

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Investigación de las causas de fallas y daños a la estructura de una edificación de 4 plantas, aplicando los respectivos ensayos y soluciones para su rehabilitación.

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

**Máster en Ingeniería Civil con mención
en Construcción y Saneamiento**

Presentado por:

Edisson Rodrigo, Castillo Rodríguez

GUAYAQUIL - ECUADOR

2021 – 2022

DEDICATORIA

Dedicado para ti mamita linda, este logro va al cielo.

Gracias por todo Mami Yoyita.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento infinito a mis padres, Rodrigo Castillo y Sandra Rodríguez, que siempre me inculcaron el deseo de superación y perseverancia para poder alcanzar mis sueños.

A mi abuelo Héctor Hugo Rodríguez y mi tío Víctor Hugo Rodríguez que siempre estuvieron ahí apoyándome y dándome fuerzas a pesar de los difíciles momentos que atravesamos.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Edisson Castillo Rodríguez* y doy mi consentimiento para que la ESPOl realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Autor

EVALUADORES

.....
Ing. Nadia Quijano

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Ing. Eduardo Santos

PROFESOR TUTOR

.....
NOMBRE

REVISOR EXTERNO

RESUMEN

El presente proyecto se encarga de realizar ensayos destructivos o no destructivos a una edificación de 4 plantas construida en los años 70 ubicado en la ciudad de Guayaquil, la cual no siguió ninguna norma constructiva y supervisión profesional al momento de aumentar verticalmente su estructura a tras de los años.

Se realizaron las debidas inspecciones técnicas y reportes de campo, para poder analizar cada uno de los elementos estructurales afectados y proponer la solución más optima a momento de realizar una rehabilitación completa de la edificación.

Se realizo 3 ensayos no destructivos y 1 ensayo destructivo para poder identificar el estado actual de la vivienda, se encontró que se necesita una rehabilitación completa a todas las columnas y vigas implementando sistemas de reforzamiento de fibra de carbono y encamisados metálicos.

La rehabilitación propuesta a todas las fallas leves y graves que se encontraron garantizan con comportamiento óptimo de la edificación, en especial en un sismo, para salvaguardar la integridad de los habitantes.

Palabras Clave: Ensayos no destructivos, Rehabilitación, Estructura, Refuerzo estructural.

ABSTRACT

The present project it's about of carrying out destructive or non-destructive tests on a 4-story building built in the 70s located in the city of Guayaquil, which did not follow any construction standard and professional supervision at the time of vertically increasing its structure after the years.

The proper inspections and technical sheets were carried out, in order to analyze each of the affected structural elements and propose the most optimal solution at the time of carrying out a complete rehabilitation of the building.

3 non-destructive tests and 1 destructive test were carried out in order to identify the current state of the house, it was found that a complete rehabilitation of all the columns and beams is needed, implementing carbon fiber reinforcement systems and metal jackets.

The proposed rehabilitation of all the minor and serious faults that were found guarantees the optimal behavior of the building, especially in an earthquake, to safeguard the integrity of the inhabitants.

Keywords: Non-destructive tests, Rehabilitation, Structure, Structural reinforcement.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	5
RESUMEN.....	1
<i>ABSTRACT</i>	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	6
CAPÍTULO I:	7
1 INTRODUCCIÓN.....	7
2 ANTECEDENTES	7
2.1 PROBLEMA POR RESOLVER	8
2.2 OBJETIVOS	8
2.2.1 Objetivo General.....	8
1.4.2 Objetivo Específico.....	9
2.3 METODOLOGÍA.....	9
CAPÍTULO II:	10
AUSCULTACION DE LA ESTRUCTURA	10
2.1 Resultados parciales.....	10
2.1.1 Levantamiento de la edificación	10
2.1.2 PROBLEMA GRAVE 1 - Auscultación primer piso.....	11
2.1.5 PROBLEMA LEVE 2 - Auscultación tercer piso	15
2.1.6 PROBLEMA LEVE 3 - Auscultación cuarto piso (terraza)	16
CAPÍTULO III:	17
ENSAYOS PROPUESTOS Y RESULTADOS	17
3.1 Ensayos destructivos y no destructivos propuestos	17
REHABILITACIÓN	25
4.1 Problema general (grave) de toda la edificación	25

5 Conclusiones	38
6 Recomendaciones	39
7 Bibliografía	40
8 Anexos	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ensayos realizados a la edificación.....	17
Tabla 2 Resultados de ensayos con esclerómetro.....	18
Tabla 3 Resultados de ensayos de detección de hierro.....	21
Tabla 4 Ensayo destructivo de extracción de núcleo	21
Tabla 5 Grados de carbonatación según el color	22

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación de vivienda a rehabilitar. (Google Earth, 2021).....	7
Ilustración 2 Levantamiento 1er y 2do piso	10
Ilustración 3 Levantamiento 3er piso y terraza	11
Ilustración 4 Incertidumbre en columna D6 – Primer piso	11
Ilustración 5 Grieta inferior viga tramo C6-D6 – Primer piso	12
Ilustración 6 Incertidumbre en columna D6 y viga – 1er Piso	12
Ilustración 7 Fisuras por malos procesos constructivos – 1er Piso	13
Ilustración 8 Foto panorámica 1er piso	13
Ilustración 9 Daño severo en columna A6 – 2do Piso	14
Ilustración 10 Daño severo en columna A6 – 3er Piso	15
Ilustración 11 Discontinuidad de losa y fallas por humedad – 3er Piso	15
Ilustración 12 Construcción mixta con vigas de madera - Terraza	16
Ilustración 13 Toma de ensayos con esclerómetro	19
Ilustración 14 Resultados de ensayos de detección de Hierro	20
Ilustración 15 Toma de ensayos con Pachometro.....	20
Ilustración 16 Proceso de extracción de núcleo.	22
Ilustración 17 Ensayo de carbonatación en núcleo extraído.	23
Ilustración 18 Resistencia promedio en elementos estructurales	23
Ilustración 19 Lugares donde rige la norma ACI 440.2R	26
Ilustración 20 Refuerzo de fibra de carbono en columnas 1er piso	28
Ilustración 21 Refuerzo de fibra de carbono en columnas 2do y 3er piso.	29
Ilustración 22 Refuerzo de fibra de carbono en vigas.	31
Ilustración 23 Rehabilitación problema grave 1	32
Ilustración 24 Rehabilitación Problema leve 1	33
Ilustración 25 Rehabilitación problema grave 2 y 3 (evintes.com, 2009)	35
Ilustración 26 Rehabilitación problema leve 2 (archiexpo.es/impermeabilizante, 2012) ..	36
Ilustración 27 Rehabilitación problema leve 3	37

CAPÍTULO I:

1 INTRODUCCIÓN

En este proyecto de titulación se propone analizar y realizar ensayos a una edificación de cuatro plantas, ubicada en la ciudadela las Acacias en la ciudad de Guayaquil - Ecuador, específicamente en la Mz. C11, villa 13, con el fin de proponer una posible rehabilitación que involucra reparación o demolición de la misma, y así asegurar un comportamiento óptimo, para salvaguardar la vida de las personas que habitan en dicha edificación, ante eventos interno, externos y constructivos que afecten a la estructura.

En muchos de los casos las estructuras fallan al momento de experimentar un sismo debido a la mala calidad de los materiales, métodos constructivos inadecuados o simplemente un desconocimiento estructural, por lo que en este trabajo se plantearán algunas soluciones para el reforzamiento de estructuras, con el fin de garantizar la seguridad de la edificación y todas las personas que habitan en ella.

2 ANTECEDENTES

Una edificación ubicada en Las Acacias, Mz C11, villa 13 en el sur de la ciudad de Guayaquil, Guayas, Ecuador, fue construida en el año de 1970 como una vivienda de una sola planta. Para el año de 1990, la que en esa época era una villa que fue incrementada verticalmente, aumentando varios pisos, lo que daría como resultado un edificio de cuatro plantas en la actualidad.



Ilustración 1 Ubicación de vivienda a rehabilitar. (Google Earth, 2021)

2.1 PROBLEMA POR RESOLVER

Una vivienda de 4 plantas ubicada en el sur de la ciudad de Guayaquil fue construida como una villa en los años 70 y en el año 90 se incrementó de manera vertical, construyéndose 3 pisos que forman parte de la edificación.

El problema que se presenta en esta construcción es la finalidad con la que fue construida para una sola planta y que posterior se aumentó verticalmente a 3 pisos más, este tipo de problema ocurre con frecuencia por la falta de planificación tanto por parte del propietario y el constructor de la obra y no tener en cuenta las normas de diseño y constructivas que pueden causar daños estructurales por la sobrecarga no diseñada, lo que traerá futuras problemas.

La casa está construida de hormigón armado en su totalidad con mampostería de bloque, fachada con recubrimientos de porcelanato y ventanas en diferentes áreas. Las medidas del área de implantación son 14 metros en sentido sur – norte y 7 metros en sentido este – oeste y el área total de construcción de 365 m².

Es importante mencionar que, según el mapa geológico de Guayaquil, en la zona de estudio predominan los estratos de consistencia blanda, especialmente arcillas muy expansivas de estratos de grandes espesores.

Se realizó una inspección en todas las plantas de la edificación, en donde se encontraron varios daños en algunos elementos estructurales (columnas, vigas y losas) y no estructurales (mampostería).

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo General

Investigar todas las fallas estructurales y en mampostería existentes, en una vivienda de 4 plantas ubicada en sur de la ciudad de Guayaquil, mediante el análisis y la ejecución de ensayos destructivos o no destructivos, para la realización

de propuestas de rehabilitación que garantice y salvaguarde la integridad de los ocupantes.

1.4.2 Objetivo Específico

- Evaluar el comportamiento del edificio mediante la realización de un relevamiento de los elementos estructurales, ensayos destructivos y no destructivos para la determinación de las causas de las fallas.
- Analizar los datos obtenidos de los diferentes ensayos presentando soluciones para las deficiencias estructurales encontradas en la edificación.
- Plantear solución en los elementos estructurales del edificio para reforzar la estructura en estudio.

2.3 METODOLOGÍA

Para descubrir los daños ocasionados en la edificación, se empieza con un estudio dentro de la construcción, se realiza una auscultación estructural y se recorre cada piso para realizar las mediciones, se toman apuntes en los documentos técnicos y se identifican los tipos de daños, grietas y fisuras estructurales y no estructurales que se presentan.

Para poder identificar y ubicar las fallas de una manera más eficiente, se realiza un relevamiento de toda la edificación, colocando ejes principales y poder ubicar de mejor manera las fallas.

De esta manera, se proponen los ensayos adecuados para entrar a un análisis técnico, conocer la causa de dichos daños y ejecutar ensayos pertinentes destructivos o no destructivos.

Posteriormente, con ayuda de esos datos y los resultados de los ensayos, se analiza técnicamente cómo reparar, reforzar, reponer o reemplazar con técnicas y soluciones modernas para dar solución a las fallas estructurales que puedan ser de riesgo para la integridad de las personas que habitan en esta vivienda.

CAPÍTULO II: AUSCULTACION DE LA ESTRUCTURA

2.1 Resultados parciales

Como primer paso se tiene que hacer una inspección visual y auscultación para evaluar las condiciones de la edificación sin interferir con los habitantes, comenzando el procedimiento con la colocación ejes en toda la edificación para así reconocer y ubicar de una mejor manera los elementos que presentan falla y poder definir qué tipo de ensayo necesita cada uno.

2.1.1 Levantamiento de la edificación

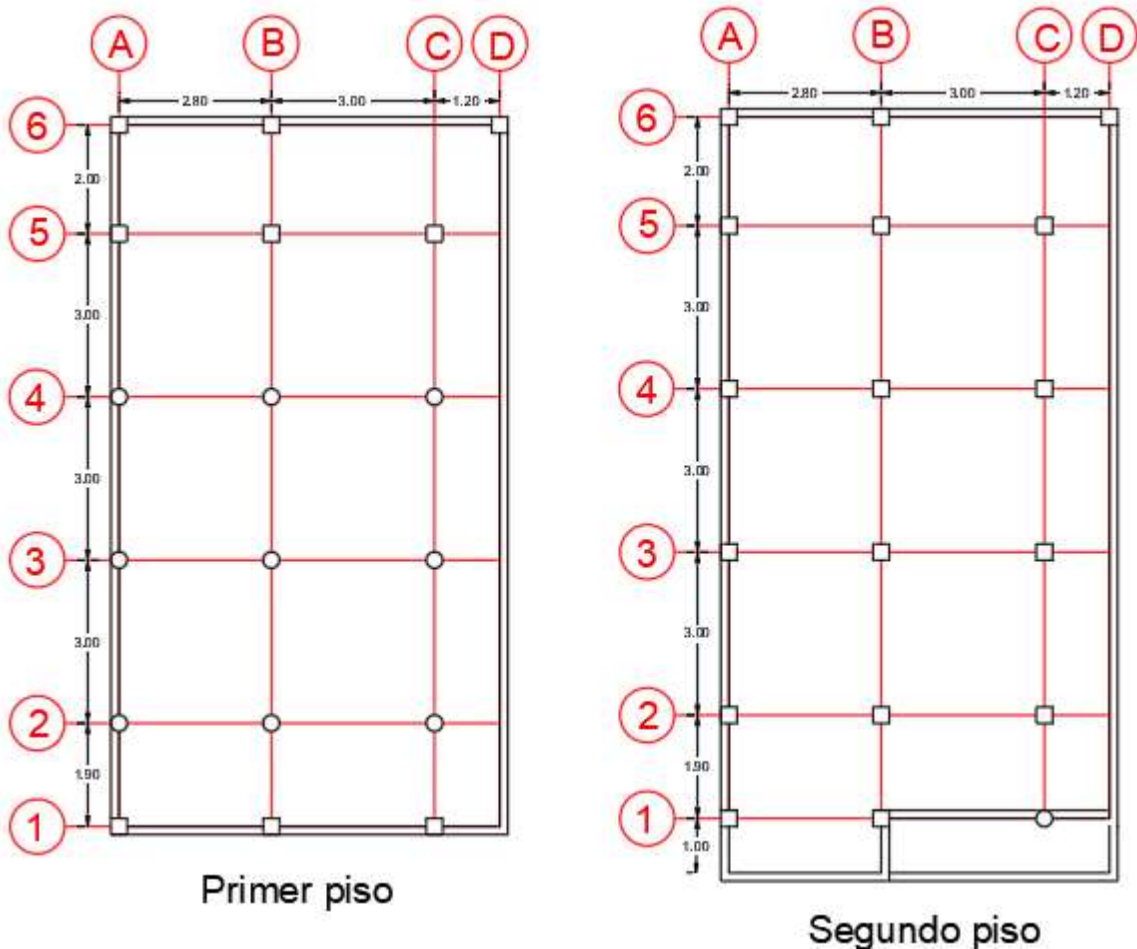


Ilustración 2 Levantamiento 1er y 2do piso

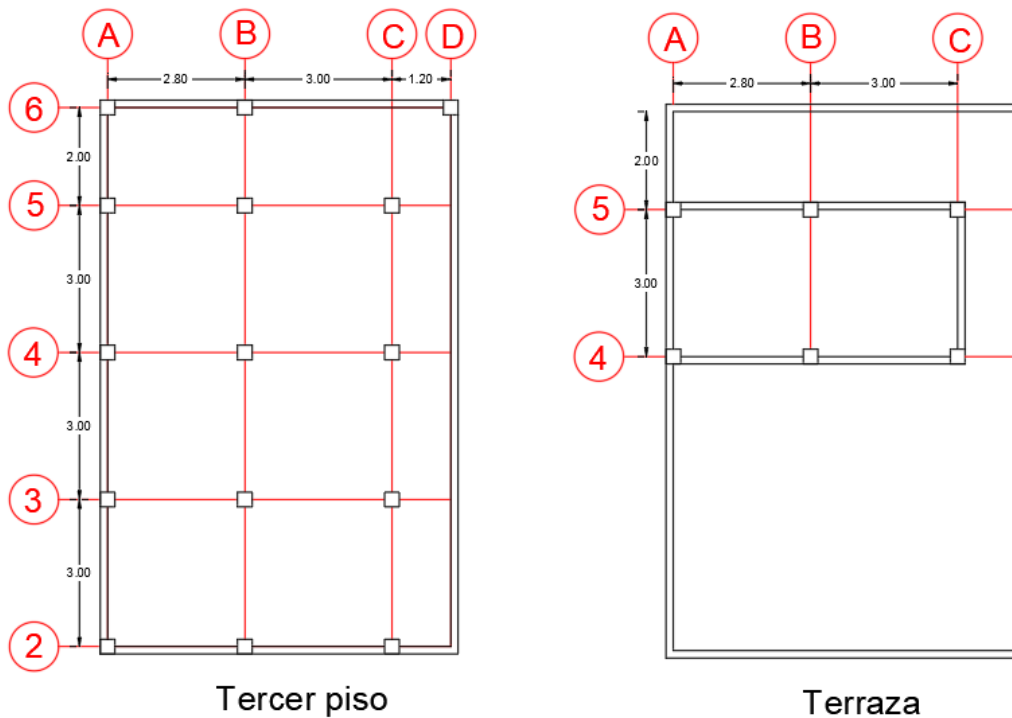


Ilustración 3 Levantamiento 3er piso y terraza

2.1.2 PROBLEMA GRAVE 1 - Auscultación primer piso

En el primer piso se pudo observar que en la columna C6, no se puede determinar con facilidad el diseño estructural, produciendo una incertidumbre de si la columna llega a una viga de losa, o se encuentra con una viga peraltada, adicional a esto se puede observar una grieta significativa a lo largo de la parte inferior de la viga del eje 6, entre el eje C y D, posiblemente por problemas de carbonatación.



Ilustración 4 Incertidumbre en columna D6 – Primer piso



Ilustración 5 Grieta inferior viga tramo C6-D6 – Primer piso

En la columna B6 podemos encontrar una columna a 3/4 de altura de entrepiso, amarrada con 2 vigas en el eje B y 6, y a sí mismo, genera duda de cómo se transmiten las cargas de la losa hacia los elementos estructurales ya que, por encima de la viga, se asume que existe mampostería.



Ilustración 6 Incertidumbre en columna D6 y viga – 1er Piso

2.1.3 PROBLEMA LEVE 1

Entre las columnas D1 y D2 existe una pared de bloque que presenta una fisura en toda su extensión. Sobre esta, existe una viga que fue reforzada hace 3 años, debido a que había perdido su recubrimiento y el acero de refuerzo expuesto, comenzando un proceso de corrosión.

Es notorio que la reparación no se realizó correctamente puesto que la grieta aún persiste.



Ilustración 7 Fisuras por malos procesos constructivos – 1er Piso



Ilustración 8 Foto panorámica 1er piso

2.1.4 PROBLEMA GRAVE 2 - Auscultación segundo piso

En este piso se pudo observar que en la columna A6 existe uno de los problemas más relevantes en la residencia, debido a que esta presenta grietas en toda su longitud y donde existe un claro desprendimiento del recubrimiento, dejando expuesto el acero de refuerzo el cual tiene un grado de corrosión muy severo. Los estribos no están espaciados correctamente, debido a que presentan en la parte inicial de la columna una distancia entre estribos de 20 cm.

A simple vista es claro que la carbonatación fue la principal reacción que generó este daño a la estructura.



Ilustración 9 Daño severo en columna A6 – 2do Piso

Los demás elementos estructurales y no estructurales no presentan daños relevantes, existen fisuras que no tienen un posible riesgo y se han dado por malos procesos constructivos y mala calidad en los materiales de construcción.

2.1.5 PROBLEMA GRAVE 3 - Auscultación tercer piso

Al realizar la auscultación en la columna A6 del tercer piso, al momento de retirar el recubrimiento del elemento, se pudo observar que existía presencia de carbonatación y el acero de refuerzo comprometido, por tal motivo se decidió realizar en ensayos de esclerometría, pachometro y carbonatación.



Ilustración 10 Daño severo en columna A6 – 3er Piso

2.1.5 PROBLEMA LEVE 2 - Auscultación tercer piso

En el tercer piso no se presentan daños a los elementos estructurales sólo leves fisuras causadas por el tiempo de construcción y temperatura. Se puede observar que también existe pintura que se ha desprendido por una incorrecta impermeabilización exterior, lo no significa un mayor riesgo estructural.

Entre las losas del vano compuesto por A5-A6-B5-B6 y el vano compuesto por B5-B6-D5-B6 existe una discontinuidad, confirmando que existieron malos procesos constructivos en construcción, incorrecto encofrado y mal hormigonado.

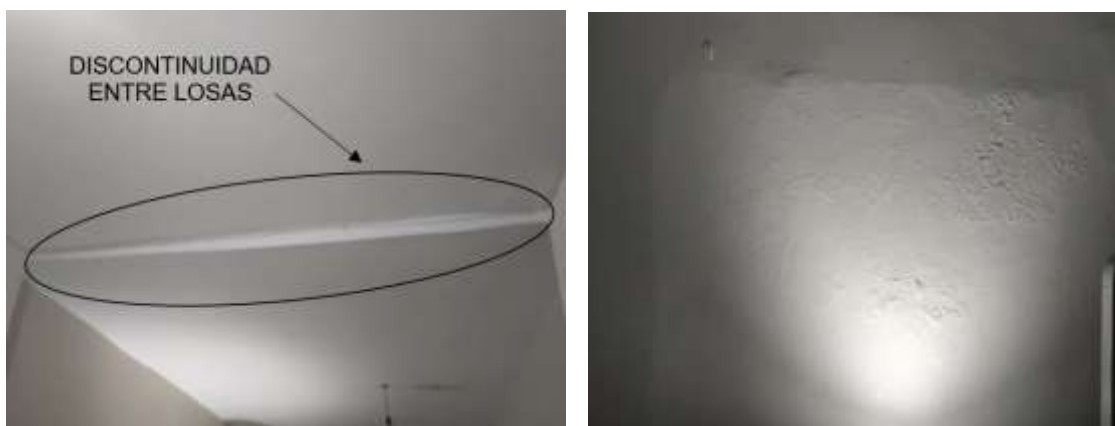


Ilustración 11 Discontinuidad de losa y fallas por humedad – 3er Piso

2.1.6 PROBLEMA LEVE 3 - Auscultación cuarto piso (terraza)

Estructuralmente no se visualizan mayores riesgos, pero existe una construcción mixta en la que un tramo de la estructura de cubierta está compuesto de nervios de madera y el otro tramo de estructura metálica.



Ilustración 12 Construcción mixta con vigas de madera - Terraza

CAPÍTULO III:

ENSAYOS PROPUESTOS Y RESULTADOS

3.1 Ensayos destructivos y no destructivos propuestos

Con el fin de determinar el estado de la edificación se procedió a plantear los siguientes ensayos no destructivos y 1 ensayo destructivo, ya que la edificación en estudio se encuentra habitada y se desea ser lo menos invasivo posible a la integridad de toda la estructura.

Todos los ensayos realizados a los elementos estructurales se colocaron en un reporte de campo, donde se indica la ubicación y las lecturas de los equipos, tal como se muestran en el anexo 1 y se resumen en la tabla 1, para posteriormente ser analizados e interpretados, según los resultados entregados en la tabla 2.

	Elemento	Ubicación	Enayos			
			Esclerómetro	Pachómetro	Carbonatación	Extracción de núcleo
Piso 1	Columna	A1	x	x		
	Columna	A4	x	x		
	Columna	A6	x	x		
	Columna	C1	x	x		
	Columna	C4	x	x		
	Columna	D4	x	x		
	Viga	Eje 1	x	x		
	Viga	Eje 3	x	x		
	Viga	Eje 6	x	x		
Piso 2	Columna	A1	x	x		
	Columna	A6	x	x	x	X
	Columna	B3	x	x		
	Columna	C1	x	x		
	Columna	C3	x	x		
	Columna	D6	x	x		
	Viga	Eje 1	x	x		
	Viga	Eje 3	x	x		
	Viga	Eje 6	x	x		
Piso 3	Columna	A2	x	x		
	Columna	A6	x	x		
	Columna	C1		x		
	Columna	C4		x		
	Columna	D4	x	x		
	Viga	Eje 2	x	x		
	Viga	Eje 4	x	x		
	Viga	Eje 6	x	x		
Piso 4	Columna	A4	x	x		
	Columna	A5	x	x		
	Columna	C4	x	x		
	Columna	C5	x	x		

Tabla 1 Ensayos realizados a la edificación.

3.1.1 Ensayo de esclerometría:

A través del ensayo del esclerómetro, se determinará la resistencia a la compresión del concreto, el cual consiste en impactar la superficie del elemento en estudio, parámetro imprescindible para realizar el modelamiento estructural.

Se ha utilizado la metodología no destructiva – In Situ, la misma que comprende la aplicación de las Normas ASTM C – 805 método de prueba estándar para el número de rebote en un hormigón endurecido, utilizando el martillo esclerométrico de la marca Proceq, de origen suizo. Los sayos de esclerometría se realizaron en los elementos estructurales como vigas y columnas, en donde se comenzó con el descaramiento del enlucido de cada uno, luego se procede a lijar la superficie para así utilizar el esclerómetro colocándolo de manera perpendicular a la superficie, a continuación, se empuja el embolo hasta que la pesa tensada impacte con la superficie y se pueda medir el rebote que marca el equipo.

	Elemento	Ubicación	Tomas de esclerómetro				Promedio Número de rebote	Posicion	Resistencia Probable $f'c = \text{kg/cm}^2$
Piso 1	Columna	A1	18	17	17	20	18	Horizontal	90
	Columna	A4	23	20	20	21	21	Horizontal	88
	Columna	A6	20	22	21	23	22	Horizontal	92
	Columna	C1	17	18	16	17	17	Horizontal	94
	Columna	C4	22	26	25	26	25	Horizontal	100
	Columna	D4	26	25	24	28	26	Horizontal	103
	Viga	Eje 1	29	25	25	22	25	Vert. Arriba	80
	Viga	Eje 3	36	36	34	36	36	Vert. Arriba	181
Viga	Eje 6	38	40	41	38	39	Vert. Arriba	215	
Piso 2	Columna	A1	28	26	24	23	25	Horizontal	100
	Columna	A6	24	25	26	25	25	Horizontal	100
	Columna	B3	26	24	24	22	24	Horizontal	98
	Columna	C1	21	23	20	22	22	Horizontal	94
	Columna	C3	24	28	27	25	26	Horizontal	103
	Columna	D6	21	20	24	21	22	Horizontal	94
	Viga	Eje 1	39	38	40	40	39	Vert. Arriba	215
	Viga	Eje 3	34	35	38	38	36	Vert. Arriba	181
Viga	Eje 6	30	30	32	31	31	Vert. Arriba	129	
Piso 3	Columna	A2	32	31	34	36	33	Horizontal	172
	Columna	A6	30	26	30	28	29	Horizontal	138
	Columna	C1	28	26	24	23	25	Horizontal	100
	Columna	C4	26	24	24	22	24	Horizontal	98
	Columna	D4	24	28	27	25	26	Horizontal	103
	Viga	Eje 2	32	34	36	36	35	Vert. Arriba	171
	Viga	Eje 4	37	36	36	38	37	Vert. Arriba	184
	Viga	Eje 6	31	29	28	29	29	Vert. Arriba	112
Piso 4	Columna	A4	22	21	19	20	21	Horizontal	88
	Columna	A5	20	20	21	22	21	Horizontal	88
	Columna	C4	20	19	21	22	21	Horizontal	88
	Columna	C5	22	20	20	21	21	Horizontal	88

Tabla 2 Resultados de ensayos con esclerómetro.



Ilustración 13 Toma de ensayos con esclerómetro

3.1.2 Ensayo de detección de acero de refuerzo (Pachometro)

Para determinar la ubicación de las barras de acero en los elementos estructurales, así como su diámetro que estas presentan, se utilizó el dispositivo Escáner – Profoscope, de la marca Proceq, de origen suizo, el cual emite ondas que chocan con las barras de acero, logrando determinar su ubicación y diámetro.

Los ensayos determinaron que todas las columnas de la edificación son de 20cm x 20cm con una configuración de acero de refuerzo conformado por 4 varillas de 12mm y estribos de 8mm con una separación de 18 – 20 cm en toda su longitud, mientras que en las vigas son de 25x25 cm para el primer piso y 17x17cm para el segundo y tercer piso, todas con una configuración de 6 varillas de 12mm y estribos de 8mm cada 20cm en toda su longitud.

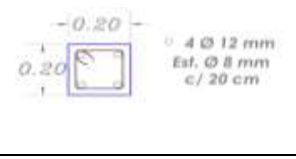

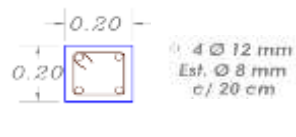
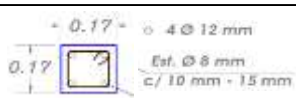
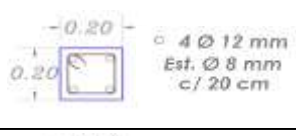
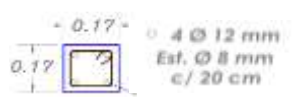
	Elemento	Ubicación	Armado estructural
Piso 1	Columna	A1	
		A4	
		A6	
		C1	
		C4	
		D4	
Viga	Eje 1		
	Eje 3		
	Eje 6		
Piso 2	Columna	A1	
		A6	
		B3	
		C1	
		C3	
		D6	
Viga	Eje 1		
	Eje 3		
	Eje 6		
Piso 3	Columna	A2	
		A6	
		C1	
		C4	
		D4	
		Viga	
Eje 4			
Eje 6			
Piso 4	Columna	A4	
		A5	
		C4	
		C5	

Ilustración 14 Resultados de ensayos de detección de Hierro



Ilustración 15 Toma de ensayos con Pachometro

3.1.3 Ensayo destructivo de resistencia a la compresión – Extracción de núcleo

La extracción de núcleo es considerada la prueba más concluyente para determinar la resistencia a la compresión del concreto, es un ensayo destructivo el cual afecta directamente al elemento estructural, mediante la extracción de un núcleo de 2" de diámetro, en el cual se pudo confirmar que el esfuerzo a compresión es de 110 kg/m².

Elemento	Ubicación	Fecha de rotura	Carga Máxima Kg.	Esfuerzo Kg/cm ²	Reacción a la fenolftaeina
Columna	A6	18/1/2022	1745	109,8	Muy leve

PROMEDIO	109,82 Kg/cm²
-----------------	---------------------------------

Tabla 3 Resultados de ensayos de detección de hierro



Tabla 4 Ensayo destructivo de extracción de núcleo



Ilustración 16 Proceso de extracción de núcleo.

3.1.4 Ensayo carbonatación

La carbonatación es uno de los principales problemas de origen químico del hormigón armado, que actúa lentamente y se produce cuando el CO₂ del ambiente reacciona con el hidróxido de calcio de la mezcla para formar carbonato cálcico insoluble, produciendo una bajada del PH y la corrosión de las armaduras metálicas.

Cuando los hidróxidos se combinan con el carbono y el PH baja a niveles inferiores a 9, este se convierte en un medio ácido, eliminando la protección pasiva de las armaduras y favoreciendo el proceso de oxidación, generando fisuras y grietas.

Una vez extraído el núcleo del ensayo destructivo en la columna A6, se aplicó una solución de fenolftaleína en donde cambió el color gris del hormigón a un tono ligeramente magenta, lo que nos indica que tiene una afectación por carbonatación muy leve o que está en proceso de carbonatación.

- Luego de aplicarle la fenolftaleína a la muestra y esta tiende a ponerse color magenta, significa que no está carbonatado.
- Si el color del hormigón no cambia una vez aplicada la fenolftaleína, significa que sí está carbonatado.

	POSITIVO	HORMIGÓN NO CARBONATADO
	LEVE	INICIOS DE CARBONATACIÓN
	MUY LEVE	EN PROCESO DE CARBONATACIÓN
	NEGATIVO	HORMIGÓN CARBONATADO

Tabla 5 Grados de carbonatación según el color



Ilustración 17 Ensayo de carbonatación en núcleo extraído.

3.2 Análisis e interpretación final de ensayos realizados

- a) En la columna A6 del 2do piso, el ensayo de extracción de núcleo da como resultado un esfuerzo de 110 kg/cm², comparándolo con el resultado del esclerómetro de 100 kg/cm², podemos notar que tenemos una diferencia del 10% más en los valores, por lo tanto, son aceptables los valores de las pruebas esclerometrías tomadas en todos los elementos estructurales.

El hormigón de viga y columna debe cumplir con un valor mínimo $f'_c = 21$ Mpa según la norma ecuatoriana de la construcción -NEC-SE-HM-ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO (Capítulo 3.3). Por lo tanto, se propondrá un refuerzo con fibras de carbono en las columnas ya que se tiene promedios de resistencia muy bajos, como lo podemos verificar en la tabla 4.

Piso	Elemento	Resistencia promedio obtenida $f'_c = \text{kg/cm}^2$
1	Columna	95
	Viga	160
2	Columna	98
	Viga	175
3	Columna	122
	Viga	155
4	Columna	88

Ilustración 18 Resistencia promedio en elementos estructurales

- b) En las vigas tenemos promedios de alrededor de 165 kg/cm² como podemos verificar en la tabla 4, que es un valor casi cercano a la norma antes mencionada, por lo tanto, se propondrá un refuerzo del wrap de fibra de carbono en modo de cinturones en las áreas críticas de la viga.

- c) El ensayo de carbonatación realizado en la columna A6 del 2do piso nos da como resultado que esta reacción química no ha afectado de manera considerable al elemento estructural (afectación muy leve al hormigón) y que está comenzando un proceso de carbonatación.

El acero estructural una vez que pierde su capa de pasividad y se encuentra afectado por un proceso de corrosión, pierde sección la varilla de refuerzo, reduciendo resistencia a la columna. Esto ocurre porque a que el PH que debe ser de 12 a 15, ha bajado a menos de 9, debido a la carbonatación del hormigón.

Por lo tanto, se propondrá una rehabilitación con un encamisado con varillas de acero, el cual es un refuerzo muy utilizado y eficiente en el reforzamiento de edificaciones.

- d) Por los resultados obtenidos del ensayo con pachometro y esclerómetro, se confirmó que, existe continuidad estructural en las columnas, en especial la columna D6 del primer piso, en la que existía una incertidumbre en el armado estructural. Se recomienda una mejor definición de columna como acabado.

CAPÍTULO IV:

REHABILITACIÓN

Al momento de comenzar con una propuesta de rehabilitación de la edificación, nos estamos volviendo Ing. Patólogos de obras civiles, termino usado para definir una especialidad de la Ing Civil dedicados al estudio sistemático de las causas, las consecuencias y las soluciones a los defectos, las fallas o el deterioro, que puedan presentar las edificaciones al momento de una construcción o luego de puestas en servicio. Para realizar una rehabilitación se requiere de sólidos conocimientos de mecánica del material, sistemas estructurales, pruebas y ensayos de laboratorio, tecnología de la construcción y lo más importante, la intuición técnica.

4.1 Problema general (grave) de toda la edificación

Al momento de analizar los resultados de los de resistencia de hormigón de todas las columnas de la edificación se encuentra entre los 90 y 110 kg/m², se decide realizar un reforzamiento de vigas y columnas con tela de fibra de carbono

Este material tiene una resistencia a tensión mayor a 38000 kg/cm², resiste 15 veces más a tensión que el acero A-36, sin riesgo de corrosión, su instalación es con poco ruido y polvo, ideal para edificaciones habitadas como la que estamos analizando. La tela de fibra de carbono o wrap, es de bajo peso ya que incrementa 2 kg/m², no incrementa esfuerzos en la cimentación y está en servicio después que se seque el mortero adhesivo a base de resinas epóxicas, que será en 24 horas.

Al momento de realizar la rehabilitación se necesita primero el sellado e inyección de grietas existentes a presión con resinas epóxicas de superbaja viscosidad para recuperar el monolitismo del elemento, en caso de necesitar realizar reparaciones del concreto, debemos utilizar morteros de grado estructural ($f'c > 600 \text{ kg/cm}^2$), aplicando los respectivos inhibidores de corrosión y adhesivos epóxico. Una vez obtenido el elemento sin problemas se debe seguir el siguiente proceso:

- Preparación de superficies puliendo y eliminando imperfecciones
- Redondeo de aristas
- Reparación de daños o deterioros si estos existieran
- Aspirado superficial
- Aplicación de imprimación y saturante
- Aplanado de la tela de fibra con espátulas plásticas
- Compresión con rodillo en dirección de la fibra para impregnarla con la resina
- Traslape de 10 cm rotados en las 4 caras de la columna
- Arenado en húmedo como anclaje para acabado final

El número de vueltas de la fibra de carbono necesarias para alcanzar una resistencia permitida por la norma será determinado con un software, el cual ha sido provisto por uno de los principales proveedores de este tipo de reforzamiento en el país, Basados en la Norma ACI 440.2R, la cual rige nuestra ubicación geográfica para este tipo de reforzamientos.

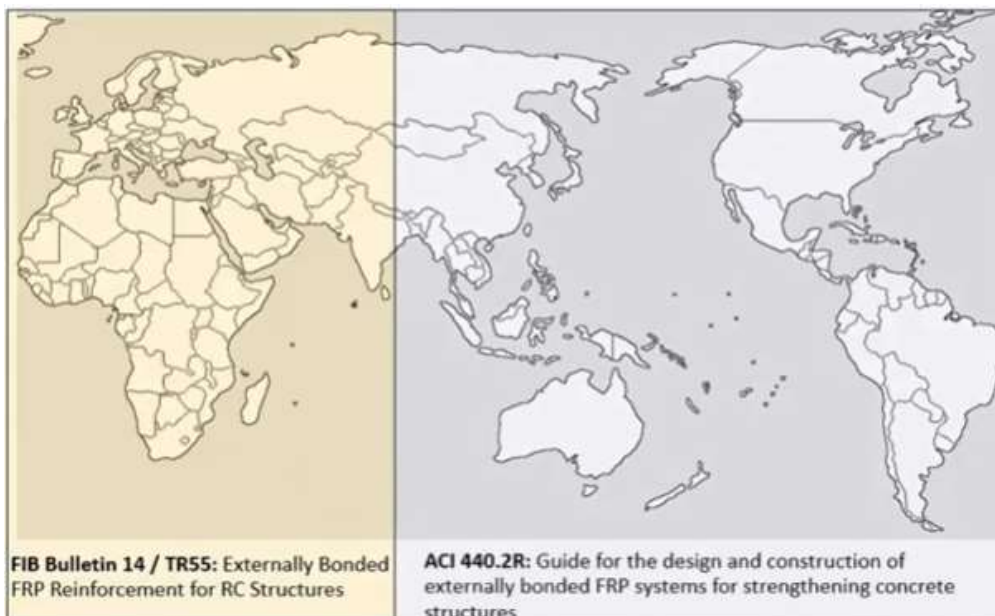


Ilustración 19 Lugares donde rige la norma ACI 440.2R

4.1.1 Refuerzo de fibra de Carbono en Columnas

La fibra de carbono incrementa la carga axial y aumenta la resistencia a cortante, ideal para columnas de bajas resistencias. Para poder diseñar el refuerzo con fibra de carbono es necesario ingresar los datos de las columnas en análisis como dimensiones, acero de refuerzo existente y carga axial, como lo podemos constatar en la ilustración 16.

Resistencia a la compresión del concreto

Probeta cilíndrica 10.0 MPa

Probeta cúbica 13 MPa

Factores de reducción de resistencia

Según ACI 318-14

$\phi_{cc,t}$ (Estribo)	0.65
$\phi_{cc,s}$ (En espiral)	0.75
ϕ_{tc}	0.90

Dibujo de la sección transversal

Sección transversal

Ancho mm

Canto mm

Radio mm

Armadura simétrica definida por diámetros

Distancia al centroide del refuerzo X mm

Distancia al centroide del refuerzo Y mm

	Num. barras	Diámetro (mm)	Acero	f_y (MPa)
Esquina	4	<input type="text" value="12.00"/>	B400	400.00

Cara X

Cara Y

Refuerzo de acero transversal Estribo

Sección transversal

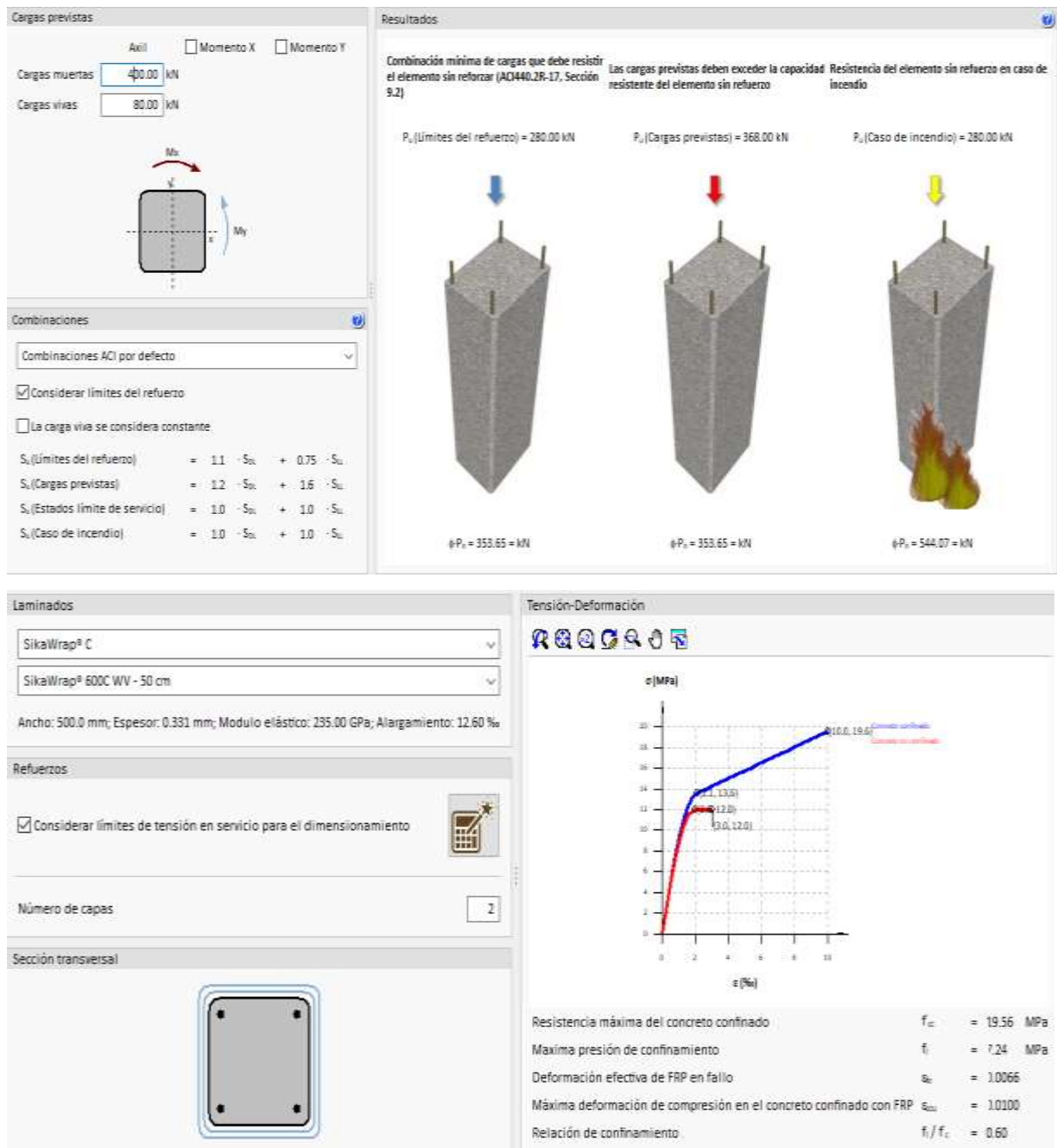


Ilustración 20 Refuerzo de fibra de carbono en columnas 1er piso

Los datos de las cargas axiales en las columnas se obtuvieron mediante un modelado rápido de la estructura en ETABS, como lo podemos ver en **anexo 2**, de los cuales se tomaron los valores más altos de cargas muertas (400 kN) y vivas (100 kN).

El software nos indica que en la planta baja se necesitan 2 vueltas de fibra de carbono en las columnas para alcanzar una resistencia de 195 kg/cm², lo que se considera bastante aceptable, casi duplicando la resistencia inicial.

Para las columnas del 2do y 3er piso, solo se necesita una vuelta de fibra de carbono ya que las cargas en esas columnas son menores, alcanzando una resistencia de 220 kg/cm², lo cual es completamente aceptable.

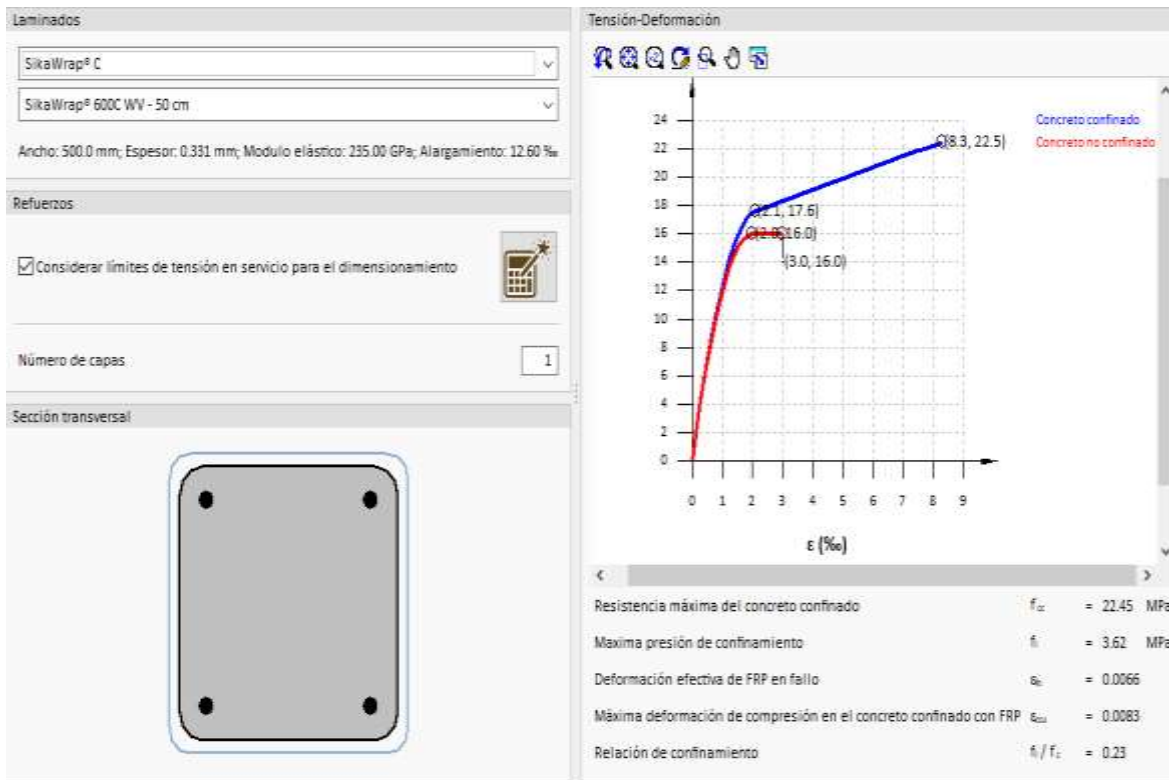
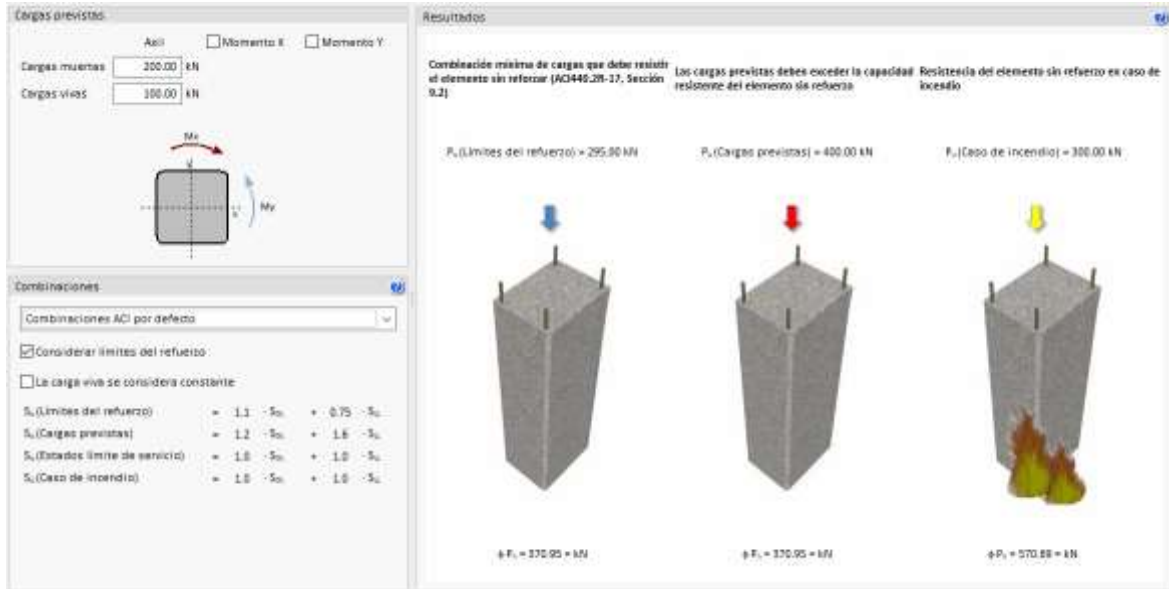


Ilustración 21 Refuerzo de fibra de carbono en columnas 2do y 3er piso.

4.1.2 Refuerzo de fibra de Carbono en vigas

El refuerzo a cortante incrementa la resistencia a flexión mediante la adhesión de refuerzos externos, se instalan cinturones en forma de U, ideal para vigas con pocos estribos ya que incrementa la capacidad a cortante.

Para el diseño del ancho y separación de los cinturones, es necesario ingresar todos los datos del elemento estructural como se muestra en la ilustración 22. Los esfuerzos de cortante los obtenemos de la misma forma que la carga axial de las columnas, mediante un rápido análisis en ETABS, obteniendo cortantes de alrededor 10 KN en las vigas más críticas.

El primer paso es ingresar la geometría de la viga con su respectivo refuerzo obtenido del ensayo de detección de acero, posteriormente ingresamos el esfuerzo a cortante obtenido del ETBAS, para finalmente ser analizado por el software de reforzamiento con cinturones de fibra en forma de U y poder determinar el ancho y distanciamiento entre cinturones.

Resistencia a la compresión del concreto	Dibujo de la sección transversal
<input checked="" type="checkbox"/> Probeta cilíndrica 16.0 MPa	
<input type="checkbox"/> Probeta cúbica 20 MPa	
Factor de reducción de resistencia	
Según ACI 318-14 $\phi = 0.75$	
Sección transversal	
Canto de la viga (h) <input type="text" value="250"/> mm	
Ancho del alma (bw) <input type="text" value="250"/> mm	
Distancia al centroide del refuerzo (c) <input type="text" value="25"/> mm	

Refuerzo interno de cortante

Definida por Número y diámetro

Acero	fy (MPa)	Num. barras	Diámetro (mm)	Espaciado c. a c. (mm)	Ángulo
B240	240.00	3	12.00	180	90.00

Tipo de refuerzo FRP de cortante

Laminados

SikaWrap® C

1/2 SikaWrap® 600C WV - 50 cm (25 cm)

Ancho: 250.0 mm; Espesor: 0.331 mm; Modulo elástico: 235.00 GPa; Alargamiento: 12.60 %

Refuerzos

Dimensionamiento

Tipo Bandas discretas

Espaciado c. a c. mm

Número de capas

Refuerzo FRP

Contribución de FRP a la resistencia a cortante

Deformación efectiva en laminados FRP

$$\epsilon_{se} = 0.0017$$

Tensión en el refuerzo FRP de cortante

$$f_{se} = 401.48 \text{ MPa}$$

Contribución del refuerzo FRP a la resistencia a cortante

$$V_r = 49.83 \text{ kN} ; \phi \cdot \psi_r \cdot V_r = 31.77 \text{ kN}$$

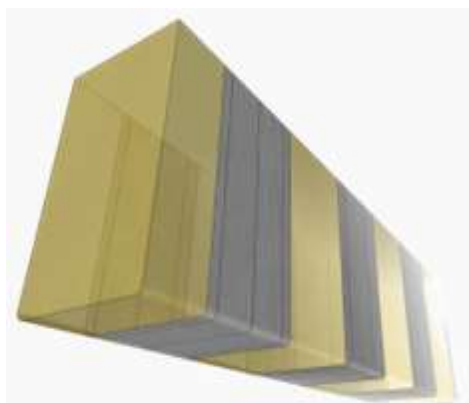


Ilustración 22 Refuerzo de fibra de carbono en vigas.

El programa de diseño de refuerzo nos indica que necesitamos cinturones de 25 cm de ancho con una separación entre sus ejes de 30 cm, para así lograr una resistencia a corte de 50 KN.

4.2 Problema Grave 1

Una vez utilizado los respectivos equipos de detección de hierro (pachometro), resistencia (esclerómetro) y haber verificado en el análisis estructural de columnas y vigas, se pudo constatar que, si existe una columna que llega a la losa y que simplemente tenemos espesores de paredes diferentes y enlucido de aristas de columnas sobrecargados, lo que da esa impresión visual de mal diseño estructural. Se recomienda respetar los plomos de la viga, engrosando la pared inferior siguiendo el siguiente procedimiento:

- Picar la pared para así garantizar una mejor adhesión.
- Perforar cada 2 hileras bloques con un taladro que perfora min 7cm y de un diámetro igual a la varilla (8 mm)
- Se limpia las perforaciones
- Se aplica epóxico para garantizar un buen anclaje.
- Levantar una pared con ladrillo o ladrillo de 7 cm de espesor, respetando los plomos de la viga superior existente.
- Enlucir con mortero de alta resistencia
- Empastar y pintar.

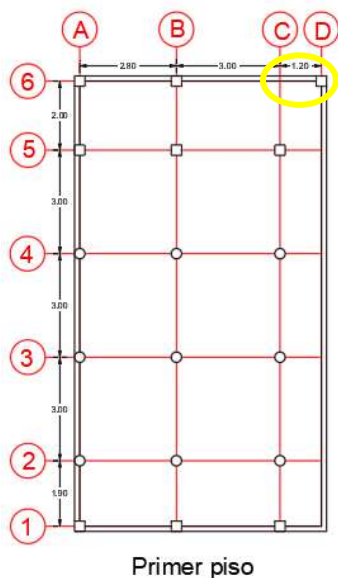


Ilustración 23 Rehabilitación problema grave 1

4.3 Problema Leve 1

Al encontrar fisuras horizontales en la pared del eje D entre los ejes 5-6, donde se encuentra también una viga, es notorio el mal proceso constructivo debido a que la fisura esta justo debajo del elemento estructural, por lo que se recomienda el siguiente proceso de rehabilitación.

- Picar la pared hasta descubrir la viga existente del eje D entre los 5 y 6.
- Limpiar la superficie
- Aplicar pega epóxicas en el perfil metálico
- Instalar una malla metálica o de fibra de vidrio que abarque el peralte de la viga y pase unos 20cm de cada lado.
- Enlucir con mortero de alto rendimiento
- Empastar y pintar

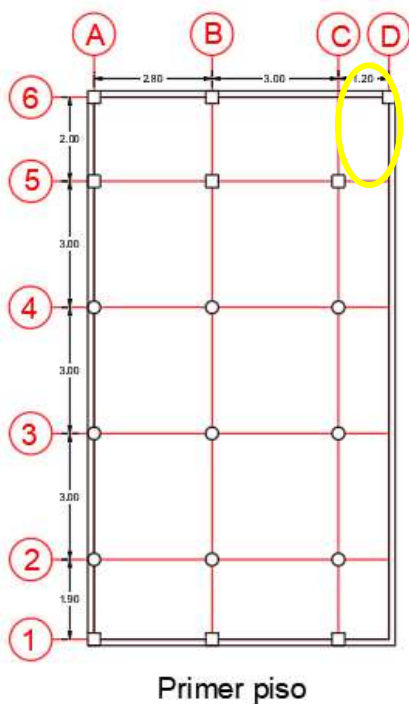


Ilustración 24 Rehabilitación Problema leve 1

Realizando este proceso aseguramos que no vuelvan a aparecer este tipo de fisuras por malos procesos constructivos o no utilizar los materiales adecuados.

4.4 Problema grave 2 y 3

Para el problema fuerte 2 que tenemos en las columnas A6 del 2do piso y 3er piso, se propondrá la misma solución, ya que las 2 columnas presentan un grado de corrosión muy elevado en el acero de refuerzo, lo cual se implementará un encamisado de acero con su debido encofrado y apuntalamiento, como se detalla en el siguiente proceso.

- Apuntalar las vigas y losas aledañas a la columna
- Picar y limpiar el revestimiento de las columnas
- Picar las paredes aledañas 40 cm, para realizar el correcto encofrado
- Se perforará la losa inferior y superior para poder anclar una varilla de 16mm
- Se colocarán estribos de 10 mm cada 10 cm a lo largo de toda la columna
- Los ganchos de los estribos deben ir alternados en las esquinas.
- Las varillas serán ancladas con un epóxido de anclaje de varillas
- Las varillas serán ancladas a las losas en forma de C.
- Se utilizará un encofrado de madera, garantizando su espacio de recubrimiento con separadores al encamisado de acero.
- Se apuntala y sujeta el encofrado con puntales controlando plomada.
- Se debe aplicar un adherente de hormigón nuevo con viejo en toda la superficie de la columna.
- Fundición con Grout de alta resistencia muy fluido.
- Se debe tener un vibrado eficiente, no se permite ningún oquedad o hueco en esta rehabilitación.
- Después de 2 días se desarma el encofrado y se restituye las paredes picadas.
- Para fundir el entablillado, se perfora la losa superior, y se vierte el Grout desde arriba para asegurar que cubra todos los espacios.
- Repetimos el proceso para la columna A6 del 3er piso.
- Limpieza de obra final

Se decide utilizar Grout de alta precisión ya que es un material muy fluido y autonivelante que nos brinda altas resistencias mecánicas de alrededor de 350 kg/cm² a los 7 días.

El apuntalamiento de las vigas y losas, antes del reforzamiento de la columna debe de ser muy técnico y seguro, en el material utilizado que deberá soportar las cargas de estos elementos estructurales, ya que, de no realizarlo de una forma correcta, podríamos tener accidentes lamentables, como lo podemos ver en el **anexo 8.4**.

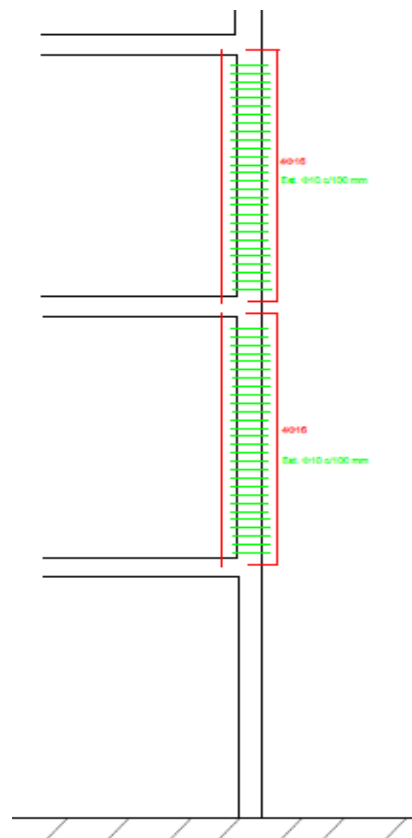


Ilustración 25 Rehabilitación problema grave 2 y 3 (evintes.com, 2009)

4.5 Problema Leve 2

Este problema se encuentra en el piso 3, en la losa superior, ya que, debido a la humedad presente, se ha desprendido la pintura y también tenemos una discontinuidad en la losa, por malos procesos constructivos como el apuntalamiento del encofrado, lo que nos da como resultado este tipo de problemas. Se solucionará de la siguiente manera.

- Retirar todo el recubrimiento de pintura de la losa.
- Picar la losa para poder enlucir a un mismo nivel y no tener esas diferencias de niveles.
- Aplicar sellador e impermeabilizante a toda la losa por la parte inferior y dejar secar.
- Reponer piezas de recubrimiento defectuosos o en mal estado.
- Reponer empore de juntas de cerámica de piso en la terraza, para así evitar futuras filtraciones.
- Empastar y pintar la parte inferior de la losa.



Ilustración 26 Rehabilitación problema leve 2 (archiexpo.es/impermeabilizante, 2012)

4.6 Problema Leve 3

Este problema consiste en la cubierta de la terraza combinando madera y hormigón, La madera se encuentra en mal estado y en deterioro avanzado por lo que se considera un material inadecuado para este tipo de cubierta, con el riesgo de colapsar la estructura. Se propone reemplazar las vigas de madera en mal estado, por una estructura con correas metálicas y cambiar la cubierta de planchas de Eternit existente, ya que es un material que con el paso de tiempo se comienza a deteriorar y generar fisuras, las cuales posteriormente se convierten en goteras o filtraciones. El proceso constructivo por utilizar es el siguiente:

- Retirar cubierta de Eternit existente
- Retirar las vigas de madera
- Anclar placas metálicas soldadas al acero de refuerzo de las columnas.
- Preparar las correas metálicas retirando el óxido existente y aplicar pintura anticorrosiva
- Colocar correas metálicas en reemplazo de las vigas de madera soldando a las placas previamente instaladas en las columnas dándole una pendiente de 10% hacia la parte posterior de la vivienda
- Instalar canalón para aguas lluvias con sus respectivos bajantes.
- Pintar en las zonas de soldadura con pintura anticorrosiva.
- Instalar la cubierta Steel panel con pernos autoperforantes
- Colocar cemento asfáltico en todos los pernos instalados para evitar filtraciones.



Ilustración 27 Rehabilitación problema leve 3 (Hierrosmolina.com, 2016)

5 Conclusiones

- La auscultación es simplemente una inspección visual de la cual no podemos asegurar ni proponer soluciones a las fallas sin realizar los respectivos ensayos y analizar los resultados para así, proponer una rehabilitación adecuada y sustentada.
- Existen varios métodos de reforzamiento de estructuras, pero siempre es esencial pensar en las personas que habitan en ella, escogiendo metodologías lo menos invasivo posible y las de menos tiempo de ejecución, para así evitar incomodades de los ocupantes.
- Al momento de determinar algún resultado técnico como son las resistencias a compresión, es indispensable realizar 2 o más tipos de ensayos en los mismos elementos estructurales, y así verificar y comparar los valores obtenidos.
- Todas las soluciones técnicas de las fallas encontradas deben seguir un correcto procedimiento constructivo y usar los materiales adecuados e idóneos para cada tipo de afectación y no cambiando los materiales recomendados.

6 Recomendaciones

- Después de hacer la rehabilitación, se debe hacerse una auscultación y control semestral de la edificación, y llevar un historial por fechas, para así ver si existen nuevas fallas y revisar el comportamiento de las fallas ya rehabilitadas.
- Se recomienda realizar mantenimientos periódicos a las edificaciones como por ejemplo impermeabilización de losas de cubierta, revisión y limpieza de canalones, pintura exterior para así evitar filtraciones que lleguen a los elementos estructurales debido a malos procesos constructivos que deben de ser reparados inmediatamente.
- Solicitar al constructor los planos as built de la edificación para saber qué proceso constructivo se utilizó, cuál es el armado estructural y que materiales se colocó en obra. Esto nos ayudará en el futuro para tener criterio y determinar posibles patologías.
- Se debe realizar un diseño de apuntalamiento muy técnico cuando se va a reponer un elemento estructural como columnas o vigas para evitar accidentes.
- Se recomienda que cuando se inician los trabajos de rehabilitación, tratar de que la edificación no este habitada, así el tiempo de ejecución será más corto y se podrá trabajar con mayor comodidad.

7 Bibliografía

ACI-228.01R-03. (2003). *RESISTENCIA ESTIMADA DEL CONCRETO MEDIANTE MÉTODOS IN SITU.*

ACI-364.1R-94. (1994). *GUÍA PARA EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ANTES DE SU REHABILITACIÓN.*

ACI-437R-03. (2003). *EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.*

ACI-546R-04. (2004). *GUÍA PARA LA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.*

CASTILLO VASQUEZ, J. M. (2017). *Análisis dinámico para el reforzamiento del edificio de Empresa Pública Aguas de Manta, del canton Manta.* Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1202/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2018-08.pdf>

INEN-3121, N. (2016). *HORMIGÓN ENDURECIDO.* Obtenido de Determinación del número de rebote, método de ensayo: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_3121.pdf

INEN-3124, N. (2017). *HORMIGÓN.* Obtenido de Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_3124.pdf

VALLEJO GARCIA, T. I. (2016). *Análisis comparativo de ensayos destructivos y no destructivos de hormigones de alta resistencia.* Obtenido de repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28535/1/TESIS-%20ANÁLISIS%20COMPARATIVO%20DE%20ENSAYOS%20DESTRUCTIVOS%20Y%20NO%20DESTRUCTIVOS%20DE%20HORMIGONES%20DE%20ALTA%20RESIS.pdf

8 Anexos

Anexo 8.1 - Reportes de campos

REPORTE DE CAMPO					
PROYECTO:					
UBICACIÓN:		Planta Baja		FECHA:	
ELEMENTO	REBOTE				OBSERVACIONES
Columna 2	Eje A1	18-17-17	20-18	↖	20x20
Columna	Eje C1	17-18-16-16-17		↖	20x20
Columna	Eje A4	23-20-20-21-20		↖	20x20
Columna	Eje A6	16-18-18-16-15		↖	20x20
Columna	Eje C4	22-26-25-22-26		↖	20x20
Columna	Eje D6	26-25-24-24-28	recubrimiento	↖	20x20
Viga Planta Baja					
Viga Eje 4 entre C y B recubrimiento = 38-40-41-38-34 25x25 ↑					
3 Varillas de 1/2 y estribos a cada 10 de distancia / $\phi = 8$					
Viga Eje 3 entre B y A recubrimiento 30-36-33-34-36-32 ↑ 25x25					
Viga Eje 1 entre B y A recubrimiento 29-25-22-21-25 ↑ 25x25					

REPORTE DE CAMPO

PROYECTO:

UBICACIÓN:

Segundo Piso

FECHA:

ELEMENTO	REBOTE				OBSERVACIONES
Columna A6	24-25-24-23-24	↖			Planta Alta (Nivel)
Segundo Piso	Entre reparación 27cm	Varilla	1/2		
Segundo Piso					
Columna eje C1	21-23 20-20-22	↖			
20x20	Varilla 1/2	Escritos cada 20cm			
Columna eje A1	28-26 24-23-30	↖			
Columna de 20x20	Varilla de 1/2	Escritos cada 20cm			
Viga 1 Entre A y B	recubrimiento = 39-38-40-40-36	↖	17x17		
Columna eje B3	22-26 24-22-24	↖			
20x20					
Columna eje C3	24-28 27-25-24	↖			
20x20	Varilla 1/2	Escritos cada 19cm distancia			
Viga 3 Entre C y B	recubrimiento = 34-35-38-35-34	↖	17x17		

REPORTE DE CAMPO

PROYECTO:

UBICACIÓN: Tercer Piso

FECHA:

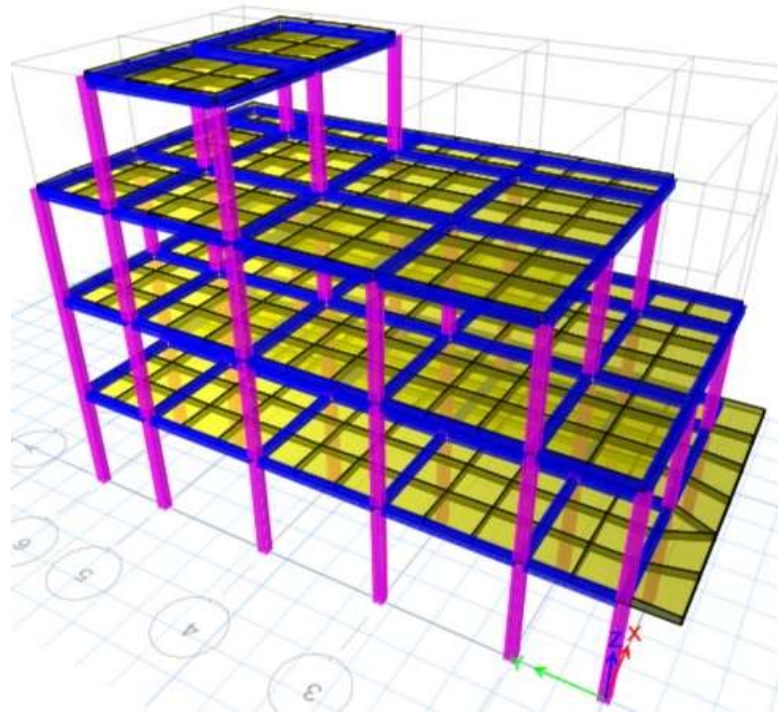
ELEMENTO	REBOTE			OBSERVACIONES
----------	--------	--	--	---------------

- Columna	A2	32-31	34-36	33	←
	20x20	Estrubo 18cm de distancia			Varilla de 1/2
	Viga 2 entre A y B	recubrimiento = 32-31-36-36			↑ 25 17x17
- Columna eje AB	30-28	26-30	-25		← 20x20
	separación de estrubos entre 21-22cm			Varilla 1/2	estrubo
	Viga 4 entre eje A y B	recubrimiento = 37-36-36-34-38			↑ 25 17x17
- Columna eje D6	31-32	28-29	30		← 20x20
	Estrubos entre 20-22cm			Varilla 1/2	estrubo
	Viga 6 entre D y C	recubrimiento = 31-28-32-29-28			↑ 17x17

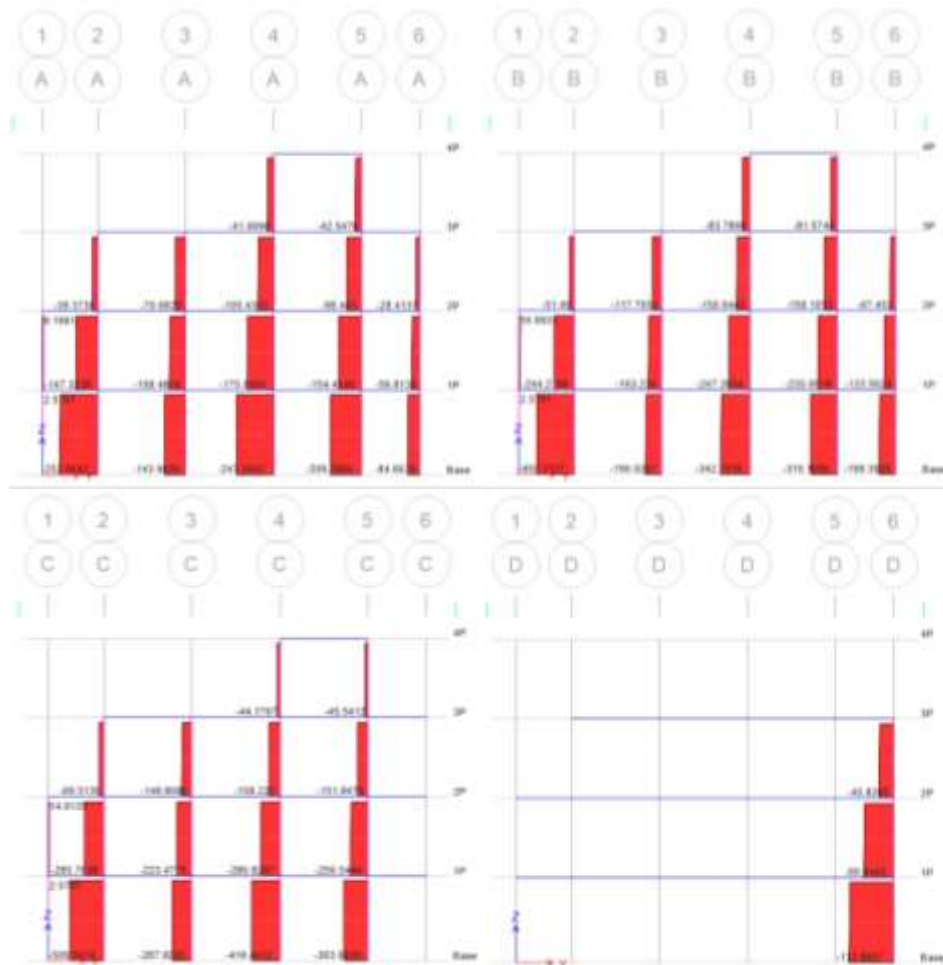
Segundo Piso

Columna eje D6	21-20	24-21	23	←	
	Estrubo entre 18-20cm Varilla de 1/2				
	Viga 6 entre D y C	recubrimiento = 27-30-32-31-30			↑ 17x17

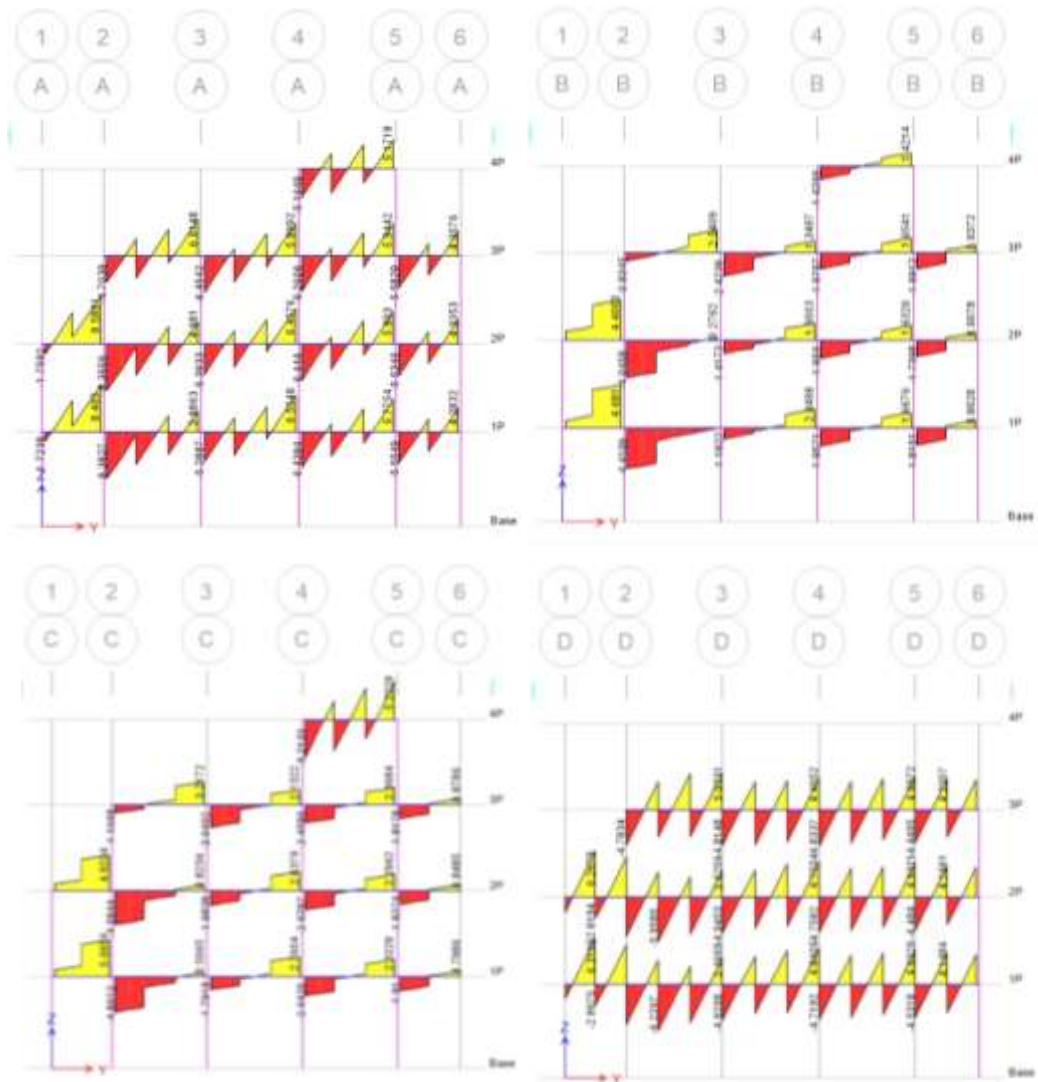
Anexo 8.2 - Modelación de estructura



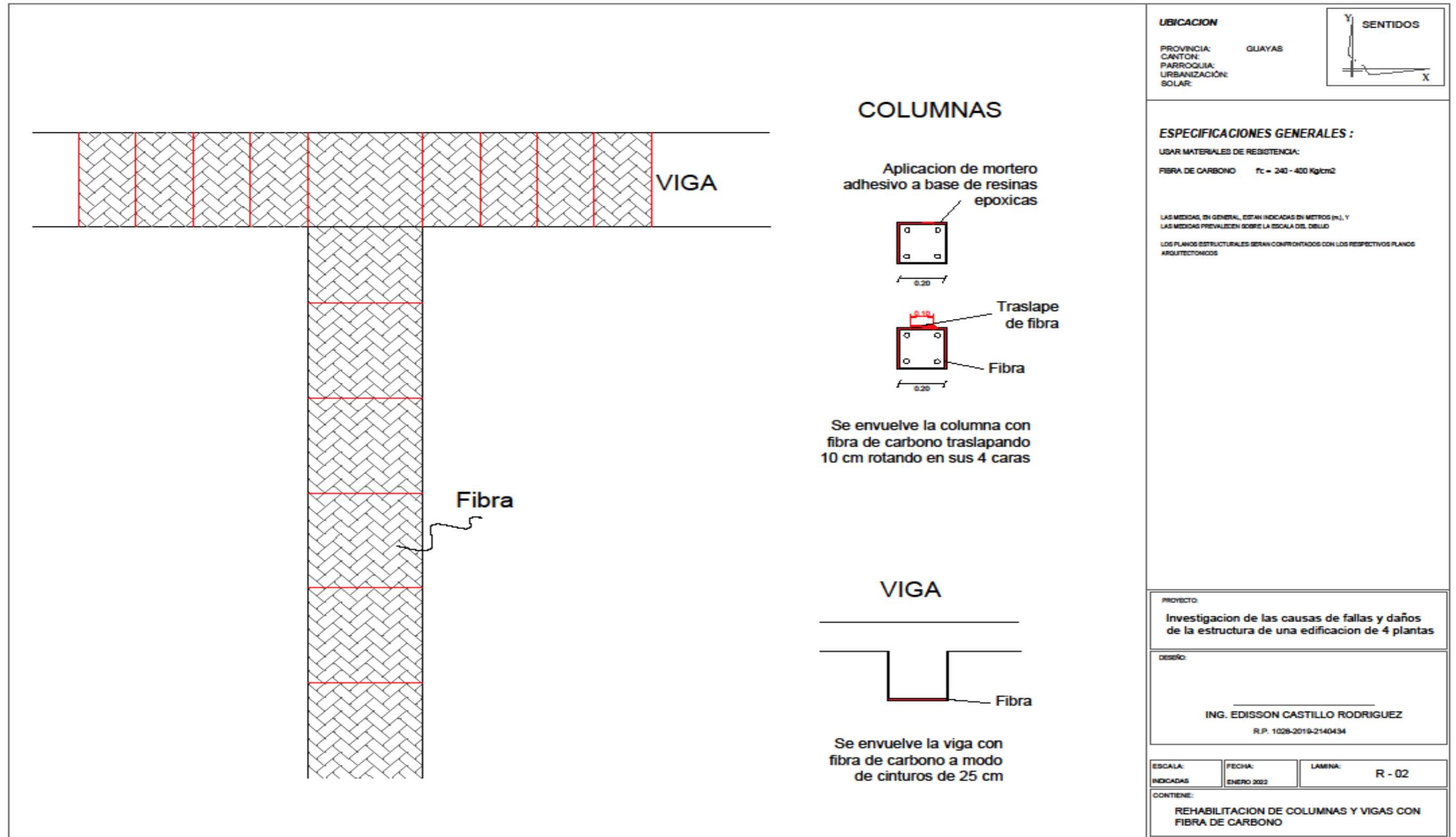
Carga axial en columnas



Esfuerzo cortante en vigas

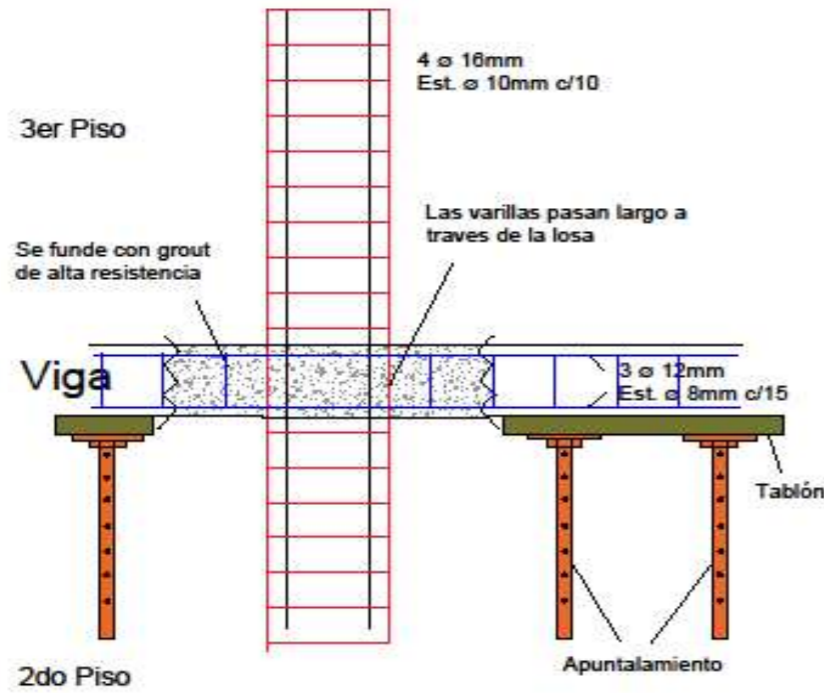


Anexo 8.3 - Plano de rehabilitación con fibra de carbono

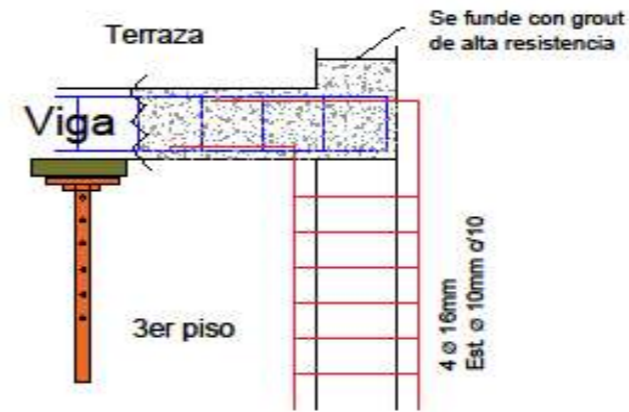


Anexo 8.4 - Plano de rehabilitación con encamisado metálico

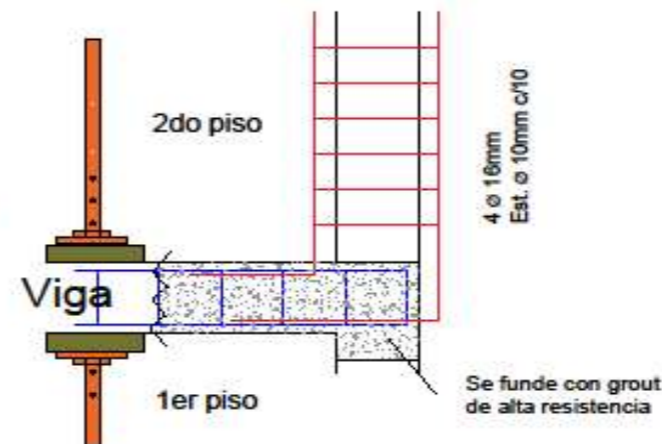
Detalle de encamisado



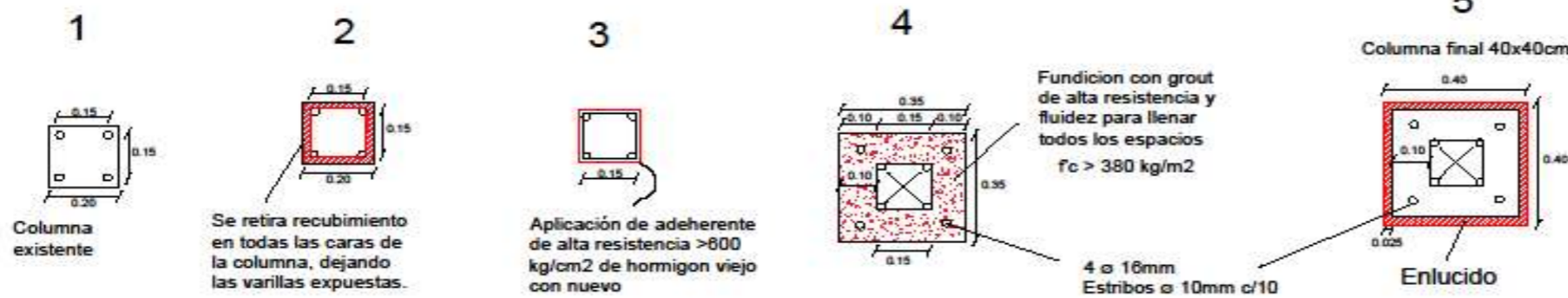
Anclaje superior



Anclaje inferior



Procedimiento de reforzamiento de columna



UBICACION

PROVINCIA: QUAYAS
 CANTON:
 PARROQUIA:
 URBANIZACION:
 SOLAR:

SENTIDOS

ESPECIFICACIONES GENERALES :

USAR MATERIALES DE RESISTENCIA:
 HORMIGONES:
 VIGAS Y COLUMNAS $f_c > 380 \text{ Kg/cm}^2$
 ACERO DE REFUERZO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

LOS GANCHOS DE LOS ESTIBOS RAN DOBLADAS, 10 Ø EN LA FORMA INDICADA Y NO A

ESCALERA, DE LO CONTRARIO NO CUMPLIRAN SU FUNCION

LAS SEPARACIONES DE LOS ESTIBOS SE REFERIRAN A LOS EN LOS EXTREMOS Y LO EN EL CENTRO DE CADA TRAMO DE VIGA O COLUMNA

BAJO NINGUN CONCEPTO LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES TALES COMO VIGAS Y COLUMNAS SERAN ATRAVESADOS, LONGITUDINALMENTE, POR TUBOS O PAQUETES DE TUBOS DE CUALQUIER TIPO DE INSTALACIONES

LAS MEDIDAS, EN GENERAL, ESTAN INDICADAS EN METROS (m.), Y LAS MEDIDAS PREVALECON SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO

LOS PLANOS ESTRUCTURALES SERAN CONFRONTADOS CON LOS RESPECTIVOS PLANOS ARQUITECTONICOS



PROYECTO:
 Investigacion de las causas de fallas y daños de la estructura de una edificación de 4 plantas

DESIGNO:
 ING. EDISSON CASTILLO RODRIGUEZ
 R.P. 1028-2019-2140434

ESCALA:
 INDICADAS

FECHA:
 ENERO 2022

LAMINA:
 R - 01

CONTIENE:
 REHABILITACION DE COLUMNAS CON ENCAMISADO