

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA**



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO**

**“ANÁLISIS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL  
PROYECTO MYKONOS Y SU COMPORTAMIENTO  
EN EL TERREMOTO DEL 16A”**

**AUTOR:**

**ALVAREZ BARTOLOMÉ OTTO LEONARDO**

**DIRECTORA:**

**ARQ. JANETH CEDEÑO**

**MANTA, 2017**

## **Certificación del Tutor**

Yo, ARQ. JANETH CEDEÑO VILLAVICENCIO, en mi calidad de directora del proyecto de titulación denominado: “ANÁLISIS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL PROYECTO MYKONOS Y SU COMPORTAMIENTO EN EL TERREMOTO DEL 16A” realizado por el egresado OTTO LEONARDO ÁLVAREZ BARTOLOMÉ, CERTIFICO que:

El presente trabajo del egresado de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, cumple con los requisitos estipulados por la Universidad y la Facultad por lo tanto lo considero aprobado para su presentación y revisión por parte del tribunal designado para el efecto.

---

ARQ. JANETH CEDEÑO VILLAVICENCIO, MGTR.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN.

## **Declaración de Autoría**

Yo, OTTO LEONARDO ALVAREZ BARTOLOMÉ, portador de la cédula de ciudadanía N° 130937692-7 egresado de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, DECLARO que:

Soy el único autor del contenido del presente trabajo de titulación. En tal virtud, expreso que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto son de exclusiva responsabilidad del autor, asumo las responsabilidades que la ley señala para el efecto, por lo tanto las consecuencias derivadas de mis actos, no afectarán al tutor del proyecto, ni a la Universidad e Instituciones que colaboraron en el desarrollo del mismo.

---

OTTO LEONARDO ALVAREZ BARTOLOMÉ

C.C. # 130937692-7

## **Aprobación Del Trabajo De Titulación**

Los miembros del Tribunal de Grado APRUEBAN el trabajo de investigación sobre el tema “ANÁLISIS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL PROYECTO MYKONOS Y SU COMPORTAMIENTO EN EL TERREMOTO DEL 16A” del señor OTTO LEONARDO ALVAREZ BARTOLOMÉ, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, de conformidad con el Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Arquitecto.

Manta, Marzo del 2017

Para constancia firma

---

Director de Miembro de Facultad

---

Miembro

---

Miembro



## **Agradecimiento**

Mi primer agradecimiento a Dios por permitirme culminar mis estudios en la carrera de Arquitectura y poder elaborar este Proyecto de Investigación con el fin de poder obtener mi título profesional.

Agradezco a todos y cada uno de los profesores por impartirme los conocimientos que adquirí a lo largo de varios años de estudio y que me permitirán ejercer de la manera más responsable mis labores en el ámbito laboral e incluso personal.

A las autoridades de la Facultad de Arquitectura quienes ponen todos sus esfuerzos para que cada estudiante salga adelante y sean profesionales de bien para la sociedad.

## **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación va dedicado principalmente a toda mi familia, mis padres Carmen y Otto quienes se sacrificaron para que pueda estudiar la carrera que siempre deseé, a mis hermanos Luis, Gilda y Gisella quienes me inculcaron el deseo de superación; de manera especial a mi esposa Martha quien ha sido pilar fundamental en mi vida y a mis dos hijos Irvine y Valentina que son la razón de mi existir.

A ellos dedico mi esfuerzo para poder tener un futuro mejor lleno de bendiciones.

## Resumen

En la ciudad de Manta se ha generado en los últimos años la construcción de grandes proyectos arquitectónicos, entre los cuáles se encuentra el CONJUNTO HABITACIONAL MYKONOS compuesto por tres edificaciones dedicadas íntegramente a vivienda (Dos de 11 pisos y uno de 15 pisos), ubicados en la ciudad de Manta sector Barbasquillo y que alberga 75 unidades habitacionales cuya capacidad es aproximadamente de 300 personas y está dirigido a un estrato social alto.

La investigación se realizó para analizar el comportamiento del conjunto en su totalidad durante el Terremoto del pasado 16 de abril del 2016, en donde los tres edificios sufrieron daños en sus elementos constructivos; se determinaron las causas de las afectaciones y de cómo el diseño arquitectónico y estructural influyeron en el comportamiento de los edificios en el momento del evento, lo que provocó severos daños y la imposibilidad de ocupar sus instalaciones una vez ocurrido el sismo.

Para realizar la fase de diagnóstico se hizo una valoración de los daños en sitio recorriendo todo el conjunto y se hizo una encuesta en donde los habitantes fueron consultados sobre su posición ante los problemas suscitados.

Con el criterio de profesionales entendidos en la materia se realizó una valoración de la situación y se establecieron los lineamientos para corregir los errores de diseño y construcción en base a las normas vigentes, de esta manera se realizaron recomendaciones a futuro dirigidas a los profesionales del campo de la construcción que estén a cargo de otros proyectos similares que se llevarán a cabo en la ciudad.

**Palabras claves:** Terremoto, Diseño Arquitectónico, Diseño Sismo resistente, Elementos Estructurales, Mampostería.

# Índice General

## Tabla de contenido

|  |     |
|--|-----|
| Agradecimiento .....   | iv  |
| Dedicatoria .....  | v   |
| Resumen.....   | vi  |
| Índice General .....   | vii |
| Introducción .....   | 1   |
| Capítulo I: Planteamiento Del Problema.....                    | 2   |
| 1.1. Antecedentes .....  | 2   |
| 1.2 Objetivos .....  | 2   |
| 1.2.1 Objetivos Generales. ....                                | 2   |
| 1.2.2 Objetivos Específicos.....                               | 3   |
| 1.3 Formulación De La Hipótesis.....                           | 3   |
| 1.4 Variables.....   | 3   |
| 1.4.1 Variable Independiente.....                              | 3   |
| 1.4.2 Variables Dependientes. ....                             | 3   |
| 1.3.3 Operacionalización de Variables .....                    | 4   |
| Capítulo II: Marco Teórico .....                               | 5   |
| 2.1 Marco Conceptual .....                                     | 5   |
| 2.1.1 Definiciones generales – Diseño Sismo Resistente .....   | 5   |
| 2.1.2 Definiciones Generales – Mampostería Estructural .....   | 8   |
| 2.2 Marco Legal .....  | 11  |
| 2.2.1 Cootad. ....   | 11  |
| 2.2.2 Gobierno Autónomo Descentralizado Del Cantón Manta. .... | 13  |
| 2.2.3 Norma Ecuatoriana De La Construcción (NEC).....          | 17  |
| 2.3 Marco Referencial .....                                    | 23  |
| 2.3.1 El terremoto de Chile del 27 de febrero del 2010.....    | 23  |
| 2.3.2 El Terremoto de Haití del 12 de enero del 2010. ....     | 26  |
| 2.3.3 El Terremoto de Japón del 11 de marzo del 2011.....      | 29  |
| 2.4 Bases Para La Configuración y Evaluación Estructural ..... | 33  |
| Capítulo III: Metodología De La Investigación.....             | 37  |

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Tipos De Investigación.....                                  | 37 |
| 3.2 Métodos De Investigación.....                                | 37 |
| 3.3 Análisis Visual De La Situación .....                        | 38 |
| 3.3.1 Inspección De Torre A. ....                                | 39 |
| 3.3.2 Inspección De Torre B. ....                                | 41 |
| 3.3.3 Inspección De Torre C. ....                                | 43 |
| 3.4 Análisis De Los Problemas De Diseño.....                     | 45 |
| 3.4.1 Análisis De Torres A Y B.....                              | 46 |
| 3.4.2 Análisis De Torre C.....                                   | 52 |
| 3.5 Interpretación y Análisis de la Encuesta .....               | 58 |
| Capítulo IV: Diagnóstico Y Pronóstico .....                      | 68 |
| 4.1 Diagnóstico.....   | 68 |
| 4.2 Pronóstico .....   | 70 |
| Capítulo V: Propuestas De Solución .....                         | 71 |
| 5.1 Recomendaciones del Ingeniero Estructural .....              | 71 |
| 5.2 Referencia De Trabajos a Realizar .....                      | 73 |
| 5.3 Propuesta De Solución Para Mampostería Torres A y B .....    | 74 |
| 5.3 Propuesta De Solución Para Mampostería Torres C.....         | 78 |
| 5.4    Detalles De Las Soluciones En Mampostería De Bloque ..... | 79 |
| 5.5 Propuesta De Solución Para Reforzar Estructura.....          | 83 |
| 5.6 El Gypsum como material alternativo.....                     | 86 |
| Bibliografía .....   | 89 |
| Anexos.....  | 91 |
| Formato De La Encuesta.....                                      | 91 |
| Fotografías de daños en interiores .....                         | 92 |

## Introducción

El pasado 16 de abril del 2016 ocurrió un sismo de 7.8 grados en la escala de Richter con epicentro en la ciudad de Pedernales, el mismo que causó la destrucción de miles de viviendas y centenares de edificios principalmente en las provincias de Manabí y Esmeraldas, con saldo lamentable de más de 600 fallecidos y miles de personas que dejaron sus viviendas ya sea porque colapsaron o quedaron afectadas a la espera de una reconstrucción.

Las consecuencias tan catastróficas nos invitan a reflexionar sobre las razones por las cuales se presentó un alto grado de destrucción y a la vez como se hubiera podido disminuir los efectos del sismo. En varios foros se habló de negligencia de parte de profesionales, pero también se observó que muchos propietarios por intentar abaratar costos contrataban trabajos con maestros sin conocimientos técnicos, ni avalados por un profesional, permitían la utilización de materiales que no cumplían las normas mínimas de calidad, entre otros; sumado a todo esto la fuerza y el tipo de sismo que jamás fue previsto.

El presente trabajo investigativo tiene como finalidad determinar las causas de los problemas presentados durante el sismo y sus posteriores réplicas en el Conjunto Habitacional MYKONOS que está compuesto por tres edificios de entre 11 y 15 pisos, incidiendo en el colapso de gran parte de su mampostería que a su vez afectó a los acabados e instalaciones en general.

En imágenes registradas podremos observar la magnitud de los daños luego del terremoto; se presentará una estimación de los daños ocurridos en cada uno de los pisos de cada edificio y tendremos gráficos con su respectivo análisis sobre la opinión de los habitantes posterior al sismo y sus consecuencias tanto psicológicas y económicas.

Finalmente haremos una propuesta de solución para los principales problemas encontrados y que servirán como sugerencia en la construcción de futuros proyectos similares en la ciudad y en la provincia, tomando en cuenta que es un evento que puede volver a ocurrir a mediano o largo plazo.

# Capítulo I: Planteamiento Del Problema

## 1.1. Antecedentes

En este trabajo de investigación El “Conjunto Habitacional Mykonos” es el sujeto de estudio como consecuencia del sismo ocurrido el 16 de abril del 2016, que tuvo como epicentro la ciudad de Pedernales, y fue sentido en varias ciudades del país incluyendo la ciudad de Manta, en el cual el conjunto en mención sufrió daños en gran parte de la mampostería en casi todos los niveles los tres edificios que lo conforman, principalmente en los pisos inferiores; producto de los daños en las paredes se presentaron daños adicionales en los acabados como cielos rasos de gypsum, porcelanato en pisos y baños, desprendimiento de recubrimientos en fachadas, rotura de instalaciones sanitarias, entre otros inconvenientes.

Por lo antes expuesto, encontramos que dicha situación trajo consigo varios efectos entre ellos los traumas psicológicos de los propietarios de los departamentos que se encontraban presentes en el momento del sismo pues tuvieron la sensación de que las estructuras podrían colapsar, lo que generó un gran temor para volverlos a habitar por futuras réplicas; el aspecto económico también se vio afectado ya que debieron buscar vivienda donde habitar temporalmente y el costo que implican las reparaciones para los que no tenían contratado un seguro en caso de sismo.

Por tal motivo los propietarios de departamentos comenzaron a expresar su deseo de vender e incluso se creó otra situación más preocupante puesto que las personas que anteriormente estaban interesadas en adquirir este tipo de viviendas en el borde costero por su ubicación y el plus que representa la vista hacia el mar, ahora más bien se abstienen de la adquisición y se convirtió en un problema que influye en el mercado inmobiliario negativamente.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivos Generales.

- Determinar los motivos que incidieron en el colapso de elementos constructivos y decorativos en los tres edificios del “Conjunto Habitacional Mykonos”.

- Proponer la solución para la reconstrucción de dichos elementos en base a normas de construcción internacionales y experiencias vividas en otros países.

### **1.2.2 Objetivos Específicos.**

- Analizar los problemas que puede sufrir cualquier edificación durante eventos sísmicos de gran magnitud.

- Proponer y analizar la conveniencia de otras soluciones constructivas a las tradicionales para evitar dichos problemas.

## **1.3 Formulación De La Hipótesis**

El motivo de la investigación es para determinar la principal causa de los problemas encontrados luego de realizar la primera inspección visual del Conjunto Habitacional Mykonos.

Analizando información básica sobre diseño sismo resistente y las técnicas recomendadas para realizar un proyecto de las características antes mencionadas podemos emitir un pronunciamiento tentativo:

“La causa del colapso de la mampostería y daños colaterales es debido al diseño arquitectónico y estructural de las edificaciones, en los cuales no consideraron criterios elementales para prever un sismo del tipo y la fuerza como el ocurrido”.

## **1.4 Variables**

### **1.4.1 Variable Independiente.**

- Criterio de diseño estructural para edificios sismo resistentes.- El diseño estructural implica todas las actividades relacionadas a determinar el tipo y forma de la estructura de un edificio que es el principal elemento para que un proyecto arquitectónico sea plasmado a la realidad y se mantenga en pie, adicional debe soportar movimientos imprevistos como un sismo de mediana o gran intensidad.

### **1.4.2 Variables Dependientes.**

- **Daños en la mampostería.**- Los muros de mampostería presentan problemas en edificios altos debido a fallas en la estructura durante un sismo, esto se determina por la presencia de grietas en sentido diagonal y se evidencia más cuando parte desde un vano de ventana o puerta.



- **Efectos psicológicos luego de un sismo.**- Sobrevivir a un terremoto en un edificio alto puede traer consigo problemas psicológicos por la sensación muy distinta a haberlo sentido estando en un nivel inferior, la experiencia puede ser traumática llegando incluso al deseo de no regresar al lugar aunque el edificio no se haya visto afectado.

### 1.3.3 Operacionalización de Variables

| OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES                 |  |  |  |
|---|--|--|--|
| VARIABLE INDEPENDIENTE                          | DEFINICIÓN   | INDICADOR  | INSTRUMENTO  |
| CRITERIO DE DISEÑO ESTRUCTURAL SISMO RESISTENTE | El proyectista para llevar a la realidad un proyecto arquitectónico debe considerar el tipo y forma de la estructura para que pueda mantenerse en pie durante un evento sísmico. | Los daños que puedan observarse en un edificio que presente el colapso de elementos constructivos.               | La observación y estimación de los daños ocurridos en porcentaje mediante una visita al sitio en estudio para determinar en qué medida pueden afectar el diseño estructural.     |
| VARIABLES DEPENDIENTES                          | DEFINICIÓN   | INDICADOR  | INSTRUMENTO  |
| DAÑOS EN LA MAMPOSTERÍA                         | La mampostería en edificios debe brindar un alto nivel de seguridad principalmente en las paredes exteriores.  | La presencia de daños en la mampostería podría indicarnos que hubo falla o problemas de diseño en la estructura. | La observación de los daños y la realización de preguntas a los propietarios para determinar en qué medida se vieron afectados por el agrietamiento o colapso de la mampostería. |
| EFFECTOS PSICOLÓGICOS DE UN SISMO               | De acuerdo a estudios el sufrir un evento sísmico en edificios altos puede traer consigo alteraciones psicológicas que solo desaparecerán con el tiempo.                         | Los comentarios de los habitantes de un edificio posterior a un terremoto de gran magnitud.                      | La encuesta para conocer lo que piensan los habitantes sobre su experiencia al vivir en un edificio alto y soportar un sismo.  |

## **Capítulo II: Marco Teórico**

### **2.1 Marco Conceptual**

Para tener una idea más clara del tema a investigarse acudimos a la Norma Ecuatoriana de la Construcción elaborada por el MIDUVI y la Cámara de la Industria de la Construcción, quienes en conjunto con varias instituciones afines al sector elaboraron cada una de las normas vigentes:

Teniendo como antecedente el terremoto de Pedernales del 16A, el 14 de septiembre del 2016 el Gobierno Nacional del Ecuador a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda en un evento realizado para presentar las “Guías Prácticas de diseño, construcción y evaluación de edificaciones”; comunicó la obligatoriedad de que los GADs y la ciudadanía en general cumplan cada uno de los capítulos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y se eviten los errores constructivos que ocasionaron la destrucción de miles de viviendas dejando un saldo lamentable de fallecidos.

Dicha Norma cuenta con varios capítulos, pero para nuestra investigación recopilamos los conceptos de los términos más importantes a tener en cuenta para cualquier diseño sismo resistente de estructuras y mampostería:

#### **2.1.1 Definiciones generales – Diseño Sismo Resistente (NEC-SE-DS PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE)**

##### **Base de la estructura**

Nivel al cual se considera que la acción sísmica actúa sobre la estructura.

##### **Ductilidad global**

Capacidad de la estructura para deformarse más allá del rango elástico, sin pérdida sustancial de su resistencia y rigidez, ante cargas laterales estáticas o cíclicas o ante la ocurrencia de una acción sísmica

##### **Ductilidad local**

Capacidad de una sección transversal o de un elemento estructural, para deformarse más allá del rango elástico, sin pérdida sustancial de su resistencia y rigidez, ante cargas laterales estáticas o cíclicas o ante la ocurrencia de una acción sísmica

## **Estructura**

Conjunto de elementos estructurales ensamblados para resistir cargas verticales, sísmicas y de cualquier otro tipo. Las estructuras pueden clasificarse en estructuras de edificación y otras estructuras distintas a las de edificación (puentes, tanques, etc.).

### **Estructura disipativa**

Estructura capaz de disipar la energía por un comportamiento histerético dúctil y/o por otros mecanismos.

### **Estructuras esenciales**

Son las estructuras que deben permanecer operativas luego de un terremoto para atender emergencias.

### **Método de diseño por capacidad**

Método de diseño eligiendo ciertos elementos del sistema estructural, diseñados y estudiados en detalle de manera apropiada para asegurar la disipación energética bajo el efecto de deformaciones importantes, mientras todos los otros elementos estructurales resisten suficientemente para que las disposiciones elegidas para disipar la energía estén aseguradas.

### **Muro estructural (Diafragma vertical)**

Pared construida a todo lo alto de la estructura, diseñada para resistir fuerzas sísmicas en su propio plano, cuyo diseño proporcionará un comportamiento dúctil ante cargas sísmicas.

### **Muro de mampostería confinada**

Mampostería construida rígidamente rodeada en sus cuatro lados por columnas y vigas de hormigón armado o de mampostería armada no proyectados para que trabajen como pórticos resistentes a flexión.

### **Muro de mampostería reforzada**

Muro de cortante de mampostería, reforzado con varillas de acero, que forma parte del sistema estructural y que no necesita de elementos de borde para su confinamiento.

### **Período de vibración**

Es el tiempo que transcurre dentro de un movimiento armónico ondulatorio, o vibratorio, para que el sistema vibratorio vuelva a su posición original considerada luego de un ciclo de oscilación.

### **Período de vibración fundamental**

Es el mayor período de vibración de la estructura en la dirección horizontal de interés.

### **Pórtico especial Sismo resistente**

Estructura formada por columnas y vigas descolgadas del sistema de piso, que resiste cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión viga-columna son capaces de resistir tales fuerzas y está especialmente diseñado y detallado para presentar un comportamiento estructural dúctil.

### **Pórtico especial sismo resistente con diagonales rigidizadoras**

Sistema resistente de una estructura compuesta tanto por pórticos especiales sismo resistentes como por diagonales estructurales, concéntricas o no, adecuadamente dispuestas espacialmente, diseñados todos ellos para resistir fuerzas sísmicas. Se entiende como una adecuada disposición el ubicar las diagonales lo más simétricamente posible, hacia la periferia y en todo lo alto de la estructura. Para que la estructura se considere pórtico con diagonales se requiere que el sistema de diagonales absorba al menos el 75% del cortante basal en cada dirección.

### **Pórtico especial sismo resistente con muros estructurales (Sistemas duales)**

Sistema resistente de una estructura compuesta tanto por pórticos especiales sismo resistentes como por muros estructurales adecuadamente dispuestos espacialmente, diseñados todos ellos para resistir fuerzas sísmicas. Se entiende como una adecuada disposición ubicar los muros estructurales lo más simétricamente posible, hacia la periferia y que mantienen su longitud en planta en todo lo alto de la estructura. Para que la estructura se considere como un sistema dual se requiere que los muros absorban al menos el 75 % del corte basal en cada dirección.

### **Pórtico especial sismo resistente con vigas banda**

Estructura compuesta por columnas y losas con vigas bandas (del mismo espesor de la losa) que resisten cargas verticales y de origen sísmico, en la cual tanto el pórtico como la conexión losa columna son capaces de resistir tales fuerzas y está especialmente diseñada y detallada para presentar un comportamiento estructural dúctil. Para ser aceptable la utilización de la viga banda, ésta debe tener un peralte no menor a 0.25m.

### **Zonas sísmicas**

El Ecuador se divide en seis zonas sísmicas, caracterizada por el valor del factor de zona Z. Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta,

con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta.

### **Modos de vibración de un edificio**

Los edificios, al igual que todos los cuerpos materiales, poseen distintas formas de vibrar ante cargas dinámicas que, en la eventualidad de un terremoto, pueden afectar la misma en mayor o menor medida. Estas formas de vibrar se conocen como modos de vibración.

En la forma más básica, las estructuras oscilan de un lado hacia otro (modo fundamental o modo 1). El movimiento en la base es mucho menor que en la parte superior. Cuando ocurre un sismo, este movimiento de vibración de la estructura se ve incrementado.

Además del Modo 1, los edificios se ven sometidos también a vibraciones de Modo 2, 3, 4, etc.

### **Período fundamental estructural**

El período fundamental de una estructura es el tiempo que ésta toma en dar un ciclo completo (ir y volver), cuando experimenta vibración no forzada. Su determinación es primordial porque de él depende la magnitud de la fuerza sísmica que experimentara la estructura.

El periodo es función de la masa y rigidez de la edificación.

### **Rigidez**

Es la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones y/o desplazamientos. Los principales parámetros que la definen son la longitud e inercia de los elementos estructurales, los tipos de uniones, los materiales utilizados. (MIDUVI, 12-2014)

## **2.1.2 Definiciones Generales – Mampostería Estructural (NEC-SE-MP MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL)**

### **Estructura**

Combinación organizada de las partes conectadas entre sí proyectada para proveer un cierto grado de rigidez. Este término se refiere a las partes sometidas a carga.

### **Sistema estructural**

Elementos resistentes de la construcción y la forma en que se considera que trabajan a efectos de su modelización.

## **Definiciones específicas – Mampostería Estructural**

### **a. Generalidades**

#### **Acero de armar**

Acero para armaduras de uso en mampostería.

#### **Hormigón de relleno**

Hormigón con la consistencia y el tamaño del árido adecuado para rellenar cámaras o huecos de la mampostería.

#### **Mampostería**

Conjunto trabado de piezas asentadas con mortero.

#### **Mampostería armada**

Mampostería en la que se colocan varillas o mallas, generalmente de acero, embebidas en mortero u hormigón, de modo que todos los materiales trabajen en conjunto.

#### **Mampostería confinada**

Mampostería construida rígidamente rodeada en sus cuatro lados por pilares y vigas de hormigón armado o de fábrica armada no proyectados para que trabajen como pórticos resistentes a flexión.

#### **Mortero**

Mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua y en algunos casos adiciones y aditivos.

#### **Resistencia a compresión del mortero**

Resistencia media a compresión de un número especificado de probetas de mortero ensayadas tras 28 días de curado.

### **b. Piezas de mampostería**

#### **Pieza de mampostería**

Unidad fabricada, para utilizarse en la construcción de mamposterías.

#### **Resistencia a compresión**

Resistencia media a compresión de un número especificado de piezas de mampostería

### **c. Clasificación de la mampostería**

Los tipos de muros de mampostería a los que se hará referencia en estas normas son los siguientes:

### **Mampostería reforzada**

Es la estructura conformada por piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero. El mortero de relleno puede colocarse en todas las celdas verticales o solamente en aquellas donde está ubicado el refuerzo.

### **Mampostería parcialmente reforzada**

Es la estructura conformada por piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero.

### **Mampostería simple (No reforzada)**

Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero y que no cumplen las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada.

### **Mampostería de Muros Confinados**

Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado construidos alrededor del muro o piezas de mampostería especiales donde se vacíe el hormigón de relleno logrando un confinamiento a la mampostería. Cuando se empleen estas piezas especiales, éstas pueden ser consideradas como parte del recubrimiento de los elementos de concreto reforzado.

### **d. Tipos de muros de mampostería Muro de carga**

Muro con área en planta mayor que 0.04 m<sup>2</sup>, proyectado para soportar otras cargas además de su peso propio.

#### **Muro transverso**

Muro que soporta acciones horizontales en su plano.

#### **Muro arriostrante**

Muro transverso perpendicular a otro muro para arriostrarlo contra acciones laterales o pandeo y estabilizar el edificio.

#### **Muro sin carga**

Muro no resistente cuya eliminación no perjudica a la integridad del resto de la estructura.

## **e. Resistencias de la mampostería**

### **Resistencia a compresión**

Es la resistencia a compresión sin tener en cuenta los efectos de las coacciones de sustentación, esbeltez o excentricidad de cargas.

### **Resistencia a corte**

Resistencia de la mampostería sometida a esfuerzos cortantes.

### **Resistencia a flexión**

Resistencia de la mampostería a flexión pura.

### **Resistencia de anclaje por adherencia**

La resistencia de adherencia por unidad de superficie entre la armadura y el hormigón o mortero, cuando la armadura está sometida a esfuerzos de tracción o compresión.

(MIDUVI, 12-2014)

## **2.2 Marco Legal**

En nuestro proyecto de investigación debemos tener conocimiento qué indican las leyes ecuatorianas o locales en relación a las normas bajo las cuales se rigen todos los involucrados en el sector de la construcción.

Para esto hemos recurrido a lo que indica la Cootad, las ordenanzas del Municipio de Manta y la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

La Asamblea Nacional en el año 2010 aprobó el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, con lo cual se busca delegar a cada Gobierno Provincial o Municipal el manejo de los recursos asignados y la creación de las normas bajo las cuales se deben regir sus habitantes:

### **2.2.1 Cootad.**

La aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y su obligatoriedad por parte de cualquier individuo, empresa o institución que va a realizar una obra de construcción son de exclusiva competencia de cada Gobierno Autónomo Descentralizado y está publicado en el CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD)



Hacemos un extracto de los artículos y literales de dicho código en lo que concierne a nuestro tema de investigación:

**Artículo 54.- Funciones.-** Son funciones del gobierno autónomo descentralizado municipal las siguientes:

c) Establecer el régimen de uso del suelo y urbanístico, para lo cual determinará las condiciones de urbanización, parcelación, lotización, división o cualquier otra forma de fraccionamiento de conformidad con la planificación cantonal, asegurando porcentajes para zonas verdes y áreas comunales;

e) Elaborar y ejecutar el plan cantonal de desarrollo, el de ordenamiento territorial y las políticas públicas en el ámbito de sus competencias y en su circunscripción territorial, de manera coordinada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, y realizar en forma permanente, el seguimiento y rendición de cuentas sobre el cumplimiento de las metas establecidas;

o) Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal, con especial atención a las normas de control y prevención de riesgos y desastres;

**Artículo 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal.-**

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

a) Planificar, junto con otras instituciones del sector público y actores de la sociedad, el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural, en el marco de la interculturalidad y plurinacionalidad y el respeto a la diversidad;

b) Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón;

i) Elaborar y administrar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales;

**Artículo 57.- Atribuciones del concejo municipal.-** Al concejo municipal le corresponde:

w) Expedir la ordenanza de construcciones que comprenda las especificaciones y normas técnicas y legales por las cuales deban regirse en el cantón la construcción, reparación, transformación y demolición de edificios y de sus instalaciones;

x) Regular y controlar, mediante la normativa cantonal correspondiente, el uso del suelo en el territorio del cantón, de conformidad con las leyes sobre la materia, y establecer el régimen urbanístico de la tierra;

z) Regular mediante ordenanza la delimitación de los barrios y parroquias urbanas tomando en cuenta la configuración territorial, identidad, historia, necesidades urbanísticas y administrativas y la aplicación del principio de equidad interbarrial; (Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados, 02-2011)

En base a la anterior información se recurre al Municipio de Manta para solicitar las ordenanzas sobre las cuales se rigen sus ciudadanos en relación al sector de la construcción.

### **2.2.2 Gobierno Autónomo Descentralizado Del Cantón Manta.**

La COOTAD establece que cada Municipio establecerá sus normas para toda obra de construcción, que en el caso de la ciudad de Manta se rigen en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Hacemos un extracto de los puntos más importantes, relativos a dos puntos que se deben tener en cuenta al momento de elaborar un proyecto, que son el diseño de las escaleras de seguridad y las vías de evacuación, además del artículo que trata de las principales normas para la elaboración de construcciones sismo resistente:

#### **La Ordenanza De Urbanismo, Arquitectura, Uso Y Ocupación Del Suelo En El Cantón Manta**

**Art. 1.- OBJETO.-** La presente Ordenanza propende al mejoramiento de las condiciones de hábitat definiendo las normas mínimas de diseño y construcción que garanticen niveles normales de funcionalidad, seguridad, estabilidad e higiene en los espacios urbanos y edificaciones, y, además que permitan prevenir y controlar la contaminación y el deterioro del medio ambiente.

**Art. 172.- ESCALERAS DE SEGURIDAD.-** Se consideran escaleras de seguridad aquellas que presentan máxima resistencia al fuego, dotadas de antecámara ventilada.

Las escaleras de seguridad deberán cumplir con los siguientes requisitos:

**a.** Las escaleras y cubos de escaleras deberán ser fabricadas en materiales con resistencia mínima de 4 horas contra el fuego.

- b.** Las puertas de elevadores no podrán abrirse hacia la caja de escaleras, ni a la antecámara.
- c.** Deberá existir una antecámara construida con materiales resistentes al fuego, mínimo por 4 horas y con ventilación propia.
- d.** Las puertas entre la antecámara y la circulación general serán fabricadas de material resistente al fuego, mínimo por 4 horas. Deberán cerrar herméticamente.
- e.** Las cajas de escaleras podrán tener aberturas interiores, solamente hacia la antecámara.
- f.** La abertura hacia el exterior estará situada mínimo a 5.00 m. de distancia de cualquier otra abertura del edificio o edificaciones vecinas, debiendo estar protegida por un techo de pared ciega, con resistencia al fuego de 4 horas como mínimo.
- g.** Las escaleras de seguridad, podrán tener iluminación natural a través de un área mínima de 0.90m<sup>2</sup> por piso y artificial conectada a la planta de emergencia de la edificación.
- h.** La antecámara tendrá mínimo un área de 1.80 m<sup>2</sup> y será de uso colectivo.
- i.** Las puertas entre la antecámara y la escalera deberá abrir en el sentido de la circulación, y nunca en contra de ella, y estarán fabricadas con material resistente al fuego mínimo por una hora y media.
- j.** Las puertas tendrán una dimensión mínima de 1.00 m. de ancho y 2.10 m. de altura.
- k.** Toda edificación de 8 pisos de altura en adelante, independientemente del área total de construcción, deberá contar con este tipo de escaleras.

**Art. 173.- VIAS DE EVACUACION.-** Toda edificación deberá disponer de una ruta de salida, de circulación común continua y sin obstáculos que permitan el traslado desde cualquier zona del edificio a la vía pública o espacio abierto. Las consideraciones a tomarse serán las siguientes:

- a.** Cada uno de los elementos constitutivos de la vía de evacuación, como vías horizontales, verticales, puertas, etc., deberán ser construidas con materiales resistentes al fuego.
- b.** La distancia máxima de recorrido en el interior de una zona hasta alcanzar la vía de evacuación o la salida al exterior será máximo de 25 m, pero puede variaren función del tipo de edificación y del grado de riesgo existente. La distancia a recorrer puede medirse desde la puerta de una habitación hasta la salida en edificaciones que albergan pocas personas, en pequeñas zonas o habitaciones, o desde el punto más

alejado de la habitación hasta la salida o vía de evacuación cuando son plantas más amplias y albergan un número mayor de personas.

**c.** Las vías de evacuación de gran longitud deberán dividirse en tramos de 25,00 m. mediante puertas resistentes al fuego.

**d.** La vía de evacuación en todo su recorrido contará con iluminación y señalización de emergencia.

**e.** Cuando existan escaleras de salidas procedentes de pisos superiores y que atraviesan la planta baja hasta el subsuelo se deberá colocar una barrera física o un sistema de alerta eficaz al nivel de planta baja para evitar que las personas cometan un error y sobrepasen el nivel de salida.

**f.** Si en la vía de evacuación hubieran tramos con desnivel, las gradas no tendrán menos de 3 contrahuellas y las rampas no tendrán una pendiente mayor al 10%; deberán estar claramente señalizadas con dispositivo de material cromático. Las escaleras de madera, de caracol, ascensores y escaleras de mano no se aceptan como parte de la vía de evacuación.

**g.** Toda escalera que forme parte de la vía de evacuación, conformara un sector dependiente de incendios, se ubicara aislada de los sectores de mayor riesgo como son: cuarto de máquinas, tableros de medidores, calderos y depósitos de combustibles, etc.

**Art. 174.- SALIDAS DE ESCAPE O EMERGENCIA.-** En toda edificación y particularmente cuando la capacidad de los hoteles, hospitales, centros de reunión, salas de espectáculos deportivos sea superior a 50 personas, o cuando el área de ventas, de locales, y centros comerciales sea superior a 1.000 m<sup>2</sup>, deberán contar con salidas de emergencia que cumpla con los siguientes requisitos:

**a.** Deberán existir en cada localidad o nivel del establecimiento.

**b.** Serán en número y dimensiones tales que, sin considerar las salidas de uso normal, permitan el desalojo del local en un máximo de 2,5 minutos.

**c.** Tendrán salida directa a la vía pública, aun pasillo protegido o a un cubo de escalera hermética, por medio de circulaciones con anchura mínima igual a la suma de las circulaciones que desemboquen en ellas.

**d.** Las salidas deberán disponer de iluminación de emergencia con su respectiva señalización, y en ningún caso, tendrá acceso o cruzaran a través de locales de servicio, tales como cocinas, bodegas, y otros similares.

e. Ninguna parte o zona del edificio o local deberá estar alejada de una salida al exterior y su distancia estará en función del grado de riesgo existente, en todo caso el recorrido excederá en 25,00 m.

f. Cada piso o sector de incendio deberá tener por lo menos dos salidas suficientemente amplias, protegidas contra la acción inmediata de las llamadas y el paso del humo, y separadas entre sí. Por lo menos una de ellas constituirá una salida de emergencia.

## **CONSTRUCCIONES SISMORESISTENTES**

**Art. 188.- REFERENCIA A NORMAS ESPECÍFICAS.-** Todas las edificaciones deberán poseer una estructura que tenga estabilidad, tanto para cargas verticales, como para empujes sísmicos, conforme a las normas y recomendaciones de:

a. El Código Ecuatoriano de la Construcción, parte reglamentaria, volumen I, elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, en abril de 1977 y aprobado por acuerdo Ministerial No. 592, del 7 de junio de 1977, del Ministerio de Industrias Comercio e Integración. Código Ecuatoriano de la Construcción INEN 2000.

b. Las especificaciones vigentes del Instituto Americano de Construcciones de Acero (AICS), cuando se trata de estructuras metálicas.

c. Las recomendaciones para las construcciones en madera del Acuerdo de Cartagena.

d. Cuando en estos documentos no hubiere normas expresas sobre una materia específica, sobre todo relacionada con el análisis y diseño sismo resistente de estructuras, se aplicarán criterios, procedimientos y recomendaciones que estén de acuerdo con las mejores y más modernas prácticas de la ingeniería estructural a nivel internacional y que se encuentren reflejadas en normas y códigos vigentes en países con características sismológicas similares a las nuestras; y,

Cuando se pusiesen en vigencia a nivel nacional nuevas normas de construcción que sustituyan, modifiquen o complementen a las indicadas en el presente artículo, éstas deberán ser aplicadas por los profesionales, proyectistas o constructores.

La memoria técnica de análisis y diseño estructural contendrá sistemas de cálculos utilizados en el análisis, información de ingreso y salida del programa electromagnético utilizados, métodos de cálculo empleados. (GAD-Manta, 17-01-2013)

Con la información obtenida podemos determinar que todo lo relacionado a las obras de construcción y las técnicas constructivas se rigen bajo la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

### **2.2.3 Norma Ecuatoriana De La Construcción (NEC).**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción en sus varios capítulos establece los lineamientos para poder realizar cualquier actividad relacionada a la construcción ya sea de viviendas, edificios, y toda obra pública o privada.

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda elaboró en el año 2001 y actualizó en el año 2014 la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC) conjuntamente con otras entidades y organismos afines al sector, tomando como base las normas del Código Internacional de Construcción (IBC por sus siglas en inglés) y privilegiando la seguridad debido al alto riesgo sísmico de nuestro país; es de obligatoriedad su cumplimiento bajo la responsabilidad de los GADs como lo establece el Código Orgánico de Organización, Autonomía y Descentralización (COOTAD).

A continuación haremos un extracto de información básica en los capítulos que tienen relación a éste trabajo de investigación:

#### **NEC – SE – DS (Peligro sísmico, Diseño Sismo Resistente)**

##### **Capítulo 2.2. Bases del diseño**

Se recuerda que la respuesta de una edificación a sollicitaciones sísmica del suelo se caracteriza por aceleraciones, velocidades y desplazamientos de sus elementos, en particular de los pisos en el caso de edificios.

Se aplicará la filosofía de diseño basada en desempeño (véase sección 4.2).

Los requisitos presentados se basan en el comportamiento elástico lineal y no lineal de estructuras de edificación.

Los procedimientos y requisitos descritos en este capítulo se determinan considerando:

- La zona sísmica del Ecuador donde se va a construir la estructura: el factor de zona Z correspondiente (véase sección 3.1.2) y las curvas de peligro sísmico (véase en las secciones 3.1.2 y 10.3)

- Las características del suelo del sitio de emplazamiento (véase sección 3.2)
- El tipo de uso, destino e importancia de la estructura (coeficiente de importancia I: véase sección 4.1)
- Las estructuras de uso normal deberán diseñarse para una resistencia tal que puedan soportar los desplazamientos laterales inducidos por el sismo de diseño, considerando la respuesta inelástica, la redundancia, la sobre resistencia estructural inherente y la ductilidad de la estructura.
- Para las estructuras de ocupación especial y edificaciones esenciales, además de los requisitos aplicables a las estructuras de uso normal, se aplicarán verificaciones de comportamiento inelástico para diferentes niveles de terremotos. Más detalles se encontrarán en la sección 4.3.
- La resistencia mínima de diseño para todas las estructuras deberá basarse en las fuerzas sísmicas de diseño establecidas en el presente capítulo:
  - El nivel de desempeño sísmico (Véase sección 4.3.2)
  - El tipo de sistema y configuración estructural a utilizarse (Véase sección 5.2)
  - Los métodos de análisis a ser empleados (Véase secciones 6 y 7)

El objetivo de desempeño de la filosofía de diseño basada en desempeño busca evitar la pérdida de vidas a través de impedir el colapso de todo tipo de estructura. Se añade el objetivo de protección en mayor medida y de garantía de funcionalidad luego de un evento sísmico extremo (véase sección 4.3.1) para las estructuras de ocupación especial y esencial.

Sin embargo, las actuales tendencias en el mundo se dirigen no sólo a la protección de la vida, sino también a la protección de la propiedad y a la búsqueda del cumplimiento de diversos niveles de desempeño sísmico, para cualquier tipo de estructura.

Se consideraran los siguientes niveles de frecuencia y amenaza sísmica (véase sección 4.3.1):

- Frecuente (menor)
- Ocasional (moderado)
- Raro (severo): sismo de diseño (período de retorno de 475 años)

- Muy raro (extremo): período de retorno de 2500 años (véase específicamente la sección 4.2).

Se utilizará para estructuras esenciales y de ocupación especial, tal como expuesto en la sección 4.3.

## **Capítulo 4.2. Filosofía de diseño sismo resistente**

### **4.2.1. Principios**

#### **a. Generalidades**

La filosofía de diseño permite comprobar el nivel de seguridad de vida. El diseño estructural se hace para el sismo de diseño, evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años, equivalente a un período de retorno de 475 años.

#### **b. Caracterización**

El sismo de diseño se determina a partir de un análisis de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento de la estructura o a partir de un mapa de peligro sísmico (véase en la sección 3.1.1).

Los efectos dinámicos del sismo de diseño pueden modelarse mediante un espectro de respuesta para diseño, como el proporcionado en la sección 3.3.1 de esta norma.

Para caracterizar este evento, puede también utilizarse un grupo de acelerogramas con propiedades dinámicas representativas de los ambientes tectónicos, geológicos y geotécnicos del sitio, conforme lo establece esta norma (véase en la sección 3.2).

#### **c. Requisitos mínimos de diseño**

Para estructuras de ocupación normal el objetivo del diseño es:

- Prevenir daños en elementos no estructurales y estructurales, ante terremotos pequeños y frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.
- Prevenir daños estructurales graves y controlar daños no estructurales, ante terremotos moderados y poco frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.
- Evitar el colapso ante terremotos severos que pueden ocurrir rara vez durante la vida útil de la estructura, procurando salvaguardar la vida de sus ocupantes.

Esta filosofía de diseño se consigue diseñando la estructura para que:

- Tenga la capacidad para resistir las fuerzas especificadas por esta norma.



- Presente las derivas de piso, ante dichas cargas, inferiores a las admisibles.
- Pueda disipar energía de deformación inelástica, haciendo uso de las técnicas de diseño por capacidad o mediante la utilización de dispositivos de control sísmico. (MIDUVI, 12-2014)

## **NEC – SE – MP (Mampostería estructural)**

### **Capítulo 3. Materiales en la mampostería estructural**

#### **3.1. Generalidades**

##### **3.1.1. Introducción**

Un material de construcción, es cualquier producto procesado o fabricado destinado a ser incorporado con carácter permanente en cualquier obra, sea de edificación o de ingeniería civil. En general, los materiales de construcción deben cumplir estos requisitos:•Resistencias mecánicas acordes con el uso que recibirán.

- Estabilidad química (resistencia a agentes agresivos).
- Estabilidad física (dimensional).
- Seguridad para su manejo y utilización.
- Protección de la higiene y salud de obreros y usuarios.
- No conspirar contra el ambiente.
- Aislamiento térmico y acústico (colaborar en el ahorro de energía).
- Estabilidad y protección en caso de incendio (resistencia al fuego).
- Comodidad de uso, estética y economía.

##### **3.1.2. Requisitos y normas que deben cumplir los materiales de construcción**

Los materiales de construcción, serán evaluados y verificados por los organismos competentes, para que cumplan con los requisitos, conforme con el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN) y la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN) que se encuentren vigentes.

En el caso que el RTE INEN o la NTE INEN no se encuentren actualizados, se remitirán a los requisitos dados en las normas ASTM vigentes.3.1.3. Tipos de piezas de mampostería

Se establece la siguiente clasificación:

- Piezas de arcilla.

- Piezas silicio –calcáreas.
- Piezas de hormigón.

## **Capítulo 4. Requisitos constructivos para mampostería estructural**

### **4.1. Detalles del refuerzo**

#### **4.1.1. Generalidades**

El acero de refuerzo debe satisfacer los requisitos indicados en esta sección.

Durante el almacenamiento y colocación, estará protegido de la corrosión y previo a la fundición de un elemento estructural, estará libre de grasas, aceites, polvo o cualquier material que deteriore la adherencia entre éste y el hormigón.

#### **4.1.2. Embebido**

Todo refuerzo que se emplee en los diferentes tipos de mampostería estructural debe estar embebido en concreto, mortero de relleno o mortero de pega, y debe estar localizado de tal manera que se cumplan los requisitos mínimos de recubrimiento mínimo, anclaje, adherencia y separación mínima y máxima con respecto a las unidades de mampostería y a otros refuerzos.

#### **4.1.3. Diámetros máximos y mínimos permitidos para el refuerzo**

Los refuerzos que se empleen en la mampostería estructural deben cumplir los diámetros máximos y mínimos expuestos en este párrafo.

##### **a. Para refuerzo longitudinal en celdas y cavidades que se inyectan**

El refuerzo longitudinal que se coloca dentro de celdas de unidades de perforación vertical, celdas de unidades especiales tipo viga o cavidades que posteriormente se inyectan con mortero debe cumplir los siguientes requisitos:

- El diámetro mínimo es 10 mm.
- Para muros con espesor nominal de 200 mm o más no puede tener un diámetro mayor que 25 mm.
- Para muros de menos de 200 mm. de espesor nominal no puede tener un diámetro mayor que 20 mm.
- El diámetro no puede exceder la mitad de la menor dimensión libre de la celda.

##### **b. Refuerzo de tendel**

El refuerzo horizontal colocado en los tendeles debe cumplir los siguientes requisitos:

- El diámetro debe ser mínimo de 4 mm.
- El diámetro no puede exceder la mitad del espesor del tendel.

c. Refuerzo longitudinal y transversal en elementos de confinamiento

Los diámetros mínimos y máximos que debe cumplir el refuerzo longitudinal y transversal en los elementos de confinamiento de la mampostería confinada, están indicados en la NEC-HS-VIDRIO

#### **Capítulo 4.4. Elementos de concreto reforzado dentro de la mampostería estructural**

Se permite el empleo de elementos de concreto reforzado embebidos dentro de la mampostería estructural, o en combinación con ella, en elementos tales como dinteles, vigas, elementos conectores de diafragmas, machones, etc. para los casos diferentes a los contemplados explícitamente dentro de cada uno de los tipos de mampostería estructural. Los enchapes realizados con piezas de mampostería cuando se utilicen como formaleta para vaciar el concreto, pueden considerarse como parte del recubrimiento de los elementos de concreto reforzado.

#### **Capítulo 4.5. Juntas de control**

Deben proveerse juntas de control en los muros para permitir los movimientos relativos previstos en la construcción, en los siguientes sitios:

- En donde la altura del muro cambia de manera apreciable.
- En cambios de espesor en la longitud del muro.
- Cuando está previsto así su funcionamiento en el diseño.
- En empates con elementos estructurales de función diferente y no integrados a la función del muro.
- En donde haya juntas de control en la fundación, en las losas ó en las cubiertas.
- En antepechos de ventanas cuando así se haya previsto.

##### **4.5.1. Distancia entre juntas de control**

La distancia máxima entre juntas de control es de 8 m. Esta distancia puede aumentarse en caso de que haya evidencia técnica que se lo permita.

##### **4.5.2. Configuración de la juntas de control**

La junta de control se configura con las unidades de mampostería apropiadas para tal función. En ausencia de unidades especiales para junta, esta debe ser diseñada y detallada en los planos de construcción. En todos los casos se debe garantizar que no

haya movimiento diferencial en la dirección transversal, entre los muros separados por la junta. (MIDUVI, 12-2014)

## **2.3 Marco Referencial**

Como parte de la investigación debemos tener una referencia de otros sismos ocurridos en países cercanos o con características sísmicas similares a la nuestra y con afectación a gran parte de la población.

Un terremoto puede ocurrir en cualquier lugar del planeta y sus consecuencias pueden ser catastróficas si no se toman las consideraciones necesarias al construir todo tipo de edificaciones, debido a que no se pueden predecir pueden ocurrir a cualquier hora o día de la semana y la mayor cantidad de víctimas pueden depender del lugar donde estaba la mayor cantidad de personas al momento del mismo.

Un sismo en horas del día y durante la semana supondrá que la mayor cantidad de personas estará concentrada en edificios administrativos, educativos y de salud; y si es nocturno o en fines de semana la mayor concentración podría estar en viviendas unifamiliares o edificios multifamiliares.

Por tanto todos los proyectos de construcción deben regirse a las normas de construcción sismo resistente internacional y local a la hora de diseñarse, para que en caso de un sismo exista la menor cantidad de víctimas mortales posibles.

A continuación haremos un análisis básico sobre las experiencias ocurridas en países como Chile, Haití y Japón:

### **2.3.1 El terremoto de Chile del 27 de febrero del 2010.**

#### **Antecedentes**

El 27 de febrero de 2010, justamente el año en el que se conmemoraban 200 años de la independencia de Chile, el país se vio enfrentado a uno de los mayores desastres naturales de los que tenga memoria. A las 3:34 am un terremoto de 8,8 grados Richter y un posterior tsunami sacudieron fuertemente a la zona central del país, muy especialmente a las regiones del Libertador General Bernardo O'Higgins, del Maule y del Biobío. En menor medida afectó también a las regiones de Valparaíso, de la Araucanía y Metropolitana de Santiago. En total, fueron 239 comunas las afectadas por el terremoto y tsunami, lo que abarca a 12.800.000 personas. En otras palabras, el desastre natural, cuyo epicentro se situó en Cobquecura en la Región del Biobío,

afectó al 69% de las comunas de Chile, en las que habita el 75% de la población del país.

A modo de contexto, este terremoto fue el segundo más importante de la historia de Chile desde que se tiene registros (el más relevante fue en la ciudad de Valdivia en 1960), y uno de los cinco mayores registrados en todo el mundo. Según investigadores de la NASA, el sismo fue de tal envergadura que habría inclinado el eje terrestre y acortado la duración de los días en algunos microsegundos. (Brain & Mora, 2012)

## **Métodos y técnicas constructivas**

### **El ingeniero detrás de las exitosas normas de construcción antisísmicas en Chile**

Respecto a las construcciones chilenas en la actualidad, el experto Ingeniero Pedro Hidalgo explica que estas son “en base a muros de hormigón armado, mientras que en otros países son con estructuras abiertas. Y las estructuras industriales son de acero, pero con diagonales. Eso se ha enseñado a los ingenieros nuevos y todos hacen lo mismo. Por eso existe una metodología que todo el mundo comenta. También hay otra arista clave: la arquitectura ha respetado esta forma en el diseño de los edificios habitacionales. A pesar de que los ingenieros decimos que los arquitectos hacen locuras desde el punto de vista estructural, respetan ciertas bases de estructuración en los elementos sismo-resistentes, pese a que tal vez no lo entienden cabalmente. Somos un país pequeño, pero sísmicamente muy respetados. De hecho, el próximo congreso de ingeniería sísmica se hará en Chile en enero de 2017. Y si nos dan la sede es porque nos reconocen como muy avanzados en este aspecto.” (Diario de la Construcción, 2015)

### **La construcción antisísmica de Chile ya es modelo en el mundo**

Después del sismo de 2010, el país ha desarrollado sistemas que lo han puesto entre los líderes en estas tecnologías.

Chile es el país más sísmico del planeta. Solo en los últimos 5 años ha registrado tres terremotos de magnitud superior a 8, pero es también uno de los más resistentes porque la normativa que regula la construcción exige que el edificio quede en pie para salvar vidas humanas. Eso hace que la siniestralidad e incluso los daños materiales sean bajos en comparación con otros países también asentados sobre el cinturón de fuego que rodea el Pacífico. Ahora, exporta su conocimiento antisísmico a América Latina y a otros países del mundo.

“Ofrecemos soluciones mucho más enfocadas en la realidad local con estándares de seguridad tan buenos como los que podrían ofrecer en EEUU”, dice Lagos, cuya empresa -del mismo nombre- lleva construidos más de 2.000 edificios, entre ellos el Costanera, que con 300 metros de altura y 64 pisos es uno de los más altos de América Latina.

Chile está en el grupo de países con mejores tecnologías antisísmicas del mundo, junto con Estados Unidos, Japón y Nueva Zelanda, asegura el ingeniero.

A menudo, los tsunamis son tan letales como los sismos que los provocan. De las más de 500 personas que perdieron la vida en el terremoto de 8,8 que sacudió Concepción el 27 de febrero de 2010, 156 murieron ahogadas por la gigantesca ola que provocó.

En comparación, el terremoto de Haití de enero de 2010 de magnitud 7 dejó más de 300.000 muertos y arrasó Puerto Príncipe, la capital.

Aunque existen nuevas tecnologías para minimizar daños en infraestructuras, como los aisladores sísmicos y los disipadores de energía, la mayor parte de las construcciones en Chile son tradicionales.

Es decir, de concreto armado y acero en cantidades reguladas para que resistan. A ello se suman estudios de ingeniería exhaustivos, que incluyen la calidad del suelo.

“El diseño de ingeniería está totalmente vinculado al diseño de la arquitectura”, dice Fernando Guarello, ex director de la Asociación de Oficinas de Arquitectos. El Código Civil chileno responsabiliza al empresario por deficiencias en la construcción. ([Los Andes, 2015](#))

### **Análisis de la situación en Chile**

Chile es considerado el país más sísmico del mundo, en cuyo territorio se han registrado los sismos más fuertes conocidos y registrados por el hombre.

Desde la década de los años 60 han ido evolucionando sus técnicas constructivas hasta convertirse en referencia para el mundo, y a pesar de haber soportado en los últimos años sismos de gran intensidad, sus consecuencias son muy reducidas en comparación a países que no cuentan con los conocimientos adecuados y la conciencia de la población para respetar las normas de construcción.

Es muy importante conocer que los arquitectos respetan los criterios de diseño estructural y se formó un estándar en la mayoría de construcciones que se han

venido realizando desde varias décadas atrás, por lo que cuando ocurren los sismos la mayor parte de los edificios se mantienen en pie sin inconvenientes o al menos dan la posibilidad a realizar las evacuaciones. Éste es un principio importante que tienen en cuenta ya que sus construcciones no necesariamente van a soportar un evento sin sufrir daños, su finalidad es precautelar la mayor cantidad de vidas humanas posibles frente a un terremoto sin que llegue a colapsar.

Si comparamos el caso chileno del año 2010 y los posteriores terremotos en años recientes nos damos cuenta que nuestro país aún está lejos de tener una cultura de prevención en las construcciones realizadas, aún mantenemos la improvisación y el diseño arquitectónico de la mayoría de los edificios hace prevalecer la forma y lo estético, dejando la seguridad al profesional de la ingeniería civil que hace lo posible por calcular la estructura sin que afecte el proyecto.

Las técnicas constructivas en Chile van evolucionando e incluso superando a países desarrollados que contratan a profesionales chilenos para proyectar sus edificios o para asesorarlos, el uso de disipadores y aisladores sísmicos se hace cada vez más común en los nuevos edificios en construcción.

### **2.3.2 El Terremoto de Haití del 12 de enero del 2010.**

#### **Antecedentes**

El terremoto de Haití de 2010 fue registrado el martes 12 de enero de 2010 a las 16:53:09 hora local (21:53:09 UTC) con epicentro a 15 km de Puerto Príncipe, la capital de Haití. Según el Servicio Geológico de Estados Unidos, el sismo tuvo una magnitud de 7,3 Mw y se generó a una profundidad de 12 kilómetros. También se registraron una serie de réplicas, siendo las más fuertes las de 5,9, 5,5 y 5,1. La NOAA descartó el peligro de tsunami en la zona. Aunque horas después, se reportó que un Tsunami de mínimas proporciones se registró y mató a 4 personas. Este terremoto ha sido el más fuerte registrado en la zona desde el acontecido en 1770. El sismo fue perceptible en países cercanos como Cuba, Jamaica y República Dominicana, donde provocó temor y evacuaciones preventivas.

Los efectos causados sobre este país, el más pobre de América en ese momento, fueron devastadores. Los cuerpos recuperados al 25 de enero superaban los 150 000, calculándose que el número de muertos excedería los 200 000. Los datos definitivos

de los afectados fueron dados a conocer por el primer ministro Jean-Max Bellerive en el primer aniversario del sismo, el 12 de enero de 2011, conociéndose que en el sismo fallecieron 316 000 personas, 350 000 más quedaron heridas, y más de 1,5 millones de personas se quedaron sin hogar, con lo cual, es una de las catástrofes humanas más graves de la historia. (Wikipedia, 2010)

## **Métodos y técnicas constructivas**

### **Mala construcción, en la raíz del drama en Haití**

La pésima calidad de construcción de los edificios es la gran responsable de las dantescas consecuencias del terremoto en Haití, aseguran los expertos.

"La calidad de la construcción era mala, no existen reglamentos de construcción reconocibles", afirmó el arquitecto John McAslan, quien trabaja en un proyecto en el país.

El arquitecto añadió que la mayoría de los edificios son de ladrillo o están hechos con bloques de cemento que resisten mal los terremotos.

Irónicamente, la gente en las barriadas pobres en muchos casos tuvo más posibilidades de sobrevivir que quienes vivían en edificios de cemento, muchos de los cuales terminaron derrumbándose como castillos de naipes.

"El colapso de una simple choza seguramente provoca menos daños a las personas que el derrumbe de un edificio", señaló McAslan.

### **Mala calidad**

Un gran problema adicional fue la mala calidad de los materiales usados, apuntó Peter Hass, director de Appropriate Infrastructure Development Group, una ONG que opera en Haití desde 2006.

"La gente ahorra cemento para intentar reducir costos, añadiendo mucha agua, construyendo demasiado fino, así que terminas con una estructura inherentemente frágil", afirmó Hass, quien está ahora camino del país caribeño.

"Muchas veces los bloques de cemento se hacían en el patio trasero de la gente y se secaban al sol", dijo.

Debido a que el país ya tenía otros problemas como la falta de servicios básicos – agua, luz, alcantarillado- Hass agregó que controlar la construcción no era prioritario para el gobierno.



## **Futuro**

Ya antes del terremoto, Haití había tenido muchos problemas con sus construcciones, tal como recordó la periodista de la BBC, Ayesha Bhatti.

En noviembre de 2008, por ejemplo, casi un centenar de personas -la mayoría niños- murieron cuando dos colegios se derrumbaron.

Las autoridades haitianas dijeron entonces que la causa fue que estaban mal contruidos.

Pero todo esto ya es pasado, señaló McAslan. Ahora el objetivo es salvar vidas, después estabilizar los edificios dañados para que aguanten futuras réplicas, y finalmente ver cómo construir nuevos edificios para que aguanten terremotos en el futuro. (BBC, 2010)

## **Haití sigue en reconstrucción**

Tras cinco años del devastador terremoto que sacudió a Haití, la isla aún continua sus esfuerzos para reconstruir su infraestructura y estabilizar su economía

Han pasado cinco años desde el devastador terremoto que dejó más de 300 mil muertos en Haití y pese a a que aún hay miles de personas que duermen en carpas, destacan algunos avances en la reconstrucción de ese país gracias a la ayuda latinoamericana.

El mecanismo de integración regional Petrocaribe ayudó en la reconstrucción de más de 800 kilómetros de calles, la edificación de miles de viviendas y la reubicación de muchas personas que habitaban en carpas.

En mayo de 2013 unos mil 280 haitianos recibieron las llaves de su vivienda de manos del presidente de Haití, Michel Martelly. Las viviendas fueron construidas por la empresa dominicana Rofi y Hadom, propiedad del ingeniero Félix Bautista.

El director de la unidad pública oficial de construcción que depende del gobierno, Harry Adam, indicó que "inmediatamente después del terremoto había 1.5 millones de personas sin hogar. Hoy, cinco años después, quedan un poco menos de 70 mil que viven en carpas".

Martelly indicó que también se incrementó la capacidad de generación eléctrica en esa nación antillana a partir de tres centrales localizadas en Gonaives, Puerto Príncipe y Cabo Haitiano. (TelesurTV, 2015)

## **Análisis de la la situación en Haití**

El caso en Haití debe ser para un estudio más extenso, pues a pesar de que el sismo no fue de gran magnitud y de que en su territorio no existen gran cantidad de edificios altos, la cifra de fallecidos fue excesiva en comparación a sismos de mayor intensidad en otros países.

Es llamado el país más pobre de América en donde para el gobierno y sus autoridades existen necesidades más importantes para la población como dotarlos de servicios básicos, antes que llevar a cabo un proyecto de normas de construcción y a la vez tener un control sobre la actividad a nivel nacional.

Uno de los principales problemas es la falta de fábricas de materiales de construcción en el país, lo que hace que el importarlos sea demasiado costoso e inaccesible para la mayoría de la población.

No existe ningún criterio estructural en las viviendas pues al no existir una normativa y la falta de profesionales hizo que el panorama de destrucción sea evidente a simple vista, quienes trabajan como albañiles trabajan empíricamente y en la mayoría de los casos los mismos propietarios son quienes construyen sus hogares sin la más mínima consideración de seguridad. Es increíble conocer que edificios emblemáticos como el Palacio de Gobierno o la Catedral quedaron destruidos, además de hospitales y centros educativos.

Con el apoyo de países vecinos, otros países de América y de organizaciones internacionales, luego del sismo ocurrido en el año 2010 se iniciaron capacitaciones para personas que deseaban ingresar al sector de la construcción que de a poco se va reactivando a pesar de ya haber transcurrido 7 años. Principalmente se habla de las construcciones sismo resistente, ya que se debe pensar a futuro tomando conciencia de que si ocurre otro terremoto similar las consecuencias no pueden ser iguales o peores.

### **2.3.3 El Terremoto de Japón del 11 de marzo del 2011.**

#### **Antecedentes.**

El epicentro del terremoto se localizó en el Océano Pacífico, a 130 kilómetros al este de Sendai, Honshu. La magnitud de 9,0 en la escala de Richter lo convirtió en el terremoto más potente sufrido en Japón hasta la fecha, así como el cuarto más

potente del mundo de todos los terremotos medidos. El terremoto principal estuvo precedido de una larga serie de terremotos previos, que comenzaron con un temblor de 7,2 grados el día 9 de marzo de 2011, aproximadamente a 40 kilómetros de distancia de donde se produjo el terremoto del 11 de marzo, y seguido de otros tres el mismo día de la catástrofe que excedieron los 6 grados de intensidad. El terremoto provocó un tsunami con olas de hasta diez metros que ha alcanzado la ciudad de Sendai y también una alerta de tsunami en todas las costas del Pacífico, incluidas las de Australia y Sudamérica. La Agencia de Policía Nacional japonesa confirmó 15.845 muertes, 3.380 personas desaparecidas y 5.893 heridos a lo largo de 18 prefecturas de Japón. (Gandía Calabuig, 2012)

## **Métodos y técnicas constructivas**

### **Los edificios japoneses, los mejor preparados para resistir un seísmo**

Alrededor de 380.000 japoneses se han quedado sin hogar y más de 21.000 han muerto o permanecen desaparecidos tras el terremoto y el posterior tsunami del 11 de marzo. Sin embargo, las cifras de víctimas serían muchísimo más altas de no ser por la estricta normativa antisísmica que desde hace décadas se aplica en la construcción en Japón. Y es que la gran mayoría de las muertes tras un terremoto se produce por el derrumbamiento de los edificios y no por la sacudida sísmica.

Cuando se trata de levantar edificios capaces de resistir fuertes sacudidas, los japoneses siguen siendo los maestros. Los rascacielos que acarician los cielos de las grandes ciudades se han mantenido imperturbables tras el gran seísmo, así como gran parte de las viviendas construidas en los últimos años.

Incluso la central nuclear de Fukushima resistió al impacto del terremoto, aunque no al tsunami, que dañó el sistema de emergencia que debía refrigerar los reactores. "Sin ninguna duda, Japón es el país mejor preparado. En ningún otro lugar del mundo un terremoto de magnitud 9 en la escala de Richter hubiera provocado tan pocos daños", asegura Paloma Sobrini, decana del Colegio de Arquitectos de Madrid. De hecho, ha sido el gran tsunami posterior el que ha desolado la costa japonesa.

Legiones de expertos evalúan estos días los daños en los edificios mientras se construyen casas para albergar a las personas que han perdido su hogar. "Los edificios son como los seres humanos. Se hacen chequeos preventivos cada cierto tiempo durante toda su vida. Si sufre una patología por alguna causa (sucede un terremoto o cae una bomba) se revisa y se subsanan los daños", afirma Paloma Sobrini.

## **Los rascacielos más seguros**

Pero, ¿cómo se logra que un rascacielos de 250 metros no se venga abajo? El objetivo es conseguir que el edificio se balancee pero no se derrumbe, "por lo que deben ser estructuras flexibles, que admitan cierto grado de deformación, que puedan vibrar e incluso desplazarse ligeramente". "Un terremoto es un movimiento brusco que hace ondular el edificio", explica Sobrini. "Si cogemos una caña seca y la doblas, se quiebra. En cambio, un junco vivo es flexible, puedes moverlo, deformarlo, y se va amoldando. Esa es la esencia de la construcción antisísmica", señala.

"En todas las plantas, la estructura del edificio debe tener los encuentros articulados [los nudos, es decir, el lugar donde se encuentran los pilares con las vigas o los suelos con los techos] porque permiten cierta movilidad", explica Paloma Sobrini. Este criterio es el mismo que se utiliza en la construcción de rascacielos de todo el mundo, ya que el viento fuerte produce con frecuencia el mismo empuje que un terremoto.

## **Suelos blandos y licuefacción**

Rafael Blázquez, catedrático de Ingeniería del Terreno de la Universidad de Castilla-La Mancha, subraya que, a pesar de que lo adecuado es levantar un rascacielos en un terreno estable, gran parte del suelo en Japón es blando, por lo que se ven obligados a elegir entre dos opciones: mejorar el suelo de forma artificial -compactándolo-, o bien implementar una técnica conocida como aislamiento de base: "Se interponen entre la cimentación y la estructura unos aisladores de neopreno. Cuando hay un terremoto, el edificio se desplaza con el movimiento del suelo, sin ofrecer resistencia y, por tanto, no colapsa. El principio básico es que hay que desacoplar el movimiento del suelo y el movimiento de la estructura", señala Blázquez.

Blázquez explica que fue también en Japón, durante el seísmo que se produjo en junio de 1963 en Niigata, cuando se observó por primera vez un complejo fenómeno conocido como licuefacción, que tiene un gran poder destructivo ya que tumba los edificios como si fueran de juguete.

Ciertos tipos de suelos, saturados de agua, pierden resistencia cuando están sometidos a la sacudida de un terremoto. El agua brota del suelo y el terreno cambia de estado sólido a líquido. Cuando se produce el fenómeno de la licuefacción, los edificios 'flotan' en el suelo líquido y pierden estabilidad. La parte positiva es que los edificios se hunden en la tierra o caen inclinados, pero no se destruye su estructura, lo que permite salvar vidas.

## **Pruebas de resistencia**

Asimismo, los materiales usados, como cemento armado u hormigón, se someten a duras pruebas de resistencia. Blázquez recuerda que durante su primer viaje a Japón, en 1990, le sorprendió que las constructoras tuvieran sus propios laboratorios de materiales en los que simulaban terremotos para probar su resistencia.

Tras el seísmo de Kobe de 1995 (de magnitud 7,2) se han mejorado mucho las estructuras, como volverá a ocurrir ahora. De cada seísmo se aprenden nuevas lecciones que ayudarán a salvar más vidas en el futuro. Los japoneses son conscientes de que habrá nuevos terremotos devastadores así que ahora ponen todo su empeño en que los nuevos edificios civiles, viviendas, carreteras y las nuevas infraestructuras resistan la próxima sacudida. (El Mundo, 2011)

## **Análisis de la situación en Japón**

Es uno de los países más sísmicos del mundo con un largo historial de eventos telúricos ocurridos a lo largo de la historia y que aún a la actualidad sufre varios sismos o terremotos de gran magnitud cada año.

En extensión territorial es un país pequeño para el gran número de habitantes por lo que el crecimiento habitacional es principalmente vertical y se construyen edificios de gran altura regularmente.

Es conocido que los japoneses son personas muy precavidas y sus construcciones a diferencia de otras culturas pueden llevar años de planificación y solo serán construidas cuando están seguros de que no sufrirán cambios imprevistos, además por su condición de país propenso a sufrir terremotos tienen varias décadas evolucionando sus técnicas al punto de tener rascacielos que no sufren daños durante los terremotos.

El terremoto del 11 de marzo del 2011 fue uno de los más fuertes a lo largo de su historia, sin embargo la mayoría de los miles de fallecidos no ocurrieron precisamente por el colapso de estructuras, sino por el posterior tsunami que arrasó gran parte de las ciudades costeras cercanas al epicentro.

Es otro caso muy especial para analizar más detenidamente, pues planifican sus edificaciones con gran flexibilidad y utilizan las técnicas más avanzadas en relación a los aisladores sísmicos para sus rascacielos. Japón no solo que no tiene gran

extensión territorial sino que además su suelo es muy inestable lo que implica un mayor desafío a la hora de llevar a cabo sus construcciones sismo resistente.

Culturalmente son muy avanzados en este aspecto, respetando todas las normas constructivas y cambiándolas con cada tragedia que sufren para estar mejor preparados para la siguiente. La experiencia que tienen no se compara a ningún país del mundo, pues sus pérdidas humanas son mínimas para la magnitud de sismos que sufren regularmente.

Es de admirar que la planificación de sus proyectos no solo que es extensa, sino que va más allá de la finalización de la obra pues en su cultura de la prevención realizan revisiones periódicas y en caso de encontrar inconvenientes inmediatamente intervienen el edificio para solucionarlo.

## **2.4 Bases Para La Configuración y Evaluación Estructural**

Nuestro tema de investigación “ANÁLISIS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL PROYECTO MYKONOS Y SU COMPORTAMIENTO EN EL TERREMOTO DEL 16A”, requiere de bases esenciales de configuración estructural para poder realizar una evaluación al objeto de estudio y poder determinar el motivo por el cual se dieron los daños observados.

Para este propósito utilizaremos información básica proporcionada por el MIDUVI elaborada a raíz del Terremoto de Pedernales del 16A, en este documento se dan los lineamientos esenciales para el diseño tanto arquitectónico como estructural, a fin de que las edificaciones cumplan con la función no solo de soportar un sismo sino que primordialmente mantener con vida a sus ocupantes y ponemos los puntos más importantes relacionados a nuestro tema de investigación y que pueden ayudarnos a determinar la causa de los daños observados:

**“Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015”**

### **1.2 Configuración estructural**

Configuración estructural se refiere a la disposición de los elementos y del sistema estructural de la edificación en forma horizontal y vertical. Como se mencionó antes,

mientras la configuración estructural de una edificación sea más compleja, mayor será el daño que reciba bajo la acción de un sismo severo.

La configuración de una estructura se la debe plantear desde la primera etapa del diseño arquitectónico, evitando los diseños con configuraciones estructurales peligrosas, independiente del tipo, uso, o incluso de los niveles de sofisticación que se desee en la edificación. Es por esto que la configuración estructural debe ser bien comprendida por todos los profesionales relacionados con el ámbito de la construcción.

### **1.3 Problemas de configuración estructural en planta**

La NEC recomienda que las estructuras deben ser lo más regulares y simétricas posibles en planta, priorizando las formas tendientes a cuadrangulares o rectangulares. A continuación se indicarán algunos de los problemas que presentan las edificaciones con irregularidad estructural en su plano horizontal.

#### **1.3.1 Longitud de la edificación**

Una longitud en planta excesiva en una edificación, afecta directamente en su comportamiento estructural frente a las ondas que se producen debido a un movimiento de tierra producido por un sismo.

Mientras mayor longitud, mayor daño ocurre debido a que no todos los puntos de la edificación, tendrán la misma acción sísmica, el mismo comportamiento dinámico, y tendrán también diferentes demandas de resistencia y ductilidad

#### **1.3.2 Geometría y disposición de elementos estructurales en planta:**

La geometría en planta de una edificación influye en su comportamiento estructural, debido a que en ciertos lugares se pueden concentrar los esfuerzos más que en otros.

Este problema ocurre cuando se diseñan plantas complejas o irregulares (plantas en forma de U, L, T, H, O, Cruz, etc.), donde existen sitios con ángulos de quiebre en la estructura concentrándose la mayor cantidad de esfuerzos.

#### **1.3.4 Ejes estructurales no paralelos**

La edificación se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.

### 1.3.5 Torsión

Es importante que en un sistema estructural, su centro de rigidez sea semejante al centro de masa, lo cual pocas veces se cumple como se puede observar en la siguiente figura. (MIDUVI, 09-2016)

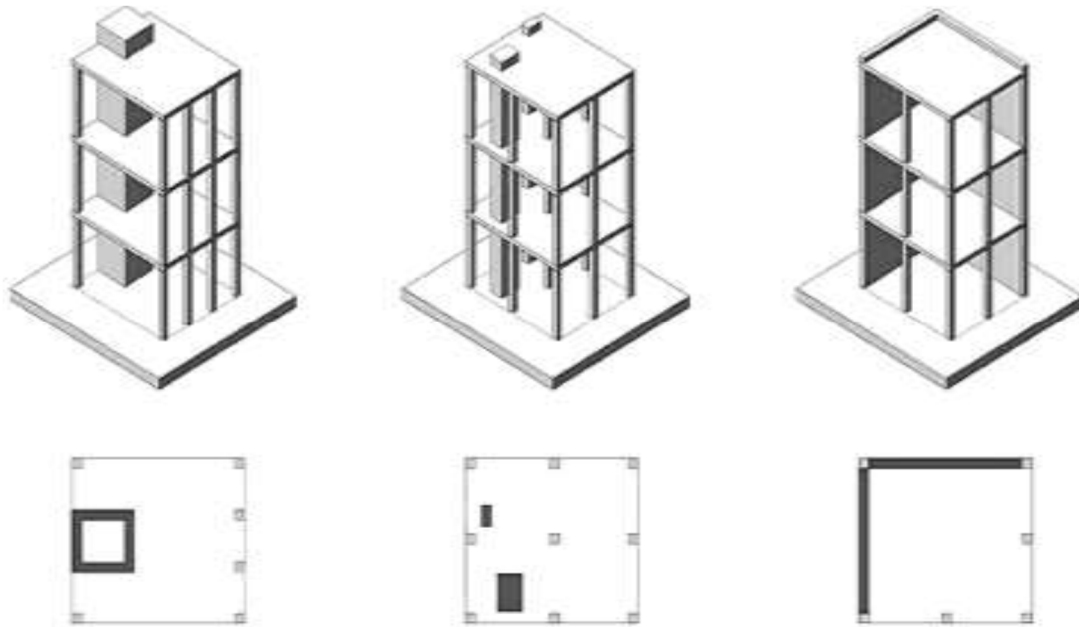


Figura 1: Centro de rigidez no coincide con centro de masa

Fuente: MIDUVI – SNGR.

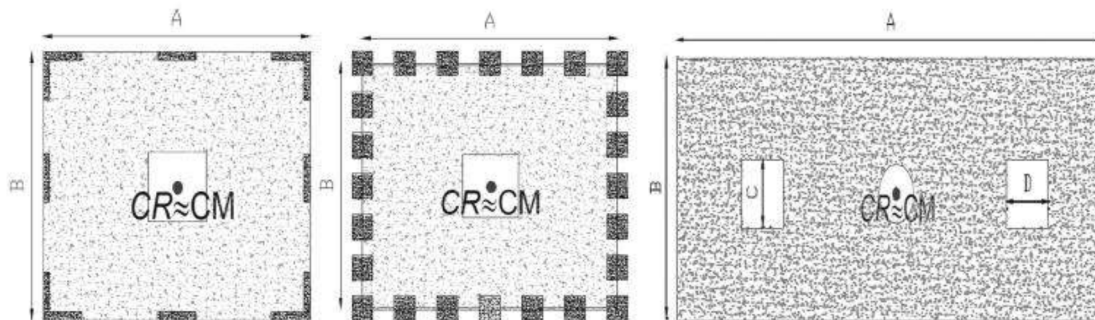


Figura 2: Centro de rigidez semejante con centro de masa

Fuente: MIDUVI – SNGR.



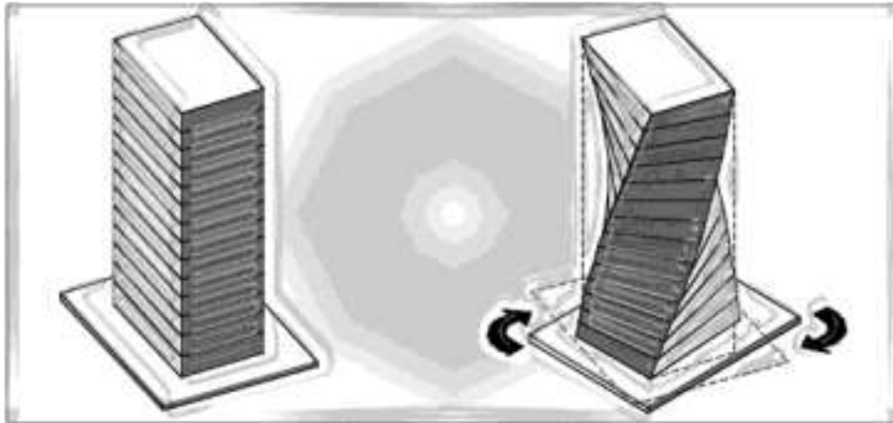


Figura 3: Torsión debido a no coincidencia de centro de rigidez y centro de masa

Fuente: MIDUVI – SNGR.

Las normas para las construcciones sismo resistentes son mucho más extensas e implican muchas más consideraciones, con estos datos intentamos tener una idea básica de lo más esencial a la hora de proyectar una edificación; como hemos darnos cuenta en otros países avanzados en el tema, lo más importante es la planificación en conjunto de todos los profesionales implicados en un proyecto para que con sus ideas el diseño y la construcción final tenga el comportamiento adecuado y la funcionalidad requerida por el o los propietarios.

No debemos realizar un diseño arquitectónico sin saber a ciencia cierta cómo sería el diseño estructural tentativo que sostenga el edificio, es sumamente importante para asegurar que la obra no solo pueda soportar la fuerza de un terremoto, sino que brinde seguridad a quienes la ocupan.

## Capítulo III: Metodología De La Investigación

### 3.1 Tipos De Investigación

De acuerdo a los objetivos trazados y la información que requerimos nuestra investigación será del tipo Descriptiva y Explicativa.

**Descriptiva**, porque necesitamos analizar la realidad de la situación en todos sus componentes principales.

**Explicativa**, porque además de que vamos a describir el problema ocurrido vamos a encontrar las causas que lo provocaron.

La investigación explicativa puede ser Experimental y No Experimental, en nuestro caso será No Experimental pues aunque proponemos las soluciones solo podría ser Experimental si se llegan a realizar y solo se podrían comprobar si ocurre otro sismo de similares características para ponerlas a prueba.

### 3.2 Métodos De Investigación

Para el desarrollo de la investigación se optó por los siguientes métodos:

1. LA OBSERVACIÓN
2. LA ENCUESTA

1. **La observación.-** Se realizan visitas al lugar de estudio para analizar los efectos del Sismo del 16A, posteriormente se elabora un informe general con el apoyo de profesionales como Arquitectos e Ingenieros involucrados en la construcción del Conjunto Habitacional MYKONOS.

Este informe inicial emite criterios de las posibles soluciones a los problemas encontrados en los elementos no estructurales afectados, los mismos que al ponerlos en práctica irán teniendo modificaciones dependiendo de la afectación que tuvo cada elemento como mampostería, elementos decorativos e instalaciones generales.

Se realiza toma fotográfica de todas las partes afectadas en todos los pisos de cada edificio.

Antes de empezar las obras se hace una evaluación del porcentaje de daño que tuvo cada piso de cada uno de los edificios y realizando un promedio general para posteriormente realizar un presupuesto y cronograma de labores para empezar con la reconstrucción. Dichos valores se adjuntan en este trabajo de investigación.

2. **La encuesta.-** Estando ya próximos a las adecuaciones individuales y generales se realiza una encuesta de acuerdo a la muestra utilizando una calculadora de muestras en línea<sup>1</sup>, se elaboran diez preguntas cerradas sobre los inconvenientes sufridos durante y luego del sismo, el uso continuo o regular que hacen de sus departamentos, el proyecto de la reconstrucción y sobre el futuro de este tipo de edificaciones en la ciudad. Los resultados se adjuntan en este trabajo de investigación. Cada uno de los encuestados dependiendo de su apertura emitió comentarios que son analizados junto con el cuadro estadístico para tener una mayor referencia sobre lo que piensa cada uno de los habitantes del Conjunto.

### **3.3 Análisis Visual De La Situación**

La recopilación de la información inicia con un informe de un profesional sobre los problemas ocurridos en el Conjunto Mykonos luego del sismo ocurrido el pasado 16 de Abril del 2016, mostraremos a continuación imagen del documento elaborado por el Ing. Juan Carlos Garcés en donde explica los resultados de su evaluación visual y transcribe la información proporcionada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional sobre el sismo y su análisis:

Extrayendo lo más importante hacia nuestro tema investigado el Ingeniero Garcés nos indica su conclusión:

Luego de la inspección visual realizada el día lunes 18 de abril se ha podido constatar que no se observa afectación alguna en los elementos que componen la estructura de ninguno de los edificios, esto es: muros de corte, columnas, vigas y diafragmas de piso. En otras palabras, las estructuras no fueron afectadas.

Los daños observados corresponden únicamente a componentes no estructurales como mamposterías y cielos rasos. Se recomienda una reparación de mamposterías liberándolas de la estructura principal y dejando junta de 2cm en bordes laterales y superior, la misma que se podrá rellenar con material flexible apropiado para el efecto (poliuretano). Se deberá colocar armadura vertical y horizontal para resistir los

---

<sup>1</sup> [http://www.corporacionaem.com/tools/calc\\_muestras.php](http://www.corporacionaem.com/tools/calc_muestras.php)

esfuerzos laterales. En forma alternativa se recomienda utilizar tabiquería de gypsum. (Garcés Pout, Informe de la evaluación visual del proyecto Mykonos, 25-04-2016)

Posteriormente se realiza un informe del estado en que se encuentra cada uno de los pisos en los 3 edificios, y se elabora un cuadro indicando los porcentajes aproximados de los daños ocurridos en general para tener una idea más clara sobre todos los trabajos que se deben realizar.

### 3.3.1 Inspección De Torre A.



**Imagen #4** – Vista frontal y posterior de Torre A después del 16A

(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)

En la vista general de la Torre A podemos notar en el frente y posterior los daños más visibles en los niveles bajos e intermedios, que son los que más sufren regularmente en los eventos sísmicos debido a que soportan el peso de los pisos

superiores y es aquí en donde la estructura presenta los esfuerzos de tracción y compresión que provocaron los daños en la mampostería.

### Estimación de daños en la Torre A

| <b>TORRE A</b>               |                       |                        |                     |                     |                                   |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| PISO                         | DAÑOS EN ESTRUCTURA % | DAÑOS EN MAMPOSTERÍA % | DAÑOS EN ACABADOS % | DAÑOS EN ESCALERA % | DAÑOS EN ESTRUCTURA DE ASCENSOR % |
| PISO 1                       | 0                     | 50                     | 45                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 2                       | 0                     | 50                     | 40                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 3                       | 0                     | 60                     | 50                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 4                       | 0                     | 60                     | 50                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 5                       | 0                     | 50                     | 40                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 6                       | 0                     | 45                     | 40                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 7                       | 0                     | 45                     | 40                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 8                       | 0                     | 40                     | 35                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 9                       | 0                     | 35                     | 35                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 10                      | 0                     | 30                     | 25                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 11                      | 0                     | 30                     | 20                  | 0                   | 0                                 |
| TERRAZA                      | 0                     | 20                     | 15                  | 0                   | 0                                 |
| <b>DAÑO TOTAL PROMEDIO %</b> | <b>0</b>              | <b>42,92</b>           | <b>36,25</b>        | <b>0</b>            | <b>0</b>                          |

**TABLA #1 (Fuente: The Palms. Elaborado por: Otto Alvarez)**

**Interpretación:** De acuerdo a la inspección realizada inicialmente se estima que los daños principalmente ocurrieron en la mampostería con una estimación del 42,92% y en acabados con un 36,25%.

**Análisis:** Los daños en mampostería se toman en cuenta las paredes que presentan las fisuras más notorias y el colapso, pues la gran mayoría presentaron al menos pequeñas fisuras que se deberán solucionar con empaste y pintura. En relación a los acabados nos referimos al espacato en exteriores, porcelanato en piso y en las paredes de baño, además de daños ocurridos en cielo raso de gypsum. Los daños en instalaciones de agua o sanitarias se irán detectando a medida que se van haciendo las reparaciones de la mampostería. La estructura en general no presentó daños y tampoco existieron daños de consideración en escalera y ascensor.

### 3.3.2 Inspección De Torre B.



**Imagen #5** – Vista frontal y posterior de Torre B después del 16<sup>a</sup>

(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)

En la vista general de la Torre B que es de diseño similar a la Torre A con unas cuantas diferencias podemos ver casi el mismo comportamiento como resultado del sismo, los pisos inferiores e intermedios resultan más afectados. Es importante aclarar que nos referimos a la vista exterior ya que internamente los daños son más notorios y si se incluyen en la siguiente tabla.

En la vista frontal los daños no son muy notorios debido a la terraza extensa que tiene cada piso y poseen grandes ventanales.

## Estimación de daños en la Torre B

| TORRE B               |                       |                        |                     |                     |                                   |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| PISO                  | DAÑOS EN ESTRUCTURA % | DAÑOS EN MAMPOSTERÍA % | DAÑOS EN ACABADOS % | DAÑOS EN ESCALERA % | DAÑOS EN ESTRUCTURA DE ASCENSOR % |
| PISO 1                | 0                     | 50                     | 45                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 2                | 0                     | 60                     | 50                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 3                | 0                     | 60                     | 50                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 4                | 0                     | 50                     | 45                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 5                | 0                     | 45                     | 40                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 6                | 0                     | 40                     | 30                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 7                | 0                     | 40                     | 30                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 8                | 0                     | 35                     | 30                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 9                | 0                     | 30                     | 25                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 10               | 0                     | 30                     | 25                  | 0                   | 0                                 |
| PISO 11               | 0                     | 25                     | 10                  | 0                   | 0                                 |
| TERRAZA               | 0                     | 20                     | 10                  | 0                   | 0                                 |
| DAÑO TOTAL PROMEDIO % | 0                     | 40,42                  | 32,50               | 0                   | 0                                 |

**TABLA #2 (Fuente: The Palms. Elaborado por: Otto Alvarez)**

**Interpretación:** De acuerdo a la inspección realizada inicialmente se estima que los daños principalmente ocurrieron en la mampostería con una estimación del 40,42% y en acabados con un 32,50%.

**Análisis:** Al ser una edificación similar en estructura a la Torre A, el análisis es similar en donde el porcentaje de daños en mampostería es un poco inferior y de la misma manera en los acabados. No presenta daños en la estructura general y tampoco daños en escaleras y ascensor.

Es importante aclarar que la estimación de daños en acabados podrá variar en el momento que inicie la reconstrucción pues aún no se puede determinar el estado en el que se encuentran ciertas instalaciones como tuberías, que en caso de verse afectadas habrá que romper más paredes.



### 3.3.3 Inspección De Torre C.



**Imagen #6** – Vista frontal y posterior de Torre C luego del 16ª

(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)

La Torre C es de un volumen superior a las Torres A y B, y tiene un diseño con hasta 4 departamentos por piso lo que implica más divisiones de mampostería. En la vista general externa podemos notar que los daños son más notorios en la fachada posterior específicamente en la caja de la escalera y ascensor.

En la imagen que tenemos de la vista frontal no podemos apreciar los daños que sufrieron las paredes divisorias de las terrazas, no son de gran magnitud pero la gran mayoría necesitarán ser intervenidas para resanes.



### Estimación de daños en la Torre C

| <b>TORRE C</b>               |                              |                               |                            |                            |  |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| <b>PISO</b>                  | <b>DAÑOS EN ESTRUCTURA %</b> | <b>DAÑOS EN MAMPOSTERÍA %</b> | <b>DAÑOS EN ACABADOS %</b> | <b>DAÑOS EN ESCALERA %</b> | <b>DAÑOS EN ESTRUCTURA DE ASCENSOR %</b> |
| <b>PISO 1</b>                | 0                            | 60                            | 55                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 2</b>                | 0                            | 60                            | 55                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 3</b>                | 0                            | 70                            | 60                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 4</b>                | 0                            | 60                            | 50                         | 0                          | 10                                       |
| <b>PISO 5</b>                | 0                            | 60                            | 50                         | 0                          | 20                                       |
| <b>PISO 6</b>                | 0                            | 55                            | 45                         | 0                          | 20                                       |
| <b>PISO 7</b>                | 0                            | 55                            | 45                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 8</b>                | 0                            | 55                            | 45                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 9</b>                | 0                            | 50                            | 40                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 10</b>               | 0                            | 45                            | 35                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 11</b>               | 0                            | 45                            | 35                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 12</b>               | 0                            | 40                            | 25                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 13</b>               | 0                            | 35                            | 20                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 14</b>               | 0                            | 35                            | 20                         | 0                          | 0  |
| <b>PISO 15</b>               | 0                            | 25                            | 15                         | 0                          | 0  |
| <b>DAÑO TOTAL PROMEDIO %</b> | <b>0,00</b>                  | <b>50,00</b>                  | <b>39,67</b>               | <b>0,00</b>                | <b>3,33</b>                              |

**TABLA #3 (Fuente: The Palms. Elaborado por: Otto Alvarez)**

**Interpretación:** La Torre C al ser de mayor tamaño y de diseño diferente a las otras torres y con paredes más extensas presenta un daño en mampostería que llega al estimado del 50%, los daños en acabados llegan al 39,67%. La estructura de la caja del ascensor si presentó pequeños daños estructurales cuyo valor estimado es de 3,33%. No presenta daños en la estructura principal y tampoco daños en la estructura de la escalera.

**Análisis:** Los daños visibles son de mayor consideración y de la misma manera aquellos que son internos en cada departamento. Esta torre al tener hasta 4 departamentos por piso utiliza doble pared en las uniones de los mismos lo que incrementó el porcentaje de daños en mampostería y de igual manera en los acabados. El cielo raso de gypsum ya no solo se toma en cuenta en los interiores sino también en el corredor principal que une a los departamentos incrementando el nivel de daños. Los daños en la estructura de los ascensores se debieron a que en el momento del sismo ambos se encontraban entre los pisos 4 y 6 y la fuerza del movimiento afectaron sin que implique que sean de consideración.

### **3.4 Análisis De Los Problemas De Diseño**

En base a lo expuesto anteriormente, revisando y analizando información adicional sobre casos de sismos ocurridos en otros países y las causas de los principales problemas que sufrieron las edificaciones; haremos un análisis del diseño arquitectónico y estructural en el Proyecto Mykonos para determinar las causas del colapso de gran parte de la mampostería en los tres edificios y daños colaterales ocasionados.

Hemos podido observar lo que nos indica la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN que es basada en normas internacionales, en donde nos indica los errores más comunes al proyectar un edificio con irregularidades en planta y elevación y que ocasionan problemas al momento de un sismo.

Así mismo se tomará en consideración lo ocurrido en otros países como los que analizamos brevemente Chile, Haití y Japón; cuáles han sido los problemas parecidos a los ocurridos en nuestro sujeto de estudio.

Nuestra investigación tiene como fin adicional informar sobre posibles inconvenientes que tendrían otras edificaciones si aplican diseños arquitectónicos y estructurales con similar criterio, técnicas constructivas y materiales utilizados; no pretende indicar que no se deben realizar, pero sí que se deben tomar consideraciones o variables adicionales para evitar los inconvenientes ocurridos.

Este análisis lo haremos por separado en dos partes, las torres A-B (Son similares en forma y altura) y la torre C que tiene un diseño distinto y mayor altura.

### 3.4.1 Análisis De Torres A Y B

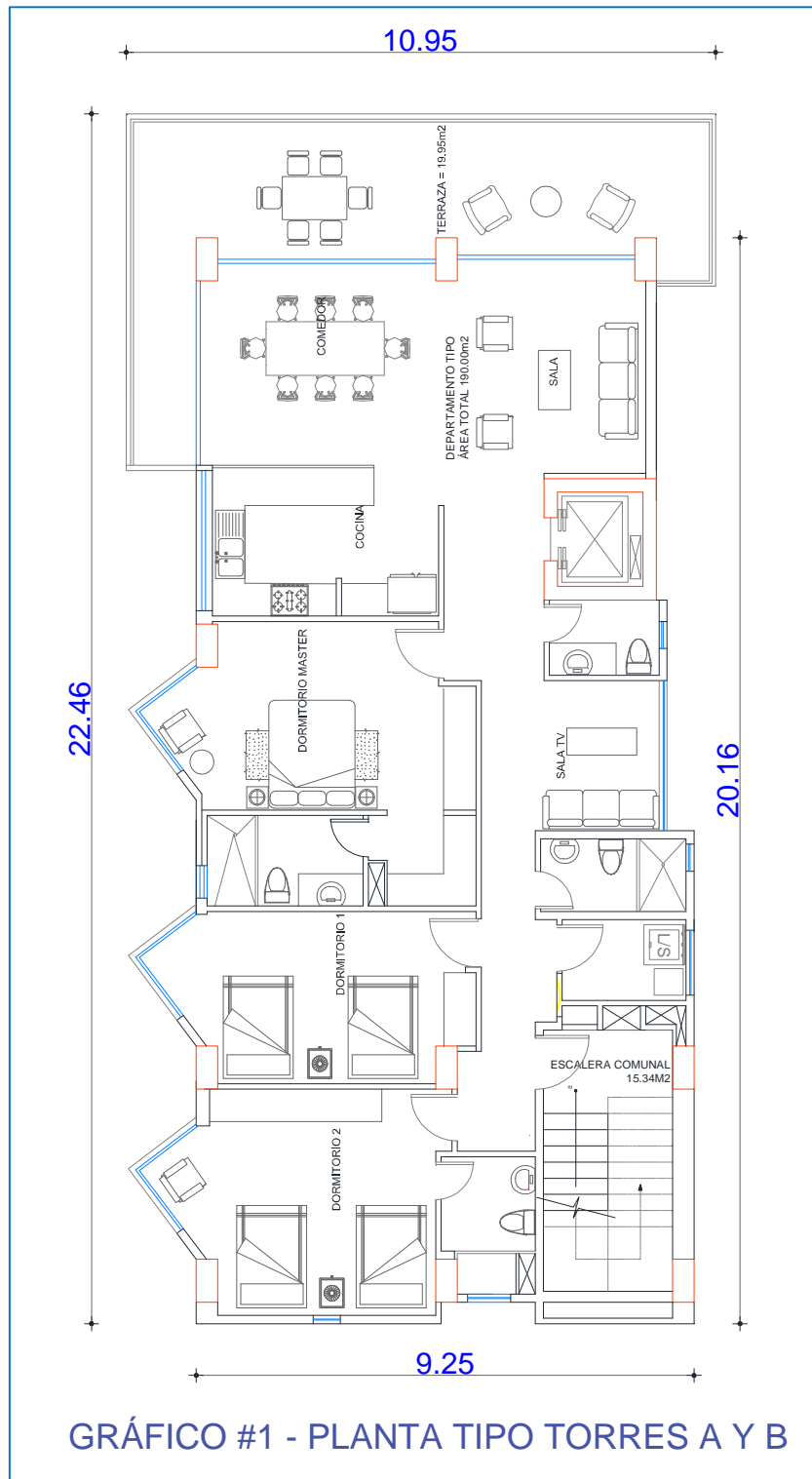
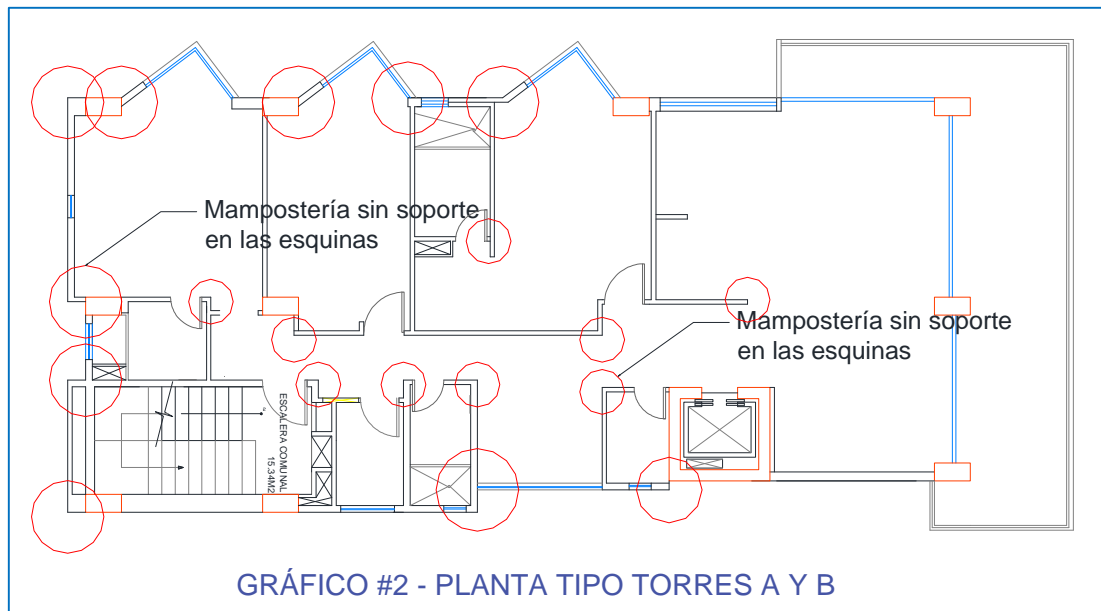


Gráfico 1 (Fuente: Planos Generales Mykonos. Elaborado por: The Palms)

1. Encontramos un diseño en planta tipo que a pesar de ser básicamente rectangular presenta algunas esquinas en la mampostería que no tienen soportes verticales que incidieron en el agrietamiento y colapso de paredes y de los acabados.



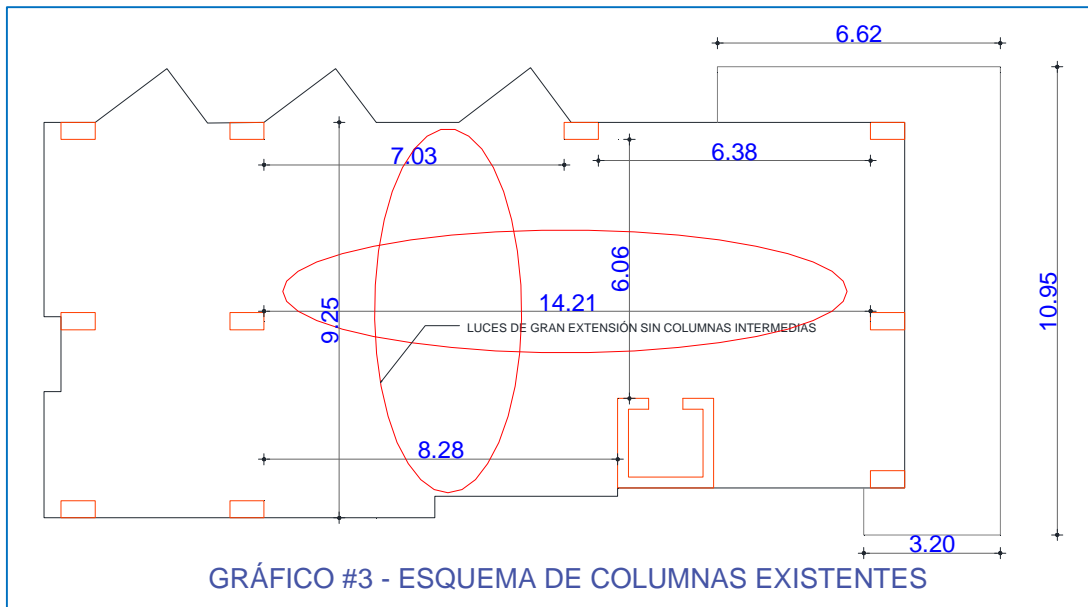
**Gráfico 2 (Fuente: Planos Generales Mykonos. Elaborado por: Otto Alvarez)**



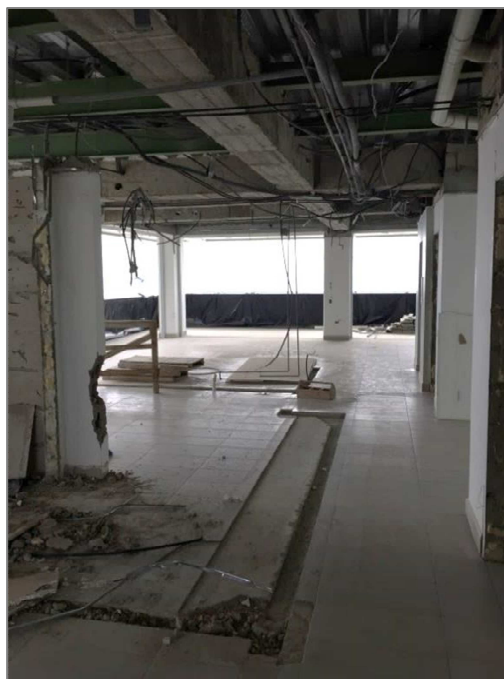
**Imagen #5 – Mampostería afectada en esquinas sin soportes.**

**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

2. La disposición de las columnas en el lado izquierdo (junto al ascensor) e interiormente muestra luces extensas y su diseño vertical en planta no considera los movimientos laterales de un sismo de gran magnitud, dando como consecuencia que el edificio presentó mucho balanceo que provocó daños en la mampostería.



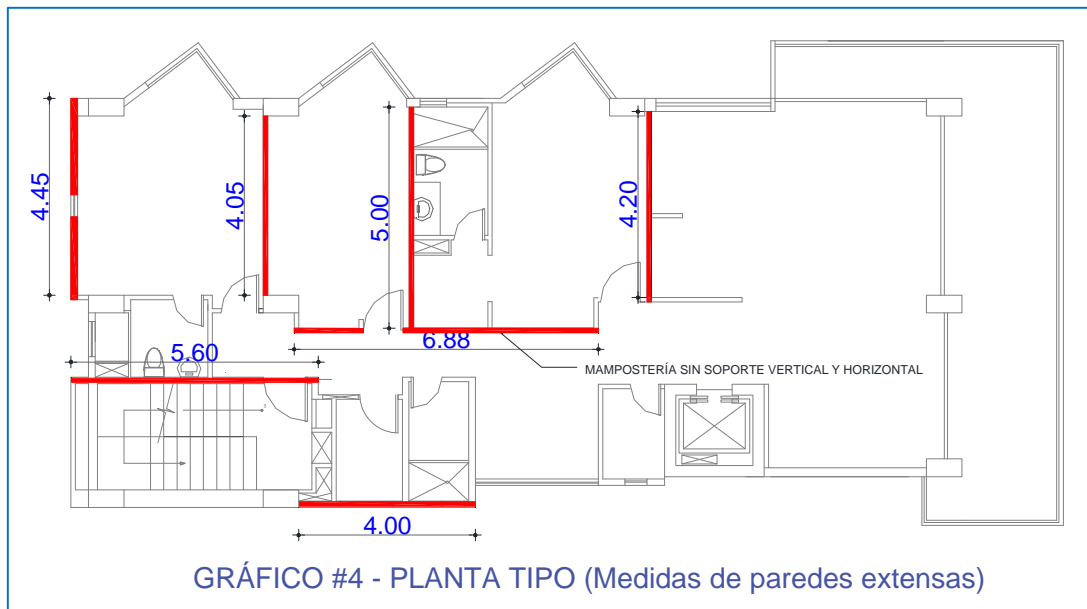
**Gráfico 3 (Fuente: Planos Generales Mykonos. Elaborado por: Otto Alvarez)**



**Imagen #6 – Falta de columna central para soporte de estructura**

**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

3. Los dos puntos anteriores evidenciaron que la mampostería en general presentaba deficiencias por la extensión en algunos tramos que llegan incluso a superar los 6.00 metros sin la utilización de chicotes adecuados y falta de elementos verticales u horizontales que den más rigidez como columnetas y viguetas.



**Gráfico 4 (Fuente: Planos Generales Mykonos. Elaborado por: Otto Alvarez)**

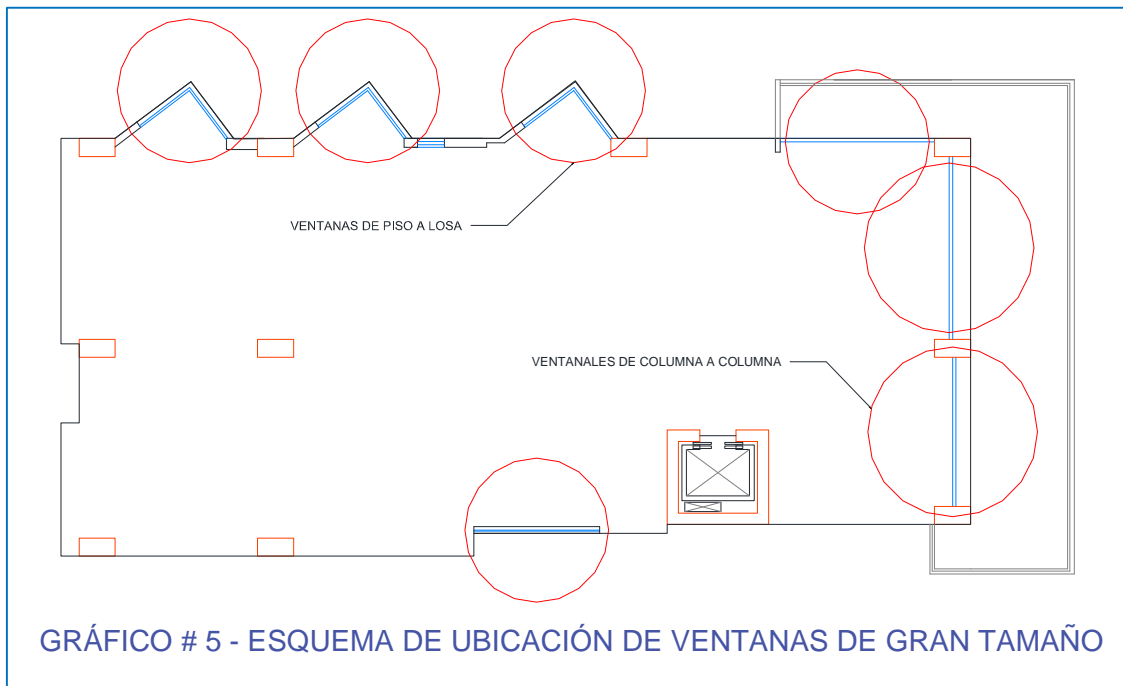


**Imagen #7 – Pared de gran extensión sin soporte central**

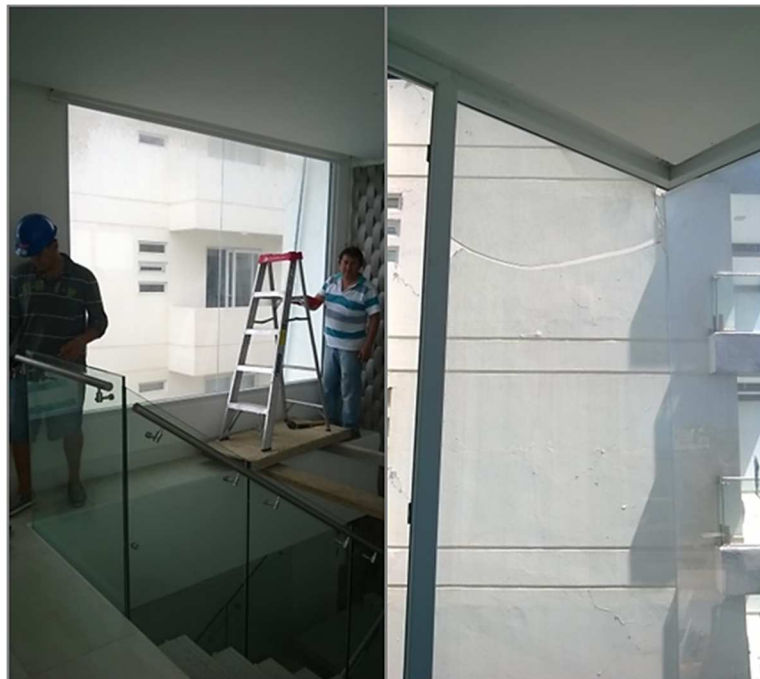
**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

4. Colocación de ventanales de columna a columna y de piso a cielo raso sin viguetas superiores en el área social, y en las habitaciones. Esto causó que desde

planta baja hasta el piso más colapse la mampostería e incluso se revienten los vidrios de las ventanas que estaban pegadas con silicón y más bien los que tenían estructura de PVC sólo se desplazaron sin causar daños.



**Gráfico 5 (Fuente: Planos Generales Mykonos. Elaborado por: Otto Alvarez)**



**Imagen #8 – Ventanas de gran tamaño de piso a techo que sufrieron daños.**

**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

5. En relación a los materiales usados en la construcción, las columnas, vigas y losas no tuvieron inconvenientes evidenciando un trabajo bien realizado. No podemos decir lo mismo de la mampostería de bloque alivianado que fue de muy baja calidad por lo que se fisuró y en muchas partes colapsó fruto del movimiento excesivo causado por los problemas de diseño enunciados en los anteriores puntos. Al interior en el diseño interno de las divisiones de espacios también presenta irregularidad con entradas y salidas que junto con la falta de elementos verticales que den soporte, causaron los problemas ya conocidos.



**Imagen #9** – Paredes internas y pared externa con grietas.

**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

6. Como hemos indicado a lo largo de esta investigación, las edificaciones no sufrieron problemas estructuralmente, el principal problema se dio en la mampostería que causó problemas adicionales como el daño en los tumbados de gypsum, algunos vidrios que se rompieron en las ventanas, rotura de porcelanato en pisos y en los baños, y daños en tuberías de agua potable, desagües, acondicionares de aire e instalaciones eléctricas en general. En fachadas se agrega que hubo desprendimiento del espacato decorativo que en las Torres A y B solo se notó en la planta baja en donde hay más extensión.

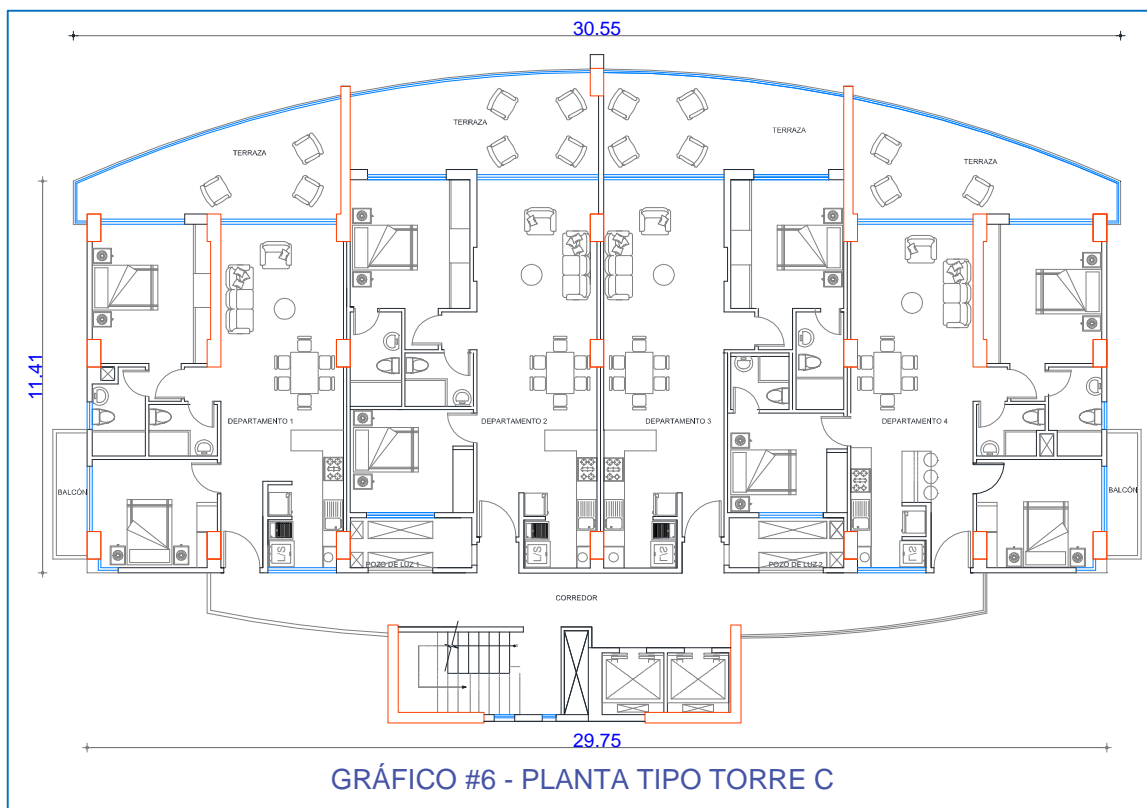




**Imagen #10** – Daños en cielo raso, porcelanato y ventanas.

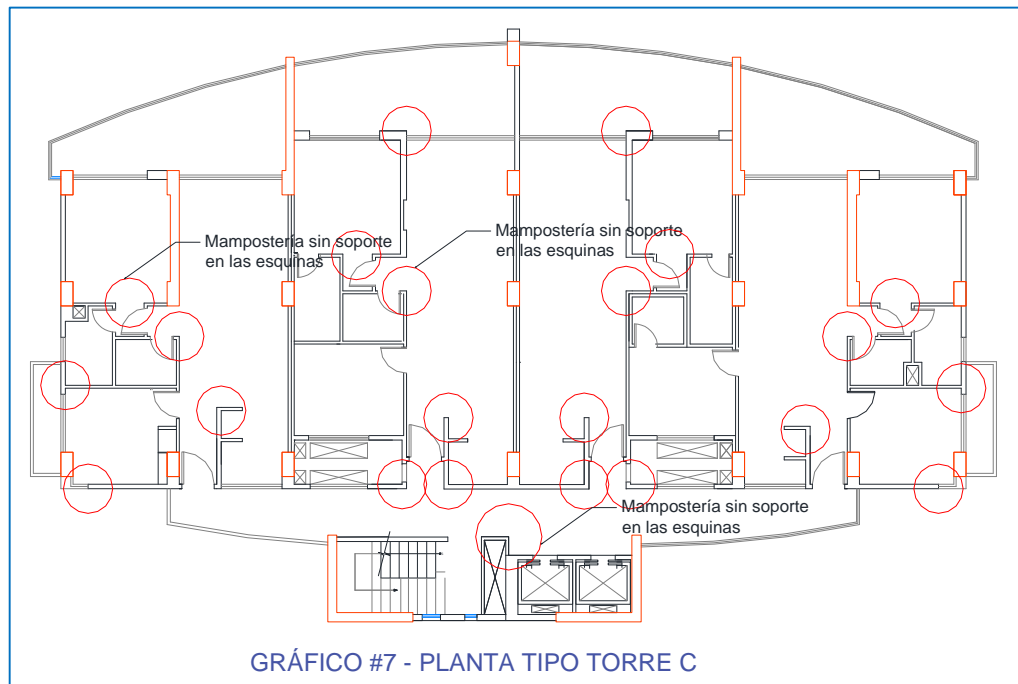
(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)

### 3.4.2 Análisis De Torre C

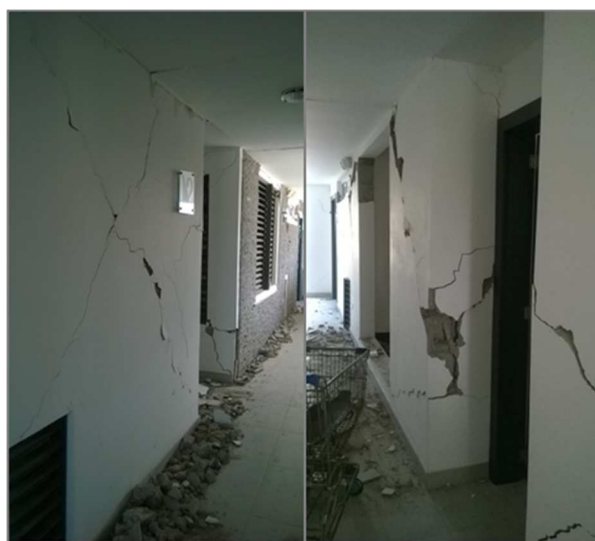


**Gráfico 6** (Fuente: Planos Generales Mykonos. Elaborado por: The Palms)

1. Al tener el mismo estilo de las otras torres, también presenta mampostería rectangular con esquinas sin soportes que hubiera sido mucho más consistente a la hora de soportar el sismo ocurrido. Aquí si evidenciamos en la fachada posterior el colapso de mampostería a gran escala en las paredes del borde de la escalera en la fachada posterior, provocando adicionalmente el desprendimiento y rotura del espacato que decoraba la fachada en todo el volumen de la misma y los ascensores desde la planta baja hasta el último piso.



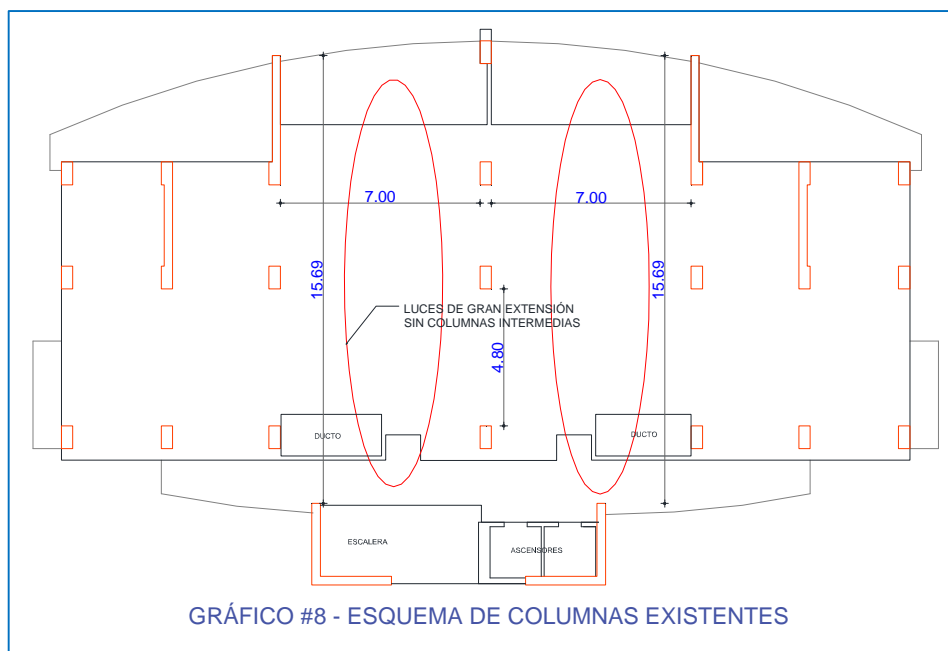
**Gráfico 7 (Fuente: Planos Generales Mykonos. Elaborado por: Otto Alvarez)**



**Imagen #11 – Mampostería afectada en las esquinas de los corredores**

**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

2. Al ser un edificio más ancho que las otras torres tiene una mejor disposición de las columnas pero existen grandes luces en la parte central que afectaron a la mampostería en general. En la parte frontal los volados de las terrazas se sostienen con dos diafragmas y una columna central, al no existir mampostería y solo estructura metálica con vidrios no hubieron daños de consideración a más de unos pocos vidrios rotos. En la parte posterior los ascensores con la escalera se sostienen con dos diafragmas laterales, pero en el centro entre estos elementos se dio el mayor colapso de mampostería y espacato que cayó hacia el parqueadero desde la planta baja hasta el piso 11.

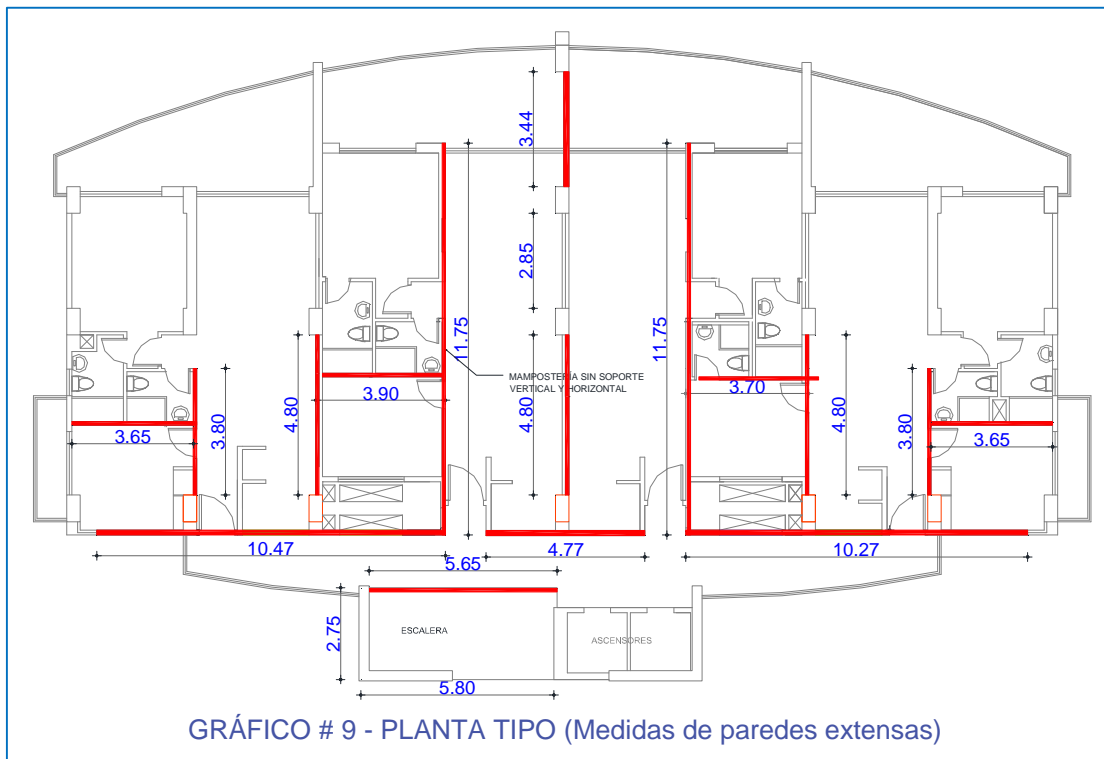


**Gráfico 8 (Fuente: Planos Generales. Elaborado por: Otto Alvarez)**



**Imagen #12 – Área de lobby sin columnas (Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

3. Sumado a los puntos anteriores existen grandes extensiones de mampostería sin soporte vertical y/u horizontal por lo que en los pisos medio-bajos se dieron los mayores inconvenientes de agrietamiento y colapso de la misma.



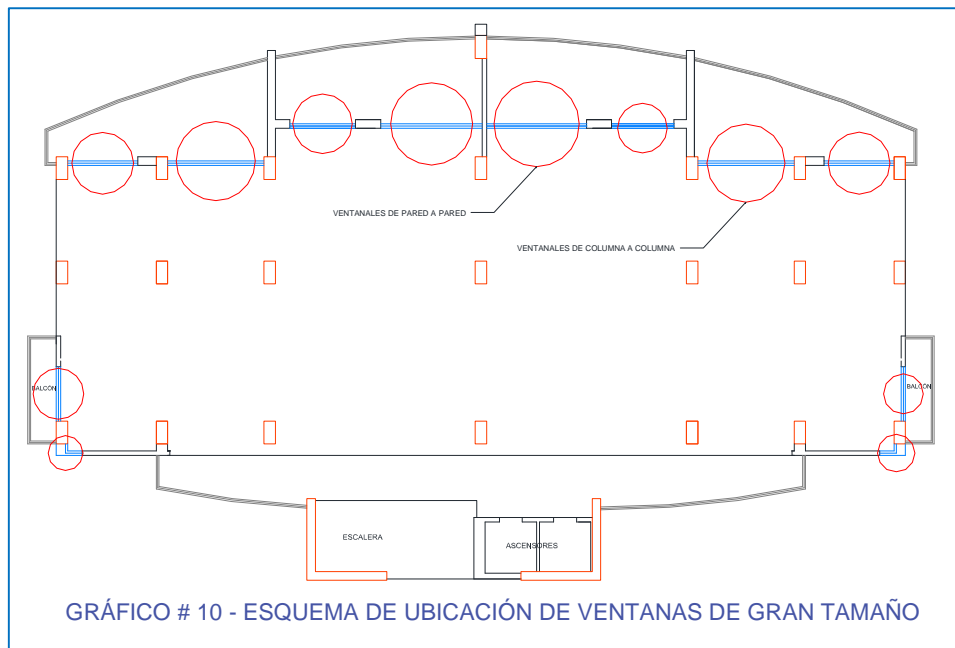
**Gráfico 9 (Fuente: Planos Generales Mykonos. Elaborado por: Otto Alvarez)**



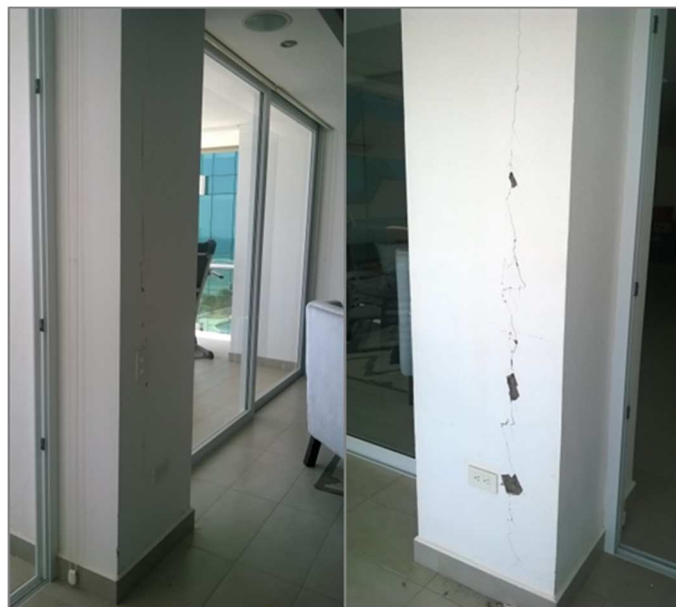
**Imagen #13 – Paredes de gran extensión sin soporte central.**

**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

4. Al igual que en las Torres A y B vemos que los ventanales de las terrazas, balcones y los vidrios esquineros no cuentan con una vigueta superior que ayuden como elementos portantes a toda la estructura del edificio. Los ventanales de las terrazas frontales prácticamente van de columna a columna o de pared a pared, provocando que si bien los vidrios no se rompieron, las estructuras de PVC de las ventanas sufrieran daños.



**Gráfico 10 (Fuente: Planos Generales Mykonos. Elaborado por: Otto Alvarez)**



**Imagen #14 – Ventanales de pared a pared y columna afectada**

**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

5. Como ocurrió en las otras torres la estructura de todo el edificio no sufrió daños, excepto en la caja de los ascensores en el lugar donde estaban los mismos al momento del sismo pero sin ocasionar daños graves. La mampostería si sufrió muchos más daños principalmente por la falta de chicotes más largos y de estructuras soportantes verticales y horizontales. De igual manera la calidad de los bloques alivianados no fue la mejor que uniéndose al hecho de que el edificio se balanceó en exceso sufrió fisuras, agrietamiento y colapso de mampostería en mayor proporción.



**Imagen #15** – Daños en mampostería interna y externa, daños en corredor.

**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

6. Los problemas adicionales que fueron provocados por los puntos antes mencionados serían los siguientes: Rotura de piezas de porcelanato en pisos de corredores y en interiores, porcelanato en baños, caída de piezas de espacato en toda la fachada (Aproximadamente 50%), rotura de varios vidrios y la perfilería, colapso de cielo raso de gypsum, daño en instalaciones de agua, daños en tuberías de desagüe, daños en tuberías de acondicionador de aire, y daños en instalaciones eléctricas.



**Imagen #16** – Daños en cielo raso, instalaciones y espacato en fachadas.

(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)

### 3.5 Interpretación y Análisis de la Encuesta

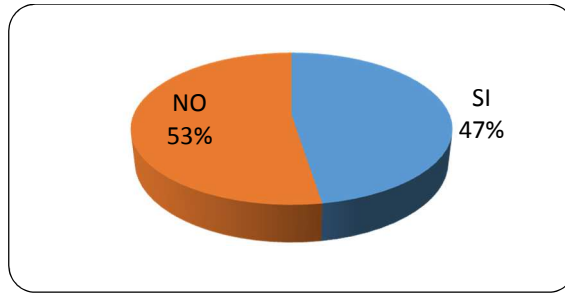
Para realizar este método elaboramos 10 preguntas cerradas en donde buscamos conocer el sentir de los habitantes del Conjunto Mykonos en relación a la seguridad de los edificios, los efectos del sismo, a manera general la magnitud de los daños que ellos consideran y su predisposición a seguir habitando sus departamentos.

El Universo de familias que habitan es 75, de los cuáles para obtener el 90% de confiabilidad y con el 5% de margen de error, se entrevistan a 59 propietarios.

**1. ¿Se encontraba Usted, algún familiar o inquilino en su departamento el momento del terremoto del 16A?**

| RESPUESTA | HABITANTES |
|-----------|------------|
| SI        | 28         |
| NO        | 31         |





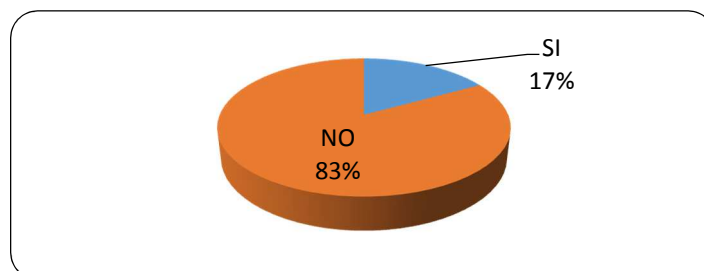
**Cuadro y Gráfico Estadístico #1 - (Fuente: Encuesta Elaboración: Otto Alvarez)**

**Interpretación:** El 53% de los habitantes o propietarios de los departamentos que indicó no estar presente en el momento del sismo ya que habían salido o indican que utilizan el mismo cuando están de vacaciones, feriados o algunos fines de semana ya que su residencia principal está en otras ciudades como Quito y Guayaquil o incluso el exterior. Quienes indicaron que si con el 47% si tienen como residencia principal el Conjunto Mykonos.

**Análisis:** Este tipo de conjuntos habitacionales no necesariamente están habitados por familias que tienen un departamento como vivienda permanente. Al estar en un sector turístico la mayoría de los propietarios tienen su residencia en otras ciudades que no son costeras o utilizan los mismos para sus vacaciones cuando vienen desde el exterior.

**2. ¿Usted o alguna persona presente sufrieron inconvenientes de su salud durante o posterior al terremoto?**

| RESPUESTA | PROPIETARIOS |
|-----------|--------------|
| SI        | 10           |
| NO        | 49           |



**Cuadro y Gráfico Estadístico #2 - (Fuente: Encuesta Elaboración: Otto Alvarez)**

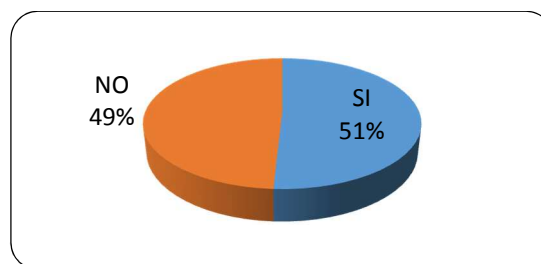


**Interpretación:** El 83% indicó no haber tenido ningún problema durante o posterior al terremoto. El 17% indicó sufrir algún pequeño golpe o lesión y problemas con los nervios en los días posteriores.

**Análisis:** Afortunadamente para las personas que se encontraban habitando los departamentos durante el sismo del 16A no hubieron consecuencias que lamentar como heridos de gravedad o incluso fallecimientos como sí ocurrió en edificaciones de menor altura en la ciudad pero que no fueron construidos técnicamente y bajo las normas mínimas para construcciones sismo resistentes. Pocos habitantes sufrieron golpes y algún pequeño corte al momento de la evacuación, además de traumas psicológicos en niños o personas mayores que con el transcurrir del tiempo se han ido superando.

**3. ¿Considera Usted que el edificio que habita estaba preparado para situaciones de emergencia?**

| RESPUESTA | PROPIETARIOS |
|-----------|--------------|
| SI        | 30           |
| NO        | 29           |



**Cuadro y Gráfico Estadístico #3 - (Fuente: Encuesta Elaboración: Otto Alvarez)**

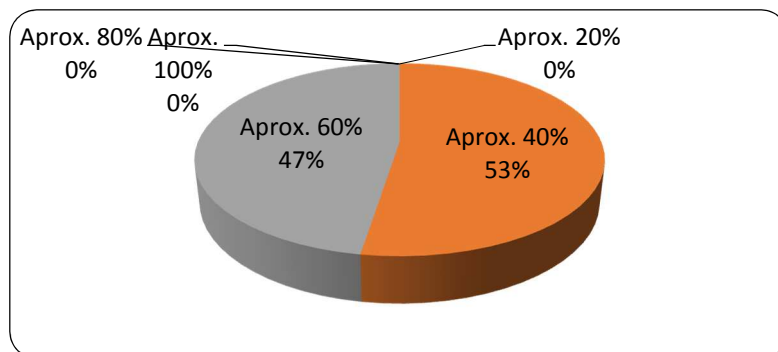
**Interpretación:** El 51% de los habitantes estiman que el Conjunto estaba preparado para emergencias, en su mayoría de las Torres A y B por la facilidad para evacuar por no tener corredores. El 49% de los habitantes que consideran que el edificio no estaba preparado para emergencias se refieren a que al momento del sismo no funcionaron varias lámparas de emergencia.

**Análisis:** Existe un malestar general debido a que al momento de realizar la evacuación varias luminarias de emergencia no funcionaron tomando en cuenta la

hora del evento 18:58, posteriormente se detectó que el sistema contra incendios tenía fallas en los botones de pánico o la fuerza del agua no es suficiente para pisos superiores. Esto indica que de haber existido alguna explosión por gas y posterior incendio posiblemente no se hubiera podido atender la emergencia de la mejor manera. Es muy importante el mantenimiento periódico de las instalaciones de emergencia para que siempre estén operativas, un evento de cualquier naturaleza siempre es imprevisto y no debemos esperar a que ocurra para probar su funcionamiento.

**4. En porcentajes ¿Cuánto considera Usted que el Conjunto Mykonos sufrió daños en general?**

| RESPUESTA   | PROPIETARIOS |
|-------------|--------------|
| Aprox. 20%  | 0            |
| Aprox. 40%  | 31           |
| Aprox. 60%  | 28           |
| Aprox. 80%  | 0            |
| Aprox. 100% | 0            |



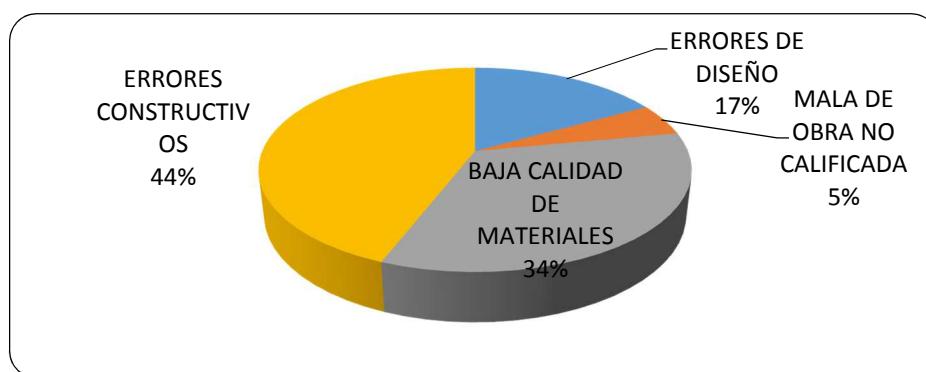
**Cuadro y Gráfico Estadístico #4 - (Fuente: Encuesta Elaboración: Otto Alvarez)**

**Interpretación:** El 53% de las personas consideran que el conjunto habitacional en total sufrió un daño estimado del 40%. El restante 47% indican que ese valor es superior pues al hacer un recorrido se dieron cuenta que tendrían que hacer resanes en casi todas las paredes.

**Análisis:** Este apreciación por parte de cada propietario da cuentas de que al menos la mitad de las paredes e instalaciones sufrieron alguna afectación en mayor o en menor medida. Siendo necesario una intervención total ya que al resanar y/o reconstruir y luego pintar se debía hacer en todos los tres edificios completamente para que exista homogeneidad. Incluso paredes que aparentemente no sufrieron ningún daño se ha detectado que internamente afectaron a las tuberías empotradas y por tanto deberán ser intervenidas.

**5. Considera que los daños en mampostería se dieron: 1 - Errores de diseño. 2 - Mano de obra no calificada. 3 - Baja calidad de materiales. 4 - Errores constructivos**

| RESPUESTA                  | PROPIETARIOS |
|----------------------------|--------------|
| ERRORES DE DISEÑO          | 10           |
| MALA DE OBRA NO CALIFICADA | 3            |
| BAJA CALIDAD DE MATERIALES | 20           |
| ERRORES CONSTRUCTIVOS      | 26           |



**Cuadro y Gráfico Estadístico #5 - (Fuente: Encuesta Elaboración: Otto Alvarez)**

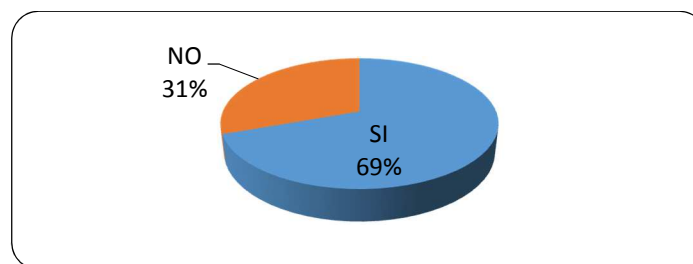
**Interpretación:** El 44% de los habitantes considera que los problemas surgidos durante y luego el terremoto se debieron a errores constructivos como la falta de soportes en las paredes. El 34% indica que al ver los daños se fijaron que muchas paredes se cayeron como si el bloque no fuera de buena calidad. El 17% se refiere

a un mal diseño estructural. El restante 5% indica que probablemente el personal que laboró no estaba calificado para realizar las obras.

**Análisis:** La apreciación inicial de algunos los habitantes era de un desastre total incluso que llevaría a la demolición de los tres edificios. Posteriormente luego del análisis profesional la percepción cambió pero cada uno tenía una probable causa de los daños siendo la principal los errores constructivos como omitir soportes en las paredes, así mismo muchos indicaban la facilidad con la que los bloques se rompieron e incluso unos cuantos indicaron que el personal no era el idóneo al momento de la construcción. Para los que algo conocen de construcción atribuían a errores de diseño al no prever un diseño para un sismo de tal magnitud que quizás no había ocurrido pero era posible.

**6. ¿Conoce de los procedimientos que se aplicarán en las reparaciones en interiores y exteriores de su departamento?**

| RESPUESTA | PROPIETARIOS |
|-----------|--------------|
| SI        | 41           |
| NO        | 18           |



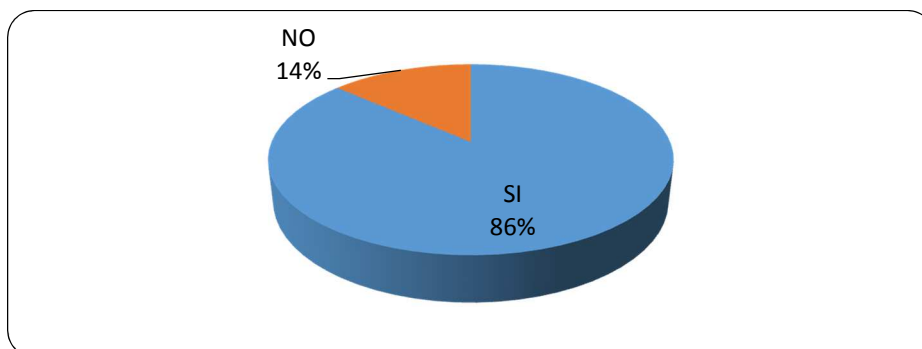
**Cuadro y Gráfico Estadístico #6 - (Fuente: Encuesta Elaboración: Otto Alvarez)**

**Interpretación:** El 69% de los habitantes indica tener conocimiento de los trabajos que se realizarán tanto exteriormente como interiormente en sus departamentos, algunos estarán presentes durante los trabajos y otros recibirán los informes por medio de correos que enviará la Administración. El restante 31% enviarán a personas de confianza a vigilar los trabajos interiores principalmente ya que se encontrarán fuera de la ciudad.

**Análisis:** La mayoría de los propietarios están interesados en que las obras de reconstrucción se hagan no solo lo más pronto posible sino cumpliendo con las normas de construcción y con la garantía de que todo quedará mejor que antes. Ellos vigilarán o enviarán a personas cercanas a supervisar las obras tanto internamente como exteriormente para que los mantengan informados. Algunos de los propietarios que viven en el exterior que tienen familiares a cargo han delegado toda la responsabilidad a dichas personas y solo esperan la información del momento en que esté todo listo.

**7. Luego de las reparaciones ¿Siente que el Conjunto brindará las seguridades para seguirlo habitando?**

| RESPUESTA | PROPIETARIOS |
|-----------|--------------|
| SI        | 51           |
| NO        | 8            |



**Cuadro y Gráfico Estadístico #7 - (Fuente: Encuesta Elaboración: Otto Alvarez)**

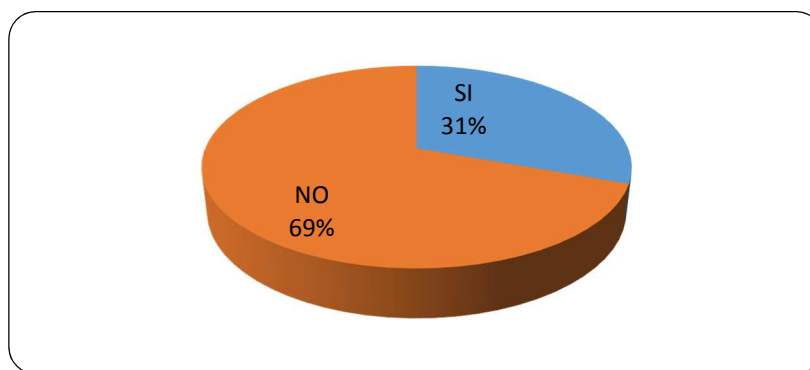
**Interpretación:** El 86% que indica sentirse seguro es porque está informado de los estudios que se hicieron para determinar los problemas aun cuando no todos estarán presentes durante la reconstrucción. El 14% no se siente seguro pero es más por un tema psicológico aunque no hubieran estado presentes durante el sismo.

**Análisis:** A pesar de la impresión inicial luego del sismo y de sentir un gran temor por volver a ingresar a los edificios existe un ambiente de tranquilidad por parte de los propietarios al conocer el resultado del análisis profesional que indica que las edificaciones se encuentran en perfecto estado estructural. Los propietarios que aún

sienten temor por ingresar a sus departamentos es un tema más psicológico ya que incluso algunos no han vuelto a subir ya sea por escalera o ascensor.

### 8. ¿Considera Usted la venta de su departamento en el Conjunto?

| RESPUESTA | PROPIETARIOS |
|-----------|--------------|
| SI        | 18           |
| NO        | 41           |



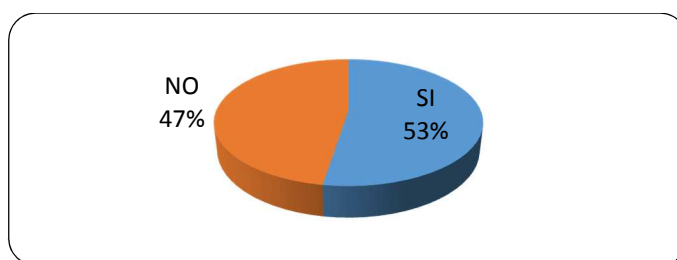
**Cuadro y Gráfico Estadístico #8 - (Fuente: Encuesta Elaboración: Otto Alvarez)**

**Interpretación:** El 69% de habitantes no considera la venta de su departamento porque conocen que las estructuras no están afectadas. El 31% de los habitantes ya está ofreciendo a la venta su departamento o si aparecen interesados estarían dispuestos a hacerlo. Varios de los propietarios además tienen otros departamentos en otros edificios y se dedican al alquiler, el mismo que ha bajado en pequeño porcentaje por el temor de las personas que vienen de otras ciudades.

**Análisis:** Si bien el edificio no presentó daños estructurales, muchos de los departamentos resultaron bastante afectados existiendo la predisposición inicial de que ya no sean habitados, percepción que cambió al momento de realizarles la encuesta. Los que sí están dispuestos a vender ya los están ofreciendo o indican que si aparece un comprador podrían analizar la oferta. Lo que si se nota es una baja demanda y por tanto los precios que han indicado son menores a los que pagaron inicialmente. Ellos esperan que con el transcurrir del tiempo el temor de las personas interesadas de otras ciudades disminuya y los precios puedan irse recuperando.

**9. ¿Cree que el terremoto hará que la construcción de nuevos edificios altos en Manta se detenga?**

| RESPUESTA | PROPIETARIOS |
|-----------|--------------|
| SI        | 31           |
| NO        | 28           |



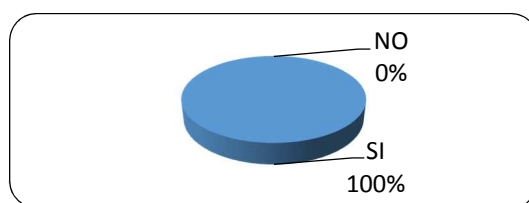
**Cuadro y Gráfico Estadístico #9 - (Fuente: Encuesta Elaboración: Otto Alvarez)**

**Interpretación:** El 53% indican que si afectó el emprendimiento de nuevos edificios, es conocido por los habitantes del conjunto que se han detenido algunos proyectos similares en los alrededores. El otro 47% expresa que no afectará y que en corto plazo se reactivará el sector inmobiliario en la ciudad.

**Análisis:** El mercado inmobiliario de la ciudad es innegable que sufrió un golpe fuerte, existiendo el temor general de que vivir en edificios altos es un peligro. Es de conocimiento por parte de algunos propietarios de amigos y familiares que habitaban otros edificios, que ahora desean construir viviendas de uno o dos pisos. También se conoce extraoficialmente de varios proyectos de edificios de gran altura que se paralizaron. Esto no necesariamente será la tendencia, pero aún la mayoría piensa que es temporal y que la gente recobrará la confianza a seguir invirtiendo su dinero en edificios que ofrecen una vista inigualable de la playa y el mar.

**10. ¿Cree Usted que el Municipio y otras instituciones deben hacer un control más exhaustivo sobre los procesos constructivos y normas de seguridad en los edificios?**

| RESPUESTA | PROPIETARIOS |
|-----------|--------------|
| SI        | 59           |
| NO        | 0            |



**Cuadro y Gráfico Estadístico #10 - (Fuente: Encuesta Elaboración: Otto Alvarez)**

**Interpretación:** En esta pregunta prácticamente todos piensan que por parte del Municipio y de otras entidades como Cuerpo de Bomberos, deben existir controles más exhaustivos antes, durante y después de la construcción de proyectos inmobiliarios de gran magnitud, y no solo en esos casos sino a nivel de toda construcción pues es conocido que las edificaciones demolidas en su gran mayoría fueron de viviendas y/o edificios de pocos pisos.

**Análisis:** En esta pregunta si coincidieron todos los encuestados en que debe existir más control municipal y es el clamor de toda la ciudadanía principalmente de aquellos que sufrieron pérdidas de familiares o amigos en el sismo del 16A. Las instituciones que velan por la seguridad en los edificios como Municipio y Cuerpo de Bomberos deben proponer métodos de supervisión acordes a las necesidades de una ciudad en crecimiento como lo es Manta. Este control no solo debe ser al momento de la presentación de los planos de un proyecto, sino también durante, al momento de la entrega de las edificaciones y controles periódicos para vigilar que las normas de seguridad se cumplan a cabalidad. También están conscientes que debe haber un compromiso de los profesionales y/o constructoras y principalmente de los propietarios que deben pensar en la seguridad y no solo en el ahorro al momento de invertir en un proyecto importante. Lo principal siempre serán las vidas humanas y al cumplir todas las normas se están evitando problemas legales a futuro.



## Capítulo IV: Diagnóstico Y Pronóstico

### 4.1 Diagnóstico

El Conjunto Habitacional Mykonos como gran parte de las edificaciones en la Ciudad de Manta sufrió las consecuencias del Terremoto del 16 de abril del 2016, viéndose afectada en gran parte toda su mampostería lo que conllevó a que se presentaran daños en otros elementos constructivos y posteriormente se decida la intervención total para realizar su restauración.

Luego de haber realizado un análisis de los problemas ocurridos posteriores al sismo, haber conversado con la mayoría de los habitantes y conocer sus necesidades, inquietudes y expectativas, podemos emitir un diagnóstico de la situación general de las tres edificaciones del Conjunto Habitacional Mykonos en varios puntos:

- El diseño de los edificios privilegia la forma y función sin considerar criterios estructurales más estrictos para el tipo de edificaciones.
- Se evidencia la utilización de técnicas constructivas que no cumplieron las normas y las expectativas luego del sismo, el 44% de los habitantes estiman que éste fue el principal motivo de las afectaciones.
- No existe una distribución regular de los ejes de las columnas y que afectaron al comportamiento sísmico de los edificios y cuyos daños se estiman luego de la inspección inicial en 44.44% para la mampostería y 36.14% en los acabados, sin tomar en cuenta otros elementos que deberán ser revisados al momento de ir realizando la reconstrucción.
- El sismo trajo consigo problemas de salud o psicológicos para el 17% de los habitantes, sin consecuencias graves.
- El 51% de los habitantes indican que el conjunto en su totalidad si brindó las seguridades para la emergencia.
- El 83% de los habitantes al conocer que el edificio no sufrió daños estructurales considera que el edificio seguirá siendo seguro.
- Con los efectos del sismo el 31% de los habitantes considera la venta de su departamento, por el temor a sufrir otro terremoto.

- El 100% de los habitantes indica que el Municipio y demás entidades deberían tener más control antes, durante y después de la construcción de edificios, constatando que se cumplan las normas en relación a la construcción sismo resistente.

Como podremos darnos cuenta, un proyecto arquitectónico debe contemplar todos los escenarios posibles al momento de elegir el sistema constructivo y los materiales ya que de presentarse algún evento sísmico o de cualquier emergencia ante catástrofe son notorias las afectaciones que podrían tener tanto la estructura, mampostería e instalaciones.

El diseño de la edificación debe considerar muchos aspectos antes de ser tomada la decisión de construirse e incluye un análisis conjuntamente con entre Arquitectos, Ingenieros Civiles, Hidráulicos, Sanitarios y especialistas en Sistemas de Riesgo; nuestro país es de alta sismicidad y debemos pensar que si ya ha ocurrido anteriormente y acaba de ocurrir un sismo de gran magnitud es posible que a futuro cercano o lejano se vuelva a repetir.

Con lo anteriormente expuesto se determinan como principales causas de los problemas ocurridos en el Conjunto Mykonos las siguientes:

1. El excesivo movimiento de la estructura en el momento del sismo, técnicamente el período de vibración fue mayor al que debió calcularse puesto que la mampostería al no estar diseñada correctamente no soportó la tracción y compresión principalmente en niveles bajos e intermedios.
2. Presenta un diseño arquitectónico que da más importancia al aspecto formal.
3. Cálculo estructural que hace prevalecer el criterio arquitectónico sin tomar en cuenta las recomendaciones para construcciones sismo resistente, en las cuales se indican los principales problemas de establecer los ejes de columnas sin un patrón de regularidad.
4. Omisión de técnicas constructivas para mampostería sismo resistente, en donde se establece que la misma debe mantenerse en pie utilizando elementos de soporte que no dependan de la estructura principal.
5. Utilización de material de calidad regular, como bloques de hormigón aliviado sin que tengan la resistencia adecuada.

## 4.2 Pronóstico

A pesar de evidenciar daños en gran magnitud luego del Terremoto del 16A, la situación es menos grave de lo que aparenta debido a que la estructura no se vio afectada sin embargo se debe realizar una reconstrucción de gran parte de la mampostería de los tres edificios para evitar futuros inconvenientes en eventos similares.

Con la investigación realizada y las conclusiones que nos indican las causas por las que el conjunto sufrió daños considerables en su mampostería me permito realizar recomendaciones finales para evitar problemas a futuro:

- Toda la mampostería agrietada y colapsada en áreas comunales y fachadas debe ser reparada atendiendo las normas de diseño sismo resistente.
- La mampostería interior se recomienda sea elaborada en Gypsum, de acuerdo a las normas internacionales por sus ventajas en relación al peso, facilidad y tiempo de colocación y principalmente por la seguridad que brindan ante el riesgo sísmico.
- La construcción de vanos para puertas y ventanas requerirá la utilización de columnetas y dinteles que ayuden a soportar la mampostería que podría deformarse pero no colapsar, con esto se precautelan vidas humanas en caso de un terremoto de igual o mayor magnitud al suscitado el pasado 16A.
- Las instalaciones de seguridad como alarmas, cajetines contra incendios y lámparas de emergencia deben tener control periódico para evitar los problemas suscitados durante la evacuación la noche del terremoto en donde varias lámparas no funcionaron porque nunca habían sido utilizadas.
- La mampostería en pasillos y escaleras de emergencia que sufrió daño debe tener especial atención al momento de reconstruirse, estos sitios son de vital importancia ante cualquier tipo de emergencia.

En el caso de que la reconstrucción se realice sin tomar en cuenta estas o demás recomendaciones que surgirán en el proceso, se corre el riesgo de que si sucede otro terremoto de igual o magnitud podamos lamentar mucho más las consecuencias, recordemos que la estructura ya sufrió un evento y por tanto su resistencia ya no está al 100%.

## Capítulo V: Propuestas De Solución

Luego de hacer un análisis de los daños ocurridos en las tres torres en el Conjunto Habitacional Mykonos, recopilar información sobre las normas de construcción e informarnos sobre los problemas de diseño en edificaciones similares, nos permitimos hacer un aporte de las probables soluciones a dichos problemas.

Primero indicaremos soluciones en lo relacionado a la mampostería que fue el principal problema que ocasionó los demás inconvenientes y posteriormente realizaremos recomendaciones en base a la experiencia para que los errores de diseño y constructivos no se repitan en futuras edificaciones ya sea en la ciudad de Manta o en todo el país.

Antes de realizar una propuesta de solución debemos tomar en cuenta el informe realizado por el Ing. Juan Carlos Garcés contratado para emitir su criterio técnico quien en un documento que adjunto a continuación explica técnicamente las principales recomendaciones para la reconstrucción:

### 5.1 Recomendaciones de Ingeniería Estructural

Luego de la inspección y de determinar la magnitud de los daños se realizaron recomendaciones para la reconstrucción de la mampostería:

#### **RECOMENDACIÓN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE TABIQUERIAS MYKONOS**

Las tabiquerías de los edificios NO son elementos estructurales, son elementos arquitectónicos, pero deberán soportar las fuerzas y movimientos que puedan generarse durante un movimiento sísmico.

La norma Ecuatoriana no contiene ninguna disposición para el diseño y construcción de este tipo de elementos, recién en el año 2015 se publicó la norma para el diseño de “estructuras” realizadas con mampostería (NEC-SE-MP), pero esta aplica a elementos portantes, es decir en las cuales las paredes son la estructura de la edificación y no simples tabiques divisorios.

Por lo anterior, se acude a las normas IBC (International Building Code) y ASCE 7 para establecer un diseño que se puede adaptar al medio. En estas normas no existen disposiciones para particiones o tabiquerías de mampostería, como regla general en

USA estos elementos se construyen en gypsum. Al no existir una norma para tabiquerías de mampostería, por excepción hay que aplicar la norma para elementos estructurales de mampostería.

Se recomienda por lo tanto realizar todas las tabiquerías en gypsum, cuyos sistemas de apoyo deberán satisfacer las cargas mínimas de diseño (responsabilidad del proveedor).

En casos especiales en los cuales se requiera realizar tabiques de mampostería se deberá dejar una junta de dilatación de 2cm en todo el perímetro de la pared, bordes laterales y superior (NO se debe unir a las columnas).

NOTA: se deberá utilizar el bloque de mayor resistencia que se encuentre en el mercado local.

Debido a que con seguridad no se cumplirá con la norma mínima de resistencia que establece la norma ACI por carencias locales, en caso de presentarse un sismo de aceleración mayor al 50% del valor esperado se podrán presentar fisuras y daños parciales, lo que se intenta es mitigar la caída de tramos de gran tamaño.

Para las puertas principales se recomienda realizar un marco con dos columnetas de hormigón armado y un dintel del mismo material.

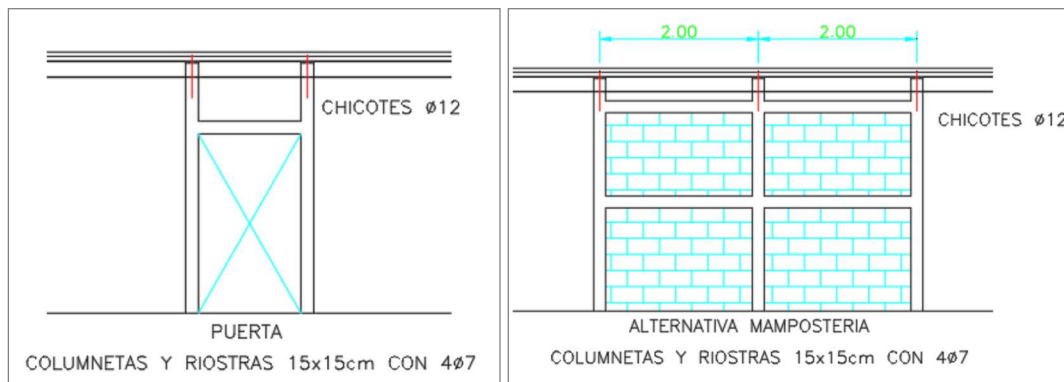


Figura #5 - Fuente: Ing. Juan Garcés

En ventanas será el mismo esquema que para las puertas, con una cadena adicional en el borde inferior de la misma. (Garcés Pout, Recomendaciones para la reconstrucción de las tabiquerías Proyecto Mykonos, 2016)

Con las recomendaciones realizadas por el Ingeniero Garcés, el equipo técnico de la reconstrucción elaborará la metodología a aplicarse, las normas a utilizarse, los métodos de aplicación, requerimientos, presupuesto y cronograma de las obras a realizarse.

## 5.2 Referencia De Trabajos a Realizar

Únicamente para tener una idea más clara de todo lo que se afectó en el Conjunto Mykonos, adjunto dos datos importantes que son el presupuesto general y todos los rubros que implican la reconstrucción.

El presupuesto general para la reconstrucción de las 3 torres es de **US\$1.120.730,82** incluyendo mano de obra y honorarios profesionales, solo se refiere al área comunal como fachadas, corredores y ductos. Internamente el presupuesto por cada departamento depende de las necesidades de sus propietarios que tienen potestad para elegir el sistema de reconstrucción.

Este presupuesto corresponde a US\$ 276. 964,60 Torre A, US\$250.434,15 Torre B y US\$450.742,93 Torre C.

A continuación un detalle de todos los ítems que implicaba la reconstrucción y cantidades referenciales para una idea de lo afectado luego del sismo:

| PROYECTO GENERAL MYKONOS (Torre A, B & C) |   |        |       |
|---|---|--------|-------|
| ITEM                                      | DESCRIPCION   | UNIDAD | TOTAL |
| 1   | DEROCAMIENTO DE PARED EXTERIOR  | M2     | 6.584 |
| 2   | DESALOJO DE ESCOMBROS ( x 0,15 espesor y 1,30 esponjamiento)                        | M3     | 1.707 |
| 3   | MAMPOSTERIA DE BLOQUE LIVIANO 0.15CM  | M2     | 6.550 |
| 4   | HORMIGON EN DINTILES, VIGUETAS Y COLUMNETAS F´C 210kg/cm2 INCLUYE ACERO DE REFUERZO | ML     | 4.564 |
| 5   | MALLA DE REFUERZO   | M2     | 6.404 |
| 6   | ENLUCIDO INTERIOR   | M2     | 6.579 |
| 7   | ENLUCIDO EXTERIOR   | M2     | 6.579 |
| 8   | EMPASTADO Y PINTURA INTERIOR  | M2     | 6.579 |
| 9   | EMPASTADO Y PINTURA EXTERIOR  | M2     | 6.543 |
| 10  | LIMPIEZA GENERAL  | M2     | 8.484 |
| 11  | INSTALACIONES ELECTRICAS  | GLOBAL | 1     |
| 12  | INSTALACIONES AA.PP.  | GLOBAL | 1     |
| 13  | INSTALACIONES AA.SS.  | GLOBAL | 1     |
| 14  | DESINSTALACIONES E INSTALACIONES  | GLOBAL | 1     |

|    |  |        |       |
|----|--|--------|-------|
|    | DE AIRE ACONDICIONADO  |        |       |
| 15 | DESINSTALACIONES E INSTALACIONES DE VENTANAS Y PUERTAS DE VIDRIO EN BALCON | U      | 402   |
| 16 | DESINSTALACIONES E INSTALACIONES DE PUERTAS DE INGRESOS A TORRE            | GLOBAL | 1     |
| 17 | DESINSTALACIONES E INSTALACIONES DE PUERTAS DE INGRESO A DEPARTAMENTOS     | U      | 55    |
| 18 | DESINSTALACIONES E INSTALACIONES DE PUERTAS DE EMERGENCIA                  | U      | 35    |
| 19 | DESINSTALACIONES E INSTALACIONES DE REJILLAS DE MADERAS DE DUCTOS          | U      | 94    |
| 20 | DESINSTALACIONES E INSTALACIONES DE GABINETE CONTRA INCENDIO               | U      | 35    |
| 21 | DESINSTALACIONES E INSTALACIONES DE PUERTAS DE DUCTOS                      | U      | 145   |
| 22 | DESMONTAJE Y ARREGLO EN TUMBADO EN GYPSUM                                  | M2     | 2.312 |
| 23 | MAMPOSTERIA EN DUCTOS  | M2     | 586   |
| 24 | RECUBRIMIENTO DE ESPACATO  | M2     | 225   |

**Fuente:** The Palms. **Elaborado por:** Ing. David Plúa y Otto Álvarez

### 5.3 Propuesta De Solución Para Mampostería Torres A y B

La propuesta de solución para la mampostería será en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-MP (Mampostería Estructural) y tendrá las características de Mampostería Confinada que no tendrá incidencia en la estructura del edificio pero tendrá la suficiente fuerza para soportar un sismo sin que las paredes tengan mayor afectación, lo que se busca es que los daños sean mínimos y no llegue a colapsar causando lesiones a los habitantes.

La mampostería para que tenga el comportamiento adecuado en las partes donde se deba unir a la estructura principal irá separada 2cm para realizar un relleno con espuma de poliuretano, esto hará que la mampostería no sufra excesivos daños por el movimiento de la estructura.

### **Solución en paredes exteriores:**

- En lo relacionado a la mampostería exterior, es decir todo lo que implica fachadas y corredores se propone reconstruir las más afectadas con bloque alivianado de buena calidad con espesores de 15cm con la respectiva colocación de columnetas en las esquinas, columnetas y dinteles para ventanas y puertas (15cm X 15cm), viguetas bajas y/o altas en paredes de gran extensión, colocación de chicotes de al menos 45cm. Dicha mampostería llegará a 2 cm antes de las vigas y columnas estructurales y se rellenará con espuma de poliuretano. En la unión de departamentos de la Torre C donde existe doble pared se colocará una plancha de espuma flex (Poliestireno) intermedia para evitar la fricción en caso de otro sismo de gran magnitud y como aislante térmico y acústico.



**Imagen #17** – Reconstrucción de mampostería exterior y en corredores

**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

### **Solución en paredes interiores:**

En la mampostería interior se realizan dos propuestas pues cada propietario tiene la potestad de elegir la opción que le convenga de acuerdo a los daños presentados, su presupuesto o sus necesidades; siendo la más común la utilización de bloque alivianado con las mismas consideraciones de la mampostería exterior en lo relacionado a columnetas en esquinas, columnetas y dinteles en puertas, resane de paredes y unión de grietas.

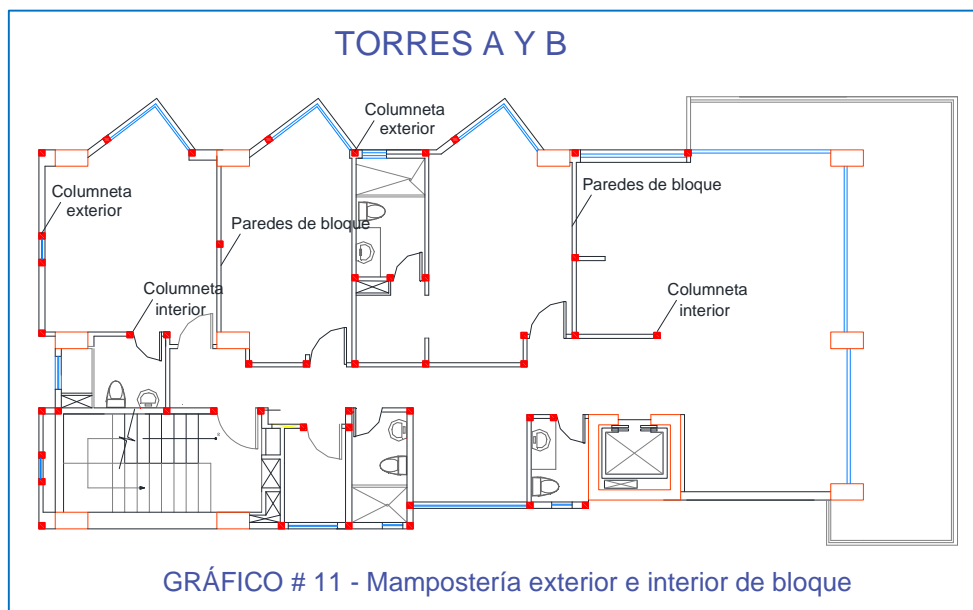




**Imagen #18** – Reconstrucción de mampostería interior con columnetas y viguetas

(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)

A continuación mostraremos el gráfico en planta de la solución exterior e interior con bloque donde podemos ver la distribución de columnetas para reforzar la mampostería.



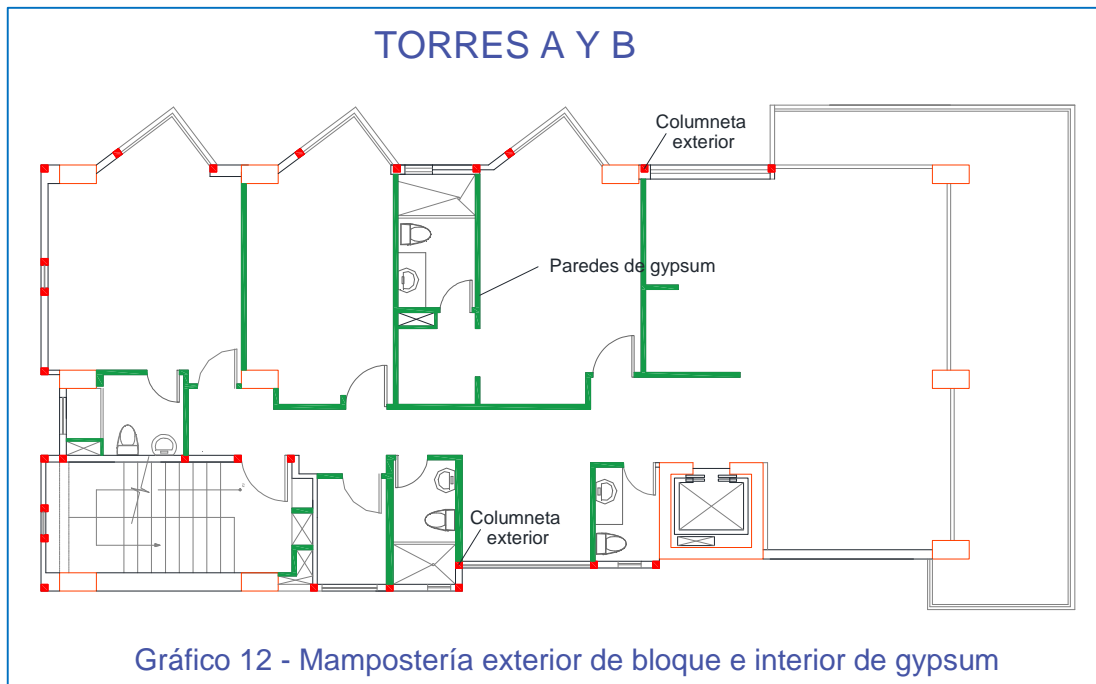
**GRÁFICO # 11** - Mampostería exterior e interior de bloque

**Gráfico 11** (Fuente: The Palms. Elaborado por: Otto Alvarez)

La solución propuesta no implicará la demolición total de las paredes, únicamente se reforzarán las que hayan sufrido daños y solo se demolerán las que sean necesarias, en muchos casos solo se harán cortes para la ubicación de las columnetas y su posterior fundición embebidas en la pared existente.

## Mampostería de gypsum en interiores

La otra opción adoptada en la mampostería interior fue estructura metálica con planchas de gypsum, en algunos casos colocando en el interior lana de vidrio o planchas de espuma flex con espesor 10cm como aislante térmico y acústico.



**Gráfico 12 (Fuente: The Palms. Elaborado por: Otto Alvarez)**

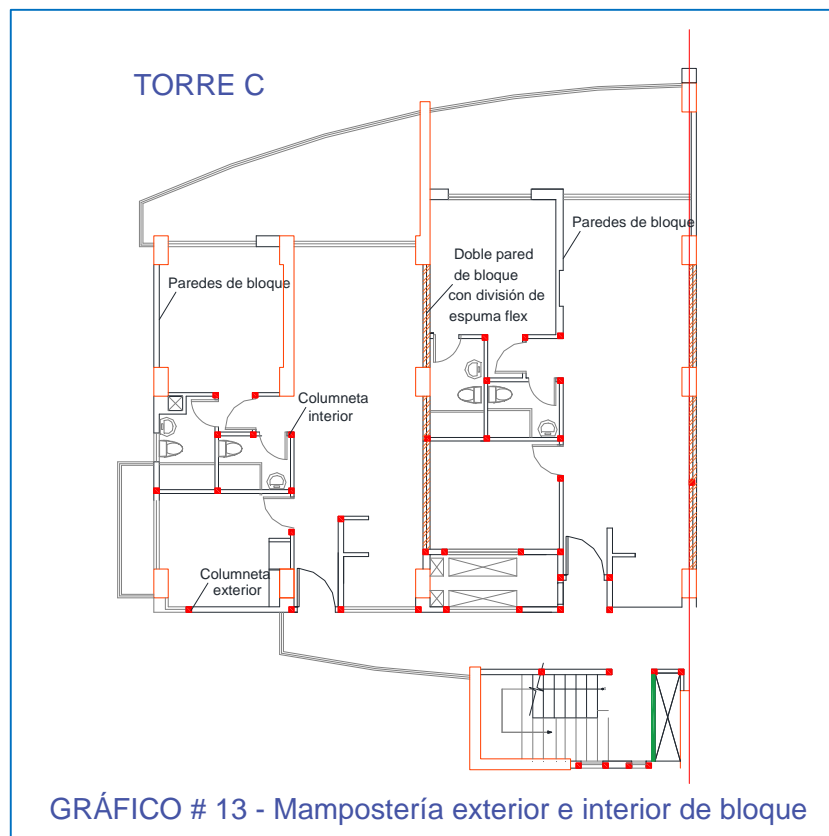
La solución con mampostería de gypsum que se recomienda deberá ser realizada por personal calificado utilizando material de buena calidad, aún es un material poco utilizado en nuestro país aunque luego del terremoto es una de las principales opciones por sus ventajas.

### Solución para daños mínimos

- Para las paredes afectadas con fisuras se realizarán cortes con pulidora y se resanará con mortero o Enlumar.
- Para las paredes con grietas mayores y que no requerían la demolición se utilizaran vinchas metálicas y en ciertos con mayor afectación se utilizará malla metálica de enlucido.

### 5.3 Propuesta De Solución Para Mampostería Torres C

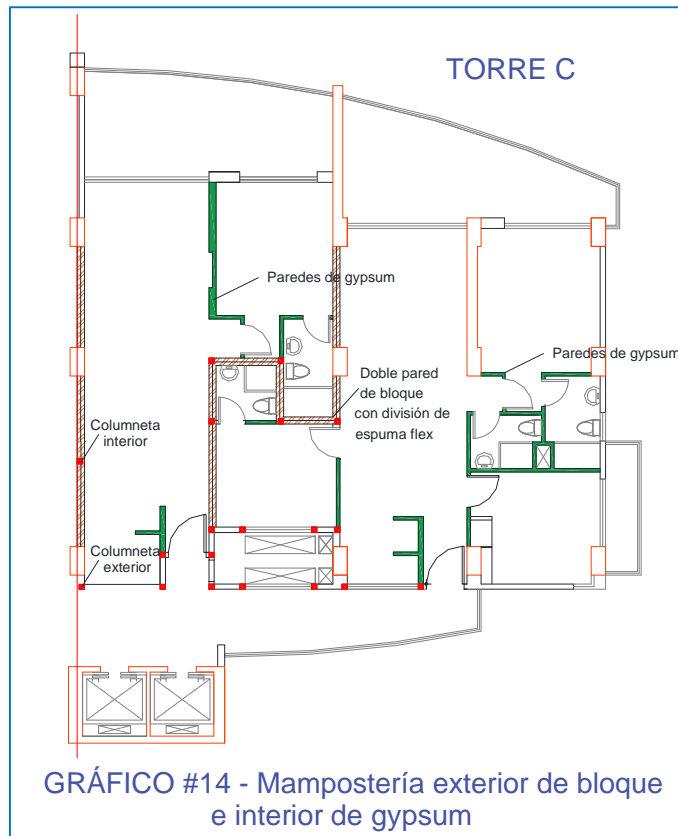
Cada piso de la torre C tiene una distribución diferente por lo que tomamos el modelo tipo para indicar en este gráfico del lado izquierdo la solución completa de bloque y al lado derecho la solución exterior y divisoria de bloque y la interna de gypsum.



**Gráfico 13 (Fuente: The Palms. Elaborado por: Otto Alvarez)**

En el caso de la Torre C que es de un diseño diferente y con varios departamentos por cada piso, se propone una solución similar pero con la variante que entre los departamentos debe ir doble pared de bloque.

Para evitar la fricción entre las paredes adyacentes tal y como ocurrió durante el terremoto del 16A se propone la utilización de planchas de espuma flex, específicamente en aquellas paredes que debieron ser demolidas.



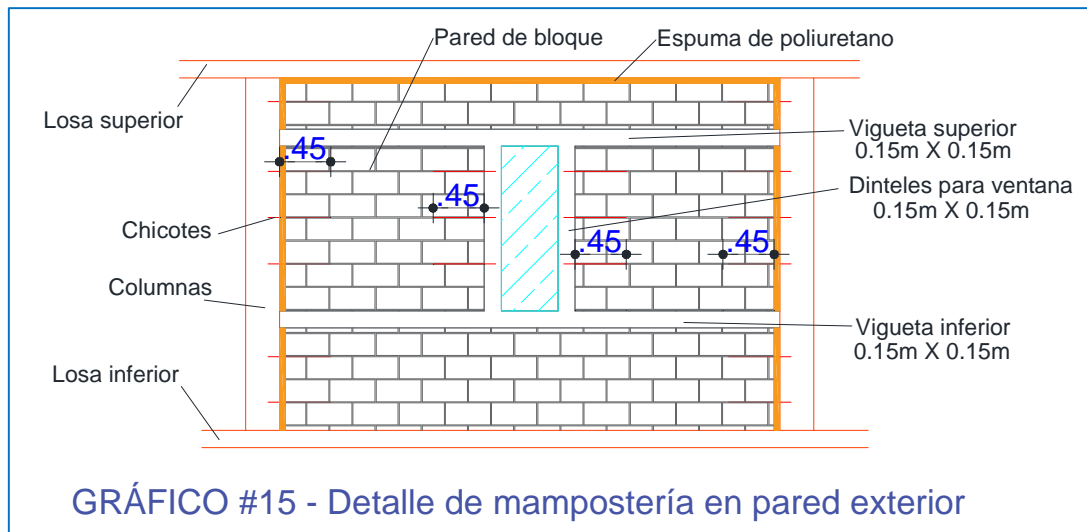
**Gráfico 14 (Fuente: The Palms. Elaborado por: Otto Alvarez)**

Al igual que en las otras torres, hacemos una propuesta de paredes de gypsum para el interior de los departamentos de aquellos propietarios que deseen optar por este sistema constructivo.

#### **5.4 Detalles De Las Soluciones En Mampostería De Bloque**

- En todas las torres para la elaboración de las columnetas y viguetas se consideraron 4 varillas de hierro corrugado de 10mm con estribos de 8mm. El grosor de las mismas varía dependiendo el grosor de la pared pero en general todas eran de 15cm X 15cm ya que casos muy específicos su grosor es de 20cm.
- Los estribos de 8mm tendrán una extensión de 45cm desde la columna, lo cual dará un mejor agarre a la mampostería.
- Los bloques llegan a una distancia de 2cm de la columna y de la viga y será rellena con espuma de poliuretano para permitir el movimiento en caso de un sismo sin que exista rigidez excesiva.

- En las ventanas la solución implica bordearla con columnetas y dinteles para evitar su fractura en las esquinas que produzca cortes a la mampostería.
- En las puertas de igual manera se la bordea con columnetas y dinteles para evitar el colapso de la mampostería y se quede presionada sin poder abrirse posterior al sismo como ocurrió con algunas.

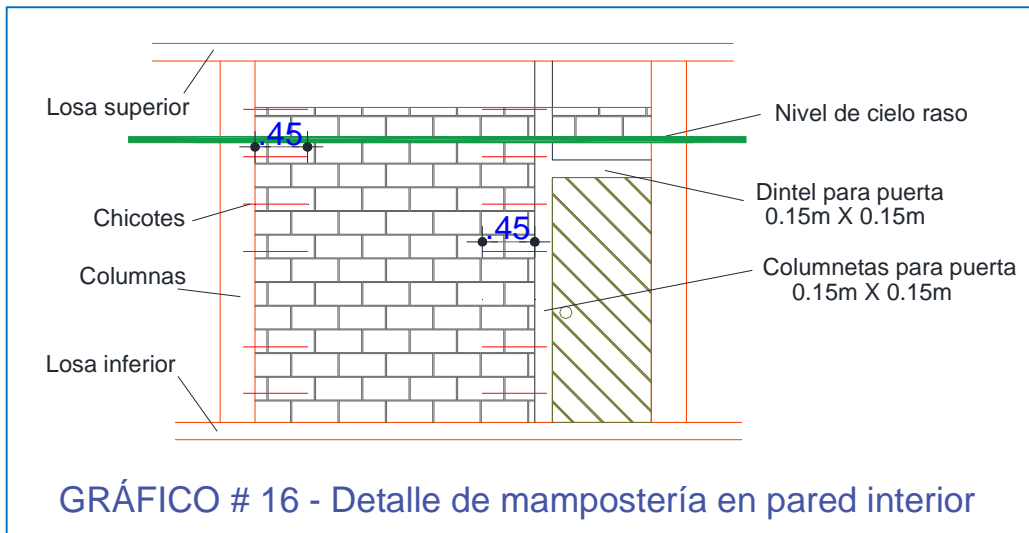


**Gráfico 15 (Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

En el caso de las paredes interiores, éstas no llegan hasta la losa o vigas. Sobrepasan unos centímetros el nivel del cielo raso para dar el espacio a las diferentes instalaciones sanitarias, de agua y eléctricas.



**Imagen #19 – Reconstrucción de mampostería con boquetes de ventanas (Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**



**Gráfico 16 (Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

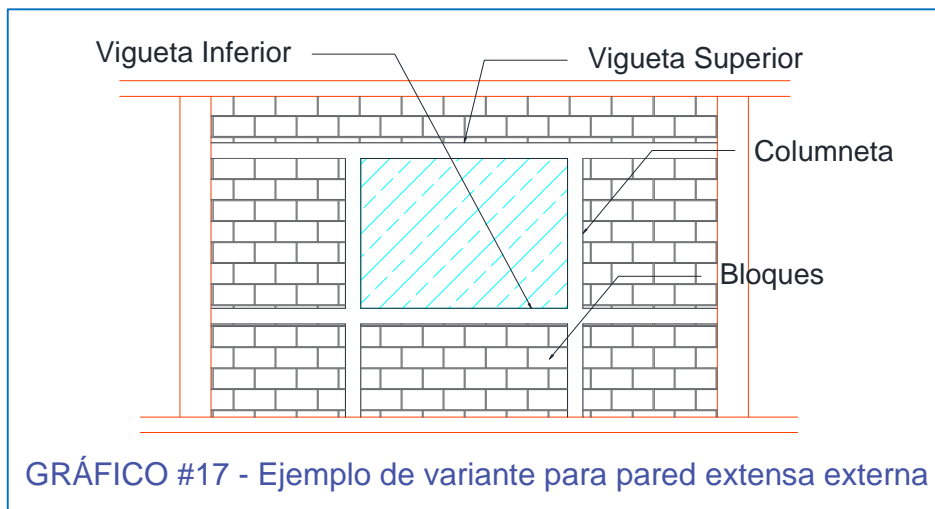


**Imagen #20 – Reconstrucción de mampostería con boquetes de puertas**

**(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

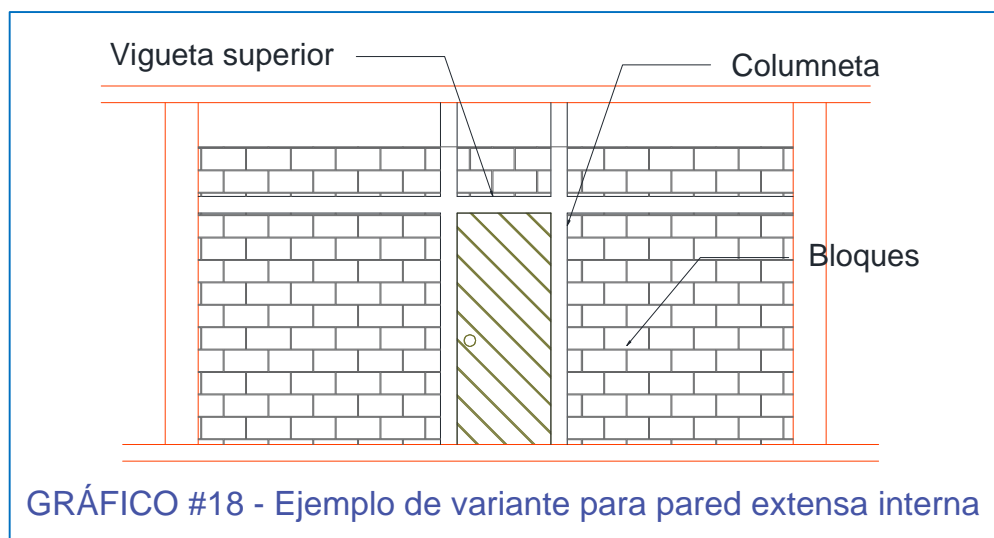
Es importante acotar que estas soluciones serán parciales o totales dependiendo de los daños que tuvo cada piso, en algunos se deben demoler todas las paredes y en otros solo las más afectadas.

De acuerdo a la longitud de las paredes existirán variantes a las soluciones, dependiendo del tamaño y ubicación de las ventanas o de si no había ventanas. De igual manera dependiendo de la ubicación de la puerta o si la pared no llevaba puerta en cuyo caso solo iría una columneta central y una vigueta superior.



**Gráfico 17 (Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

Todas las paredes son distintas y la solución de cada una dependerá de la extensión de la misma y del tamaño de la ventana en caso de poseerla.



**Gráfico 18 (Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

Para el caso de los vanos en las puertas de igual manera debe tener en cuenta la ubicación que tiene con respecto a las columnas principales.



*Imagen #21 – Reconstrucción de mampostería en paredes de mayor extensión*

*(Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)*

### **5.5 Propuesta De Solución Para Reforzar Estructura**

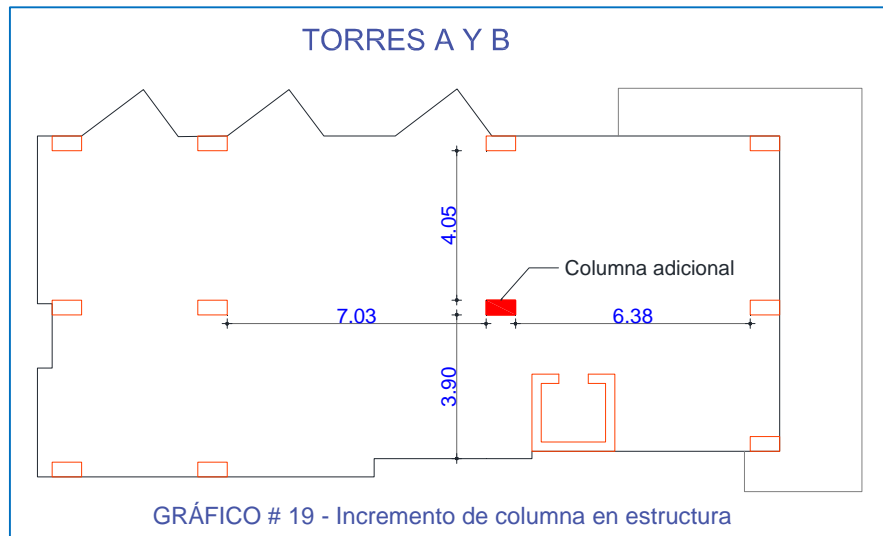
Para esta propuesta analizamos la información proporcionada por la Norma Ecuatoriana NEC-SE-DS Diseño Sismo Resistente en donde explica sobre irregularidades en planta y elevación, y de sus soluciones, así podemos emitir nuestro criterio acerca de cómo pueden evitarse futuros problemas en estas edificaciones u otras similares.

Sobre los problemas generales en las tres edificaciones relacionados a la disposición de las columnas es posible buscar una solución a pesar de que la estructura no falló, pero si provocó un exceso de movimiento que hizo que las paredes sufrieran daños.

Sugerimos cómo puede corregirse incrementando una columna en el caso de las Torres A y B y seis columnas en la Torre C

Esto puede servir incluso para tener en cuenta en futuros proyectos similares y nos hará replantear cualquier proyecto que pensemos realizar en una zona de alta vulnerabilidad sísmica, donde debemos tomar en cuenta que si ya ocurrió una vez puede ocurrir otra vez a corto, mediano o largo plazo.

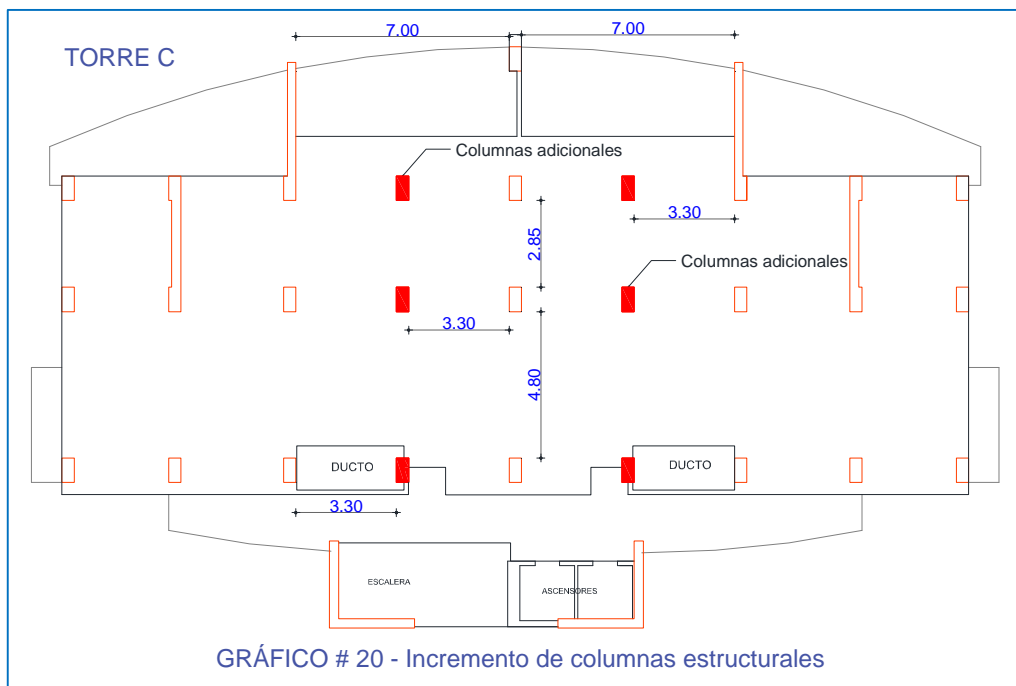




**Gráfico 19 (Fuente: The Palms. Elaboración: Otto Alvarez)**

Se propone la ubicación de una columna adicional que ayude a la estructura en general para dar más rigidez.

Si analizamos lo que nos indican las normas, para todo diseño debemos buscar regularidad en la ubicación de las columnas, en este caso la omisión de la misma asumimos que fue para dar espacio en el subsuelo para los parqueaderos, porque ya en los demás pisos en el mismo lugar siempre hay una pared.



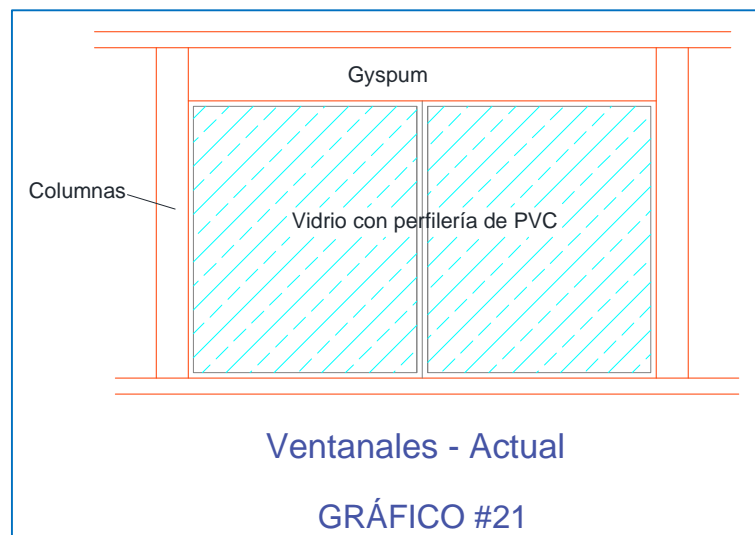
**Gráfico 20 (Fuente: The Palms. Elaboración: Otto Alvarez)**

En esta torre se omitieron varias columnas, si bien hay simetría en todo el conjunto del edificio, existe una variación notable en las luces de las columnas centrales en comparación a las laterales lo que probablemente afectó a la estructura en general y con consecuencias ya conocidas en la mampostería.

Asumimos que esta configuración se hizo para dar espacio a un extenso lobby en la planta baja, sin columnas que afecten la estética.

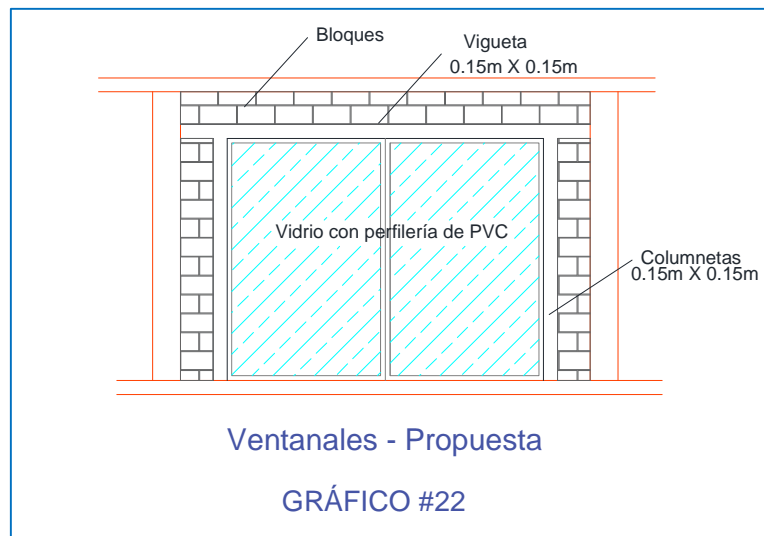
En lo relacionado a los ventanales de gran tamaño que van desde columna a columna o desde pared a pared, es recomendada para la utilización de estos elementos la construcción de un arco estructural que ayude a la rigidez de las columnas que al no tener mochetas se vuelven más vulnerables y exceden el movimiento en el sector donde están ubicadas, causando que el edificio se mueva provocando torsión y sea más rígido en el resto del edificio ocasionando muchos daños en la mampostería en general.

Por tanto presentamos sugerencias para el fortalecimiento de la estructura de las tres torres y de que sean tomadas en cuenta para futuras construcciones ya que esto evitará los inconvenientes ya detallados.



**Gráfico 21 (Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

Como podemos observar, los ventanales ocupan todo el espacio libre entre columnas y vigas pues solo existe una estructura de gypsum superior. La utilización de perfilera de PVC ayudó en gran medida a que no existan vidrios rotos pero la afectación general si fue evidente.



**Gráfico 22 (Fuente y Elaboración: Otto Alvarez)**

Es importante aclarar que el diseño de esta solución podrá variar dependiendo cada caso específico según el proyecto a realizarse, de la misma manera los materiales a utilizarse. Sin embargo debemos tomar en cuenta que no se recomienda ubicar ventanales de gran extensión sin antes pensar que la estructura podría verse afectada en el caso de un sismo de gran magnitud.

## 5.6 El Gypsum como material alternativo

El gypsum es un material constructivo que no es nuevo en nuestro país sin embargo su utilización no está muy difundida principalmente para la mayoría de la población, no así en las grandes construcciones de oficinas administrativas en las principales ciudades del país.

Se relaciona la utilización de este material únicamente a la instalación de cielo raso y para tabiquería divisoria en oficinas, pero se desconocen todas las ventajas que tiene si se utilizaran en edificios o construcciones de vivienda.

Existe en el común de la gente un cierto temor porque se cree que las paredes hechas con este material son frágiles, sin embargo su uso en el primer mundo está más extendido e incluso se lo incluye en las normas de construcción sismo resistente.

Quiero aportar con información básica de este material como opción viable para todo tipo de construcción, presentando una descripción más clara, sus ventajas y las recomendaciones para ser utilizado:

## **GYPSUM Material de Construcción**

### **Descripción y Características Generales**

La plancha consiste en un material de yeso formulado y procesado, recubierto con papel pesado de acabado natural en la cara anterior y con papel reforzado en la cara posterior.

Los bordes rebajados permiten reforzar y desaparecer las juntas con cintas de papel y la masilla para juntas. El tratamiento de la junta se hace para obtener una superficie lisa y continua, obteniendo así la base para aplicar el acabado de su elección.

El Gypsum es un material para acabados de la construcción que ha ido incrementando su mercado en gran escala debido a sus múltiples ventajas, entre ellas:

- Construcción rápida, fácil y limpia
- Facilidad para realizar detalles arquitectónicos
- Acusticidad, etc.

### **Ventajas del gypsum**

Este material es adecuado para:

- Cielos falsos en Gypsum
- Paredes Interiores y Exteriores en Gypsum
- Enchapes, fachadas flotantes, aleros y ductos para tuberías

Se adapta a cualquier forma o dimensión.

Las remodelaciones y los cambios son mucho más fáciles que en sistemas tradicionales.

Niveles de aislamiento térmico y acústico que se pueden controlar de acuerdo a las necesidades de cada espacio.

### **Seguridad**

Buen comportamiento sísmico. La estructura de acero puede ser diseñada para resistir las fuerzas sísmicas más estrictas de los códigos.

Sus componentes no contribuyen a la combustión.

Las construcciones livianas de acero son a prueba de rayos. La estructura metálica conduce las descargas eléctricas directamente a la tierra.

### **Durabilidad**

El sistema es dimensionalmente estable. No se expande ni contrae con los cambios de humedad y temperatura.

Es inmune a hongos, plagas y roedores.

El acero de la estructura no se oxida. Su superficie viene con un recubrimiento protector de galvanizado que garantiza una larga vida.

### **Economía**

Es liviano, pesa mucho menos que otros sistemas constructivos tradicionales.

Es rápido. Menor tiempo de ejecución se traduce en menor costo.

Produce muy poco desperdicio lo que representa un ahorro substancial en retiro de escombros y limpieza de obra. El acero de la estructura es 100% reciclable.

### **Tiempo, instalación y uso**

Es más limpio que otros sistemas constructivos. Dado que el sistema es en seco, no hay aporte de humedad durante la construcción.

Por su velocidad de ejecución y limpieza, es ideal para proyectos de remodelación.

Es de fácil instalación.

No requiere de herramientas sofisticadas.

Las superficies aceptan una gran gama de acabados y revestimientos.

Los materiales son más fáciles de transportar y manipular que los convencionales.

La ocupación del espacio público durante la ejecución de la obra es mínima.

Las placas del sistema forman una cámara de aire donde se instalan tuberías de las distintas instalaciones que se requieren en cualquier obra. La cámara de aire es un aislante acústico y también puede ser rellena con lana de vidrio o lana mineral. (Chiguano, Caiza, & Cárdenas, 2014)

## Bibliografía

- BBC. (15 de 01 de 2010). *Mala construcción, en la raíz del drama en Haití*. Obtenido de [http://www.bbc.com/mundo/america\\_latina/2010/01/100115\\_1440\\_haiti\\_calidad\\_construccion\\_alf.shtml](http://www.bbc.com/mundo/america_latina/2010/01/100115_1440_haiti_calidad_construccion_alf.shtml)
- Brain, I., & Mora, P. (2012). *Emergencia y Reconstrucción. El antes y después del terremoto y tsunami del 27F en Chile*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Chiguano, A., Caiza, Y., & Cárdenas, C. (12 de 2014). *Gypsum Material de Construcción*. Obtenido de <http://gypsumaterialdeconstruccion.blogspot.com/p/descripcion.html>
- Diario de la Construcción. (2015). *El ingeniero detrás de las exitosas normas de construcción antisísmicas en Chile*. Obtenido de Análisis de la entrevista publicada el 25 de septiembre del 2015 por la revista Qué Pasa. : <http://www.diariodelaconstruccion.cl/el-ingeniero-detras-de-las-exitosas-normas-de-construccion-antisismicas-en-chile/>
- El Mundo. (23 de 03 de 2011). *Los edificios japoneses, los mejor preparados para resistir un seísmo*. Obtenido de <http://www.elmundo.es/elmundo/2011/03/21/ciencia/1300706112.html>
- GAD-Manta. (17-01-2013). *Ordenanza de Urbanismo, Arquitectura, Uso y Ocupación del Suelo en el Cantón Manta*. Manta, Ecuador: Dirección de Planeamiento Urbano.
- Gandía Calabuig, Á. (2012). *Japón: Fomento del Turismo y Cambio en la Imagen del Destino. Análisis antes y después del desastre natural*. Valencia, España.
- Garcés Pout, J. C. (2016). *Recomendaciones para la reconstrucción de las tabiquerías Proyecto Mykonos*.
- Garcés Pout, J. C. (25-04-2016). *Informe de la evaluación visual del proyecto Mykonos*.
- Los Andes. (31 de 12 de 2015). *La construcción antisísmica de Chile ya es modelo en el mundo*. Obtenido de <http://www.losandes.com.ar/article/la-construccion-antisismica-de-chile-ya-es-modelo-en-el-mundo>
- MIDUVI. (09-2016). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras*. Quito: Impresa Activa.
- MIDUVI. (12 de 12-2014). *NEC-SE-DS PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE*. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- MIDUVI. (12 de 12-2014). *NEC-SE-MP MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL*. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados. (02-2011). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía Descentralización*. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación del Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados.
- TelesurTV. (2015). *Haití sigue en reconstrucción*. Obtenido de <http://www.telesurtv.net/telesuragenda/Haiti-sigue-en-reconstruccion-20150206-0061.html>

Wikipedia. (2010). *Terremoto de Haití de 2010*. Obtenido de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto\\_de\\_Haití\\_de\\_2010](https://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_Haití_de_2010)

## Anexos

### Formato De La Encuesta

| <b>ENCUESTA</b>   |   |                      |             |
|---|---|----------------------|-------------|
| <b>“ANÁLISIS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL PROYECTO MYKONOS Y SU COMPORTAMIENTO EN EL TERREMOTO DEL 16-A”</b> |   |                      |             |
| ELABORADO POR: OTTO LEONARDO ALVAREZ BARTOLOMÉ - ULEAM FACULTAD DE ARQUITECTURA                               |   |                      |             |
| 1   | ¿Se encontraba Usted, algún familiar o inquilino en su departamento el momento del terremoto del 16A?<br>Comentario:  | SI                   | NO          |
| 2   | ¿Usted o alguna persona presente sufrieron inconvenientes de su salud posterior al terremoto?<br>Comentario:  | SI                   | NO          |
| 3   | ¿Considera Usted que el edificio que habita estaba o está preparado para situaciones de emergencia?<br>Comentario:  | SI                   | NO          |
| 4   | En porcentajes ¿Cuánto considera Usted que el Conjunto Mykonos sufrió daños en general?<br>Comentario:  | 20% 40% 60% 80% 100% |             |
| 5   | Considera que los daños en mampostería se dieron: 1 - Errores de diseño. 2 - Mano de obra no calificada. 3 - Baja calidad de materiales. 4 - Errores constructivos<br>Comentario: | 1                    | 2    3    4 |
| 6   | ¿Conoce de los procedimientos aplicados en las reparaciones realizadas en interiores y exteriores de su departamento?<br>Comentario:  | SI                   | NO          |
| 7   | Luego de las reparaciones ¿Siente que el Conjunto brinda las seguridades para seguirlo habitando?<br>Comentario:  | SI                   | NO          |
| 8   | ¿Considera Usted la venta de su departamento en el Conjunto?<br>Comentario:   | SI                   | NO          |
| 9   | ¿Cree que el terremoto hará que la construcción de nuevos edificios altos en Manta se detenga?<br>Comentario:   | SI                   | NO          |
| 10  | ¿Cree Usted que el Municipio y otras instituciones deben hacer un control más exhaustivo sobre los procesos constructivos y normas de seguridad en los edificios?<br>Comentario:  | SI                   | NO          |



## Fotografías de daños en interiores





