversas estructuras de concreto, y recomiendan su uso por su rápida aplicación y sin dejar residuos (p.59)

Realidad problemática

Moncayo Theurer M, el al., (2016) explicaron:

En ciertas ocasiones se determina que la estructura requiere aumentar su resistencia en función de las demandas reales. En otras ocasiones, las estructuras se someten a eventos excepcionales que provocan daños que deben ser reparados urgentemente. Hay un tipo de reparación que restituye las características de resistencia original de la estructura, pero por limitaciones económicas los dueños deciden elegir reparaciones

cosméticas y superficiales, que permiten ver superficialmente la estructura en buen estado, pero desde el punto de vista mecánico, la estructura continúa con daños. (p.58)

Martinez Gonzales, Correa Beltran, & Díaz Pérez, 2019 (2019) indicaron:

En los países como Japón, Canadá, estados Unidos y otros, por los años 60, empieza el uso de materiales compuestos por fibras no metálicas, como los Polímeros Reforzados con Fibra (PRF), como alternativa para eliminar ese problema del armado en las estructuras de hormigón y con ello incrementar la vida útil de las edificaciones. (p.3)

Tananta Tejada & Salcedo Viera, 2019. (2019) indicaron:

La necesidad de contar con una vivienda, ha hecho que las personas se instalen en las zonas periféricas de la ciudad. Todo como consecuencia del incremento anual del 1.03% que tiene nuestro País. Al contar con pocos recurso económicos el poblador se ve en la obligación de acordar precios bajos en la mano de obra, conllevando a una construcción informal, las estructuras son construidas con material de baja calidad y sin supervisión. (p. 22)

No solo en nuestro País se da la problemática de buscar un adecuado reforzamiento, también en otros países.

S. Amorim & C.Oliveira (2015) realizaron:

Un estudio de reforzamiento, a través del encamisado de columnas, en el cual aumentan la capacidad de carga de las columnas sin modificar sus dimensiones, todo esta técnica la aplicaron en el edificio histórico “Casarao” Rio Branco, Brasil, con la finalidad de mantener el proyecto arquitectónico original. Obteniendo resultados óptimos pues las columnas arrojaron una capacidad portante mayor a los requeridos, todo ello sin cambiar la arquitectura.

Justificaciones

El diseño de reforzamiento de la losa aligerada con los materiales de fibra CFRP y estructuras metálicas será de gran utilidad a toda aquella vivienda que presente deficiencia y requiera reforzamiento en la losa aligerada, todo esto ante algún cambio de uso y que previo a un diseño lo pueda emplear, puesto que mejorará su resistencia a las cargas, incurrirá en bajos costos y su método de empleo es rápido frente a los

reforzamiento tradicionales de concreto. Además de ello le daremos mayor difusión a estas técnicas que se vienen empleando en varios países.

Justificación técnica El objetivo es evaluar y diseñar un tipo de reforzamiento a la losa aligerada, usando el material de la fibra CFRP y el metal. Se analizara el área a reforzar y se usaran los procedimientos de reforzamiento en base a las normas de cargas E 020 y sismo resistentes E 030 estipuladas en el RNE.

Moncayo Theurer M, et al., (2016) explicaron: “Muchas estructuras por haber superado su vida útil o haber sobrepasado un evento catastrófico requieren de una intervención para restaurar su capacidad” (p.61).

Deghenhard, C. (2016) explicaron: La condición para los servicios de recuperación y refuerzos de las estructuras de concreto depende del análisis preciso de las causas que los hace necesarios y el estudio detallado de los efectos producidos (p.189).

Justificación económica: Los resultados de reforzamiento con la CFRP costara más que el reforzar con el metal, cabe mencionar que la CFRP tiene un tiempo de vida útil mayor que el metal, además de no presentar mantenimiento. Todo eso conlleva a que un mayor costo tendrá mayor beneficio a futuro. Todo ello comparando con los reforzamientos empíricos que la comunidad realiza, es más beneficioso. A comparación del acero, Moncayo Theurer M, et al., (2016) explicaron: “La fibra de carbono lo supera 10 veces en resistencia, ya que puede alcanzar una pureza de hasta el 99% de carbono. En la construcción, utilizar fibra de carbono, actualmente, es caro en comparación con otros materiales pero ofrece beneficios superiores que cualquier otro” (p.61).

Deghenhard, C. (2016) explicaron: Para un correcto desempeño mecánico de refuerzo estructural es imprescindible la adecuada elección de las configuraciones y técnicas, sumado a ello concede una adecuada relación costo/beneficio en la rehabilitación (p. 189).

Sobre la base de realidad problemática expuesta se presenta en dos grupos. El problema general de la investigación fue ¿Cuál de las dos técnicas, el uso de la fibra de carbono o la estructura metálica es más eficiente en el reforzamiento de losa aligerada con fines de cambio de aumento de carga? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

PE1: ¿Cuál es la eficiencia de la fibra de carbono en el reforzamiento de losa aligerada con fines de aumento de carga?

PE2: ¿Cuál es la eficiencia de la estructura metálica en el reforzamiento de losa aligerada con fines de cambio de aumento de carga?

El objetivo general fue determinar la eficiencia de la fibra de carbono y de la estructura metálica en el reforzamiento de losa aligerada con fines de aumento de carga. Los objetivos específicos son:

OE1: Determinar la eficiencia de la fibra de carbono en el reforzamiento de losa aligerada con fines de aumento de carga.

OE2: Determinar la eficiencia de la estructura metálica en el reforzamiento de losa aligerada con fines de aumento de carga.

II. MARCO TEÓRICO

La recopilación de diversas investigaciones con fuentes tanto del ámbito internacional como nacional, en referencia al tema de nuestra tesis, me brinda un mayor panorama y sustento confiable. Así poder diseñar, verificar y comprobar que el uso de los dos materiales sea eficientes en el reforzamiento de la losa aligerada como cambio de uso. Se tomaron artículos nacionales e internacionales de revistas indexadas, provenientes de Redalyc, Scopus y Scielo, con un orden de aparición desde el más reciente hasta el más antiguo. La toma de información enriquecerá desde el punto técnico, teórico y operacional a nuestro proyecto. Los artículos obtenidos como antecedentes son del ámbito de la ingeniería, usando como punto principal el diseño de reforzamiento, además de abarcar el aporte social. Las teorías y enfoques conceptuales presentados son a la vez de fuente confiable, como google scholar, normas, tesis, libros.

Antecedentes internacionales

Realizaron el estudio de reforzar vigas de concreto armado del edificio Regis, ubicado en la zona 2 de la Habana Cuba, usando barras de polímeros reforzado con fibra de vidrio.

(Martinez Gonzales, Correa Beltran, & Díaz Pérez, 2019) Se ha utilizado el método de los Estados Límites y la investigación (ACI 440 1R-15 y ACI 440 2R-08). Los (PRFV) son materiales que destacan por sus excelentes propiedades: elevada resistencia a la tracción, ligereza, corrosión nula. Recomiendan plantear un análisis económico en donde se incluyan costos de materiales, mano de obra, equipos, ejecución y mantenimiento, así se permita establecer criterios de comparación con otras técnicas de reforzamiento.

(C. de Oliveira, R.Damasco, & L.Brasco, 2018) El objetivo del proyecto es el estudio de encamisado parcial de columnas de concreto, siendo materia de investigación 6 columnas sometidas a esfuerzos de flexo-compresión. Las columnas fortalecidas PTS, PCS, PTSR y PCSR mostraron un comportamiento similar, sin evidencia deformaciones en la superficie original del hormigón, lo que indica que el hormigón entre el refuerzo las capas no fueron aplastadas. Dicho refuerzo fue más beneficioso cuando se usó en el área más estrecha.

(Moncayo Theurer, y otros, 2016) Estudiaron la fibra de carbono como opción de refuerzo de una estructura. Utilizaron como muestra la fibra de carbono así estudiar sus componentes, propiedades y ventajas ante otros materiales realizando un estudio explicativo. Obteniendo como resultado que la fibra de carbono es más resistente al acero, ya que puede alcanzar una pureza de hasta el 99% de carbono. Una tela de fibra de carbono puede llegar a tener hasta 400,000 hilos más delgados que un cabello humano que se unen para generar su gran resistencia. Así mismo recomiendan que una forma muy moderna y práctica de restaurar la capacidad de una estructura es la fibra de carbono ya que este material ofrece características excelentes para la asimilación de esfuerzos y es poco vulnerable.

(Deghenhard, y otros, 2016) Usando planchas metálicas como refuerzo con características SAE 1020, realizaron un análisis experimental a 21 vigas sometidas a esfuerzos de flexión en 4 puntos. Se concluye que el ensanchamiento de las vigas con el material de refuerzo, proporcionan un bajo factor de esfuerzo a flexión. Entretanto se puede decir que el uso de planchas metálicas rectas tiene un uso admisible y al no llevar insertos son trabajos, de rápida realización. Así mismo recomiendan el uso de chapas coladas puesto que tiene un bajo costo y generan un mayor aumento a la capacidad portante de las vigas, siempre y cuando no lleven pernos como anclaje.

(S. Amorim & C.Oliveira, 2015) Realizaron un estudio de reforzamiento, a través del encamisado de columnas, en el cual aumentan la capacidad de carga de las columnas sin modificar sus dimensiones, todo esta técnica la aplicaron en el edificio histórico “Casarao” Rio Branco, Brasil, con la finalidad de mantener el proyecto arquitectónico original. Obteniendo resultados óptimos pues las columnas arrojaron una capacidad portante mayor a los requeridos, todo ello sin cambiar la arquitectura.

(Alfaro Medina & Jerez Tellez, 2015) Realizaron un proyecto con la necesidad de implementar un análisis de vulnerabilidad y reforzamiento para tres edificios a porticados los cuales se componen de dos plantas. El método de análisis utilizado es el recomendado por la norma sismo-resistente NSR-10, A10. La estructura analizada presentan un sistema de resistencia sísmica de pórticos resistentes a momentos de baja rigidez, generando que la estructura sea flexible; dicha flexibilidad se ve reflejada en los grandes desplazamientos laterales que sobrepasan los porcentaje permitidos por la

NSR 2010, lo que con lleva a plantear, la separación a estructuras independientes y la adición de un reforzamiento externo garantizando la adecuada distribución de la fuerza sísmica y un control del índice de flexibilidad menor a la unidad.

(Ochoa Román & Ulcuango Merino, 2014) Estudiaron la importancia del análisis del fenómeno sísmico en el territorio ecuatoriano, con el objetivo de poder realizar el diseño de reforzamiento a viviendas construidas con sistema de losas planas. Como muestra se tomó una vivienda ubicada al norte de Quito, realizando una inspección in situ de los elementos estructurales y mampostería de relleno. Después de realizar el procedimiento descrito, se pudo dar un diagnóstico de la seguridad sísmica de la vivienda, estableciendo que se trata de un sistema que carece de sismo resistente en las condiciones actuales. Se recomendó rigidizar al sistema para aliviar a los marcos que no tienen resistencia, usando chapas metálicas. Finalmente se puede decir que los sistemas construidos por losas planas no son estructuras confiables y se recomienda la prohibición.

(Raigosa Tuk, 2010) Estudio en base a las deficiencias presentadas por las estructuras de diversas viviendas, ellos estudiaron diversas técnicas de reforzamiento. Tomo como muestra una vivienda personal en donde los análisis experimentales arrojando un valor mínimo a la resistencia del concreto. Con el fin de evitar la demolición y ese costo impacte en la construcción de la vivienda, plantearon diversas técnicas de reforzamiento y reparación. Se recomienda antes de proponer la demolición de un elemento es necesario realizar una revisión del mismo, y establecer posibles técnicas de reforzamiento.

Antecedentes nacionales

(Condor Reyes & Molina Gomez, 2019) Estudiaron el reforzamiento estructural de muros de adobe y la aplicación de la geomalla biaxial en la edificación cultural del Hotel Comercio "El Cordano" Lima, Perú. Siendo un estudio cuantitativo, el modelamiento de la edificación, se consideró las propiedades del adobe según la Norma E.080 – 2017, esto se realizó a través del uso del programa ETABS versión 2017. Con respecto a los desplazamientos debido a fuerzas sísmicas, en ambas direcciones se observan desplazamientos con rangos de 0.0001 hasta 0.0021 con la aplicación de la

Geomalla para un sismo intermedio, estos rangos se encuentran dentro de los límites permisibles que es 0.005 dada por la Norma E.030. Recomendamos el uso de la geomalla biaxial para edificaciones de adobe y quincha ya que da un mejor comportamiento a la edificación frente a un sismo intermedio.

(Tananta Tejada & Salcedo Viera, 2019) Estudiaron y realizaron el diseño de reforzamiento en viviendas de albañilería confinada en condición vulnerable frente a un sismo sísmica. Tomaron como población la zona de San Antonio, Huarochirí - 2018 y como muestra 16 viviendas. El tipo de diseño que usaron fue cuantitativo y cualitativo de alcance descriptivo. Como resultado se ha determinado que el 0% presenta vulnerabilidad alta y 63% vulnerabilidad media. Se recomienda realizar el reforzamiento estructural a las viviendas que tienen vulnerabilidad sísmica media y de esta manera mitigar las consecuencias catastróficos de un sismo de alta intensidad.

(Guevara Fernandez, 2018) Determinaron los esfuerzos de resistencia y ductilidad de una viga reforzada con fibra de carbono, para ello la viga fue sometida a flexión. Uso como fuente de diseño las normas extranjeras como la publicada por la ACI en sus publicaciones del capítulo 440.2R-08 y 318, además de la norma peruana E0.30 publicada en el RNE. El resultado del ensayo arrojó que entre la CFRP y el acero en la viga tiene una relación inversamente proporcional, todo ello sugiere un sistema favorable como disipador de energía de deformación, siempre guiado con un diseño-sismo resistente.

(Belizario Pacompa, 2017) Estudio el reforzamiento estructural de una edificación de dos pisos con fines de ampliación, ubicado en la Prov. De Huancayo-Perú. Se basó en los indicadores de sismicidad de nuestro País, además de ello tomo como referencia que la provincia de Huancayo en el total de sus construcciones el 50% no tuvo licencia de construcción, siendo esta un factor de riesgo ante un sismo. En las columnas con fines de ampliación es necesario el incremento de sección, y la que mejor se adapta es el concreto armado descartando así las fibras de carbono. Se recomienda analizar el agrietamiento para edificaciones reforzadas por otras metodologías. Así mismos recomendó que reforzar sería menos costoso que demoler.

(San Bartolome & Quiun, 2015) A través de un modelo de software, generaron una hipótesis de diseño de refuerzo a las viviendas de adobe hechas en el Perú y los países que conforman la comunidad andina. El terremoto del 2001 y 2007 pusieron a prueba el reforzamiento, ya acondicionado a las viviendas en el año 1998. El resultado fue óptimo; las viviendas sufrieron menores daños a comparación de las que no contaban con refuerzo. Como recomendación de los autores es colocar mallas de refuerzo en las esquinas.

(Aranzabal Sologuren & Arroyo Saavedra, 2015) Estudio la vulnerabilidad sísmica de la zona donde se encuentra el Hospital Casimiro Ulloa y con ello pueda realizar un tipo de reforzamiento, así mejorar su conducta frente a un sismo. Con un diseño de tipo cuantitativo se empezó la investigación del problema. Se construyó muros de corte repartidos de tal manera que homogenicen y rigidicen la edificación. Recomendando la correcta distribución de los muros de corte en todas las edificaciones.

(Blanco Blasco, 2005) Realizó un estudio a las fallas estructurales de los colegios, institutos y universidades del Perú. Tomo como referencia a dichas instituciones educativas realizando un informe histórico; explicando las fallas encontradas y los tipos de refuerzo en las instituciones que fueron afectadas por un terremoto. Recomienda la construcción con las normas vigentes y buen desarrollo de diseño estructural.

Teoría relacionada a la investigación

Polímeros reforzados con fibra de carbono (cfrp)

Moncayo Theurer M, et al., (2016) explicaron:

Se le conoce fibra de carbono porque posea micro filamentos de carbono en un rango de medida de 5 a 10 μm . El factor de resistencia al material es causado por el apilamiento de miles de micro filamentos, todos ellos de una forma desordenada y densa. Considerada así de mejor resistencia a comparación del acero, siendo 10 veces mayor. Tiene características como, gran resistencia a la corrosión, gran módulo de elasticidad, de bajo peso y resistente a los esfuerzos de tensión y compresión. (p.59)

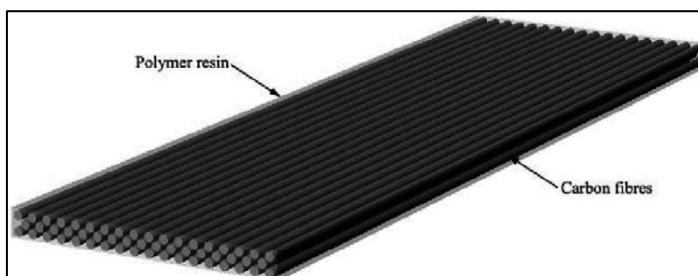


Figura 1: Polímero reforzado con fibra de carbono

Fuente: Polymers- google.com

Estructuras metálicas (acero)

Producto trabajado en caliente presentando una superficie lisa y fina, siendo estas suministradas en paquetes de 2Tn y con una longitud de 6m.

CALIDAD	USOS
ASTM A36	Estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, cercos, barras de transferencia para pavimento rígido, etc.
SAE 1045	Pernos y turecas por recalado en caliente o mecanizado, ejes, pines, pasadores, etc.

Tabla 1: Cuadro de usos del acero

Fuente: Aceros Arequipa

NORMA	LIMITE DE FLUENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCION (Kg/cm ²)	ALARGAMIENTO EN 200mm, min (%)
ASTM A36	2,530	4,080 - 5,620	20.0
SAE 1045	4,00 -5,500	6,700 - 8,200	12.0

Tabla 2: Propiedades mecánicas del acero

Fuente: Aceros Arequipa

Ventajas del uso de acero como reforzamiento

Según Toloza Salazar (2005). Tiene un peso propio alto, un espesor bajo el manejo es difícil y rígido. Su aplicación con equipos de elevación y elementos de fijación. Los costos de instalación es alto y su costo en comparación con la fibra es bajo (p. 50).

Cargas

Fuerza que se reflejan a través del peso que se le otorga a la vivienda, analizada por un especialista y pueda realizar el diseño adecuado. Todo bajo el requerimiento de la norma E 0.20.

Carga Muerta.- También conocida como carga permanente, carga vertical aplicada sobre una estructura, el cual incluye el propio peso de la estructura.

Carga Viva.- Peso de las personas y todo elemento móvil que soporta la edificación.

Cambio de uso

Escamilla Hernandez & Ramirez de alba (2011) explicaron:

La necesidad de restaurar tiene las siguientes finalidades, el renovar la vivienda para un nuevo tipo de uso o rescatar la actividad original a la que fue diseñada dicha edificación. La vida útil del edificio está garantizada por análisis y diseño de la estructura, todo ello bajo los lineamientos de las normas establecidas en la cual indicar las cargas a la que se someterá la vivienda. Si se requiere modificar las cargas a la que inicialmente fue diseñada, se llamara cambio de uso. (p. 31-35)

Reforzamiento

Moncayo Theurer M, el al., (2016) explicaron: el reforzamiento es un aumento de secciones o adición de materiales nuevos que aumenten la capacidad resistente de la estructura en su conjunto (p.58).

Factor de zona

Ministerio de vivienda, NTE E0.30 (2018) indican: Es el factor de sismicidad que se le atribuye a nuestro territorio Peruano, repartido en cuatro grandes grupos tal y como se muestra en la figura 2.

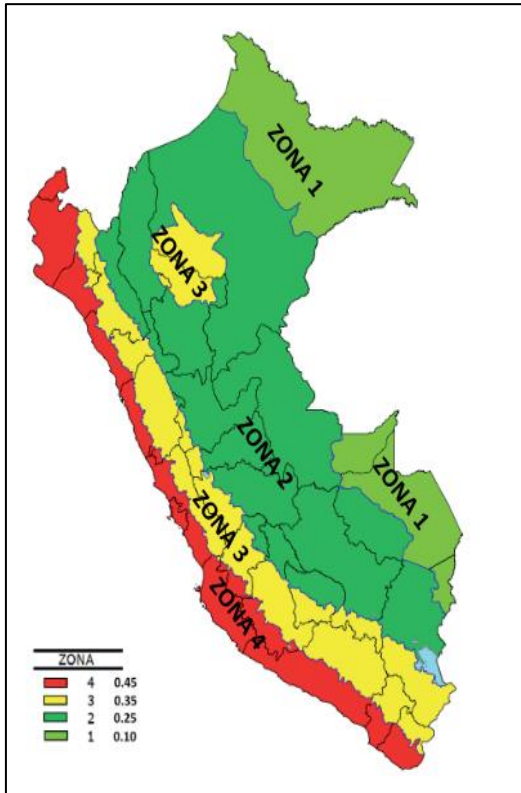


Figura 2 Factor de zona "Z"
 Fuente: Figura 1-RNE E030 2016

REGION	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	AMBITO
		LIMA		
		LINCE		
		LOS OLIVOS		
		LURIGANCHO CHOSICA		
		LURIN		
		MAGDALENA DEL MAR		
		MIRAFLORES		
		PACHACAMAC		
		PUCUSANA		
		PUEBLO LIBRE		
		PUENTE PIEDRA		
LIMA	LIMA	PUNTA HERMOSA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		PUNTA NEGRA		
		RIMAC		
		SAN BARTOLO		
		SAN BORJA		
		SAN ISIDRO		
		SAN JUAN DE LURIGANCHO		
		SAN JUAN DE MIRAFLORES		
		SAN LUIS		
		SAN MARTIN DE PORRES		
		SAN MIGUEL		
		SANTA ANITA		

SANTA MARIA DEL MAR
SANTA ROSA
SANTIAGO DE SURCO
SURQUILLO
VILLA EL SALVADOR
VILLA MARIA DEL TRIUNFO

Tabla 3 Microzonificación sísmica

Fuente: RNE E030 2016

Parámetro de sitio

Ministerio de vivienda, NTE E0.30 (2018) indican: “Factores que se usan para el diseño sísmico, divididos en factor de suelo y periodos”

SUELO/ZONA	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp(S)	0.3	0.4	0.6	1
Tl(S)	3	2.5	2	1.6

Tabla 4 Parámetro de sitio

Fuente: RNE E030 2016

Categoría de la edificación

Ministerio de vivienda, NTE E0.30 (2018) indican: “Las edificaciones están divididas según la tabla de categorías y factor U”.

CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A Edificaciones	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el	Ver nota 1

Esenciales	<p>Ministerio de Salud.</p> <p>A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del estado.</p>	1.5
B Edificaciones Importante	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.</p> <p>También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento</p>	1.3
C Edificaciones Comunes	<p>Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.</p>	1
D Edificaciones Temporales	<p>Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares</p>	Ver nota 2

Tabla 5 Factor de uso de edificación
Fuente: RNE E030 2016

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista

Sistema estructural y Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (Ro)

Ministerio de vivienda, NTE E0.30 (2018) indican: “Según el material usado en la construcción del proyecto se clasificarán los sistemas estructurales”.

Sistema estructural	Coefficiente básico de reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o confinada	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

(*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

Tabla 6 Coeficiente de reducción (R_o)

Fuente: RNE E030 2016

Verificación de Resistencias

Estado Límite Último (U):

Debe satisfacer la siguiente condición: $FR_n = R_u$

Flexión & Flexo-tracción	0.90
Compresión (con refuerzo en espiral)	0.75
Compresión	0.70
Flexo compresión	0.70
Corte y torsión	0.85
Cualquier sollicitación en concreto simple	0.65

Estado Límite de Servicio (S):

Deflexiones y distorsiones permisibles en elementos de concreto armado

Cargas de gravedad: Deflexión $< L / 360$ (inmediata)

Deflexión $< L / 240$ (inmediata + diferida)

Cargas sísmicas: Distorsión $< 0.005 * H$ (concreto armado)

Suelos q servicio $< q$ admisible.

Combinaciones de Carga Consideradas para la Verificación de Resistencias

- Estado Límite Último (U):

Considera las siguientes combinaciones de carga:

1.4 D + 1.7 (L+ Δ L) (carga muerta + carga viva)

1.25 (D+L+ Δ L) \pm 1.00 EX (Cargas de gravedad + cargas sísmicas)

1.25 (D+L+ Δ L) \pm 1.00 EY (Cargas de gravedad + cargas sísmicas)

0.9 D \pm 1.00 EX (Carga muerta + cargas sísmicas)

0.9 D \pm 1.00 EY (Carga muerta + cargas sísmicas)

1.4 D (sólo carga muerta)

- Estado Límite de Servicio (S):

Considera las siguientes combinaciones de carga:

1.0 D + 1.0 L (carga muerta + carga viva)

Calculo de las propiedades de la sección estado elástico agrietado

Cuantía de refuerzo por tracción $p = A_s / (b d)$

- Factor para cálculo de inercia y eje neutro $k = -pn + \text{Raiz} ((pn)^2 + 2pn)$

Momento de Inercia sección agrietada $I_{cr} = b(kd)^3 / 3 + nA_s (d-kd)$

Calculo de las propiedades y resistencia de la sección sin refuerzo de frp

$a = A_s f_y / (0.85 f_c b)$

$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - a/2)$

III. MÉTODO

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo **cuantitativo**, puesto que probara la hipótesis a través de recolección de datos así nos arrojará a mediciones mostrados la realidad de lo que se investiga. Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) indicaron: Los estudios cuantitativos son representados por procesos de forma consecutiva sin evadir pasos y a través de métodos estadísticos se obtienen conclusiones (p.6).

La investigación tiene un diseño **no experimental**, puesto que no realizaremos ningún cambio ni alteraremos las variables. Según Hernández Sampieri, et al., (2014) indicaron: En esta investigación no se manipulan las variables, por el contrario se analizan los cambios tal como se desarrolla en su estado natural (p.6). De corte **transversal descriptivo explicativo**, puesto que recogeremos información en un tiempo determinado, con el fin de describirlas y en ciertas ocasiones compararlas con otras teorías.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente

CFRP

Definición conceptual

Moncayo Theurer M, et al., (2016) explicaron:

Se le conoce fibra de carbono porque posea micro filamentos de carbono en un rango de medida de 5 a 10 μm . El factor de resistencia al material es causado por el apilamiento de miles de micro filamentos, todos ellos de una forma desordenada y densa. Considerada así de mejor resistencia a comparación del acero, siendo 10 veces mayor. Tiene características como, gran resistencia a la corrosión, gran módulo de elasticidad, de bajo peso y resistente a los esfuerzos de tensión y compresión. (p.59)

Definición operacional

Moncayo Theurer M, et al., (2016) explicaron:

La fibra de carbono es un elemento que puede aportar con el refuerzo a tensión, siendo de alta resistencia, de fácil colocación y además con una capacidad mayor inclusive que el mismo acero para resistir esfuerzos tensionantes. También la fibra de carbono puede aportar confinamiento al material. (p.59)

Estructura metálica

Definición conceptual

Según Ministerio de vivienda NTE E0.90 (2016) indican: Describe al acero estructural a todo acero que forman parte de un sistema estructurado de pórticos y reticulados, que soporten cargas para las cuales fueron diseñados.

Definición operacional

Según Ministerio de vivienda NTE E0.90 (2016) indican: El análisis estructural determinara la resistencia estructural del sistema y la manera de ser conectados entre sí.

Variable dependiente

Reforzamiento estructural

Definición conceptual

Moncayo Theurer M, et al., (2016) explicaron: Reforzamiento: aumento de secciones o adición de materiales nuevos que aumenten la capacidad resistente de los elementos estructurales (p.58).

Definición operacional

Escamilla Hernandez & Ramirez de alba (2011) explicaron: El reforzamiento comprende de diversos recursos como la adición de fibras de vidrio y de carbono, mallas de acero en los tabiques, proporcionando aumento de capacidad de carga (p.33). Se adjunta matriz de operacionalización en el **anexo 4**.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población.- Según Hernandez Sampieri, et al., (2014) explicó: Es un grupo de elementos con una o más cualidades en común. (pág. 175)

Para nuestro estudio se tomó como población las viviendas ubicadas en el sector D16 que cuenta con 36 Lotes, las cuales 30 son de albañilería confinada y cuentan con un techo de losa aligerada. De las cuales 1 vivienda realizará cambio de uso con aumento de carga en su losa (techo).

Tipo/clasificación	Techo aligerado	Techo de calamina u otro material	Terreno vacíos	Total
Viviendas que no sufrirán aumento de carga en losa (techo)	29	4	2	35
Viviendas que sufrirán aumento de carga en losa (techo)	1	0	0	1
Total	30	4	2	36

Tabla 7 Clasificación de viviendas

Fuente: Elaboración propia

Muestra.- Según Hernandez Sampieri, et al., (2014) explicó: Es un subconjunto de la población (pág. 173).

En este proyecto nuestra muestra es, la vivienda de albañilería confinada con una losa (techo) que sufrirá cambio de uso.

Muestreo no probabilístico.- Según Hernandez Sampieri, el al., (2014) explicó: Muestra escogida por el investigador puesto que reúne las características para ser investigada (pág. 189). La vivienda reúne todas las características a investigar.

Unidad de análisis.- Según Hernandez Sampieri, el al., (2014) explicó: Son todos aquellos elementos que van a ser medidos (pág. 117). En nuestro caso será la vivienda escogida como muestra.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Hernandez Sampieri, el al., (2014) explicó: El investigador a través de la aplicación de instrumentos de medición y recolección de datos, tiene la ocasión de comprobar el trabajo conceptual y la planificación de los acontecimientos (pág. 196).

Para nuestra investigación se tomó como técnica la observación y guía de observación de campo como instrumento de recolección.

3.4.1. Validez

Según Hernandez Sampieri, el al., (2014) explicó: La validez es el grado de medición de un instrumento y que arrojará una medición verdadera. (pág. 200)

La Validez de nuestro instrumento fue validada por juicio de expertos.

3.4.2. Confiabilidad

Según Hernandez Sampieri, el al., (2014) explicó: La confiabilidad es el grado en el cual al repetir varias veces a una misma persona o elemento entregará resultados iguales (pág. 200).

En nuestro estudio no se tomara en cuenta la confiabilidad, se utilizará una ficha realizada para la encuesta.

3.5 Procedimientos

Se realizó un estudio de sondeo a las 30 viviendas que cuentan con losa aligerada (techo) de la que se extrajo una vivienda que realizará una ampliación producto de un futuro acondicionamiento de un gimnasio en su último nivel (piso3), la vivienda cumple con las características de nuestra investigación. Se le entrego una encuesta al propietario de la vivienda de forma virtual, puesto que este proyecto se está realizando en el periodo de cuarentena dada por mandato presidencial, con el fin de mantener la seguridad y no

contagiarse con el virus COVID-19. Una pandemia que nos está tocando vivir en este año 2020.

3.6 Método de análisis de datos

Según Hernandez Sampieri, el al., (2014) explicó: Los datos cuantitativos están sometidos a dos principios, el primero que el modelo estadístico es representativo de una realidad y el segundo que el producto numérico se interpreta en el contexto (pág. 270).

Se utilizara el programa ETABS versión 2018 en la cual se realizara todos los cálculos y con ello se diseñara el reforzamiento de la fibra de carbono y la estructura metálica.

Otro software que se utilizó fue el Microsoft Excel en el cual se recopiló la información de la encuesta y además de ello se realizó el presupuesto de los distintos trabajos.

Pasando a detallar cada formula y datos usados para el cálculo y diseño.

Para el análisis sísmico

Parámetros de la edificación existente

La información de las especificaciones técnicas ha sido extraída de los planos del proyecto de Estructuras.

Concreto Armado:

Calidad del concreto: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad $E = 217,371 \text{ kg/cm}^2$

Aceros de Refuerzo

Acero ASTM -A-615 $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad $E = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

Cargas

A continuación se indican las cargas muertas y vivas a utilizar, en la zona de análisis:

Cargas Muertas:

Losas Aligerada (h=20 cm): 300 kg/m^2
Acabados: 100 kg/m^2
Usaremos: 400 kg/m^2 (Encofrados de losa aligerada)

Cargas Vivas:

LL: 200 kg/m^2 (Toda las losas)
 ΔL : 200 kg/m^2 adicional a LL (Zona de Gimnasio)

Cargas de gravedad consideradas

Concreto armado	2.40 t/m
Albañilería	1.90 t/m
Acabados y Piso terminado	0.10 t/m
Parapetos	0.35 t/m
Losa aligerada	
Losa aligerada h=20 cm	0.30 t/m
Dividido de la siguiente manera:	
Concreto (modelado)	Peso propio
Ladrillo techo	0.067 t/m ²

Cargas sísmicas: análisis dinámico modal espectral elástico

Configuración Estructural:

En altura:

✓ Irregularidad de rigidez, Piso blando.	No
✓ Irregularidad de resistencia - Piso débil.	No
✓ Irregularidad extrema de rigidez.	No
✓ Irregularidad extrema de resistencia.	No
✓ Irregularidad de masa o peso.	No
✓ Irregularidad geométrica vertical.	No
✓ Discontinuidad en sistemas resistentes.	No
✓ Discontinuidad extrema en sistemas resistentes.	No

I a = 1.00

En Planta:

✓ Irregularidad Torsional.	No
✓ Irregularidad Torsional Extrema.	No
✓ Esquinas Entrantes.	No
✓ Discontinuidad del diafragma.	No
✓ Sistema no son paralelos.	No

I p= 1.00

Estimación del peso de la estructura

Carga muerta:	322.18 t
Carga Viva:	56.42 t
P.D + %P.L =	336.29 t

Figura 3 Peso total de la vivienda

Comparación de cargas

Descripción	Carga viva (kg/cm ²)	Mayoracion 1.7 (kg/m ²)
Cargas del proyecto original	200	340
Gimnasio domestico 2020	400	680

Tabla 8 Comparación de cargas

De la tabla se puede ver, que para la zona de interés hay una concentración de cargas que sobrepasan las del proyecto concebido, por tal razón se justifica el estudio de reforzamiento para la zona de archivo en cuestión.

Parámetros Sísmicos de Sitio (E030 – 2018)

$$S_a = ZUSC.g / R$$

$$C = 2.5, T < T_p$$

$$C = 2.5 (T_p/T), T_p < T < T_L$$

$$C = 2.5 (T_p \cdot T_L / T^2), T > T_L$$

$$Z = 0.45 \text{ (Zona 4)}$$

$$U = 1.0 \text{ (Categoría C, Edificación común).}$$

$$S = 1.0 \text{ (Zona 4, Suelo tipo S1).}$$

$$T_p = 0.4 \text{ s (Suelo S1)}$$

$$T_L = 2.5 \text{ s (Suelo S1)}$$

$$R_{ox} = 3.00 \text{ (Estructura de Muros de Albañilería Confinada).}$$

$$R_{oy} = 3.00 \text{ (Estructura de Muros de Albañilería Confinada).} \quad I_a = 1.00 \text{ (Regular)}$$

$$I_p = 1.00 \text{ (Regular)}$$

$$R_x = 2.25 \text{ (R=I}_a \cdot I_p \cdot R_o \text{).}$$

$$R_y = 2.25 \text{ (R=I}_a \cdot I_p \cdot R_o \text{).}$$

Combinación de cargas en estado último

Considera las siguientes combinaciones de carga:

- Comb1: 1.4 D + 1.7 (L+ΔL) (carga muerta + carga viva)
- Comb2: 1.25 (D+L+ΔL) ± 1.00 EX (Cargas de gravedad + cargas sísmicas)
- Comb3: 1.25 (D+L+ΔL) ± 1.00 EY (Cargas de gravedad + cargas sísmicas)
- Comb4: 0.9 D ± 1.00 EX (Carga muerta + cargas sísmicas)
- Comb5: 0.9 D ± 1.00 EY (Carga muerta + cargas sísmicas)
- Enve: Comb1+Comb2+Comb3+Comb4+Comb5 (Envolvente de Cargas)

Descripción:

D: Carga Muerta

L: Carga Viva del proyecto original

ΔL: Carga Viva adicional

Ex: Carga Sísmica en dirección x

Ey: Carga Sísmica en dirección y

El edificio satisface los requisitos de regularidad de la tabla N° 10 de la NTP E.030.

Modelo Estructural

Se realizó un modelo de análisis en Software de Elementos Finitos, se modelaron las estructuras mediante elementos Frames y Shells, se proyectaron las cargas calculadas, se analizó y verifico la resistencia de los elementos proyectados.

El análisis se ha efectuado mediante métodos lineales y elásticos. La verificación del diseño se ha efectuado mediante métodos de estado límite tanto último como el de servicio.

Para la construcción de los modelos de análisis se ha utilizado el software Etabs plus

v17.0.1, para el modelamiento de la super-estructura (Ver Fig. 04).

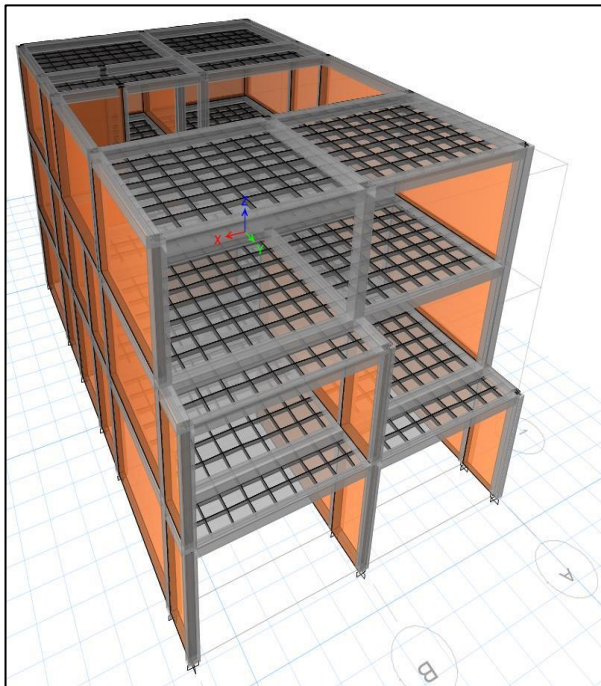


Figura 4 Modelo de elementos finitos utilizado, aplicación de Cargas Vivas (400 Kg/m² en Gimnasio, 200 kg/m² en Resto de losas).

Fuente: Elaborado en ETABS.

Deformaciones por servicio

A continuación, se presenta la estimación de deflexiones por servicio en los encofrados. La deformación máxima instantánea en los paños con incremento de sobrecarga del encofrado de techo del 2do piso en Uz es 1.95 mm. Asimismo, la deformación diferida (largo plazo) estimado llega a 4.87 mm. Límite de deflexión permisible = $Luz/240 = 4250/240 = 17,7\text{mm}$ (Ok). Por tanto, las deflexiones en los encofrados afectados por el incremento de sobrecarga están dentro de lo admisible.

Influencia de la carga adicional (ΔL)

Los momentos flectores (t-m) de la combinación ΔL , son como se muestra a continuación:

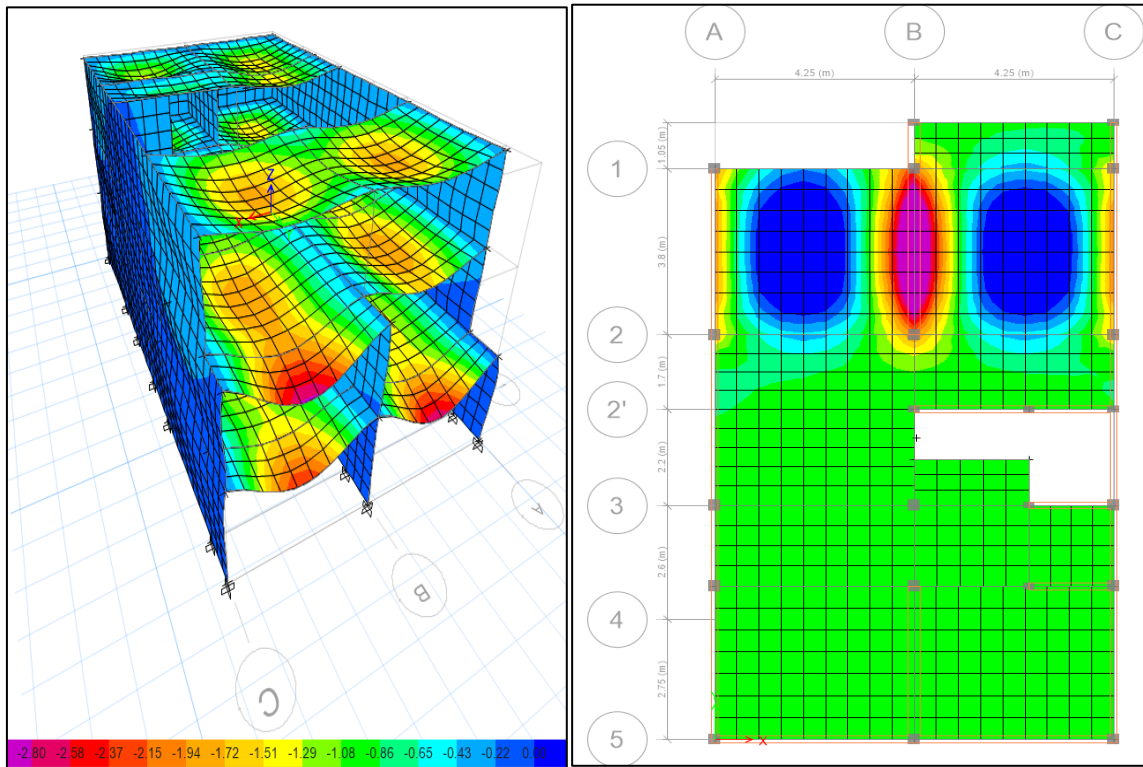


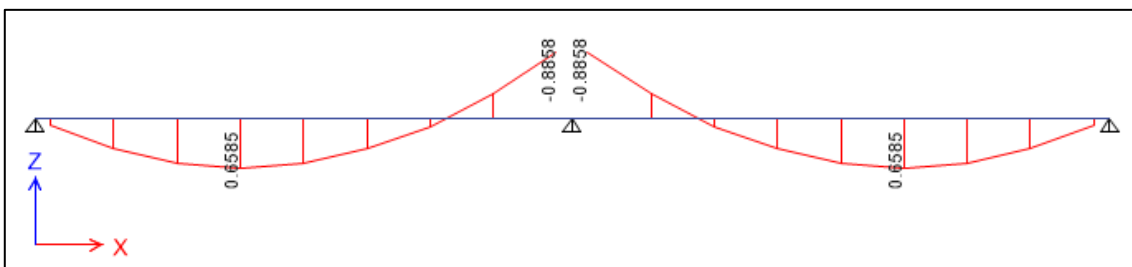
Figura 5: Deformaciones por cargas en servicio (Carga muerta + Carga viva).

Se observa que la influencia del incremento de sobrecarga solo se ve afectada principalmente en las vigas y losas entre los ejes 1-2/A-C.

Esfuerzos sobre las losas y vigas

Esfuerzos sobre losa

Los esfuerzos obtenidos son debido a la mayoración de las cargas actuantes ($1.4 \cdot D + 1.7 \cdot (L) + 1.7 \cdot (\Delta L)$), debido al comportamiento estructural en losas, los esfuerzos principales son debido a cargas gravitacionales. Los momentos flectores (t-m) sobre una



vigueta de losa en la zona afectada es como se muestra a continuación:

Figura 6 Momentos flectores $Mu3$ (t-m) sobre vigueta de losa ubicada en ejes 1-2/A-C. Estado 1.4D+1.7L+1.7ΔL

Fuente: Elaborado en ETABS

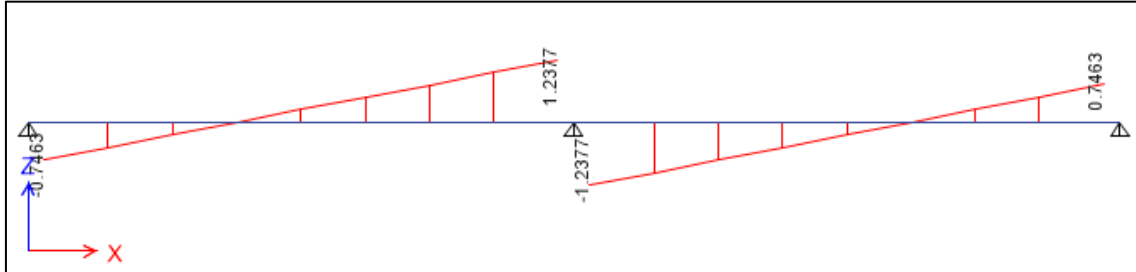


Figura 7: Fuerzas cortantes $Vu2$ (t) sobre vigueta de losa ubicada en ejes 1-2/A-C. Estado 1.4D+1.7L+1.7ΔL

Fuente: Elaborado en ETABS

En la figura 05, se muestran los resultados a flexión y corte; y se indican las zonas donde no se satisfacen tales requerimientos. Se observa que las viguetas ubicadas entre los ejes 1-2/A-C, presentan déficit de acero a flexión positiva en los tramos centrales y negativa en el eje central del apoyo. Por otro lado, la resistencia a corte de las viguetas sigue siendo mayor a la fuerza de corte demanda

Esfuerzos sobre vigas

Los esfuerzos obtenidos se deben a la envolvente de cargas, debido a que estos elementos absorben parte de la carga sísmica de la estructura, por lo que los esfuerzos principales se deben a sollicitaciones gravitacionales y sísmicas.

Los momentos flectores (t-m) sobre las vigas en la zona afectada es como se muestra a continuación:

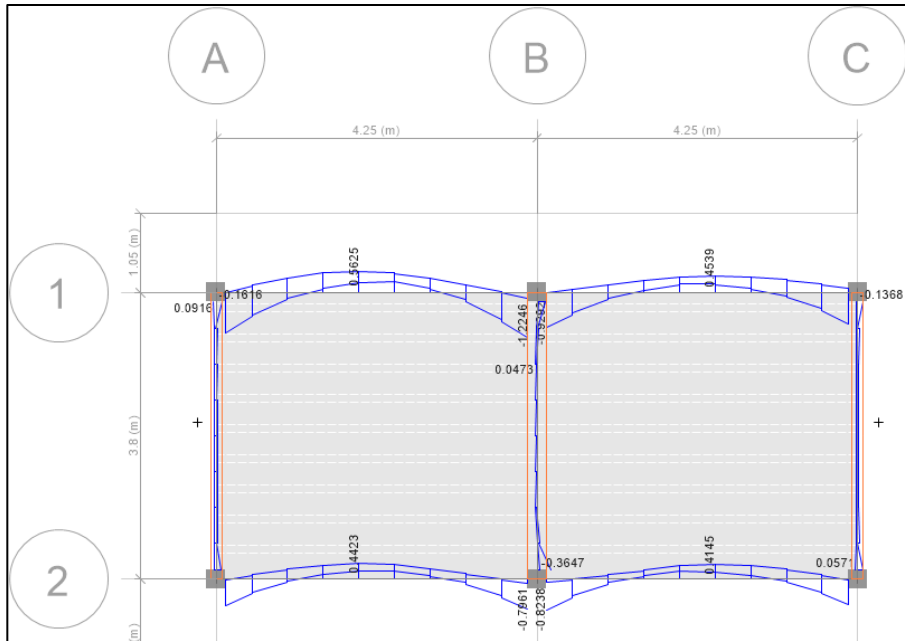


Figura 8 Momentos flectores últimos $Mu3$ (t-m) sobre las vigas de los ejes 1 y 2 - Estado: Envolvente.
Fuente: Elaborado en ETABS

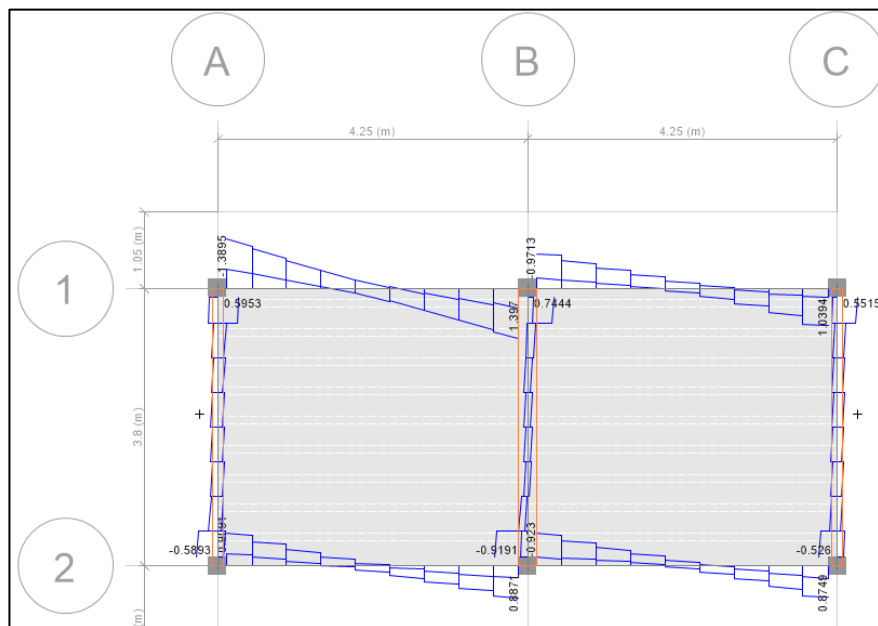


Figura 9 Fuerzas cortantes $Vu2$ (t) sobre las vigas de los ejes 1 y 2. Estado: Envolvente
Fuente: Elaborado en ETABS

Análisis de la estructura a reforzar con CFRP

Concreto armado:

$f'c$	210	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²
E_s	2000000	kg/cm ²

Acero de refuerzo

As: #varillas1	1
Diámetro	3/8
#varillas2	1

0.85

Diámetro -

Sección:

b: 40 cm As: 0.71cm²

h: 20 cm

d: 17.5 cm

Sistema de refuerzo FRP

Tipo de fibra Tyfo SCH=41 de FYFE

Valor de diseño Valores de ensayo típico

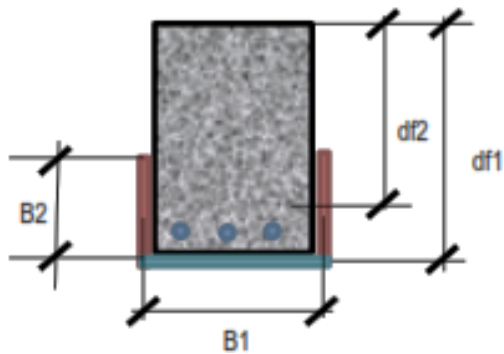


Figura 10: Sección a reforzar

Propiedades de la lámina compuesta	SI	SG
Esfuerzo ultimo de tensión en la dirección primaria fu	986 Mpa	10054 kg/cm ²
Elongación de rotura fu:	0.01	0.01
Módulo de tensión Ef:	95.8 Gpa	97689.1 kg/cm ²
Espesor de la lámina tf:	1.02mm	1.02mm

Tabla 9: Propiedades de FRP

Factor de reducción por degradación del sistema, por exposición al medio ambiente (ACI-440) **CE:** 0.95

Factor de reducción por máxima de laminación (K) del FRP $e_{fd} = (0.6 \text{ a } 0.9) e_{fu}$,
 mayores valores de $e_{fd} = (K e_{fd}) < e_{fu}$: $K < 1.3$: **K:** 1.00

Capa inferior

(Af1)

N lam	1	Numero de capas de refuerzo de FRP
B lam	5cm	Ancho de cada lamina de refuerzo de FRP
Af	0.51cm ²	Área de refuerzo de FRP: (AF= exNxB)
df1	20cm	Distancia al centroide del refuerzo FRP (H)

Capas laterales (Af2)

N. Lados	1	Numero de lados laterales
N lam	1	Numero de capas de refuerzo de FRP
B lam	0cm	Ancho de cada lamina de refuerzo de FRP (por lado)
Af	0.00cm ²	Área de refuerzo de FRP : (Af2= N lados x e x N x B)
df2	20cm	Distancia al centroide del refuerzo FRP (H-B/2)

Factores de reducción de capacidad - concreto (f) FRP (ψ_f)

Var.	Valor	Tipo de comportamiento	Valores típicos normalizados	
			NTE-060	ACI 2005
f=	0.9	Por flexión y tracción	f= 0.90	f= 0.9 a .65
ψ_f =	0.85	Tensión FRP		

Factores de amplificación de cargas

Var	Valores	CM	CV	Sismo	Valores típicos normalizados	
					NTE-060	ACI 2005
Mu(1)		1.4	1.7		1.4 (cm) 1.7 (cv)	1.2(cm) 1.6(cv)
Mu(2)		1.25	1.25	1	1.25(cm+cv)+S	1.25 (cm+cv)+S
Mserv=						
Mcm+(%Mcv)		1	1			

Tabla 10: Factores de cálculo de cargas

Análisis de la estructura a reforzar con estructura metálica (viga metálica)

Losa aligerada (h=0.2m)	Walig =	300 kg/m ²
Piso terminado	Wpt =	100 kg/m ²
Sobrecarga Gimnasio	s/c =	400 kg/m ²
Carga Muerta	D =	400 kg/m ²

Carga Viva	LL =	400 kg/m ²
Luz de paño	Luz =	3.875 m
Longitud Tributaria	Ltrib =	1.3 m
Carga Muerta distribuida	W _o =	520 kg/ml
Carga Viva distribuida	W _l =	520 kg/ml
Carga Última distribuida	W _u =	1,456 kg/ml
Longitud de tramo	L =	3.3 m
Momento Último	M _u =	1,981.98 kg.m

Propiedades mecánicas

Peso Específico	Y =	7,850 kg/m ³
Módulo de Elasticidad	E _{prom} =	2,100, 000 kg/cm ²
Esfuerzo de fluencia del acero	f _y =	2,530.0 kg/cm ²

Propiedades geométricas de perfil w 10x17

Coefficiente c	c =	1.00
Para secciones de doble simetria c=1		
Peralte	d =	25.65 cm
Ancho de ala	bf =	10.19 cm
Espesor de ala	tf =	0.84 cm
Espesor de alma	tw =	0.61 cm
	ho =	24.82 cm ho=d-tf
Área de sección	A =	32.20 cm ²
Momento de Inercia // secc de análisis	I // =	3,408.90 cm ⁴
Momento de Inercia ⊥ secc de análisis	I ⊥ =	148.20 cm ⁴
Modulo Elástico de sección	S // =	265.80 cm ³
Radio de Giro // sección de análisis	r // =	10.29 cm
Radio de Giro ⊥ sección de análisis	r ⊥ =	2.15 cm
Modulo plástico de sección	Z =	306.40 cm ³
Momento de Inercia Torsional	J =	6.50 cm ⁴
Módulo de Torsión	C _w =	22,726.20 cm ⁶

$$r_{ts} = 2.63$$

$$cm R_{ts} = \text{raiz}(\sqrt{I_{\perp} * C_w} / S //)$$

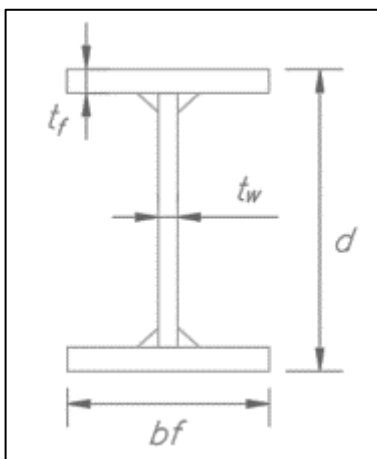


Figura 11: Detalle de viga

3.7 Aspectos éticos

En el presente proyecto se tomó en cuenta la autenticidad de los resultados, colocando en primer lugar el beneficio que traerá a la sociedad. Por ello actué con respeto a la propiedad intelectual y a los valores obtenidos en el transcurso de mi carrera.

IV. RESULTADOS

Resultado del análisis sísmico de la estructura

La evaluación sísmica se realizó en base a los requerimientos de la norma E-030. (Diseño Sismo resistente) que aplica a todas las edificaciones nuevas o aquellas existentes que requieran reforzamiento. Contemplando un sismo de diseño mínimo con un periodo de retorno de 475 años y estableciendo como una de sus filosofías y principios de diseño, que ante sismo severos la estructura no debe colapsar ni causar daños graves a las personas, pudiendo presentar daños importantes a la estructura.

Se realizó el análisis sísmico de la estructura, con el fin de evaluar el estado de la vivienda y si con la carga que se le agregara soportara un sismo.

Análisis Dinámico:

Se ha realizado un análisis dinámico por combinación modal espectral del tipo CQC (Combinación Cuadrática Completa), en base a los modos de vibración, las rigideces y masas del modelo, y la aceleración espectral para cada dirección de análisis.

Modos de Vibración del edificio:

Se han determinado los tres primeros modos de vibración, y sus ratios de masa participativa respectivos.

MODO	PERIODO (s)	U _x	U _y	R _z
1	0.17	0.75	0	0.12
2	0.09	0.09	0.05	0.76
3	0.08	0	0.85	0.04

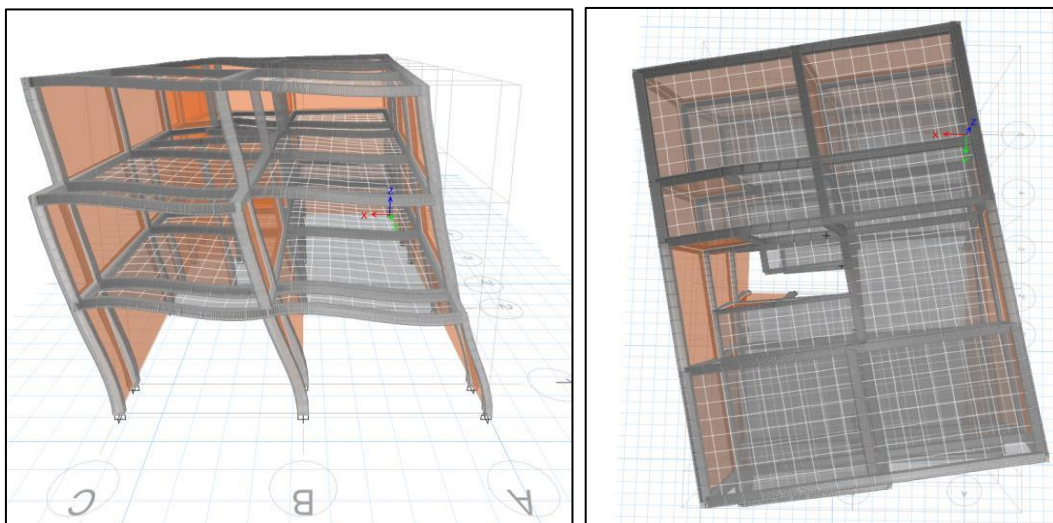


Figura 12: Análisis modal a flexión transversal y torsional

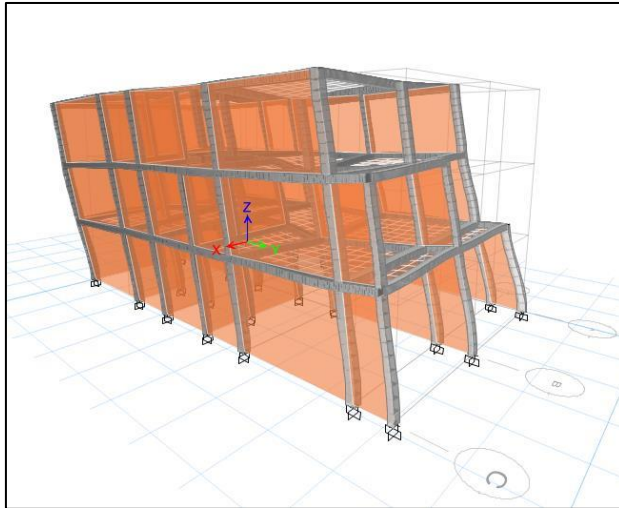


Figura 13: Análisis modal a flexión longitudinal

Peso Sísmico

La carga sísmica para este tipo de edificación corresponde a la carga muerta (D) más el 25% de la carga viva (L). Se han obtenido los siguientes pesos.

Modelo	Carga muerta (D)	Carga viva (L)	Peso sísmico
Vivienda de SJL	288.1	58.6	302.8

Tabla 11: Peso sísmico de los edificios (t)

Cortante Basal Estático

Esta corresponde a la fuerza cortante total en la base de la estructura. Estos valores serán de referencia para hacer el análisis sísmico dinámico modal espectral.

Modelo	ZUSC/Rx	ZUSC/Ry	Vx	Vy
Vivienda de SJL	0.375	0.375	113.55	113.55

Tabla 12: Cortante basal estático de los edificios (t).

Cortante Basal Dinámico

Para cada dirección de análisis el cortante basal dinámico no será menor del 80% del cortante estático para los edificios regulares y 90% para los edificios irregulares. Se han obtenido los siguientes cortantes dinámicos.

Dirección	V. dinámico	Factor de escala	V. dinámico escalado (t)
XX	79.3	1.145	90.8
YY	92.5	1.00	92.5

Tabla 13: Cortante basal dinámico de los edificios (t)

Control de Derivas

A continuación, se presenta la tabla de control de derivas, del modelo de edificación se han obtenido los desplazamientos elásticos a partir del cual se estimó los desplazamientos inelásticos.

Ubicación	DX (mm)	DY (MM)
3°	11.25	2.09
2°	8.43	1.62
1°	4.46	0.88

Tabla 14: Desplazamientos máximos en cada nivel por carga sísmica.

Ubicación- altura desde el piso	Drift inelástico máximo	Deriva permisible	Verificación
3°	0.0012	0.005	ok
2°	0.0017	0.005	ok
1°	0.0017	0.005	ok

Tabla 15: Verificación por distorsión permisible.

Se observa que las distorsiones satisfacen los límites permisibles de la tabla N° 11 (NTP E030). Además, la deriva máxima de 0.0017 no supera el 50% de la deriva permisible, por lo que no se requiere verificar la irregularidad por torsión, comprobando que la estructura es regular.

Resultado del análisis estructural de vigas y viguetas

Flexión

Se presenta un cuadro resumen con las principales solicitaciones por elemento, así como sus respectivas resistencias.

Nombre	MU (1.4D+1.7L+1.7•ΔL)			ØMn			Comentario
	(-)Mu l	(-)Mu j	(+) Mu	(-)ØMn l	(-)ØMn j	(+) ØMn	
Vigueta, entre ejes A-B	0.310	0.885	0.658	0.45	0.74	0.46	Reforzar
Vigueta, entre ejes B-C	0.885	0.310	0.658	0.74	0.45	0.46	Reforzar

Tabla 16 Momentos en viguetas de aligerado (t-m), por cargas de gravedad.

Fuente: ETABS 2017

Considerando el efecto de la redistribución de esfuerzos en la vigueta, los déficits de resistencia en la sección negativa serán redistribuidos a la zona de momento positivo.

Nombre	MU (1.4D+1.7L+1.7•ΔL)			ØMn			Comentario
	(-)Mu l	(-)Mu j	(+) Mu	(-)ØMn l	(-)ØMn j	(+) ØMn	
Vigueta, entre ejes A-B	0.310	0.885	0.658	0.00	0.00	0.73	Refuerzo positivo
Vigueta, entre ejes B-C	0.885	0.310	0.658	0.00	0.00	0.73	Refuerzo positivo

Tabla 17: Redistribución de Momentos en viguetas de aligerado (t-m), por cargas de gravedad.

Nombre	Déficit de resistencia			Déficit redistribuido			Comentario
	(-)Mu l	(-)Mu j	(+) Mu	(-)ØMn l	(-)ØMn j	(+) ØMn	
V-A (25X20) - eje 1/A-B	1.09	1.22	0.56	1.34	1.34	1.54	ok
V-A (25X20) - eje 1/B-C	1.31	1.21	0.73	1.34	1.34	1.54	ok
V-A (25X20) - eje 2/A-B	0.70	0.80	0.44	1.34	1.34	1.54	ok
V-A (25X20) - eje 2/B-C	0.82	0.69	0.41	1.34	1.34	1.54	ok

Tabla 18 Momentos en vigas (t-m), por la envolvente de cargas

Fuente: ETABS 2017

Cortante

Nombre	Cortantes		Comentario
	Vu i (t)	Vu j (t)	
Vigueta, entre ejes A-B	0.66	1.17	ok
Vigueta, entre ejes B-C	1.17	0.66	ok

Tabla 19: Fuerza cortante en viguetas de aligerado (t), por cargas de gravedad

Fuente: ETABS 2017

Nombre	Cortantes			Comentario
	Vu i (t)	Vu j (t)	ΦVc (t)	
V-A (25X20) - eje 1/A-B	1.3	1.3	2.95	ok
V-A (25X20) - eje 1/B-C	1.42	1.51	2.95	ok
V-A (25X20) - eje 2/A-B	0.89	0.86	2.95	ok
V-A (25X20) - eje 2/B-C	0.9	0.85	2.95	ok

Tabla 20 Fuerza cortante en vigas (t), por la envolvente de cargas

Fuente: ETABS 2017

De acuerdo a los resultados mostrados en las Tablas 15 y 16, las viguetas de losa presentan **déficit de resistencia por flexión tanto en su zona positiva como negativa**. Por otro lado, las vigas (V-A) no requerirían reforzamiento adicional.

Resultado de evaluación de sub-estructura

De las especificaciones del proyecto, la cimentación está constituida por zapatas corridas de concreto ciclópeo ($f'c=140$ kg/cm²) con una profundidad de desplante de

1.20 m, dado que el terreno de fundación es un suelo rígido de adecuada capacidad portante ($q_a=3.00 \text{ kg/cm}^2$). En la figura 10, se muestra las características geométricas típicas de la cimentación.

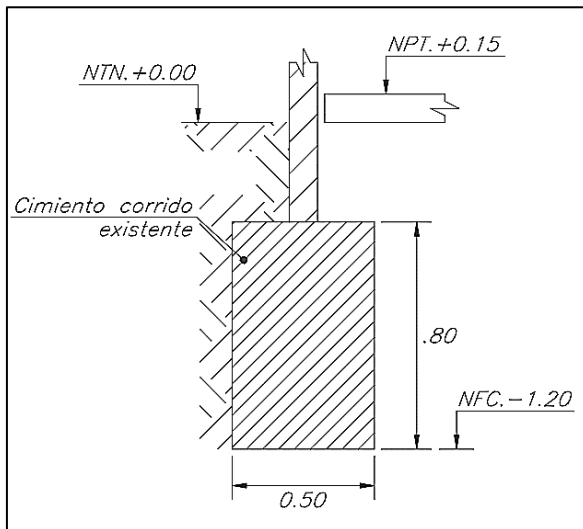


Figura 14 Corte típico de cimiento corrido.

Capacidad del terreno de fundación:

$$q_a = 3.00 \text{ kg/cm}^2 \text{ (EMS)}$$

$$q_{a\text{-sta}} = q_{adm\text{-s/c}} - Y_s \cdot D_f = 2.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{a\text{-din}} = q_{adm} * 1.33 - s/c - Y_s \cdot D_f = 3.73 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

$$s/c = 200 \text{ kg/m}^2, D_f = 1.20 \text{ m}, Y_s = 2.0 \text{ t/m}^3$$

$q_{a\text{-sta}}$: capacidad admisible del suelo ante cargas estáticas

$q_{a\text{-din}}$: capacidad admisible del suelo ante cargas dinámicas.

Se ha modelado la cimentación y se le han asignado las cargas provenientes de la superestructura. A continuación, en las figuras 11, 12, 13 se presentan los esfuerzos en el suelo ante combinaciones de cargas en servicio a la que está sometida el terreno de fundación existente.

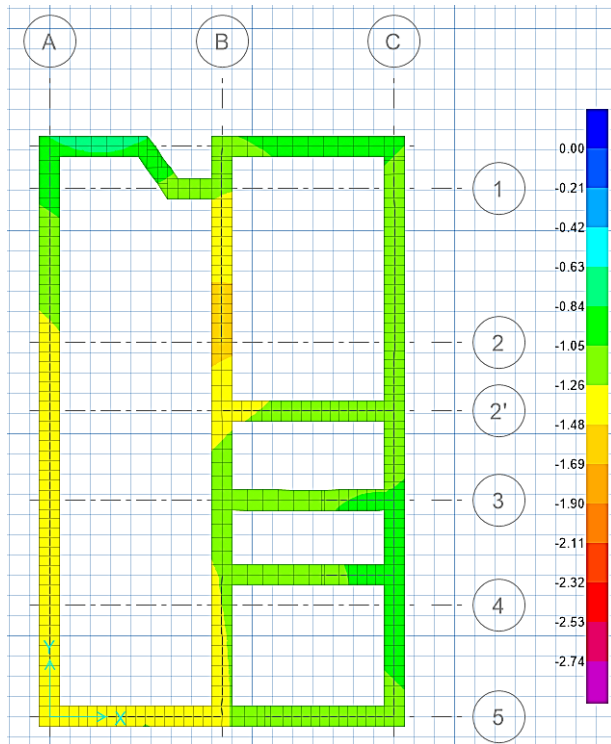


Figura 15 Cimentación existente. Esfuerzos en el suelo, combinación Carga Muerta + Carga Viva (kg/cm²).

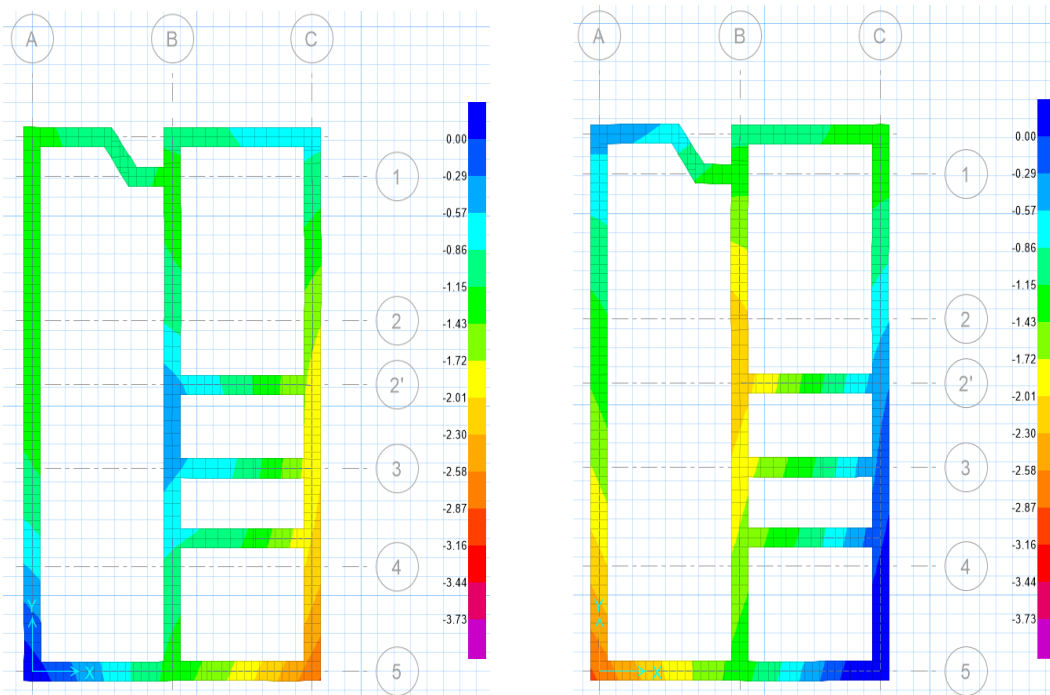


Figura 16 Cimentación existente. Esfuerzos en el suelo, combinación Carga Muerta + Carga Viva \pm Sismo dirección X (kg/cm²).

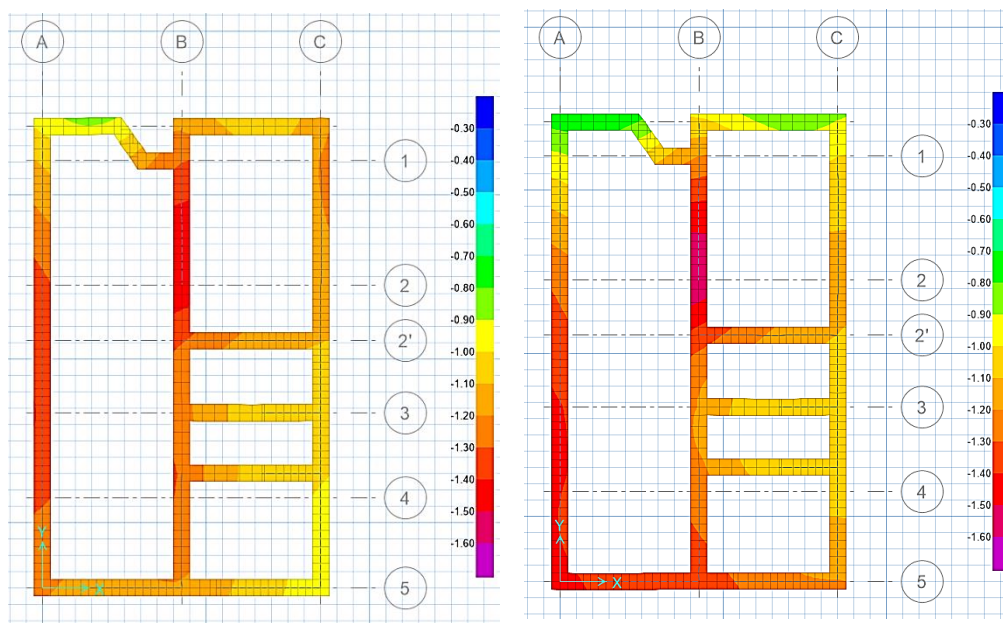


Figura 17 Cimentación existente. Esfuerzos en el suelo, combinación Carga Muerta + Carga Viva ± Sismo dirección Y (kg/cm²).

A partir del modelo estructural existente, se han verificado la capacidad portante de Cimentación superficial, obteniendo los siguientes resultados:

Estado con nuevas sobrecargas en techo de 2do piso.

En este estado los esfuerzos en el suelo siguen cumpliendo con los requisitos de demanda ante cargas en servicio, dado que las presiones actuantes transmitidas al terreno siguen siendo inferiores a la capacidad permisible del suelo.

Combinación	q _{max} (kg/cm ²)	q _a (kg/cm ²)	Verificación
S1: 1.0D + 1.0 L	1.52	2.74	ok
S2: 1.0D + 1.0 L + 0.80 EX	2.72	3.73	ok
S3: 1.0D + 1.0 L - 0.80 EX	2.8	3.73	ok
S4: 1.0D + 1.0 L + 0.80 EX	1.47	3.73	ok
S5: 1.0D + 1.0 L - 0.80 EX	1.55	3.73	ok

Tabla 21: Resumen de esfuerzos vs la capacidad admisible del suelo.

Dónde:

q_a: Capacidad admisible del suelo

q_{max}: Presión máxima transmitida al suelo

Resultado de evaluación a columnas

Se evaluaron las columnas de la vivienda siendo de:

Columna 2/A (1er piso)

Sección C25X25

Refuerzo: 4Ø1/2"

Propiedades de los materiales			
VAR	VALOR	Unid	Descripción de la variable
Concreto			
$f'c =$	210	kg/cm ²	Resistencia del concreto
E_c	217371	kg/cm ²	Módulo de elasticidad
ϵ_{Cu}	0.003		Deformación unitaria máxima permisible-compresión
β_1	0.85		Factor B1
Acero			
$f_y =$	4200	kg/cm ²	Límite de fluencia del acero
$E_s =$	2.00E+06	kg/cm ²	Módulo de elasticidad
$\epsilon_y =$	0.0021		Deformación de fluencia del acero

Tabla 22 Figura Propiedades de materiales

FACTORES DE REDUCCION DE CAPACIDAD (Φ , α)				
Var.	Valor	Descripción de la variable	NTE-060	ACI 2014
Φ	0.90	Por flexión y tracción	$\Phi = 0.90$	$\Phi = 0.90$
Φ	0.70	Por compresión	$\Phi = 0.70$	$\Phi = 0.65$
Φ	0.85	Por cortante	$\Phi = 0.85$	$\Phi = 0.75$
α	0.80	Nota: $\alpha = 0.80$ estribos y 0.85	$\alpha = 0.70$	$\alpha = 0.65$

Tabla 23 Factores de reducción



Figura 18 Sección y ubicación de columnas analizadas

Ang=0°			Ang=90°		
ΦP_n (t)	ΦM_{n_2} (t-m)	ΦM_{n_3} (t-m)	ΦP_n (t)	ΦM_{n_2} (t-m)	ΦM_{n_3} (t-m)
67.77	0.00	0.00	67.77	0.00	0.00
67.77	0.00	1.24	67.77	1.24	0.00
62.11	0.00	2.00	62.11	2.00	0.00
51.64	0.00	2.53	51.64	2.53	0.00
39.79	0.00	2.80	39.79	2.80	0.00
26.08	0.00	2.85	26.08	2.85	0.00
22.51	0.00	2.99	22.51	2.99	0.00
16.65	0.00	2.94	16.65	2.94	0.00
3.56	0.00	1.99	3.56	1.99	0.00
-9.38	0.00	0.90	-9.38	0.90	0.00
-17.18	0.00	0.00	-17.18	0.00	0.00

Combinaciones		P_u (t)	M_{u_2} (t-m)	M_{u_3} (t-m)
Comb1	1.4CM+1.7CV	13.3	0.01	0.33
Comb2 Max	1.25(M+L)+Ex	10.86	0.54	0.5
Comb2 Min	1.25(M+L)-Ex	12	0.55	1.06
Comb3 Max	1.25(M+L)+Ex	10.67	0.42	0.42
Comb3 Min	1.25(M+L)-Ex	12.19	0.43	0.31
Comb4 Max	0.9M+Ex	7.66	0.54	0.58
Comb4 Min	0.9M-Ex	8.8	0.55	0.98
Comb5 Max	0.9M+Ex	7.47	0.42	0.17
Comb5 Min	0.9M-Ex	8.99	0.43	0.23

Tabla 24 Análisis de calculo

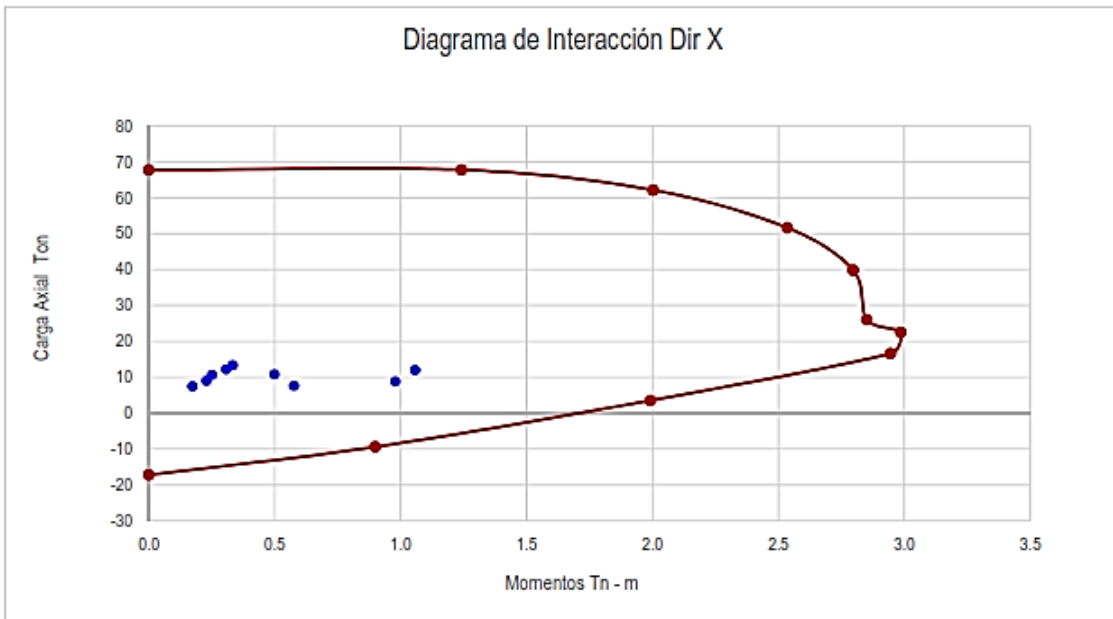


Figura19:Diagrama de interacción Dir X

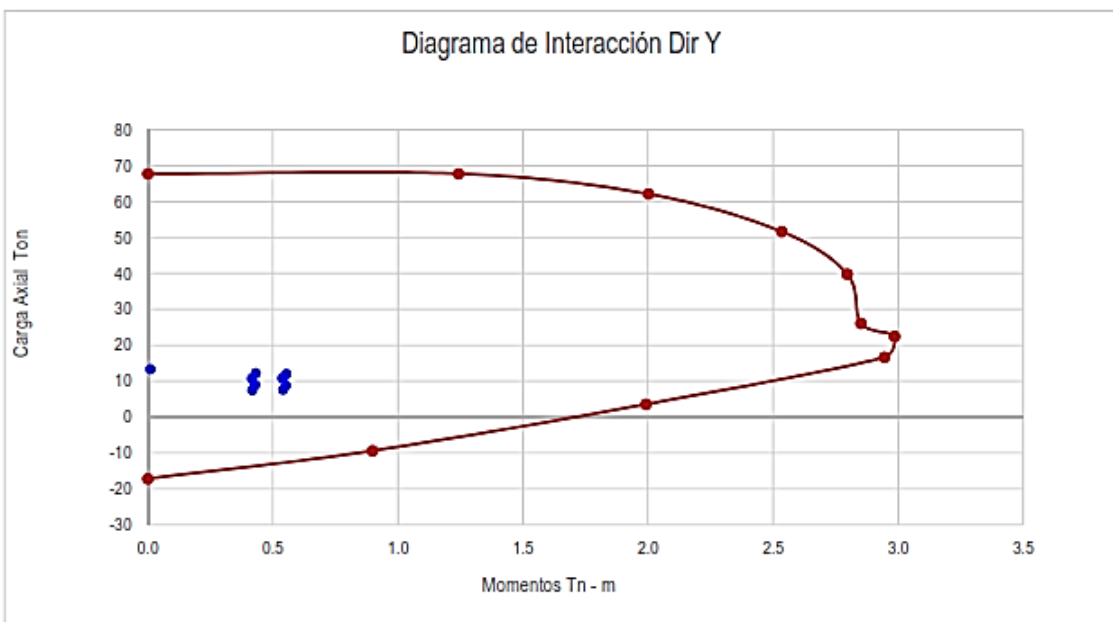


Figura 20 Diagrama de interacción en Y

Resultado del diseño de reforzamiento con CFRP

Calculo de las propiedades de la sección estado elástico agrietado:

$E_c = 218,819.8 \text{ Kg/cm}^2$ Modulo de Elasticidad del Concreto 15000 Raíz (f_c)

$n = 9.14$ Relación de módulos E_s/E_c

$(n)A_s = 6.5 \text{ cm}^2$ Sección Equivalente para cálculo de inercia y eje neutro $(n)A_s$

$p = 0.00101$ Cuantía de refuerzo por tracción $p = A_s / (b d)$

$k = 0.13$ Factor para cálculo de inercia y eje neutro $k = -pn + \text{Raíz}((pn)^2 + 2pn)$

$k_d = 2.23 \text{ cm}$ Eje Neutro de la sección transformada agrietada (elastica sin frp)

$I_{cr} = 1,661.0 \text{ cm}^4$ Momento de Inercia sección agrietada $I_{cr} = b(k_d)^3 / 3 + nA_s (d - k_d)^2$

Def. unitaria en la capa inferior del FRP en el instante de colocacion del FRP = M_o
 $(df_1 - k_d)/(E_c I_{cr}) e_{bi}(1) = 0.001027$

Def unitaria en la capa lateral del FRP en el instante de colocacion del FRP = $M_o (df_2 - k_d)/(E_c I_{cr}) e_{bi}(2) = 0.001027$

Los Factores de Reducción serán:

$\phi = 0.90$ Factor de Reducción para Flexión

$\psi_f = 0.85$ Factor de Reducción para FRP

El momento Resistente de la Sección será:

$\phi M_n = 0.90 \text{ Tn-m}$ $\phi M_n = \phi(M_{ns} + \psi_f M_{nf1} + \Psi M_{nf2})$ de la Sección Reforzada con FRP

Usar 1 capa de 5.00 cm.

Incremento de Flexión en: **0.44 t-m**

En la siguiente tabla y diagrama se puede ver las diferencias en resistencia que soporta nuestra losa aligerada sin fibra de carbono y con fibra de carbono. La fibra de carbono aporta más resistencia (rigidez) a nuestras viguetas, disminuyendo su curvatura (ductilidad). Como se ve en la tabla 16, para que nuestra vigueta soporte la nueva carga tendría superar los **0.73t-m**

Esfuerzo a incrementar	Resistencia inicial	Resistencia final
Incremento a flexión	0.46 t-m	0.90 t-m

Tabla 25: Cuadro de comparación de esfuerzos

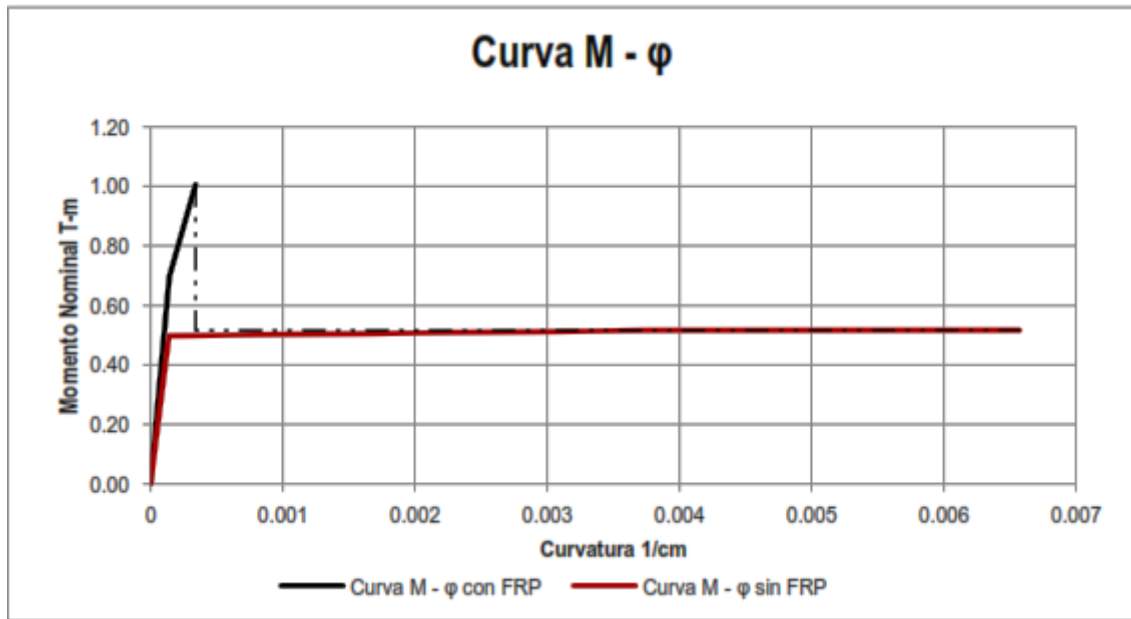


Figura 21: Diagrama momento curvatura con FRP- ductilidad con FRP

Resultado de reforzamiento con vigas metálicas

Revisión de longitud no arriostrada (Lb)

Longitud no arriostrada

$$L_b = 300 \text{ cm}$$

$$L_p = 108.8 \text{ cm}$$

$$L_r = 353.7 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 \cdot r \cdot \sqrt{E/f_y}$$

Calculo de Mn por pandeo lateral torsional

Zona 1

$$L_b < L_p$$

No es aplicable este estado limite

Zona 2

$$L_p < L_b < L_r$$

Ok

Zona 3

$$L_r < L_b$$

Coefficiente de flexión (Cb)

$$C_b = 12.5 \cdot M_{max} / (2.5 M_{max} + 3 \cdot M_a + 4 \cdot M_b + 3 \cdot M_c)$$

$$M_a = 772 \text{ kg.m}$$

$$X_a = 37.5 \text{ cm}$$

$$M_b = 1,353 \text{ kg.m}$$

$$X_b = 75 \text{ cm}$$

$$M_c = 1,743 \text{ kg.m}$$

$$X_c = 112.5 \text{ cm}$$

$$M_{max} = 1,982 \text{ kg.m}$$

$$C_b = 1.4$$

Calculo de la capacidad nominal (mn)

Estado límite de fluencia (y)	$M_n =$	7.8 t.m	$M_n = M_p = f_y * z$
Estado límite de pandeo torsional (ltb)	$M_n =$	7.4 t.m	

Capacidad resistente (ϕM_n)

Factor de reducción por flexión	$\phi_b =$	0.9
Momento último actuante	$M_u =$	1.98 t.m
Momento Resistente	$\phi_b * M_n =$	6.69 t.m Ok

La viga metálica a diferencia de la fibra de carbono, realiza la función de repartir la luz tributaria, a un tercio del total. Siendo esta inicialmente de 3.875 ahora reforzada con la estructura metálica será 1.3m. Esto con el fin de tener un menor resultado en su momento último, recordemos que la vigueta soporta **0.46t-m** y para que pueda soportar la sobrecarga de 400 kg/cm² tendría que tener un resultado en su momento ultimo **Mu =0.73 t-m**. Lo que hace la viga metálica es disminuir el momento último (**Mu**) a **0.09T-m**.

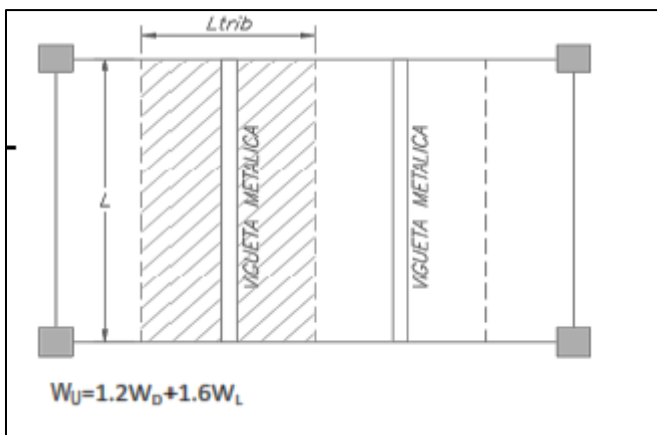


Figura 22 Detalle de nueva distribución de Luz tributaria

Entonces:

$$W_u = 1.2W_d + 1.6W_l$$

$$W_u = 1.2 (400) + 1.6 (400)$$

$$W_u = 640 \text{ kg/m} + 480 \text{ kg/m}$$

$$W_u = 1120 \text{ kg/m}^2$$

Convirtiendo a metro lineal

$$1120 \text{ kg/m}^2 \times 0.40\text{m} = 448 \text{ kg/ml}$$

Calculando la capacidad de carga (T-m)

$$W \times (l)^2 / 8$$

$$448 \text{ kg/ml} (1.3)^2 / 8$$

$$94.64 \text{ kg/m} / 10000(\text{convertir a t-m}) = \mathbf{0.09 \text{ T-m}}$$

Con ese resultado las viguetas con una carga de 0.46 t-m, superarían el esfuerzo de sobrecarga.

Esfuerzo	(Mn)	(Mu)-requerido	(Mu)-disminuido
Momento actuante	0.46 t-m	0.73 t-m	0.09 t-m

Tabla 26 Cuadro comparativo de esfuerzos

Resultado del diseño de reforzamiento con ambos materiales

El reforzamiento se debe al incremento de sobrecargas correspondientes al cambio de uso en 02 paños de losa ubicados entre los ejes 1-2/A-C, correspondientes al techo del segundo piso. El criterio empleado para el refuerzo, ha sido verificar el nivel de incrementos de flexión y cortante en las vigas y losas tributarias por efecto de las nuevas cargas proyectadas. El refuerzo se diseñará para cubrir el déficit de resistencia.

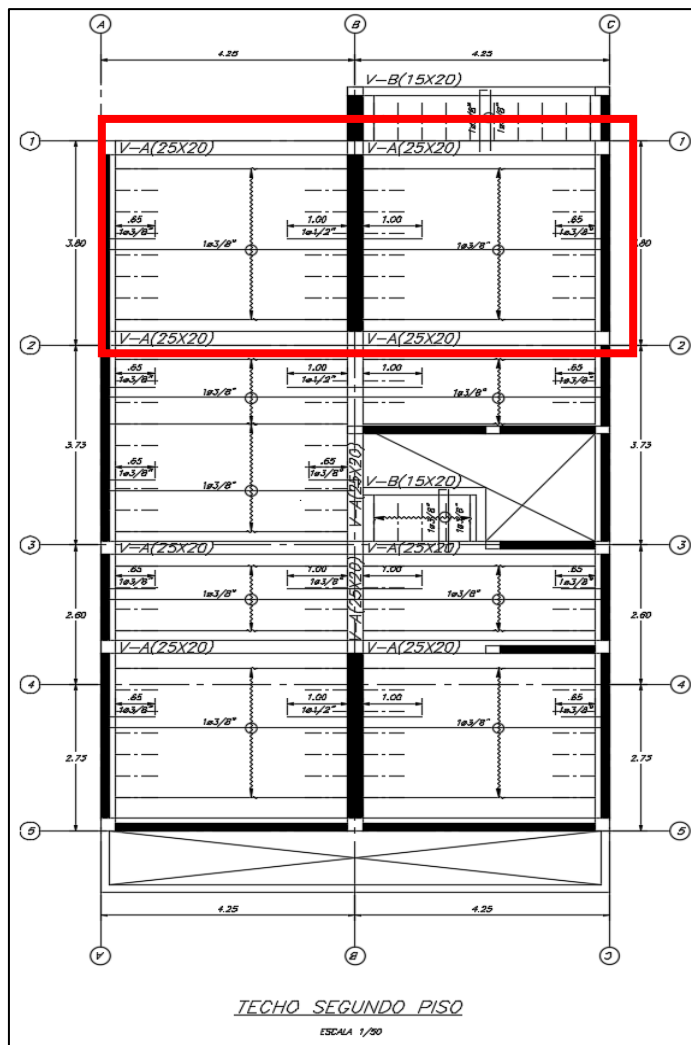


Figura 23 Ubicación del gimnasio doméstico en el encofrado del 2do piso.

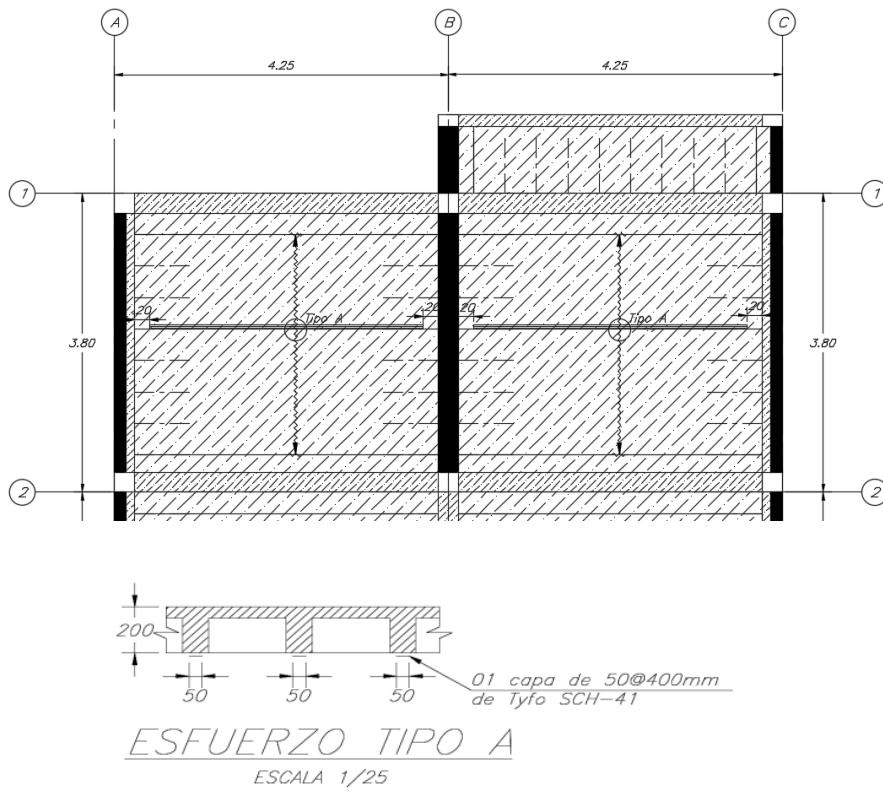


Figura 24: Esquemas de reforzamiento con FRP, por debajo de la losa

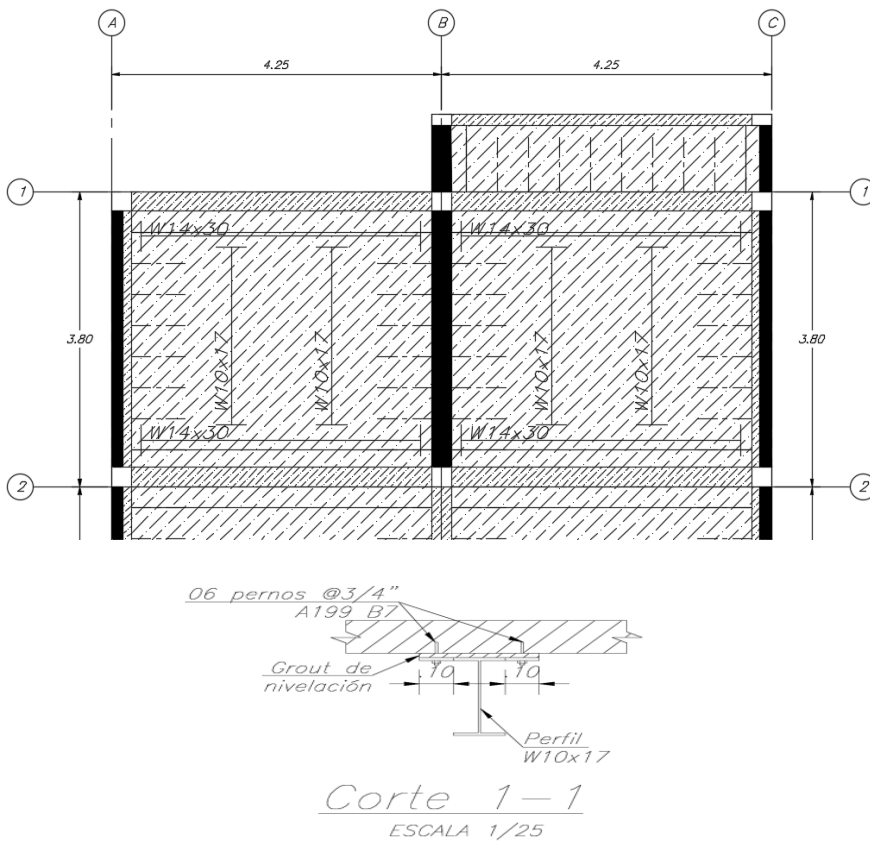


Figura 25: Esquemas de reforzamiento con Vigas metálicas, por debajo de la losa

V. DISCUSIÓN

En base al diagnóstico del análisis sísmico a la vivienda bajo estudio, se determinó que la vivienda con la carga incrementada de 400 kg/m^2 debe ser necesariamente reforzada. Para el refuerzo con vigas metálicas, los materiales de estas vigas aumentan una carga extra de 900 kg las cuales también fueron consideradas para el análisis sísmico.

Uno de los puntos a determinar fue la eficiencia de la fibra de carbono como reforzamiento de la losa aligerada, dicha losa fue reforzada en las viguetas de 10cm de ancho espaciadas cada 40cm entre sí de forma paralela. Realizando el análisis de flexión y corte se encontró deficiencia a los esfuerzos a flexión, las cuales tendríamos que reforzar las viguetas y puedan aumentar su resistencia. En la figura 13 se puede demostrar a través del cuadro de momento nominal T-m vs Curvatura (Momento de curvatura) como el uso de la fibra de curvatura hace que la vigueta aumenta su resistencia. Resultado semejante a los descubiertos por (Guevara Fernandez, 2018) en las cuales fabricaron 12 vigas de concreto armado de dimensiones de $0.30 \times 0.60 \text{ cm}$. Siendo estas reforzadas por fibra de carbono (1,2 y 3 capas). Realizando estudios a una mezcla de 4 vigas de $2\text{Ø } 3/4''$ (0, 1, 2,3 capas); 4 vigas de $4 \text{Ø } 3/4''$ (0, 1, 2,3 capas); 4 vigas de $6\text{Ø } 3/4''$ (0, 1, 2, 3 capas).

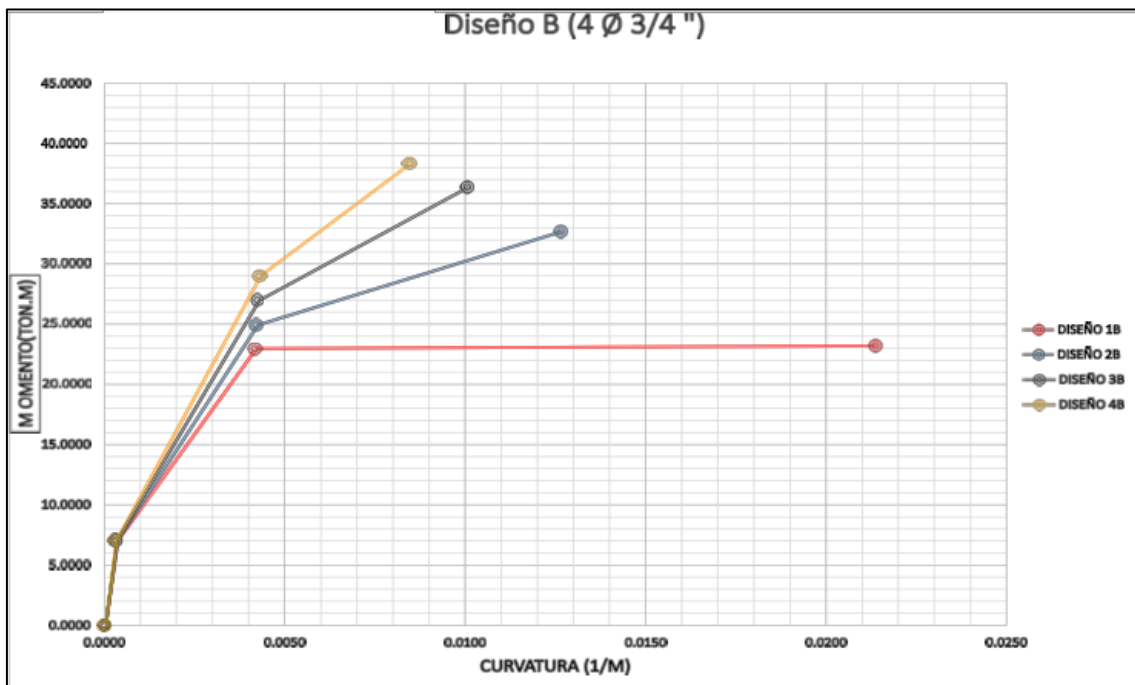


Figura 26 Grafica de momento vs curvatura del diseño B $4 \text{Ø } 3/4''$

Fuente: Figura 2 de tesis Guevara Fernández

Al realizar el estudio de cada modelo se puede observar que al aplicar más fibra de carbono la resistencia aumenta pero su curvatura disminuye. En la cual realizaron una cita de Mesbah y Benzaid (2103) en donde explica que la fibra de carbono al aplicar a una estructura de concreto armado aumenta su resistencia y actúa mucho mejor si la estructura cuenta con menor refuerzo de acero.

Unos de los resultados encontrados en este proyecto es mostrar como una alternativa de reforzamiento de una estructura, el uso de la fibra de carbono; por sus características físicas y mecánicas. Resultados semejantes a los de (Moncayo Theurer, y otros, 2016) que nos explicaron en su estudio los tipos de intervención en estructuras, tipos de reforzamiento, reseña histórica, componentes, características, criterios de producción, ventajas. Describe que la fibra de carbono es más resistente al acero puesto que alcanza una pureza de hasta el 99% de carbono. Destacando sus características como elevada resistencia a tensión y compresión, siendo muy liviano y estable ante agentes externos. Una de las ventajas de la fibra de carbono es que puede ser utilizada como refuerzo en vigas y así restaura su capacidad a tensión, el uso es en tiras figura 11. Nuestro proyecto requiere láminas de acero de 5cm en la misma dirección de las viguetas y así otorgara mayor esfuerzo a tensión. Las estructuras que hayan superado su vida útil o hayan pasado por algún evento sísmico requieren una intervención y puedan recuperar o aumentar su capacidad inicial, por ello al igual que nuestro estudio sugiere esta técnica moderna como el uso de la fibra de carbono.

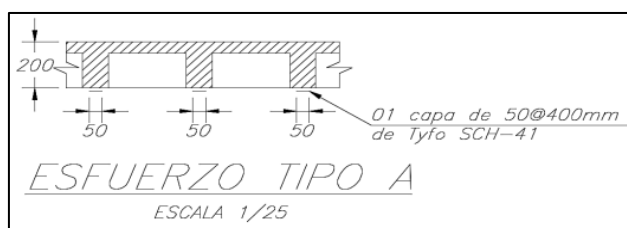


Figura 27: Esquemas de reforzamiento con FRP, por debajo de la losa
Fuente: Elaborado en AutoCAD 2015

El resultado al usar la estructura metálica como reforzamiento fue que dicho material nos proporciona mayor resistencia al esfuerzo de flexión además de ser un material de costo bajo. En nuestro caso en especial de colocaron armaduras en forma perpendicular a las viguetas (figura 12), con ello permitían que los esfuerzos generados por las viguetas sean óptimos y puedan soportar la sobre carga (tabla 12) Estos resultados fueron distintos a los de (Deghenhard, y otros, 2016) puesto que ellos realizaron el

estudio de reforzamiento de estructuras usando planchas metálicas tipo SAE 1020 , realizando experimentos en 21 vigas estas sometidas a esfuerzos de flexión. En las conclusiones del estudio concluyeron que al ensanchar las vigas con las planchas metálicas SAE 1020 de un espesor de 1,50mm y 2,25 mm dieron una menor resistencia a esfuerzo de flexión. El trabajo que realizaron fue el encamisado de vigas, con el proceso de envolver todas las vigas con las planchas metálicas, esos vacíos se tendrían que rellenar con algún tipo de epóxico, puesto que al tener vacíos causarían desplazamientos y no permitiría trabajar de forma monolítica la estructura reforzada.

En nuestro caso la estructura metálica tendrá una luz puesto que no pretendemos reforzar un solo elemento, por el contrario será toda la losa.

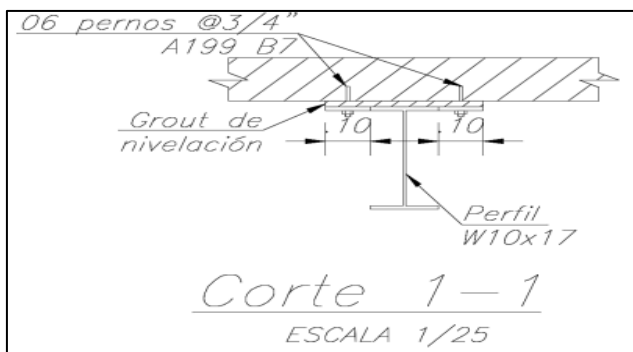


Figura 28: Esquemas de reforzamiento con Vigas metálicas, por debajo de la losa
Fuente: Elaborado en AutoCAD 2015

En el presente proyecto tiene por objetivo resaltar la eficiencia de la fibra de carbono y el acero en su función de reforzamiento estructural. Además de ello con el presente proyecto trato de difundir dos técnicas que son muy pocas veces usadas en nuestro País, sobre todo en el reforzamiento de viviendas aligeradas. Así los dueños de las viviendas tengan la seguridad de reforzar sus viviendas y con seguridad le den un cambio de uso. Los objetivos de nuestro proyecto son similares a los de (Escamilla Hernandez & Ramirez de Alba, 2011) puesto que en su proyecto tiene por objetivo despertar el interés a las personas de la reutilización de los edificios a través del reforzamiento y no llegar a tomar una apresurada decisión de demoler la edificación. Mostrando desde las causas, justificaciones a la reutilización, dan aspectos arquitectónicos y estructurales que deben tomarse en cuenta.

VI. CONCLUSIONES

Se pudo determinar la eficiencia de la CFRP, siendo las propiedades mencionadas una de sus ventajas, de peso ligero y con otorga una elevada resistencia a la estructura, aportando gran resistencia a la tensión y compresión. Dando a nuestra losa aligerada en estudio, un grado de soporte de carga de **0.90 t-m**. Al tener un peso ligero disminuyen el área a reforzar, siendo así un material de fácil instalación. No llega a corroerse con el paso del tiempo y no requiere algún tipo de mantenimiento. Otra de las ventajas sobre el uso de este material que se pudo concluir es que el costo de mano de obra es bajo, más por el contrario, con el material en comparación con la estructura metálica.

Se logra determinar la resistencia de la estructura metálica, puesto que el diseño del material realiza la función de disminuir el área de influencia de carga, así disminuye el momento ultimo de diseño siendo este **(Mu) a 0.09T-m**. Con ese resultado la losa aligerada con una carga de 0.46T-m soportaría y sería optimo el adecuamiento del gimnasio. Este material si sufrirá corrosión por lo que tendrá que pasar por un proceso de mantenimiento. Siendo un material de bajo costo a comparación de la cfrp y a nivel de instalación es bien elevado.

La eficiencia tanto de la fibra de carbono y la estructura metálica fueron de utilidad para el refuerzo de la losa aligerada, cada una cumple con las características que el diseño requiere. Los dos materiales pueden dar el soporte a la sobrecarga que a futuro serán sometidos. Cabe mencionar que la cfrp puede ser pintada y no cambiaría el diseño arquitectónico de la vivienda, por el contrario la estructura metálica tendría que ser cubierta por un falso techo si el dueño lo requiere. El diseñador y el dueño de la vivienda tendrán la capacidad de decidir cuál de estas dos técnicas les favorece.

Cabe resaltar que los materiales a usar no mejoraran la respuesta ante un evento sísmico, por ello se realizó un análisis sísmico previo al reforzamiento. Vivienda que si cumple con el análisis sísmico, incluyéndole la sobrecarga de 400kg/m² y el peso de los materiales a usar como reforzamiento. De no haber pasado el análisis sísmico se tendría primero que realizar un diseño específicamente para reforzamiento ante dicha vulnerabilidad, hasta que cumpla. Este diseño se aplicara a una vivienda de más de 30 años y que ha sido construida de albañilería confinada, en la gran mayoría las encontramos en los conos de la capital.

VII. RECOMENDACIONES

El diseño de reforzamiento usando las dos técnicas fueron los óptimos, los resultados aumentaran la resistencia de carga de la losa aligerada. Por ello se deberá solicitar el adecuado diseño de un especialista y se recomienda que se realice el reforzamiento antes de empezar el acondicionamiento del gimnasio.

El personal que se encargará de los trabajos de reforzamiento usando la fibra de carbono no excederá de un encargado en campo (maestro y/o técnico) y el resto de personal no necesita mayor conocimiento que el técnico de campo le indique. Los trabajos de reforzamiento con la estructura metálica, sí requiere de un encargado de campo (maestro y/o técnico), operarios y ayudantes. Con ello se recomienda contratar personal idóneo para los trabajos que se elija. Se adjunta cuadro de costos y presupuestos de las dos técnicas de reforzamiento (**anexo 14 y 15**).

Los materiales a usar tienen que ser de calidad. Todo producto usado viene con un certificado de calidad por escrito y deberá ser entregado al dueño de la vivienda, con ello garantizamos que el producto cumpla con los requisitos específicos que el diseño sugirió (**anexo 8 y 12**).

Una vez finalizado los trabajos, deberán pasar por pruebas de calidad en campo. Con ello garantizamos la correcta instalación y el cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto. Para el caso del uso de la fibra de carbono como material para reforzar la losa aligerada se realizara la prueba de desprendimiento o “PULL OFF”. Para el caso del uso de las estructuras metálicas el ensayo a realizar será la medición del espesor de pintura (micras) y toma de medidas de espesor del material, especificadas en los planos (**anexo 12**).

Los trabajadores deben de contar con los implementos de seguridad adecuados para los trabajos a ejecutar (**anexo 13**). Además de contar con los equipos de trabajos adecuados como escaleras, andamio.

REFERENCIAS

- Alfaro Medina, R., & Jerez Tellez, S. (2015). Estudio de la vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural edificio sede Guatiguara de la Universidad Industrial de Santander. (*Tesis de grado*). Universidad industrial de Santander, Bucaramanga.
- Aranzabal Sologuren, W., & Arroyo Saavedra, J. (2015). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica para el diseño del reforzamiento estructural que mejora el comportamiento sísmorresistente del Hospital Casimiro Ulloa empleando la norma E.030-2014. (*Tesis pregrado*). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Arequipa, A. (01 de Noviembre de 2015). *Barras redondas lisas y pulidas cualidades: ASTM A36 y SAE1045*. Obtenido de Información corporativa de Aceros Arequipa: <http://www.acerosarequipa.com/informacion-corporativa/productos/barras-lisas-y-perfiles/detalle/article/barras-redondas-lisas/chash/a716b4a21b08e63cd1e1512989542dd0.html>
- Belizario Pacompa, C. (2017). Reforzamiento estructural de una edificación de concreto armado de dos pisos con fines de ampliación. (*Tesis pregrado*). Universidad Nacional del Centro del Perú, Hunacayo.
- Benzaid, R., & Mesbash, H. (2013). Strength model for square concrete columns confined by external CFRP sheets. *Engineering Structures*, 30, 1632-1646.
- Bilotta, A., Ceroni, F., Nigro, E., & Pecce, M. (2015). Efficiency of CFRP NSM strips and EBR plates for flexural strengthening of RC beams and loading pattern influence. *Composite Structures*, 124:163-175.
- Blanco Blasco, J. A. (2005). Las estructuras de los centros educativos(colegios) en el siglo XX en el Perú, diversos proyectos de reforzamiento y ejemplos de estructuración de edificaciones de la Universidad Católica del Perú. (*Tesis maestría*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- C. de Oliveira, D., R.Damasco, I., & L.Brasco, V. (30 de Abril de 2018). *Eccentrically-compressed reinforced concrete columns strengthened with partial jacketing*. Obtenido de Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de calidad, Patología y recuperación de la construcción: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427655117021>
- Condor Reyes, E., & Molina Gomez, G. (2019). Reforzamiento estructural de muros de adobe y la aplicación de la geomalla biaxial en la edificación cultural Hotel Comercio"El Cordano" patrimonio cultural Lima-Perú. (*Tesis pregrado*). Universidad San Martín de Porres, Lima.
- Deghenhard, C., Teixeira, T., Vargas, A., Vito, M., Piccinini, A., & Do Vale Silva, B. (Mayo de 2016). *Análisis experimental de distintas configuraciones de chapa metálica en el refuerzo a flexión de vigas de concreto armado*. Obtenido de Revista ALCONPAT: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427646713008>
- Escamilla Hernandez, L., & Ramirez de Alba, H. (15 de Marzo de 2011). *Rehabilitación para un cambio de uso y prolongación de la vida útil en edificaciones*. Obtenido de Ingeniería Revista académica: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467/46718150005>
- Ferrari, V., Arquez, A. P., & Bento de Hanai, J. (2016). Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) inserted in different configurations of the tensile zone retrofitting with microconcrete. *Acta Scientiarum. Technology*, 437-444.

- Ferrari, V., Hanai, J., & Souza, R. (2013). Flexural Strengthening of reinforcement concrete beams using high performance fiber reinforcement cement-based composite 8HPFRCC and carbon fiber reinforced polymers (CFRP). *Constructions and Building Materials*, 48-59; 485-498.
- Ferreira, M., Oliveira, M., Lima Neto, A., Tapajos, L., C. Nascimento, A., & Freire, M. (2019). Influence of anchorage on flexural strength of beams strengthened with CFRP sheets. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*,.
- Gonzales Fernandez, V., Barrios Padura, A., & Molina Huelva, M. (2018). Aplicaciones de las técnicas no destructivas Pull-Off y ultrasonidos en el control de calidad del refuerzo con materiales compuestos en estructuras de concreto. *Ciencia e ingeniería Neogranadina*.
- Guevara Fernandez, M. (2018). Analisis de la resistencia y ductilidad de vigas de concreto armado con reforzamiento de fibras de carbono. (*Tesis pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Hamdy, M., Afefy, K., & Hussein, M. (2015). Enhancement of flexural behavior of CFRP strengthened reinforced concrete beams using engineering cementitious composites transition layer. *Structure and infrastructure engineering journal*, 1042-1053.
- Hawileh, R., Nawaz, W., Abdalla, J., & Saqan, E. (2015). Effect of flexural CFRP sheets on shear strength of reinforced concrete beams. . *Composite Structures*, 468-476.
- Hernandez Caneiro, J., & Wainshtok Rivas, H. (2015). Empleo de barras y telas de malla de PRF como refuerzo del hormigón y el ferrocemento. Diseño estructural. *Monografía ISBN 978-959. Universidad Tecnológica de la Habana*.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación, sexta edición*. Mexico: McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA EDITORES S.A DE C.V. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Institute, A. C. (2008). Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures. *ACI Committee 440-2R*.
- Institute, A. C. (2014). Building Code Requirements for Structural Concrete. *ACI Committee 318-M*.
- Khan, A., & Fareed, S. (2014). Behaviour of reinforced concrete beams strengthened by CFRP wraps with and without end anchorages. *Procedia Engineering*, 123-130.
- Liu, Y., & Zwingmann, B. (03 de Noviembre de 2015). *Carbon Fiber Reinforced Polymer for cable structures-A Review*. Obtenido de Publicacion Polymers: <https://www.researchgate.net/publication/283308870>
- Luis Garcia, K., Marrero Castro, S., & Diaz Perez, I. (2016). Diseño de sistema para viviendas con lámina colaborante metálica. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 1-14.
- Martinez Gonzales, J., Correa Beltran, J., & Díaz Pérez, I. (20 de Junio de 2019). *Reforzamiento de vigas de hormigón armado empleando barras de polímeros reforzados con fibra de*

- vidrio (PRFV)*. Obtenido de Revista de arquitectura e ingeniería:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193960058007>
- Martinez Rodriguez, L., & Llanes Buron, C. (2016). Algunos comentarios con relacion a la nueva propuesta de norma sismorresistente. *Revista de arquitectura e ingeniera*, 1-9.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2015). *Norma Tecnica de Edificaciones E0.20, Cargas*. Obtenido de Ministerio de Vivienda, Construccion y Saneamiento :
<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/titulo03edificaciones.html>
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2016). *Norma tecnica de edificaciones E 090 Estructuras metalicas. Lima, Peru*. Obtenido de Ministerio de Vivienda, Construccion y Saneamiento: <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/titulo03edificaciones.html>
- Ministerio de vivienda, C. y. (2018). *Norma Tecnica de Edificaciones E0.30, Diseño sismorresistente. Lima, Peru*. Obtenido de Ministerio de vivienda, Construccion y Saneamiento :
[http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones /51%20E.030%20DISEÑO%20SISMORRESISTENTE.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones%20E.030%20DISEÑO%20SISMORRESISTENTE.pdf)
- Moatasem, M., Fayyadh, H., & Abdul, R. (2014). Analytical and experimental study on repair effectiveness pf CFRP sheets for RC beams . *Journal of civil engineering and management*, 20-31.
- Moncayo Theurer, M., Rodriguez, J., Alcivar, Lopez, Soriano, & Villacis. (24 de noviembre de 2016). *Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructuras*. Obtenido de Ingenieria-revista academica :
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750927006>
- Ochoa Román, J., & Ulcuango Merino, F. (2014). Estudio de la seguridad sísmica y diseño del reforzamiento estructural de una vivienda de tres pisos. (*Tesis pregrado*). Escuela Politecnica Nacional, Quito.
- Perelles, D., Medeiros, M., & Garcez, M. (2013). Aplicación da Análisis hierárquica como ferramenta de tomada de decisão para escolha do compósito de refuerzo com polímeros reforçados com fibras. *Revista ALCOPANT*, 165-180.
- Perez Pacheco, E., Cauich Cupul, J., Valadez Gonzales, A., & Herrera Franco, P. (2013). Effect of moisture absorption on the mechanical behavior of carbon fiber/epoxy matrix composites. *Journal of Materials Science*, 1873-1882.
- Poot Cauich, P., Martinez Molina, R., Gamboa Marrufo, J., & Herrera Franco, P. (2019). Adhesion, strengthening and durability issues in the retrofitting of Reinforced Concrete (RC) beams using Carbon Fiber Reinforced Polymer CFRP. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*.
- Raigosa Tuk, E. (2010). Técnicas de reforzamiento de estrcuturas construidas de concreto que presentan deficiencias estructurales. (*Tesis de Licenciatura*). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.
- S. Amorim, D., & C.Oliveira, D. (Mayo de 2015). *Refuerzo estructural de una edificacion histórica en la ciudad de Rio Branco-Acre*. Obtenido de Revista ALCONPAT:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-68352015000200125&lng=es&tlng=es.

San Bartolome, A., & Quiun, D. (2015). *Diseño de mallas electrosoldadas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe típicas del Perú*. Obtenido de Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela:

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652015000100008&lng=es&tlng=es.

Sousa dos Santos, L., Rocha Damasceno, I., Nunes Ribeiro, L., & Carvalho de Oliveira, D. (Julio-Setiembre de 2013). Rounded corners columns strengthened with CFRP. *Acta Scientiarum. Technology*, 463-468.

Tananta Tejada, J., & Salcedo Viera, J. (20 de Junio de 2019). *Diseño de reforzamiento estructural en viviendas autoconstruidas de albañilería confinada en condición de vulnerabilidad sísmica San Antonio, Huarochirí - 2018*. Obtenido de Repositorio ucv: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/34496>

Tolosa Salazar, L. A. (2005). Recuperación de estructuras de hormigón en base a CFRP. (*Tesis pregrado*). Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile.

Vieira, M., Santos, A., Mon't Alverne, A., Bezerra, L., Montenegro, L., & Cabral, A. (2016). Experimental analysis of reinforced concrete beams strengthened in bending with carbon fiber reinforced polymer. *IBRACON Structures and Materials Journal*, 123-152.

ANEXOS

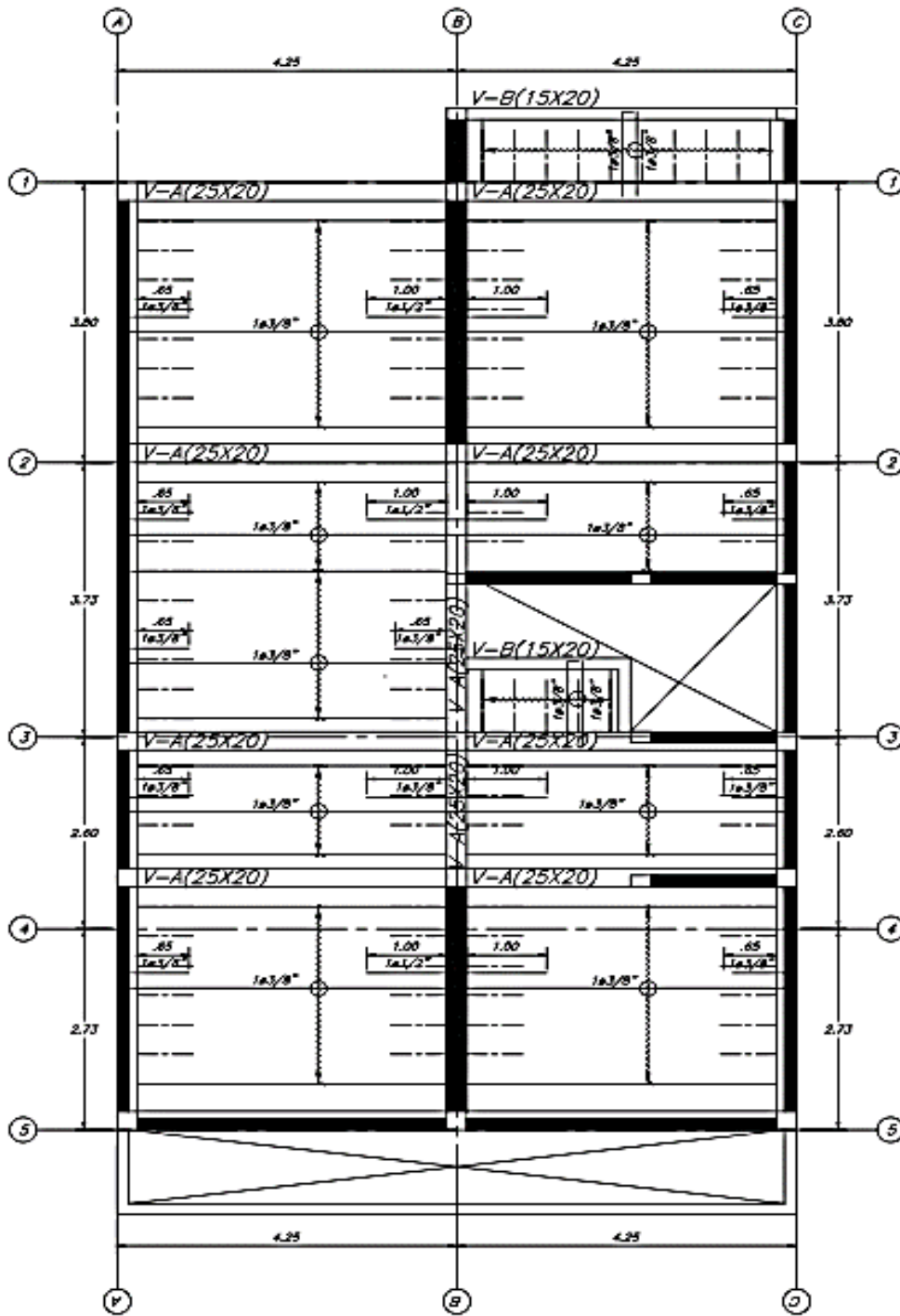
Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VI: Determinación de la eficiencia de la fibra de carbono y estructura metálica	<p>Moncayo Theurer M, et al., (2016) explicaron: Se le conoce fibra de carbono porque posea micro filamentos de carbono en un rango de medida de 5 a 10 μm. El factor de resistencia al material es causado por el apilamiento de miles de micro filamentos, todos ellos de una forma desordenada y densa. Considerada así de mejor resistencia a comparación del acero, siendo 10 veces mayor. Tiene características como, gran resistencia a la corrosión, gran módulo de elasticidad, de bajo peso y resistente a los esfuerzos de tensión y compresión. (p.59)</p>	<p>Moncayo Theurer M, et al., (2016) explicaron: La fibra de carbono es un elemento que puede aportar con el refuerzo a tensión, siendo de alta resistencia, de fácil colocación y además con una capacidad mayor inclusive que el mismo acero para resistir esfuerzos tensionantes. También la fibra de carbono puede aportar confinamiento al material. (p.59)</p>	Propiedades físicas y mecánicas	Densidad $\rho = m/v$
				Modulo de elasticidad $E = (\text{Gpa})$
				Resistencia a tracción (Kg/cm^2)
	<p>Ministerio de vivienda NTE E0.90 (2016) indican: "Describe al acero estructural a todo acero que forman parte de un sistema estructurado de pórticos y reticulados, que soportan cargas para las cuales fueron diseñados".</p>	<p>Según Ministerio de vivienda NTE E0.90 (2016) indican: "El análisis estructural determinará la resistencia estructural del sistema y la manera de ser conectados entre sí".</p>	Propiedades físicas y mecánicas	Densidad $\rho = m/v$
			Modulo de elasticidad $E = (\text{Gpa})$	
				Límite de fluencia (Mpa)
VD: Reforzamiento de losa aligerada	<p>Moncayo Theurer M, et al., (2016) explicaron: "el reforzamiento es un aumento de secciones o adición de materiales nuevos que aumenten la capacidad resistente de la estructura en su conjunto" (p.58).</p>	<p>Escamilla Hernandez & Ramirez de Alba (2011) indicaron: El reforzamiento constituye trabajos adicionales a los descritos, implica aumentar la capacidad de carga y respuesta del inmueble. Esto se logra ampliando secciones de columnas, traveses e incluso en la cimentación. La adición de elementos de diferentes materiales como placas de acero adosadas a las traveses, tensores entre dos muros y refuerzo helicoidal (zunchos) en elementos de mampostería, malla de acero incrustada en muros de mampostería, así como materiales compuestos como las fibras de vidrio y de carbono en elementos existentes de concreto, además de técnicas de postensado en estructuras de concreto y acero, son todos un recurso de reforzamiento muy utilizado en la actualidad. (p.31)</p>	Refuerzo	Proceso constructivo
				Resistencia a flexión
				Carga máxima

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

GUIA DE OBSERVACION					
Nombre y apellidos del propietario : Juan Edgar Flores Medina			Dni: 08631214		
Direccion de la vivienda : Mz D16 Lt21 Urb. Mariscal Caceres- San Juan de Lurigancho					
Nombres y apellidos del observador: Jimmy Franco Flores Quispe			Dni: 43643240		
N°	ASPECTOS A EVALUAR	SI	NO	TALVEZ	OBSERVACION
1	La vivienda cuenta con mas de 25 años de construccion.	X			La vivienda cuenta con 33 años desde su primera construccion de techo (piso 1)
2	La vivienda cuenta con planos	X			Los planos fueron entregados en planos de forma física.
3	¿Tuvo algun asesoramiento de un especialista(ingeniero civil, arquitecto, tecnico) al momento de la construccion.?		X		Se contrató a un maestro de obra.
4	Se construirá mas pisos, de lo que actualmente tiene.	X			Un piso mas
5	Se acondicionará algun tipo de negocio, alquiler de deparamentos u oficinas.	X			Acondicionaran un gimnasio, como negocio.
6	Realizará alguna modificacion dentro de la vivienda, antes del acondicionamiento del negocio.		X		Dentro de la vivienda no. Se mantendra tal como está.
7	¿Aumentará habitaciones o aumentará el area a alguna? Algun trabajo que requiera demolicion, antes del acondicionamiento del negocio.		X		Solo la del acondicionamiento de negocio
8	¿Reducirá alguna habitacion o colocará algun tabique que separe alguna habitacion, antes del acondicionamiento del negocio.?		X		
9	Aceptaran algun tipo de asesoramiento técnico para una nueva construccion o remodelacion en esta vivienda.	X			
10	Estan dispuesto a usar nuevas tecnicas de reforzamiento a los tradicionales(demolicion,cemento, acero y agregados)?	X			De estar en los costos proyectados.
11	La losa a reforzar cuenta con alguna fisura o desnivel (pandeo)		X		
12	La losa a reforzar cuenta con contrapiso.		X		Se recomienda realizar un vaciado de contrapiso
13	La losa esta tarrajada y pintada.	X			Se tendra que retirar el tarrajeo al momento de aplicar la fibra de carbono. Con el refuerzo de metal solo seria puntual.
14	Los muros presentan fisuras.	X			Fisuras de 1mm.Se realizo picado de tarrajeo para verificar que las fisuras solo eran externas.
15	El encuentro de vigas y muros no presentan fisuras.		X		

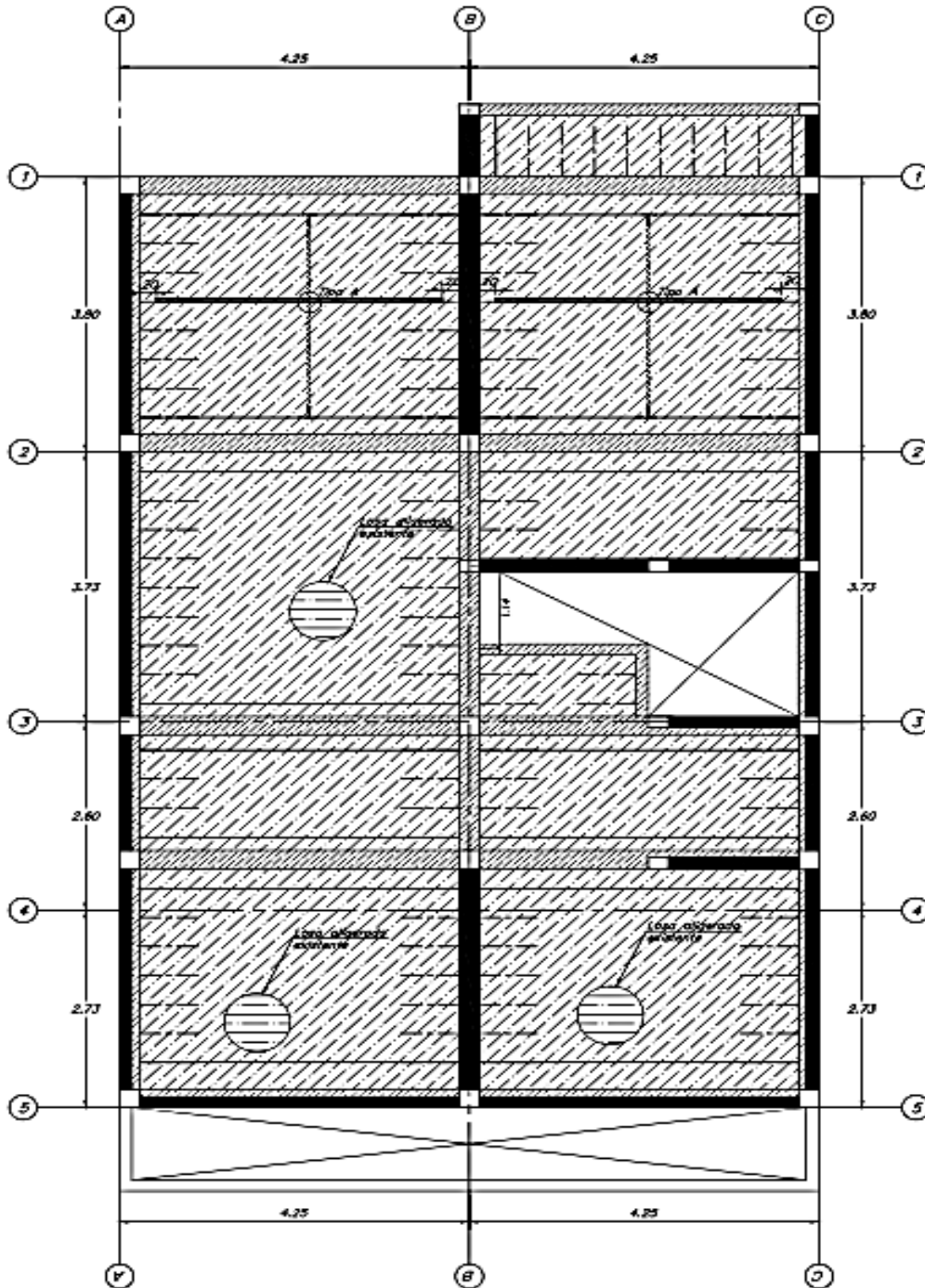
Anexo 3: Plano de estructuras del piso 2



TECHO SEGUNDO PISO

ESCALA 1/50

Anexo 4: Plano de planta- reforzamiento con CFRP



*TECHO DEL SEGUNDO PISO
REFORZAMIENTO DE LOSA POR DEBAJO
ESCALA 1/50*

Anexo 5: Proceso constructivo de reforzamiento con CFRP

PROCEDIMIENTO:

PROCEDIMIENTO GENERAL DE APLICACIÓN DE BANDAS DE FIBRA DE CARBONO

1. *Escarificar la superficie del concreto existente, en el área que estará en contacto con las bandas de carbono.*
2. *Realizar un tratamiento de superficie adecuado, con rugosidad y porosidad adecuada para la colocación y adherencia de las fibras, con el uso de amoladoras con disco de desbaste.*
3. *Una vez preparadas las zonas a reforzar, se deberán realizar las perforaciones de las zonas de anclajes, con las medidas (referenciales) indicadas en los planos.*
4. *Eliminar los restos de concreto, arena y polvo limpiando con cepillo metálico, luego aplicar aire a presión y limpiar la superficie escarificada con una brocha húmeda.*
5. *Realizar la imprimación del sistema FYFE, que se aplicará uniformemente sobre la superficie preparada, se dejará que la imprimación cure, antes de la aplicación de los materiales subsiguientes.*
6. *Aplicar una capa primaria de epóxico TYFO® S y curar un mínimo de una hora, antes de la aplicación de la tela saturada (impregnada) con epóxico.*
7. *Masillado de la superficie mediante relleno con la pasta epóxica, con el epóxico espesado del sistema TYFO® WS (TYFO® S + cab-a-sil ts-720), y dejar que la masilla cure.*
8. *Aplicación De La Fibra Saturada totalmente mediante rodillo, La fibra deberá estar completamente saturada con epóxico para permitir una adecuada adherencia de la fibra al sustrato.*
9. *La protección (Solo si el refuerzo de fibra de carbono se encuentra expuesto) puede ser proporcionada por una pintura acrílica o pintura de poliuretano. En caso se use un tarrajeo, se dejará la superficie con arena "gruesa" de cuarzo y/o sílice para mejorar la adherencia con el futuro tarrajeo.*

NOTA: *Antes del Procedimiento, se debe realizar una inspección de las zonas de contacto en cuanto a los siguientes aspectos:*

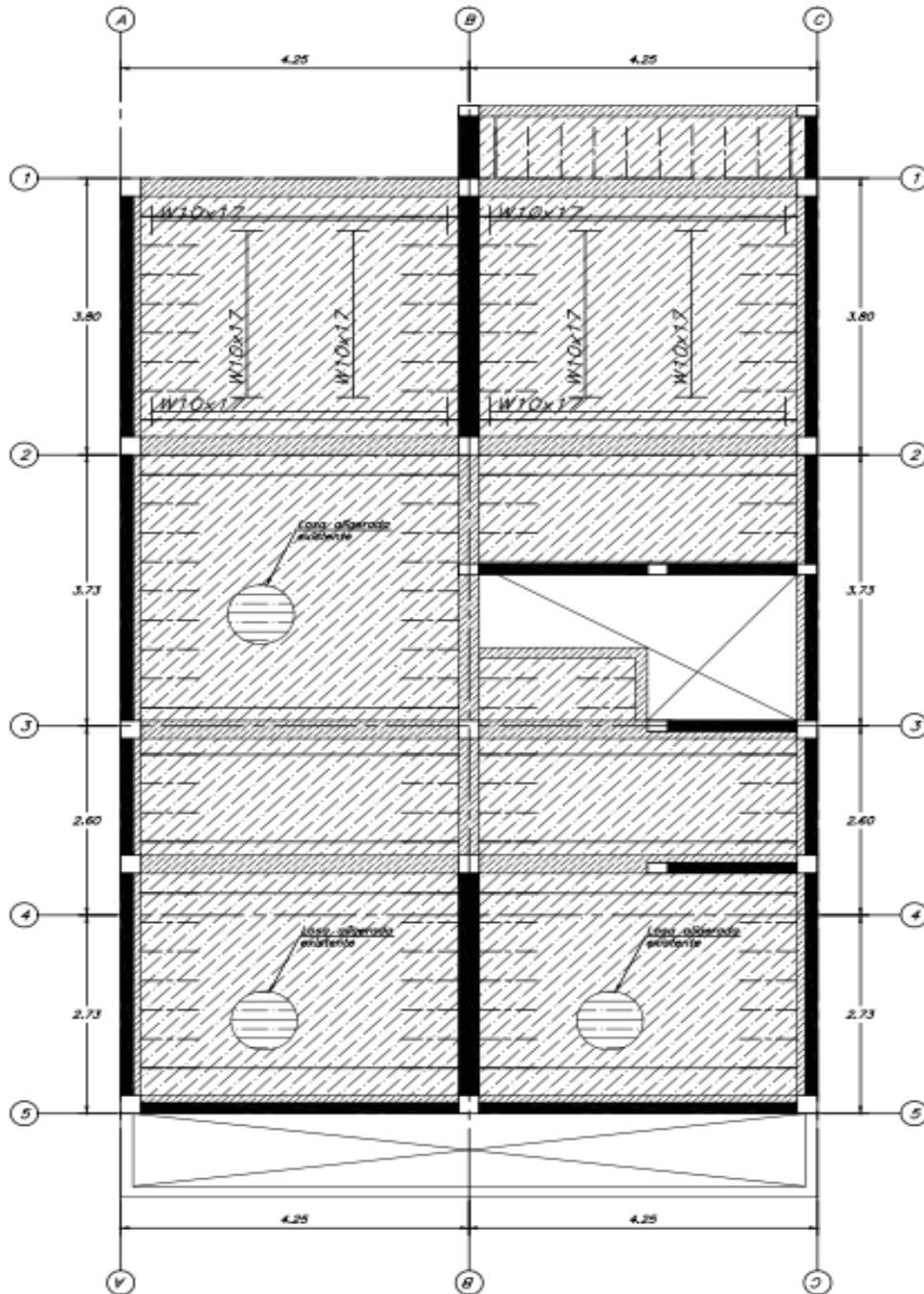
- a. *De encontrarse fisuras y defectos en el concreto donde se va a aplicar el reforzamiento, estos defectos deberán ser reparados.*
- b. *Verificar si los trabajos de reparación y resane han sido completados y que el sustrato reparado este completamente seco y libre de protuberancias o cavidades.*
- c. *La superficie debe estar sana, limpia, seca libre de partes sueltas, contaminación de grasa, aceite, polvo, residuos de curadores, lechadas cementosas u otras materias extrañas.*
- d. *La superficie a ser recubierta debe ser uniforme. La planicidad de la superficie debe ser verificada con una regla metálica. La tolerancia máxima permitida es de 10mm para una longitud de 2mts. Ó 2.5mm para una longitud de 50cms.*
- e. *La temperatura ambiente y del concreto para proceder a los trabajos de instalación deberá estar dentro de los siguientes límites. $4^{\circ}\text{C}(39^{\circ}\text{F}) < T < 38^{\circ}\text{C}(100^{\circ}\text{F})$.*

Anexo 6: Propiedades de la FRP

<i>PROPIEDADES DE LA FIBRA (FRP)</i>		
<i>PROPIEDADES DEL EPOXICO TYFO S</i>		
<i>CURADO DURANTE 72 HORAS A 60°C</i>		
<i>PROPIEDADES</i>	<i>METODO ASTM</i>	<i>VALOR NOMINAL SEGUN ASTM</i>
<i>RESISTENCIA ULTIMA</i>	<i>ASTM D-638</i>	<i>10.500 psi (72.4 MPa)</i>
<i>MODULO DE ELASTICIDAD</i>	<i>ASTM D-638</i>	<i>461.000 psi (3.18GPa)</i>
<i>ELONGACION</i>	<i>ASTM D-638</i>	<i>5.0%</i>
<i>PROPIEDADES DE LAMINA TYFO SCH-41 DE SECCION COMPUESTA</i>		
<i>PROPIEDADES</i>	<i>METODO ASTM</i>	<i>VALOR NOMINAL SEGUN ASTM</i>
<i>RESISTENCIA ULTIMA EN LA DIRECCION PRIMARIA DE LA FIBRA</i>	<i>D-3039</i>	<i>143.000 psi (986 MPa)</i>
<i>RIGIDEZ AXIAL (ANCHO UNITARIO)</i>		<i>(5.7 kip/in.)</i>
<i>ELONGACION DE ROTURA</i>	<i>D-3039</i>	<i>1.0%</i>
<i>MODULO DE ELASTICIDAD</i>	<i>D-3039</i>	<i>13.9x10⁸ psi (95.8 GPa)</i>
<i>RESISTENCIA A LA FLEXION</i>	<i>D-790</i>	<i>17,900 psi (123.4 MPa)</i>
<i>MODULO DE FLEXION</i>	<i>D-790</i>	<i>452,000 psi (3.12 GPa)</i>
<i>RESISTENCIA A LA COMPRESION LONGITUDINAL</i>	<i>D-3410</i>	<i>50,000 psi (344.8 MPa)</i>
<i>MODULO RESISTENTE A LA COMPRESION LONGITUDINAL</i>	<i>D-3410</i>	<i>11.2x10⁸ psi (77.2 Gpa)</i>
<i>DEFORMACION MAXIMA POR FLEXION</i>	<i>D-790</i>	<i>1.0%</i>
<i>COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA LONGITUDINAL</i>	<i>D-696</i>	<i>3.6 pp./°F</i>
<i>COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA</i>	<i>D-696</i>	<i>20.3 pp./°F</i>
<i>ESPESOR NOMINAL DEL LAMINADO</i>		<i>0.04 in.(1.0 mm)</i>
<i>RIGIDEZ AXIAL (ANCHO UNITARIO)</i>		<i>K=95.8 kn/mm</i>

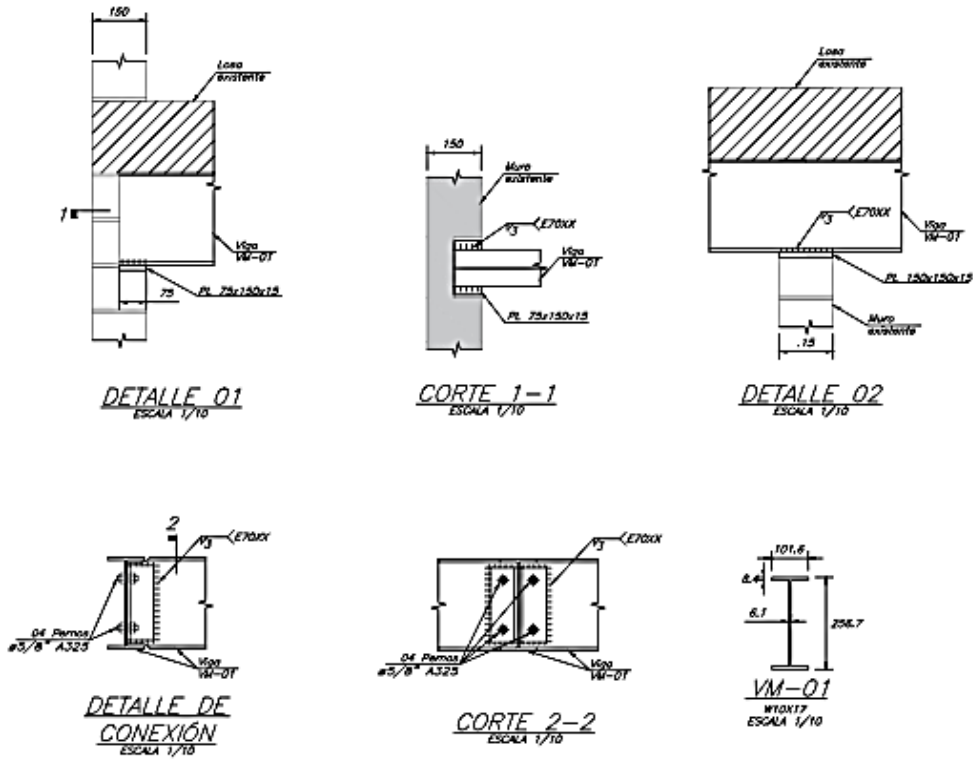
- * VALORES NOMINALES SEGUN NORMA ASTM .
- * PARA EL DISEÑO DE DEBERA USAR LOS FACTORES DE SEGURIDAD RECOMENDADAS EN LAS NORMA

Anexo 7: Plano de planta de reforzamiento con estructura metálica

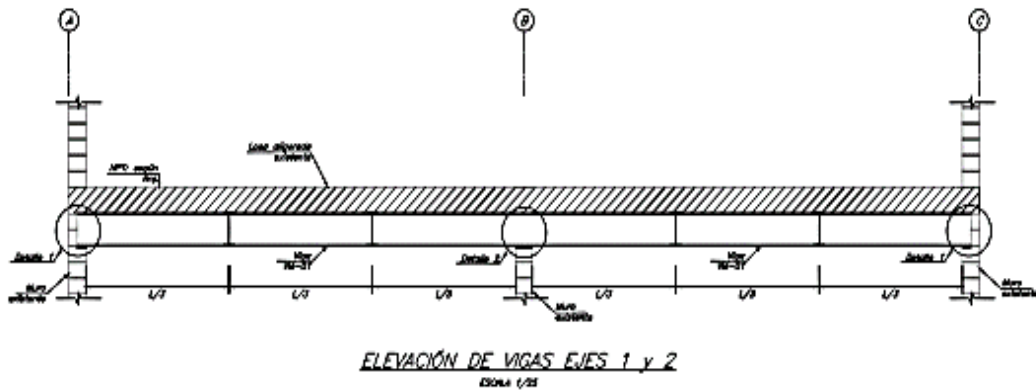


*TECHO DEL SEGUNDO PISO
REFORMAZAMIENTO DE LOSA POR DEBAJO
ESCALA 1/50*

Anexo 8: Plano de detalles de reforzamiento con estructuras metálicas



Anexo 9: Plano de detalles de reforzamiento con estructuras metálicas



Anexo 10: Especificaciones generales en estructura de acero

ESPECIFICACIONES GENERALES EN ESTRUCTURAS EN ACERO

ESPECIFICACIONES PARA LA FABRICACIÓN

Y MONTAJE DE LAS ESTRUCTURAS

: AISC ULTIMA EDICIÓN.

ACERO ESTRUCTURAL

: ASTM A 36 ($f_y = 36,000 \text{ Lb/pulg}^2$)
(EXCEPTO INDICADO)

PERNOS

: ASTM A 325 (EXCEPTO INDICADO)

ANCLAJES

: ASTM A 325 (EXCEPTO INDICADO)

SOLDADURA

: ELECTRODOS AWS A-5.1 SERIE E-70.

- LA CALIDAD Y TRABAJO DE LA SOLDADURA SERÁ CONFORME CON EL CÓDIGO DE SOLDADURA AWS D.1.1/D.1.1M 2010 DE LA SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA (AMERICAN WELDING SOCIETY)
- LA SOLDADURA DE LAS UNIONES DEBERÁ DESARROLLAR LA CAPACIDAD EN TRACCIÓN DE CADA ELEMENTO CONCURRENTE.
- EL CONTRATISTA DE LA ESTRUCTURA DE ACERO ELABORARÁ PLANOS DE FABRICACIÓN ÚLTIMA Y/O DETALLES QUE DEBERÁ SOMETER A REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL PROYECTISTA O SUPERVISOR.

PROTECCIÓN

- SE UTILIZARÁ UN SISTEMA EPÓXICO, APLICABLE SOBRE SUPERFICIES PREPARADAS DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE.

- LA PROTECCIÓN CONSTARÁ DE LAS SIGUIENTES CAPAS:

- a. PREPARACIÓN DE SUPERFICIE : ESTARÁ DE ACUERDO CON LA ESPECIFICACIÓN SSPC-SP-5 QUE CORRESPONDE AL ARENADO A METAL BLANCO.
- b. PRIMERA MANO (EN TALLER) : ANTICORROSIVO EPOXY-POLIAMIDA 50 MICRONES
- c. SEGUNDA MANO (EN TALLER) : ESMALTE EPOXY-POLIAMIDA DE COLOR DIFERENTE ACABADO 75 MICRONES
- d. TERCERA MANO (EN SITIO O EN TALLER) :
ESMALTE EPOXY-POLIAMIDA COLOR REQUERIDO 75 MICRONES
ESPESOR TOTAL DEL FILM SECO 200 MICRONES

EL TIEMPO A TRANSCURRIR ENTRE LAS DIFERENTES CAPAS SE MANTENDRÁ ENTRE 8 Y 22 HORAS.

Anexo 11 : Listado de equipos de protección personal

LISTA DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL PARA TRABAJOS DE REFORZAMIENTO CON ESTRUCTURA METALICA		
N°	DESCRIPCION	IMAGEN
1	Botas	
2	Casco	
3	Lentes	
4	Guantes de cuero, para soldador	
5	Careta facial	
6	Tapones auditivos	
7	Gorro protector	
8	Mandil de cuero	
9	Polainas	

LISTA DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL PARA TRABAJOS DE REFORZAMIENTO CON CFRP		
N°	DESCRIPCION	IMAGEN
1	Botas	
2	Casco	
3	Lentes	
4	Guantes	
5	Respiradores con filtro	

Anexo 12: Costo y presupuesto de trabajos de reforzamiento con estructura metálica

PRESUPUESTO- SUMINISTRO, FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	P.UNITARIO S/.	P.PARCIAL S/.
1	ESTRUCTURA METÁLICA-REFORZAMIENTO DE TECHO DE PISO 2 (eje A-C/1-2)				
1.1	Estructura metálica .Viga H de 10"x17lb/pie Anclajes y conexiones .Plancha de anclaje de e=16mm .Angulo de 3"x9mm .Barra roscado de diametro 3/4" .Pernos de diametro 5/4"	Kg	950.00	10.50	S/ 9,975.00
1.2	Anclaje quimico Hilti HIT-RE 500	Glb	1.00	550.00	S/ 550.00
					S/10,525.00

Anexo 13: Costo y presupuesto de trabajos de reforzamiento con CFRP

PRESUPUESTO DE REFORZAMIENTO DE LOSA ALIGERADA EN VIVIENDA - S.JL						
Proyecto : REFORZAMIENTO DE LOSA ALIGERADA PARA S/C = 400 Kg/m2 (Ejes 1-2/A-C) Ubicación : Urb. Mariscal Cáceres - S.JL Fecha : 14/07/20 Rev.: 1						
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U.(S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S/.)
1.00	OBRAS Y TRABAJOS PROVISIONALES					1,000.00
1.01	Movilización y desmovilización de equipos y materiales	glb	1.00	300.00	300.00	
1.02	Acarreo vertical y horizontal de materiales y equipos	glb	1.00	200.00	200.00	
1.03	Trazos y replanteo en campo (para ubicación de fisuras)	glb	1.00	200.00	200.00	
1.04	Protección de área de trabajo	glb	1.00	400.00	400.00	
1.05	Eliminación de desmonte	glb	1.00	200.00	200.00	
2.00	FACILIDADES Y PARTIDAS POR EL CLIENTE					0.00
2.01	Ambiente para Almacén de obra (por cliente)	glb	0.00	-	-	
2.02	Energía Eléctrica (por cliente)	mes	0.00	-	-	
2.03	Agua para las Obras (por cliente)	mes	0.00	-	-	
2.04	Vigilancia de Obra (por cliente)	mes	0.00	-	-	
2.05	Servicios Higiénicos para el personal de Obra (por cliente)	glb	0.00	-	-	
2.06	Retiro y reubicación de equipos y materiales en zona de trabajo (por cliente)	glb	0.00	-	-	
2.06	Reposición de acabados como tarrajeo, pintura, revoques, porcelanato (por cliente)	glb	0.00	-	-	
2.07	Trámite de licencia y/o permisos municipales	glb	0.00	-	-	
3.00	SEGURIDAD Y SALUD					700.00
3.01	Póliza de seguros y/o SCTR	glb	1.00	300.00	300.00	
3.02	Equipo de protección individual y colectiva	glb	1.00	400.00	400.00	
4.00	SUMINISTRO Y COLOCACION DE FIBRA DE CARBONO - REFUERZO POSITIVO					1,962.72
4.01	Preparación de superficie en contacto con FRP, previo a instalación. Incluye limitación con disco de corte, nivelación de superficie con epóxico, boleado de aristas y otros.	m2	2.78	55.00	153.12	
4.02	Suministro y colocación de fibra Tyfo SCH-41. Incluye epóxicoTyfo S de fyfe	m2	2.78	650.00	1,809.60	
COSTO DIRECTO					3,962.72	S/ 3,662.72
GASTOS GENERALES				12.50%		S/ 457.84
UTILIDAD				5.00%		S/ 183.14
Elaboración de planos e Ingeniería de reforzamiento						S/ 0.00
SUB TOTAL						S/ 4,303.70
IGV				18.00%		S/ 774.67
TOTAL PRESUPUESTADO						S/ 5,078.36

Anexo 14: Presupuesto de trabajos de demolicion y construccion de losa aligerada

Presupuesto					
Presupuesto	0102009	DEMOLICION Y CONSTRUCCION DE LOSA ALIGERADA			
Subpresupuesto	001	DEMOLICION Y CONSTRUCCION DE LOSA ALIGERADA			
Ciente	FLORES QUISPE, JIMMY FRANCO			Costo al	15/07/2020
Lugar	LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	OBRAS PRELIMINARES				1,317.82
	DEMOLICION DE LOSAS e=0.20m	m2	28.80	13.89	400.03
	ACOPIO Y ELIMINACION DESMONTE PROVENIENTE DE LAS DEMOLICIONES	m3	6.05	151.70	917.79
	ESTRUCTURAS				2,600.09
	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSAS ALIGERADAS	m2	28.80	51.08	1,471.10
	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 LOSAS ALIGERADAS	kg	134.82	1.83	246.72
	LADRILLO PARA TECHO DE h=0.15 m	und	120.00	1.70	204.00
	CONCRETO LOSAS f _c = 210 kg/cm2	m3	2.73	248.45	678.27
	REVOQUES				256.61
	TARRAJEO DE CIELORASO	m2	28.80	8.91	256.61
	PINTURAS				528.48
	PINTURA LATEX EN CIELO RASO (SC M.O.)	m2	28.80	18.35	528.48
	Costo Directo				4,703.00
	SON : CUATRO MIL SETECIENTOS TRES Y 00/100 NUEVOS SOLES				