



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**EFFECTO DOPPLER PARA LA EVALUACIÓN DE MUROS DE  
MAMPOSTERÍA DE BLOCKS EXISTENTES**

**Antonio José Jurado Godoy**

Asesorado por el Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila

Guatemala, octubre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EFFECTO DOPPLER PARA LA EVALUACIÓN DE MUROS DE  
MAMPOSTERÍA DE BLOCKS EXISTENTES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ANTONIO JOSÉ JURADO GODOY**

ASESORADO POR EL ING. MARIO RODOLFO CORZO ÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

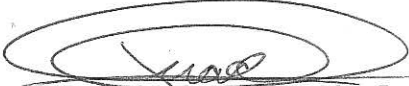
DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García a.i.
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### EFECTO DOPPLER PARA LA EVALUACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA DE BLOCKS EXISTENTES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 28 de julio de 2014.



**Antonio José Jurado Godoy**

Guatemala 20 de Marzo de 2017

Ingeniero  
José Gabriel Ordoñez Morales  
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Estimado Ingeniero:

Cumpliendo con lo resuelto con la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación: **EFFECTO DOPPLER PARA LA EVALUACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERIA DE BLOCKS EXISTENTES**, presentado por el estudiante: Antonio José Jurado Godoy.

Considero que el trabajo de graduación se a desarrollado satisfactoriamente y cumple con los objetivos que motivaron la selección de dicho tema, por lo que hago de su conocimiento que apruebo el trabajo realizado. Sin otro particular, atentamente

  
Mario Rodolfo Corzo Ávila  
Ingeniero Civil Colegiado No. 2089

Mario Rodolfo Corzo Ávila  
INGENIERO CIVIL  
Colegiado No. 2089



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 04 de agosto de 2017

Ingeniero  
 Hugo Leonel Montenegro Franco  
 Director Escuela Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos

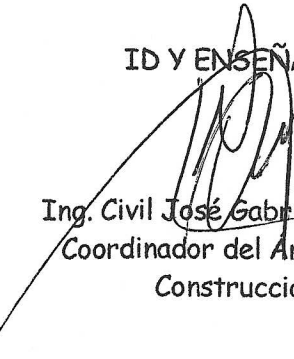
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EFFECTO DOPPLER PARA LA EVALUACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA DE BLOCKS EXISTENTES** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Antonio José Jurado Godoy quien contó con la asesoría del Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

Y ENSEÑAD A TODOS

  
 Ing. Civil José Gabriel Ordóñez Morales  
 Coordinador del Area de Materiales y  
 Construcciones Civiles

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**AREA DE MATERIALES Y**  
**CONSTRUCCIONES CIVILES**  
**USAC**



/mrrm.

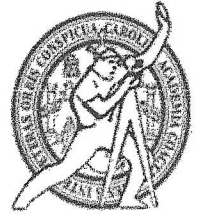




**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila y Coordinador del Departamento de Materiales y Construcciones Civiles Ing. José Gabriel Ordóñez Morales, al trabajo de graduación del estudiante Antonio José Jurado Godoy EFECTO DOPPLER PARA LA EVALUACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA DE BLOCKS EXISTENTES da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2017

/mrm.

*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 486.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EFFECTO DOPPLER PARA LA EVALUACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA DE BLOCKS EXISTENTES**, presentado por el estudiante universitario: **Antonio José Jurado Godoy**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, octubre de 2017

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por hacerme entender que todo en la vida tiene un propósito y por permitirme tener a personas tan maravillosas a mi alrededor.
- Mis padres** Por apoyarme en todo momento, nunca dejarme solo en los momentos más duros y tristes de la vida, porque siempre le miramos lo positivo a todo y después de una desgracia nos unimos cada vez más.
- Mi hermano** Por ser un gran ejemplo de vida, por su apoyo y hacerme entender que lo tengo que mejorar cuando estoy mal, por tenerme paciencia y hacerme ver las cosas de mejor manera, por hacer crecer y unir más a la familia.
- Mi novia** Por tenerme paciencia y comprensión en los momentos más desesperantes, por todo su apoyo brindado para que logre alcanzar la meta propuesta.
- Mi familia** Por su cuidado y apoyo en todo momento, con sus consejos que más que regaños eran para un buen propósito y para ser alguien mejor en la vida.

**Compañeros de la  
carrera**

Porque siempre fuimos un grupo dentro de las aulas como fuera de ellas, por su apoyo en momentos de felicidad como en los momentos de tristeza, nunca nos alejamos y nos unimos como grupo y compañeros.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Faculta de Ingeniería**

Por ser el *alma mater* en donde logre adquirir conocimientos, conocer personas que han sido parte de mi vida personal, así como profesional.

### **Mis padres**

Por darme la vida, sus conocimientos, su apoyo incondicional. Porque jamás me abandonaron en los fracasos y siempre estuvieron ahí para apoyarme en todo momento, por celebrar conmigo cada triunfo, por enseñarme que tengo que mejorar cada vez más y que no hay que estancarse en un solo punto, sino que hay que ver hacia adelante buscándole lo positivo a todo.

### **Ing. Mario Corzo**

Por ser una gran persona, un amigo que se dedica a enseñar con su ejemplo de vida y por compartir sus conocimientos con todos para que lo pongamos en práctica, como también para que seamos cada día mejores personas

### **Ing. Luis Palencia**

Por sus consejos, regaños y enseñarme a ser mejor profesional y mejor persona. Por demostrarme que no debemos depender de alguien y que como profesionales podemos lograrlo todo sin darnos por vencidos.

**Centro de  
Investigaciones, área de  
Prefabricados**

Por el apoyo en todo momento para la realización de mi trabajo de graduación, así como también en mi vida profesional, agradezco sus ideas y darle solución a todo. A don Fabio Sánchez por su apoyo, por brindarme sus conocimientos y siempre con esa manera de ser tan alegre.

**Mis amigos**

Fernando Andrino, Cristian Galicia, Julia Gómez, Francisco Copín, Rigo Tobar, Gerson Ortiz y Rigo Velazco, porque a pesar que no todos somos de la misma carrera siempre sabíamos que podíamos contar con cada uno de nosotros, cuando nos reíamos de las ideas le buscábamos la solución a todo y por todos los momentos de amistad apoyo incondicional que nos tuvimos pudimos salir adelante apoyándonos y levantándonos cuando tropezábamos, nunca nos dimos la espalda.

**Mi novia**

Clara Melgar, porque hemos pasado por distintos momentos, hemos logrado ver lo bueno en nosotros mismos, apoyado en todo momento, siempre mirábamos una luz a lo largo del camino sabiendo que ahí estaríamos para mejorar y ser mejores cada día poniendo una meta, mirando lejos y buscando la manera de llegar a esa meta.

## **Mi familia**

Por sus regaños a que le pusiera más empeño, a no dejarme vencer ni que me decepcionara de nada y ser mejor cada día, a mi cuñada como mis amigos porque con sus bromas reímos a cada momento, por darme la fuerza para lograr dar un paso más, cuando sentía que ya no la tenía.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. MATERIALES.....	1
1.1. Tipos de <i>block</i> .....	2
1.1.1. Resistencia .....	4
1.1.2. Tamaños.....	5
1.1.3. Uso dentro de los muros.....	7
1.1.4. Tipos de muros .....	15
1.2. Tipos de mortero .....	16
1.2.1. Clasificación.....	17
1.2.2. Resistencia y su uso dentro del <i>block</i> .....	19
1.3. Cargas que afectan a los muros.....	22
1.3.1. Cargas verticales.....	23
1.3.1.1. Cargas muertas.....	23
1.3.1.2. Cargas vivas.....	24
1.3.1.3. Cargas de lluvia.....	24
1.3.2. Cargas horizontales.....	24
1.3.2.1. Cargas de viento.....	25
1.3.2.2. Cargas de sismo.....	25

2.	PRINCIPIO DOPPLER.....	27
2.1.	Conceptos y principios de onda .....	28
2.1.1.	Clasificación de ondas .....	29
2.1.2.	Elementos de las ondas .....	31
2.1.3.	Elementos temporales de las ondas .....	32
2.1.4.	Rapidez y propagación de una onda.....	32
2.2.	Utilización y aplicaciones .....	34
2.3.	Aparatos existentes.....	37
2.3.1.	Aplicaciones del espectro electromagnético.....	42
2.3.2.	Infrasonido.....	42
2.3.2.1.	Aplicaciones del infrasonido .....	43
2.3.3.	Ultrasonido .....	44
2.4.	Interpretación de oscilaciones.....	44
2.4.1.	Intensidad del sonido .....	45
3.	DAÑOS EN MUROS .....	47
3.1.	Estructurales .....	58
3.2.	No estructurales .....	60
3.3.	Fallas visuales de los muros .....	63
3.4.	Fallas internas del muro .....	73
3.4.1.	Ensayos existentes destructivos .....	74
3.4.2.	¿Hay clasificación de decibeles para medir si es aceptable?.....	76
3.5.	Ensayo que se podrá utilizar .....	78
4.	ENSAYOS Y EVALUACIÓN DEL MURO .....	81
4.1.	Observaciones del muro .....	82
4.1.1.	Clasificación visual .....	83
4.2.	Aplicando del principio de Doppler .....	84



4.2.1.	Descripción del ensayo.....	84
4.2.1.1.	Aparato utilizado en el ensayo.....	86
4.2.2.	Sonidos que se podrá obtener y su clasificación....	88
4.2.3.	Realización de los ensayos .....	90
4.2.4.	Interpretación de resultados .....	96
CONCLUSIONES .....		105
RECOMENDACIONES.....		107
BIBLIOGRAFÍA.....		109
ANEXOS.....		111



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Elemento de onda .....	32
2.	Falla por fisura de aplastamiento .....	64
3.	Falla por flexión o grieta vertical.....	66
4.	Falla de muro por corte .....	68
5.	Falla de muro escalonada o grieta diagonal.....	70
6.	Falla de muro por volcamiento .....	71
7.	Falla de muro por deformación o asentamiento .....	72
8.	Componentes que conforman el aparato .....	87
9.	Diferencia entre sonido agudo y grave.....	89
10.	Primer ensayo .....	90
11.	Falla en muro luego de ensayarla a compresión.....	91
12.	Ensayo a corte simulando un edificio .....	92
13.	Falla presentada después del ensayo.....	93
14.	Ensayo del muro a compresión .....	94
15.	Grieta presentada en el muro.....	95
16.	Aparato utilizado para la realización de las pruebas .....	96
17.	Ensayo 1.....	98
18.	Ensayo 2.....	100
19.	Ensayo 3.....	103
20.	Gráfica comparativa.....	104

## TABLAS

I.	Tipo de materiales según norma ASTM C90 .....	3
II.	Dimensiones de los bloques de hormigón .....	6
III.	Espesores mínimos para tabiques longitudinales .....	7
IV.	Resistencia mínima a compresión sobre área neta.....	8
V.	Resistencia a compresión.....	20
VI.	Dosificación y uso del mortero .....	21
VII.	Ensayo de prisma a compresión 1 .....	97
VIII.	Ensayo de prisma a compresión 2.....	99
IX.	Ensayo de prisma a compresión 3.....	102

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetros
<b>cm<sup>2</sup></b>	Centímetros cuadrados
<b>db</b>	Decibel
<b>d</b>	Distancia
<b>Hz</b>	Hertz
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b><math>\lambda</math></b>	Longitud de onda
<b>Mpa</b>	Mega pascal
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b><math>\mu\text{m}</math></b>	Micrómetros
<b>mm</b>	Milímetro
<b>nm</b>	Nanómetros
<b>pm</b>	Picómetros
<b>s</b>	Segundos
<b>t</b>	Tiempo
<b>v</b>	Velocidad



## GLOSARIO

<b><i>Bluefish</i></b>	Aumento de la frecuencia de luz.
<b>Conred</b>	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.
<b><i>Graout</i></b>	Relleno estructural o mortero especializado para el relleno de espacios.
<b>Mampostería</b>	Sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y paramentos mediante la colocación manual de los elementos o materiales que lo componen.
<b>MAV</b>	Malformaciones de Arteria Venosa.
<b>Parénquimas</b>	Tipo de término histológico que se refiere principalmente a un tipo de tejido tanto en plantas como animales.
<b>PRF</b>	Frecuencia de repetición de pulsos.
<b>Principio de Doppler</b>	Cambio de frecuencia de una onda producida por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador.

<b><i>Redfish</i></b>	Absorción conocida hacia longitudes de onda mayores.
<b>Revenimiento</b>	Prueba de laboratorio que indica el nivel de consistencia o capacidad del flujo del concreto.
<b>Sismo resistente</b>	Edificación diseñada y construida con una adecuada configuración estructural y resistencia suficiente para soportar la acción de las fuerzas causadas por sismos frecuentes.



## RESUMEN

En el medio que nos rodea se encuentra con muchas viviendas a las que no se le ha dado mantenimiento y no se sabe si están en las condiciones para su habitabilidad. Conred, después de un sismo o terremoto evalúa los daños de las viviendas y determina si pueden ser restauradas, reforzadas o las clasifica como inhabitables. Las evaluaciones para este trabajo de graduación fueron realizadas en lugares controlados dentro del laboratorio del centro de investigaciones, en el cual se simuló un sismo, para luego realizar la evaluación aplicándole carga controladas, realizando lecturas a los prismas y muros y con esto simular lo que es el acomodamiento de las cargas después de un sismo. Asimismo, al aplicar estas se observaron distintas fallas que ocurrían por desprendimiento de polvillo, por separación del mortero con el *block* o incluso algunas fallas del mismo *block*. En la evaluación se toma en cuenta el criterio de cada una de las personas que realizan la evaluación, ya que las fallas pueden ser mínimas o poco notorias, entonces la misma persona debe realizar la evaluación para que tenga el mismo criterio en todo momento.

La evaluación puede ser casera, no solo dentro de laboratorio, esta busca reducir el costo a los inquilinos de los inmuebles. Este tipo de evaluación puede realizarse en cualquier momento ya sea antes o después de un sismo debido a que las viviendas pueden colapsar, la unidad que debe realizar la evaluación es Conred.



## OBJETIVOS

### General

Evaluar por medio del efecto Doppler para determinar la integridad estructural de las unidades de *block* y de las paredes o muros de mampostería.

### Específicos

1. Conocer los aspectos a evaluar en una inspección visual rápida para las estructuras de mampostería confinado y construidos de *block*.
2. Utilizar algún instrumento de bajo costo para realizar y evaluar ensayos no destructivos y que estos sean a bajo costo.
3. Verificar que la estructura de mampostería ensayada se mantenga en buen estado para evitar que tengan que realizarse reforzamiento.
4. Establecer lo que es considerado en óptimas condiciones y así obtener el mayor provecho de las mismas, después de los experimentos si las condiciones son analizadas permiten calificarlas como inhabitables según parámetros de la Comisión Nacional para la Reducción de Desastres (Conred).



## INTRODUCCIÓN

El contenido de este documento consiste en la evaluación de estructuras de mampostería de *block* con el principio de Doppler. Dicho principio consiste en la transmisión de la frecuencia sonora dentro de la estructura a evaluar, basándolo en un flujo sonoro para verificar si está en perfectas condiciones o si ya ha sufrido alguna falla interna el elemento.

Con base en la capacidad económica de las familias de clase media a baja, los procedimientos de evaluación para estructuras deben considerar las condiciones estructurales de las viviendas, entre las cuales se pueden mencionar, la falla visual, con la cual se observa si tiene alguna fisura esta sería una falla estética, como parte de métodos no destructivos que son muy útiles para verificar el estado de los mismos. Una segunda modalidad es la fundamentada en el principio de Doppler, este método se aplicará dando golpes en las diferentes partes del muro de mampostería de *block* y en función de la respuesta sonora se puede determinar si los mismos se encuentran dañados internamente.

El principio de Doppler será uno de los parámetros con mayor criterio, ya que este se debe al golpeteo en dicho elemento a evaluación en donde solo será de respuesta sonora no destructivo, este principio será muy minucioso, ya que será un método de evaluación en algunos elementos será muy bajo el sonido que emitirá, pero será muy efectivo para tomar el dictamen.

Se realizó esta investigación porque dentro del campo solo existen ensayos destructivos, en los cuales se hace necesaria la extracción de un elemento que

tendrá un costo; otra inspección es visual y esta llevará a criterio propio en el cual sería estética, mientras que utilizando con el principio de Doppler servirá para realizar una serie de parámetros de acuerdo al sonido del cual puede ser agudo o grave esto dependerá del elemento que se evaluará según sus condiciones internas, se dará una explicación de los sonidos que se encontrarán dentro del elemento el cual será la base de evaluación de los parámetros y permitirán llegar a un dictamen confiable.

La forma de elaborar este estudio será por medio de ensayos no destructivos como la visualización de fallas ocurridas con el sismo y con el principio de Doppler por lo que se utilizará para ensayar las cámaras internas, esto permitirá dar un parámetro para dictaminar lo que es un colapso por medio de información del Comisión Nacional para la Reducción de Desastres (Conred).

# 1. MATERIALES

En la actualidad los *blocks* de hormigón se utilizan en las obras como edificaciones de viviendas, mampostería estructural en edificios de gran altura, tabiques divisorios, chimeneas, piletas de natación, silos, muros de sostenimiento, cámaras subterráneas, barreras sónicas, entre otros.

En la actualidad es uno de los materiales más utilizados, ya que cumplen con estándares de calidad los cuales se basan en normas las cuales son sismo resistente, termo acústicas, esto permitirá tener una mayor certeza que tenga mayor tiempo de vida y que sea más resistente que otros materiales en el cual no cumplen normas y no son aptas para utilizarlas dentro del ámbito de la construcción de viviendas.

Los *blocks* de hormigón pueden adaptar la forma constructiva que requiera la participación de albañilería simple, armada o reforzada. La albañilería simple, es la que es constituida mediante *blocks* de hormigón, adheridos entre sí mediante un mortero denominado de junta; este puede ser resistente o no, de acuerdo a su espesor y calidad de la mezcla empleada. La albañilería armada es la forma básicamente por la albañilería simple de calidad resistente, la cual lleva distribuidas armaduras verticales u horizontales en algunos de los huecos de los *blocks* embebidos en un mortero u hormigón de relleno. La albañilería enmarcada, es la formada por una albañilería simple confinada por elementos de hormigón armado (vigas y columnas de encadenando). Estos podrán ser reforzados en caso de colocarse armadura embebida en mortero, en algunas de sus juntas horizontales.

El mortero es una mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua, posibles aditivos que sirven para pegar elementos de construcción como ladrillos, piedras, bloques de hormigón, entre otros. Además, se usa para rellenar los espacios que quedan entre los *blocks* y para relleno de paredes. Los más comunes son de los de cemento y están compuestos por cemento, agregado fino y agua. Generalmente se utilizan para obras de albañilería, como material de agarre y revestimiento de paredes, entre otros.

### **1.1. Tipos de *block***

El *block* también llamado bloque de hormigón es un mampuesto prefabricado, elaborado con hormigones finos o morteros de cemento, utilizado en la construcción de muros y paredes. Los *blocks* son de una forma prismática, con dimensiones normalizadas, estos suelen ser esencialmente huecos.

Estos al ser un material prefabricado, pueden existir tantos modelos de *blocks* de hormigón como fabricantes que existan en el mercado.

En la tabla I se puede apreciar los distintos tipos de materiales normados por las normas ASTM C90, en donde se encontrarán los límites permitidos para su uso dentro de la mampostería.

El *block* es un elemento simple, hecho de concreto, en forma de prisma, con uno o más huecos transversales en su interior, de manea que:

- El área neta del elemento sea de un 50 a un 75 % del área bruta del elemento.



- Cuando es usado en un muro, forma cavidades internas con un área total en el plano horizontal, de más de 25 % pero no más del 50 % del área de la sección transversal horizontal del muro.

Tabla I. **Tipo de materiales según Norma ASTM C90**

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS BLOQUES DE HORMIGON SEGÚN SEA EL AGREGADO UTILIZADO PARA SU FABRICACION							
Agregado (Graduado de 10 mm a 0) Tipo	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		Peso bloque 20*20*40 (kg)	Resistencia a la compresión Sección Bruta (kg/cm <sup>2</sup> )		Absorción de Agua del Hormigón (kg/m <sup>3</sup> )	
	de	a		de	a	de	a
Arena y Grava	2083	2323	18,1	84,4	126,6	112	160
Piedra Caliza	1922	2243	18,1	77,3	126,6	128	192
Arcilla Expandida	1202	1442	11,3	70,3	105,5	192	240
Ceniza volante	1282	1682	12,7	49,2	70,3	192	288
Piedra Pómez	961	1362	10,0	49,2	63,3	208	304
Escoria	1202	1602	12,7	49,2	84,4	192	256

Fuente: American Society for Testind and Materials. ASTM C90. p. 419.

Hay *blocks* sólidos sin agujeros, lo más común es que tenga celdas interiores. Por lo general son dos celdas; hay variantes de 3 o más celdas pequeñas.

Entre los blocks que se pueden encontrar comúnmente en el territorio de Guatemala están los de tipo DT y los UT. Los DT son aquellos que tienen doble

tabique en el centro mientras que los UT son aquellos que solo tienen un tabique en el centro.

El bloque UT contiene más del 50 % de su área neta, mientras que el bloque DT contiene el 60 %, esto es por el doble tabique que hay internamente en ellas esto permitirá en las paredes laterales no sean muy delgadas y logren adquirir o soportar mayor resistencia.

### **1.1.1. Resistencia**

Dependiendo de los materiales estos pueden ser aislantes acústicos, dentro de sus propiedades acústicas se consideran la transmisión del sonido y absorción del sonido, dependiendo de su valor de ambas de la textura superficial del *block*. Conforme a pasado el tiempo se han realizado alguna serie de ensayos en la cual se ha demostrado que el *block* de hormigón de arena y grava de grano fino absorbe alrededor del 26 % del sonido, y los bloques livianos absorben el 50 %, pudiéndose aumentar estos niveles de acuerdo al pintado de los parámetros.

La seguridad contra el fuego constituye una de las consideraciones más importantes en la mayoría de los códigos. El criterio que predomina en la mayoría de ellos, consiste en el mantenimiento de la estabilidad estructural de la construcción durante el incendio y la contención del fuego. Para asegurar su estabilidad lateral, las paredes antifuego deben ser construidas con elementos no combustibles y resistir al menos 4 horas la transmisión del calor, para así poder salvaguardar la vida humana.

Dentro de las propiedades que deben cumplir los *blocks*, todas las unidades, cualquiera que sea su resistencia, sean robustos y que tengan suficiente cuerpo para resistir cargas, deben contener cierta área llena sin que

las celdas sean demasiado grandes. El área neta de estas unidades de mampostería debe ser el 50 % de su área bruta. Si estas no llegan a tener el 50 % de área bruta, el mampuesto no funcionará porque sus celdas serán demasiado grandes y gruesas y las paredes del *block* serán delgadas.

Hay una propiedad que deben cumplir todas las unidades de *block* cualquiera que sea su resistencia. Se pretende que los *blocks* sean robustos y que tengan suficiente cuerpo para resistir cargas. Las unidades deben tener cierta área llena sin que las celdas sean demasiado grandes. Mientras menor el tamaño de la celda y mayor el grueso de los tabiques laterales y centrales de la unidad de *block*, mayor al área neta. Por norma, las áreas netas de las unidades deben ser mayor que el 50% de su área bruta. El área bruta es el largo por ancho de un bloque; área neta de la unidad se obtiene restándole el tamaño de las celdas al área bruta del *block*.

### **1.1.2.      Tamaños**

Después de la aprobación de normas sobre modulación en 1 946, la industria de hormigón adoptó su producción a ciertas normas. Las fábricas cuentan con moldes que permiten producir dichos bloques de medidas nominales de 20 centímetros, lo que permite lograr una gran flexibilidad en el diseño del muro y una adecuada coordinación con otros productos a implementar en la mampostería, tales como ventanas, puertas y otros elementos.

Las dimensiones de fabricación del *block* de las unidades de mampostería de hormigón son igual a la dimensión nominal menos el espesor de junta de mortero que es igual a la de 1 cm, de aquí las dimensiones nominales normales del bloque 20\*20\*40, será igual a 19\*19\*39 como dimensiones de fabricación. Cuando son colocados en el muro dejando una junta de 1cm, una unidad ocupa

siempre un área de 20\*40 cm<sup>2</sup>; lo que implica 12,5 blocks por m<sup>2</sup> de pared. De aquí se logra una importante economía cuando el muro es proyectado modularmente según los 20 cm. ya mencionados, puesto que se eliminan cortes y ajustes de las unidades. Las operaciones que significan desperdicio de materiales frenaran el tiempo de ejecución y adicionan elevados costos y engorros gastos de la tarea de terminación de dejar terminado los muros a escuadra.

En la tabla II permitirá observar las dimensiones de los bloques de hormigón para conocer las medidas dentro del mercado.

Tabla II. **Dimensiones de los bloques de hormigón**

MEDIDAS NOMINALES Y DE FABRICACION						
USO	Medidas principales nominales o modulares			Medidas principales reales (centímetros)		
	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	Largo
Bloque de muro	20	20	40	19	19	39
	15	20	40	14	19	39
Medio bloque de muro	20	20	20	19	19	19
	15	20	20	14	19	19
Bloque de tabique	10	20	40	9	19	39
Medio bloque de tabique	10	20	20	9	19	19

Fuente: Norma COGUANOR 41054, *Bloques huecos de concreto para muros*, p. 6.

En la tabla III se encuentra lo que son especificaciones los espesores mínimos que deben tener los tabiques longitudinales (o cascarones) y tabiques transversales del *block*; indica recomendaciones de la Norma COGUANOR 41054. Si bien es cierto que estos espesores pueden variar no muy

significativamente de una fábrica a otra, los valores mínimos aquí indican que pueden ser utilizados para estimar a prioridad algunas de las propiedades físicas de los *blocks*, así también como su peso.

Tabla III. **Espesores mínimos para tabiques longitudinales**

ESPESORES MINIMOS DE PAREDES FRONTALES Y LOS TABIQUES DE LOS BLOQUES			
Ancho Nominal del bloque en centímetros	Espesor mínimo de las paredes frontales, promedio de 3 bloques en mm	Espesor mínimo de los tabiques, promedio de 3 bloques en mm	Espesor mínimo equivalente de tabique, en mm/m lineal
10	19	19	136
15	25	25	188
20	32	25	188
25	32	29	209
30	32	29	209

Fuente: Norma COGUANOR 41054, *Bloques huecos de concreto para muros*, p. 6.

### 1.1.3. **Uso dentro de los muros**

Los *blocks* de hormigón por su forma son fabricados en toda una variedad de formas y aparejos, estos permiten ser usados en proyectos arquitectónicos modernos y funcionales. En algunos casos el propio diseño del *block* describe por si solo una función específica en un proyecto, tal como son los *blocks* para aberturas, dinteles, columnas y juntas de control.

Las diferentes clases de *blocks* dentro del mercado pueden catalogarse también para su uso dentro de la construcción entre ellos tenemos:

- Clase A: estos son *blocks* de concreto con resistencia promedio medida sobre el área neta a los 28 días de edad no menos a 13 MPa equivalente

a 133 kg/cm<sup>2</sup> y con un mínimo para cada muestra individual de 11,8 MPa equivalente a 120 kg/cm<sup>2</sup>. Esta clasificación es de régimen obligatoria para toda construcción mayor de 1 000 m<sup>2</sup> y tres o más pisos de altura.

- Clase B: estos serán *blocks* con resistencia promedio a la compresión medida sobre el área neta a los 28 días de edad no menos de 8,8 MPa equivalente a 90 kg/cm<sup>2</sup> y con un mínimo para cada muestra individual de 7,8 MPa equivalente a 80kg/cm<sup>2</sup>. Estos bloques serán utilizados dentro de edificaciones con un área menor a 1 000 m<sup>2</sup> y de uno o dos niveles de altura.
- Clase C: estos son *blocks* de concreto con resistencia promedio a la compresión medida sobre su área neta a los 28 días de edad no menos de 7,4 MPa equivalente a 75 kg/cm<sup>2</sup> y con un mínimo para cada muestra individual de 6,8 MPa equivalente a 70 kg/cm<sup>2</sup>. Estos serán empleados en edificios individuales, de un solo piso con altura máxima en paredes de 2,50 metros y un área de construcción menos de 50 m<sup>2</sup>.

Tabla IV. **Resistencia mínima a compresión sobre área neta**

<b>RESISTENCIA MÍNIMA A COMPRESION SOBRE ÁREA NETA</b>		
<b>CLASE</b>	<b>Resistencia mínima a compresión, calculada sobre área neta del bloque Kg/cm2 (Mpa)</b>	
	<b>Promedio de 5 bloques o mas</b>	<b>Mínimo de bloque individual</b>
A	133,0 (13,0)	113,0 (11,1)
B	100,0 (9,8)	85,0 (8,3)
C	66,0 (6,5)	56,0 (5,5)

Fuente: Norma COGUANOR 41054, *Bloques huecos de concreto para muros*, p. 4.

Dentro de los distintos tipos de muros podrían clasificarse según su uso puede ser o clasificarse:

- Obras que implican muro de retención o contención:
  - Edificación: este tipo de obra sirven para la retención de las cargas que generan las zapatas de los edificios por falta de espacio, a veces, quedan cerca de laderas, este tipo de muro trabajará para contener las fuerzas actuantes de la tierra con la edificación. Los de uso frecuente son los muros de concreto, mampostería de bloques de concreto y los de mampostería de piedra.
  - Vivienda: son muros bastante utilizados, ya que los terrenos donde se urbanizan son de diversidad de formas y desniveles, es ahí donde las terrazas que surgen de corte y relleno deben ser protegidas.
  
- Muros de retención según su funcionamiento.
  - Muros rígidos: son aquellos que no sufren ninguna deformación geométrica debido a la fuerza que ejercerá el empuje del suelo, que este ejerce sobre el muro y el peso propio del muro. Estos se refieren a todos los muros construidos de concreto simple y reforzado, mampostería de piedra y de *blocks*, que abarcan todas las formas que estos puedan tener.
  - Muros flexibles: son aquellos que sufren deformación, tridimensional, ante cargas impuestas, empujes de tierra, peso propio y del agua absorbida o filtrada. Son susceptibles al cambio de forma hasta deformarse o pierda lo que es su forma con el tiempo, lo cual es una ventaja.

- Según su finalidad
  - Muros de retención: estos son generalmente cuando es necesario resolver problemas de diferencia de nivel entre dos porciones de terreno en terrazas, ya sea por razones constructivas o de seguridad en la edificación o sus obras complementarias. Esta es una estructura permanente, generalmente rígida, puede ser flexible como los gaviones, y que soporta una masa de suelo. Puede ser de distintos materiales como concreto armado, mampostería de piedra, mampostería de bloques reforzada. Si es gaviones, con materiales pétreo como grava muy gruesa y piedra triturada. En cualquier cosa, al muro de retención se le proveen drenajes por la infiltración de agua de lluvia, que deberá ser evacuada; excepto los muros de gaviones que por su alta permeabilidad no requiere drenaje artificial.
  - Muros portantes: se puede definir como aquellos que soportan cargas verticales, además de su propio peso. Este tipo de muros es aplicado frecuentemente en obras subterráneas, como fosas, cisternas de gran tamaño, sótanos y parqueos, en donde a partir de la parte superior del muro (corona) se comienza a construir otra estructura, como paredes, soleras, losas y hasta soportar los extremos de los puentes. Generalmente se construyen de concreto reforzado para efectos de aprovechamiento de espacio.
  - Muros de cortante: llevan generalmente contrafuerte; estos pueden hacerse armados o sin armar, dependiendo de la utilización de uno u otro según las características del muro y las necesidades de espacio. La fijación del espesor de la pantalla, así como la armadura, en el caso en que sean armados, es de tal forma que pueda resistir los esfuerzos cortantes. Las paredes de corte o paletas rigidizadas son consideradas como muros de corte debido a las dimensiones y esfuerzos que se generan.



- Muros de cimentación: son utilizados cuando el nivel de fundación o de desplantes fijado para asentar las estructuras es inadecuado y no se desea profundizar la solera de fundación. La función de este muro, en este caso, es de sustituir el terreno inadecuado hasta el nivel requerido. Los muros de fundación pueden construirse con diversos materiales como concreto simple o concreto reforzado, suelo cemento, mampostería de piedra, mampostería de *blocks* de concreto reforzada.
- Según sus características:
  - Geometría: estos tipos de muro dependerá de cómo estén las circunstancias para la elaboración del muro dependiendo de los alrededores, pero obedecen a una forma más o menos trapezoidal, tanto en el parámetro interior como en el exterior. En la práctica, existen siempre imposiciones de espacio y esto es lo que obliga al proyectista a adoptar la solución que considere necesaria. Además, existen los muros de forma poligonal, como los escalonados, ya sea en el paramento interior (trasdós) como en el paramento exterior (intradós). También se construyen otros tipos de muros con geometría especial, tal como los muros con paramentos curvos, inclinados y los muros de revestimiento, cuya aplicación fundamental es de proteger a taludes estables empinados, influidos por el efecto de la meteorización del medio ambiente, evitando con ello posibles desprendimientos, erosión y cárcavas.
  - Estabilidad: la función principal es de equilibrar las fuerzas que actúan sobre él muro, tal como el peso propio y el empuje que ejercerá el suelo sobre el respaldo del muro, las sobrecargas y el peso de la humedad del suelo que pueden actuar simultáneamente

u ocasionalmente. Estas fuerzas deben formar un sistema de equilibrio para la estabilidad del muro.

Entre las condiciones que deben considerarse para evitar las posibles fallas del muro se enlistan las siguientes:

- La cimentación debe ser capaz de soportar la resultante del peso del muro y de las fuerzas que actúan sobre el mismo.
- Uso: en los muros de retención son usados en Guatemala varios casos, como: canales, diques, carreteras, puentes pasos desniveles, túneles y otras construcciones civiles, dependiendo de las condiciones siguientes:
  - En una carretera será a través de una pendiente.
  - En carretera para elevar un tramo (terraplén).
  - En vías terrestres cuando existen cortes y proteger los parámetros.
  - Como las paredes de canales.
  - Un tipo especial de muro de retención llamado muro de inundación, que previene que las aguas de un río se desborden.
  - Como soporte de un relleno en la proximidad de un puente.
  - Usado para soportar el relleno de tierra adyacente a un edificio.
  - Para contener material de arena, grava o carbón.
  - Como Muros Alados, puestos en un ángulo con la normal a la dirección del relleno.
  - Para la unión de un relleno de tierra y la sección de mampostería de un dique.
- Según su geometría:
  - Muros con parámetros verticales: estos muros pueden tener el trasdós y el intradós paralelos de madera vertical, uno de los dos inclinados o ambos inclinados con ángulos diferentes o paralelos.

- Muro con trasdós o intradós escalonado: es una solución muy usada por su facilidad de construcción. Los escalones pueden hacerse de tal modo que se distancien como mínimo un metro entre sí con relación a sus planos horizontales. Depende de la altura a cubrir, para que designe la cantidad de escalones a tener.
- Muro poligonal: son aquellos muros que poseen sus parámetros de formas irregulares, que incluyen tramos escalonados, inclinados, rectos y hasta curvos. La construcción de estos depende de los tipos de estratos que existan en el suelo que se desee proteger o contener.

Muros según el material en que se construyen: los materiales usados en la construcción de mampostería deben cumplir los requisitos estándares aplicables por las normas de la ASTM. Las piezas de mampostería y el mortero deben cumplir la especificación de la ASTM C270 y C276. Es preferible que los morteros contengan cal, debido a su mayor facilidad de aplicación, contribuyendo a que no aparezcan grietas porque este gana plasticidad y propiedad higrométrica.

- Muros prefabricados: están contruidos por elementos prefabricados de concreto, pueden ir peroadas o algún otro tipo de anclaje, estas son solo para ensamblar y para agilizar la construcción y la solución al problema.
- Muros de varios tipos:
  - Muros de fundición: son los contruidos generalmente de concreto simple en obras pequeñas, debido a la profundidad de desplante, ya que también es difícil construir un muro de mampostería de piedra. Pero en obras donde la comodidad para construir el muro es propicia, también se pueden construir muros de mampostería de piedra ligada con concreto.

- Muros perimetrales: estos son los que delimitan los terrenos, se construyen con mampostería de blocks de concreto, debido a su rápida construcción, también, se construyen de concreto reforzado, para fines especiales, como seguridad en obras militares o policiales.
- Muros de cortante: están sujetos a fuerzas cortantes horizontales en el plano del muro, además de satisfacer los requisitos de flexión, deben ser capaces de resistir la fuerza cortante.
- Muros según el problema de resolver.
  - Muros en ambientes húmedos: la infiltración de agua de lluvia, produce un efecto de lubricación entre la tierra, así como esté las tierras y el muro. El agua produce un efecto de subpresión, de consecuencias complicadas debido a los empujes provocados. Generalmente se construyen muros de concreto reforzado, con un tratamiento de impermeabilización para que no dañe el hierro de refuerzo, una ventaja de estos es que se aprovecha el espacio. Una vez hechos los cálculos y conocidos los centros de los diafragmas de empuje, se propone la sección del muro. También un buen drenaje ayudará a evitar el exceso subpresión.
- Muros en pequeñas y grandes obras hidráulicas
  - Pequeñas obras hidráulicas: se utilizan en canales de transporte de agua, o estanques artificiales, la cantidad de agua retenida o conducida influirá las dimensiones del muro, pero la sección es la típica de un muro de inundación y los materiales pueden ser de mampostería de *blocks* de concreto.
  - Muros en obras de retención de agua: estos son construidos para almacenar agua, empelados comúnmente en tanques que almacenan agua, en plantas potabilizadoras, plantas de tratamientos de aguas negras, donde se disponen grandes

volúmenes de líquido o suspensión. Estos muros pueden ser contruidos de *blocks* de concreto como también de concreto reforzado impermeable, con tratamiento especial para contrarrestar el efecto de los químicos y los sulfatos, y la sección a usar, dependerá del diseño requerido.

#### **1.1.4. Tipos de muros**

Existen varios tipos de muro esto va a ser según su construcción y su concepción:

- Muro reforzado: este tipo de muro se va a caracterizar por llevar refuerzo de acero en el interior de la mampostería y su distribución es vertical y horizontal. Debido a la forma de su construcción con este método se necesita mano de obra calificada y unidades de mampostería especiales para colocar el refuerzo, además se debe utilizar un concreto fluido más conocido como *graout*, con un revenimiento comprendido entre 8 y 11 pulgadas. El concreto fluido debe vaciarse en los compartimientos del *block* y verificar que se llenen todos los vacíos, en caso donde todas las cavidades se llenan se garantiza un sistema con capacidad especial de disipar la energía dentro del rango inelástico, pero si solo se llenan las cavidades donde es colocado el refuerzo, actúa como un sistema con capacidad moderada de disipación de energía dentro del rango inelástico.
- Muro confinado: se denomina muro confinado a los muros de mampostería que tienen el refuerzo vertical y horizontal concentrado en elementos de concreto, conocidos como mochetas y soleras respectivamente. Los muros confinados son un sistema muy utilizado para construcciones de viviendas y otras construcciones importantes. La importancia de estos muros se debe al comportamiento satisfactorio que ha presentado ante

sismos moderados. La importancia de este sistema radica en el confinamiento que proporciona a los muros de mampostería, ya que funciona como un zuncho (abrazadera, anillo de refuerzo), evitando que los muros, al agrietarse, queden totalmente sueltos. Adicionalmente, las columnas y soleras contribuyen a mantener la capacidad ante cargas laterales y más aún, a incrementar después del agrietamiento inicial. Asimismo, con una adecuada cantidad y distribución del refuerzo permite un aumento de capacidad de deformación lateral de los muros y disminución del deterioro de rigidez y resistencia.

## **1.2. Tipos de mortero**

Los morteros serán para pegar los elementos mampuestos dentro del ámbito de la albañilería, ya que estos permiten mantener juntos los elementos, mantenerlos estables y de una forma que físicamente estos sean sismos resistentes.

Hay varios tipos de morteros esto dependerá del tipo de material que tendrá que ser el adecuado para ser de pega dentro de la albañilería, esto será importante para que sea la pega la adecuada y así no tener desprendimiento ni ladeo, ya que esto puede ser perjudicial a los demás.

El mortero representa solamente una pequeña proporción del total de la superficie del muro construido con bloques de hormigón (aproximadamente un 7 %), su influencia en el comportamiento general de la pared es significativa. El mortero cumple con importantes funciones dentro de las cuales se pueden mencionar:

- Adhiere a los *blocks* entre si conformando una estructura integral de resistencia predecible.
- Sella las juntas a una posible penetración de aire y humedad.
- Acomoda los pequeños movimientos que se producen dentro de las paredes.
- Recubre la armadura de junta reduciendo la contracción y controlando la fisuración.
- Actúa como vínculo de unión con las armaduras de refuerzo, estribos y elementos de anclaje de manera tal que todos los elementos incluidos en el muro se comporten en forma monolítica.

La trabajabilidad del mortero es especialmente importante; debe tener una plasticidad tal, que se pueda adherir totalmente a los *blocks*, sin escurrirse. La consistencia necesaria para ello puede determinarse de forma práctica colocando una porción del mortero sobre la cuchara, y ponerla en posición vertical o invertida, sin que escurra.

### 1.2.1. Clasificación

Los morteros tendrán su clasificación según sea el mampuesto que se utilizará, ya que ese sino es el adecuado no tendrá un buen agarre para el mampuesto. Dentro de los morteros se pueden clasificar según su tipo de aglomerante, estos son:

- Morteros de cal: son aquellos morteros que son fabricados por cal, arena y agua. Este tipo de mortero es utilizado como revestimiento también. Entre la cal esta la aérea que esta será la que contiene muchos silicatos y tiene un comportamiento diferente, sobre todo como materiales de construcción. Este tipo de cal contiene propiedades muy adecuadas, ya

que sus morteros tienen la particularidad de ser permeables al vapor de agua (no a la lluvia) que dejan transpirar las paredes, lo que confiere a los parámetros cualidades higroscópicas para regular la humedad de los ambientes. Este tipo de mortero no es recomendado por que estos dañan a los operarios, ya que dañan la piel y para su manejo deben utilizar medidas de seguridad como guantes, gafas entre otros para no dañarse. Estos se pueden caracterizar por su plasticidad, color y por su trabajabilidad en la aplicación.

- Morteros de cemento: esta es una mezcla de arena y agua con cemento. Estos morteros pueden ser pobres o ásperos que son aquellos que tienen poca cantidad de cemento y, por consiguiente, poseen menos adherencia y resultan más difíciles de trabajar. Los morteros que no contienen gran cantidad de cemento se retraen y muestran fisuras, además de tener mayor costo, para evitar que estos no contengan un alto costo será de buscar una dosificación adecuada.
- Morteros de cemento de aluminato de calcio: están conformados por arena y agua, si en este tipo de mortero la arena es del tipo refractaria obtenemos los morteros refractarios.
- Morteros bastardos: son constituidos por base de cemento Portland y cal aérea, estos morteros compuestos por dos clases de conglomerantes compatibles, es decir, cemento y cal. Se caracterizan por su alta trabajabilidad, comunicada por la cal, presenta colores claros por lo que se utilizan como morteros de agarre en fábricas de ladrillo cara vista.

Hay morteros especiales que es la clasificación de cemento Portland, ya que utiliza conglomerantes. Ahora bien, existen morteros especiales como:

- Morteros expansivos (*grout*).



- Morteros refractarios: existen otra clase de morteros derivado a que estos tienen poca cantidad de cemento son los llamados morteros pobres y ásperos, esos morteros son muy difíciles de trabajar. los morteros que son capaces de soportar temperaturas elevadas sin corroerse o debilitarse por el entorno.
- Morteros con aireante: es el mortero que se compone de cemento anhidrita y arena junto con un aditivo este mejora la plasticidad del material y disminuye la densidad del material.

### **1.2.2. Resistencia y su uso dentro del *block***

El mortero cuando se emplean arenas con ligeros contenidos de limo o arcilla, para darle mayor trabajabilidad al mortero, sin embargo, los morteros fabricados con este tipo de arena no son muy resistentes. Si el mortero tiene muy poco cemento la mezcla se hace áspera y poco trabajable, ya que las partículas de arena se rozan entre sí, pues no existe suficiente pasta de cemento que actúe como lubricante.

Por otro lado, si el mortero es muy rico, es decir, con alto contenido de cemento, es muy resistente, pero con alta retracción en el secado, o sea muy susceptible de agrietarse; estos morteros solo se usan en obras de ingeniería que exijan altas resistencias, tales como muros de contención o cimientos.

Dentro del mortero se logra encontrar que es dependiendo del tipo del *block* es así como debe tener su resistencia siendo este los ensayos de comprensión que son unos cubos en la Norma COGUANOR NTG 41050 o la ASTM C270, los ensayos normalmente se realizan a 7, 28 y 96 días desde su fabricación.

Tabla V. Resistencia a compresión

Mortero	tipo	Resistencia a la compresión promedio mínima MPa (lb/pulg <sup>2</sup> )	Retención de agua mínima %	Contenido de aire máximo % <sup>B</sup>	Proporción de agregado (medido en condiciones húmedo suelto)
Cemento -cal	M	17,2 (2500)	75	12	No menos que 2¼ y no más que 3½ veces de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	12,4 (1800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14 <sup>C</sup>	
	O	2,4 (350)	75	14 <sup>C</sup>	
Cemento para mortero de pega	M	17,2 (2500)	75	12	
	S	12,4 (1800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14 <sup>C</sup>	
	O	2,4 (350)	75	14 <sup>C</sup>	
Cemento de mampostería	M	17,2 (2500)	75	18	
	S	12,4 (1800)	75	18	
	N	5,2 (750)	75	20 <sup>D</sup>	
	O	2,4 (350)	75	20 <sup>D</sup>	

Fuente: Norma GOGUANOR 41050, *Mortero de pega para unidades de mampostería*. p. 35.

La resistencia y la adherencia del mortero de la junta, depende de que el cemento logre el mayor grado de hidratación posible, por lo que es necesario evitar que dicho mortero pierda el agua de mezcla. Para esto, es necesario curarlos, teniendo especial cuidado, de que los bloques no se vayan a humedecer, para evitar su contracción posterior por secado. Se parte del supuesto que los bloques fueron curados en planta, por lo tanto, se debe curar únicamente las sisas de mortero.

Si el mortero tiene demasiada cantidad de cemento es más resistente, pero es más susceptible a las grietas (ver tabla VI).

Tabla VI. **Dosificación y uso del mortero de cemento**

MORTERO	USOS
1:1	Muros muy ricos para impermeabilizar, relleno
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos, relleno
1:3	Impermeabilizaciones menores, pisos
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosas, pañetes finos.
1:5	Pañetes exteriores, pega para ladrillos y baldosas, pañetes y mampostería en general, pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañetes interiores, pega para ladrillos y baldosas, pañetes y mampostería en general, pañetes no muy finos.
1:8 y 1:9	Pegas para construcción que se van a demoler pronto, estabilización de taludes en cimentaciones.

Fuente: Cultura, Recreación y Deporte Instituto Distrital de Recreación y Deporte  
[www.idrd.gov.co/especificaciones/index.php](http://www.idrd.gov.co/especificaciones/index.php). Consulta: agosto de 2015.

Los morteros según su uso se clasifican en:

- Morteros que tienen suficiente resistencia y por lo tanto pueden soportar cargas a compresión, como sucede en la mampostería estructural.
- Morteros que mantienen unidos los elementos en la posición deseada, tal es el caso del mortero de pega.
- Morteros que proveen una superficie lisa y uniforme, estos son los morteros de revestimiento y revoque.
- Morteros que sirven para rellenar, juntas entre diferentes elementos constructivos.

Los morteros tienen una función estructural, y se usan en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en los muros.

Existen otros morteros que no tienen función estructural y se destinan a recubrimiento como repellos o revoques.

- Morteros de pega este debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada, ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.
- Mortero de relleno, se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia.
- Morteros de recubrimiento, ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante.

### **1.3. Cargas que afectan a los muros**

Todas las estructuras deben ser diseñadas para soportar su propio peso, cualquier fuerza sobre impuesta, que puede ser el peso muerto de otros materiales, carga viva, presión del viento, fuerzas sísmicas y presión de tierra. Estas cargas verticales y horizontales, pueden ser de corta duración como el caso de terremotos o de larga duración como la carga muerta de maquinaria y equipo.

La dirección de la carga, se tomará como la carga estructural en un sistema, la carga vertical y horizontal viajan y se distribuyen desde un punto de aplicación a la fundación: cimiento o zapata para ser transmitido al suelo.

Cada estructura posee sus peculiares condiciones de dirección de cargas, basadas en los sistemas constructivos utilizados y sus materiales. Las estructuras de mampostería utilizan los muros para resistir corte y transferir las cargas verticales y horizontales al cimiento.

### **1.3.1. Cargas verticales**

Las estructuras deben ser diseñadas para soportar su propio peso, cualquier fuerza sobre impuesta, que puede ser el peso muerto de otros materiales, carga viva, presión de viento, fuerzas sísmicas y presión de tierra.

#### **1.3.1.1. Cargas muertas**

Son fuerzas estacionarias las cuales incluyen el peso propio de la estructura y el peso de equipo y maquinaria permanente. El peso real de los materiales y de construcción puede ser usado también. Se incluye el peso de equipo de servicio que se encuentra empotrado, como bombas en línea y de pico, lo relacionado con equipo eléctrico, ventilación y aire acondicionado, sistema contra incendios.

Debido a que los pesos reales (de la estructura y sus componentes) no están determinados explícitamente, la carga muerta usualmente se obtiene de cálculos de pesos específicos de los elementos estructurales y no estructurales, del equipo y maquinaria dada por el fabricante.

Los elementos no estructurales pueden ser: tabiques, baldosas, cielo falso, todo aquello que pueda estar anclado o sujetado en la estructura, pero que no sean elementos para resistir o trabajar estructuralmente, pero que si pueden provocar acciones o sollicitaciones de esfuerzos sobre la estructura.

#### **1.3.1.2. Cargas vivas**

Son fuerzas de corta duración pero que tienen la peculiaridad de ser variables en magnitud y ubicación. En estas cargas se incluyen personas, muebles, plantas, equipo no estacionario, en techos incluir carga de agua por lluvia; debido a que las cargas verticales se les conoce también como gravitacionales existen dos condiciones especiales que generan acciones verticales y en mayor medida horizontales.

#### **1.3.1.3. Cargas de lluvia**

Las partes de los techos deberán estar diseñados para soportar la carga que genera el agua de lluvia que se acumulará sobre la misma si el sistema de desagüe para ese techo se tapaná.

#### **1.3.2. Cargas horizontales**

Las cargas pueden ser de corta duración como el caso de terremotos. Las cargas serán transferidas a la cimentación para así poder disipar toda energía que sea aplicada a un edificio o a un muro.

### **1.3.2.1. Cargas de viento**

El viento de acuerdo a la mecánica de fluidos es aire en movimiento y se rige por el principio de la misma, la que presenta efectos de flujos netos de fuerza en y al redor de la estructura y en la superficie del suelo; de allí que todas las estructuras en su conjunto y parte de ellas deben diseñarse y construirse para resistir los efectos del viento determinados en cada lugar.

Los vientos se clasifican de acuerdo a su velocidad, una de ellas puede ser:

- Brisa con velocidad de hasta 6 km/h.
- Viento fuerte velocidades de 50 a 60 km/h.
- Huracán en promedio pueden alcanzar velocidades de 160 km/h.

### **1.3.2.2. Cargas de sismo**

Concepto que se relaciona con cambio, desplazamiento en función del tiempo; es decir que se mantiene una relación entre movimiento y tiempo. De allí que la tierra con sus tres movimientos como conjunto participa de esta relación, de esto también se mencionan que las rocas se pueden clasificar por su evolución, llamándose:

- Ígneas las que fueron constituidas por materias incandescentes (volcánicas o plutónicas, según provengan o no de volcanes).
- Sedimentarias las que se han disgregado por la acción de agentes exógenos.

- Metamórficas las que con el transcurso del tiempo han tenido alteraciones por medios químicos, físicos o mecánicos.



## 2. PRINCIPIO DOPPLER

El efecto o principio Doppler fue llamado así por el físico austriaco Christian Andreas Doppler, esto es el cambio de frecuencia de una onda producida por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador. Dicho principio fue propuesto en 1842 en su tratado *Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels* (Sobre el color de la luz en estrella binarias y otros astros).

En 1845 Christoph Hendrick Diederik Buys Ballot investigó la hipótesis para el caso de ondas sonoras y confirmó que el tono de un sonido emitido por una fuente que se aproxima al observador más agudo que si la fuente se aleja.

Hippolyte Fizeau descubrió independientemente el mismo fenómeno en el caso de ondas electromagnéticas en 1848. En Francia este efecto se conoce como efecto Doppler-Fizeau y en los países bajos como el efecto Doppler-Gestirna.

En el caso del espectro visible de la radiación electromagnética, si el objeto se aleja, su luz se desplaza a longitudes de ondas más largas, desplazándose hacia el rojo. Si el objeto se acerca, su luz presenta una longitud de onda más corta, desplazándose hacia azul. Esta desviación hacia el rojo o el azul es muy leve incluso para velocidades elevadas, como las velocidades relativas entre estrellas o entre galaxias, y el ojo humano puede captarlo, solamente medirlo indirectamente utilizando instrumentos de precisión como espectrómetros. Si el objeto emisor se moviera a fracciones significativas de la velocidad de la luz, si sería apreciable de forma directa la variación de longitud de onda. En el efecto Doppler se pueden ver variaciones por el medio de la velocidad del sonido,

variaciones del 4 % que, es una fracción suficientemente grande como para provocar que se aprecie claramente el cambio del sonido, desde un tono más agudo a uno más grave, esto dependerá de la posición del observador, ya que este es quien tomará la diferencia del sonido.

El efecto Doppler ha encontrado muchas utilidades en astronomía, radares y medicina. En el ultrasonido diagnóstico cardiovascular se ha utilizado para determinar el movimiento de los corpúsculos sanguíneos, válvulas y estructuras cardíacas.

## **2.1. Conceptos y principios de onda**

Una onda es la perturbación que se propague por el espacio y que es capaz de transportar energía de un punto a otro, pero no material. Es un fenómeno físico donde un aparente cambio de frecuencia de onda es presentado por una fuente de sonido con respecto a su observador cuando esa misma fuente se encuentra en movimiento.

Es el cambio en la frecuencia de una onda (u otro evento periódico) para un observador con respecto a su fuente en movimiento. Las ondas son uno de los fenómenos físicos más fundamentales: las ondas sobre la superficie del agua y los terremotos, las ondulaciones en resortes, las ondas de luz, las ondas de radio, las ondas sonoras, entre otros.

La propagación de una onda puede interpretarse haciendo uso del modelo de la cadena lineal. Esta cadena está compuesta de una serie de partículas de igual masa separadas de resortes también iguales. Este modelo permite explicar el comportamiento de los cuerpos elásticos y por lo tanto la propagación de las ondas mecánicas.

En el caso de las ondas sonoras y de la luz, se acostumbra analizar a una onda como la suma de ondas sinusoidales simples.

- Principio de superposición

También conocido como propiedad de superposición, establece que, para todos los sistemas lineales, la respuesta de la red en un lugar y tiempo determinados causada por dos o más estímulos es la suma de las respuestas que habrían sido causadas por cada estímulo individual. Así que, si la entrada A produce una respuesta X y la entrada B produce respuesta Y entonces de entrada (A + B) produce una respuesta (X + Y).

- Principio de Fresnel

Todo punto de un frente de onda inicial puede considerarse como una fuente de ondas esféricas secundarias que se extienden en todas las direcciones con la misma velocidad, frecuencia y longitud de onda que el frente de onda del que proceden.

### **2.1.1. Clasificación de ondas**

Las ondas se pueden clasificar según su forma en que estas estén en vibración o entre en resonancia entre sus partículas, también según la naturaleza, esto se refiere a su forma de originarse.

- Ondas transversales y longitudinales: este tipo de onda transversal va en el sentido de la propagación y en dirección de la vibración de las partículas del medio que son perpendiculares. En una onda longitudinal esta va en

el sentido de la propagación y la dirección de vibración de las partículas donde estas coincidirán.

- Ondas mecánicas y electromagnéticas: este tipo de onda son las que se van propagando a través del aire, las que se van produciendo en la superficie del agua, en una cuerda, o en el pulso que se mueven en un resorte. Todas estas se van propagando a través de un medio material formado por partículas. Este tipo de onda se le llama como ondas mecánicas. Las ondas que no es necesario que se transmitan por medio de un material, así como los satélites que son capaces de retransmitir las ondas que no necesitan de una media materia para su propagación se les denomina ondas electromagnéticas. Entre estos están los teléfonos celulares o el control remoto.
- Ondas viajeras: este tipo de onda son los que van transportando como energía sonora y han logrado viajar desde la fuente hasta el receptor. Esto sería lo mismo que las ondas sísmicas de un temblor estas se van propagando desde el hipocentro hasta el centro de posición del receptor. Este tipo de onda se propagan libremente por el espacio, transportando la energía, estas pueden ser mecánicas o electromagnéticas, transversales o longitudinales. En este tipo de ondas sucede que la amplitud va disminuyendo a medida que se aleja de su fuente, de la misma manera que un sonido se hace cada vez más débil con la distancia.
- Ondas estacionarias: este tipo de onda se forma cuando una onda viajera se refleja invertida con respecto de la onda incidente, en el extremo de un determinado medio; de esta manera, ambas ondas se superponen (original y la refleja), generando una onda que aparece estar fija. Entonces, cada partícula del medio oscila con una amplitud fija. Este fenómeno puede ocurrir en cuerdas vibrantes, como los de un piano o una guitarra, y en tubos como en el caso de una flauta o en el tubo de un órgano. En

las ondas estacionarias la energía no se propaga libremente, sino que esta confinada en una determinada región del espacio.

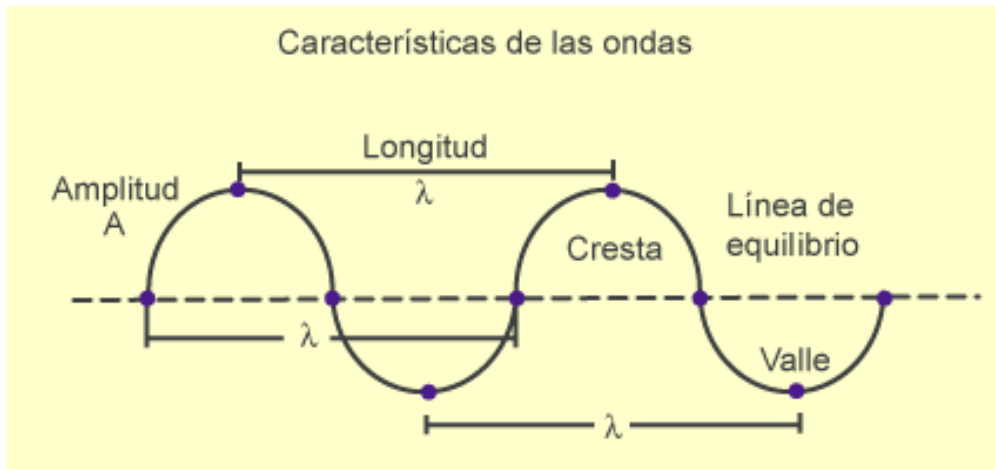
- Ondas armónicas: este tipo de onda son los pulsos que estos producen en la vibración suceden con el periodo fijo, es decir, están espaciadas con igual intervalo de tiempo, si se deja caer una gota de agua (de igual masa) sobre un estanque cada un segundo: se puede producir ondas circulares que se podría denominar armónicas. Este tipo de onda también se le puede denominar periódicas, por tener un periodo característico, como en el caso de un sonido producido por un diapason que genera un tono puro, con una frecuencia que es siempre la misma.

### **2.1.2. Elementos de las ondas**

Entre los elementos que se pueden apreciar dentro de las ondas son las siguientes:

- Longitud de onda: es la distancia entre dos ondas consecutiva, se producen distintos círculos concéntricos consecutivos, a esto se le denomina frentes de ondas. Cuando se trata de vibraciones periódicas, se puede apreciar que la distancia es siempre la misma. La longitud de onda se mide en metros y es una característica de todas las ondas. Mientras mayor sea su frecuencia de una vibración, menor será su longitud de ondas, esto quiere decir que estarán más cercanas entre si los frentes de ondas.
- Amplitud de onda: la amplitud de onda representa la elongación máxima que alcanzan las partículas en un determinado medio en su vibración. La amplitud de dicho movimiento está dada por la distancia que recorre la masa desde su posición e equilibrio. Mientras mayor es la amplitud de una onda, mayor es la energía que se propaga.

Figura 1. **Elementos de onda**



Fuente: QUINTERO TORRES, Rafael <https://mind42.com/public/bd4abfc0-39c6-4d4c-8ac7-0ca31cfb5e10> Consulta: junio de 2016.

### 2.1.3. **Elementos temporales de las ondas**

Entre los periodos temporales de una onda que corresponden al periodo y la frecuencia, tienen relación con el tiempo; el tiempo se mide en segundos, y la frecuencia en Hz. La frecuencia y el período se pueden representar en el eje X, y la amplitud de la onda en el eje Y. Entonces, la altura daría la amplitud, y la distancia entre dos máximos sería el tiempo que transcurre en un período completo de oscilación, es decir, representaría el período de la onda.

### 2.1.4. **Rapidez y propagación de una onda**

La rapidez es una de las magnitudes físicas más importantes. Ella da la razón de cambio entre la distancia recorrida y el tiempo. Las unidades físicas de la rapidez en el Sistema Internacional de Unidades es metro/segundo (m/s).

Interesa saber con qué rapidez se propaga una onda. Se considera la definición general de rapidez como:

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde  $d$  es la distancia, y  $t$  es el tiempo empleado en recorrer esa distancia. En el caso de una onda, las características espaciales y temporales que se pueden conocer son la longitud de onda y el periodo respectivamente. Como el periodo es el tiempo que separa dos frentes de onda consecutivos, la rapidez de propagación de una onda se determina de la siguiente manera:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Donde  $\lambda$  se mide en metros y  $T$  en segundos. Ahora bien, como el periodo está ligado de manera inversa proporcional con la frecuencia, al remplazar el periodo por  $1/f$ , da

$$v = \lambda * f$$

Donde la rapidez se mide en m/s, la longitud de onda en m, y la frecuencia en Hz.

Hay que tener presente de una onda la determinan las propiedades del medio por el cual se propagan. El sonido viaja más rápido en el agua que en el aire.

## 2.2. Utilización y aplicaciones

La primera aplicación clínica del DTC fue la detección y seguimiento del vaso espasmo en la hemorragia subaracnoides (HSA). Desde entonces han ido sugiriéndose otras aplicaciones lo que llevó en 1990 a la Academia Americana de Neurología a delinear un listado de aquellas en las que la experiencia había demostrado su utilidad y reproductibilidad. En aquel momento, cinco eran las aplicaciones clínicas reconocidas:

- Detección de estenosis severas (> 65 %) de las arterias basales cerebrales.
- Estudio de los patrones de circulación colateral en pacientes con estenosis severa u oclusión conocida.
- Evaluación y seguimiento de pacientes con vasoconstricción de cualquier causa, particularmente tras la HSA.
- Detección de malformaciones arterio venosas (MAV) y estudio de las suplencias arteriales y sus flujos.
- Estudio de los cambios en la velocidad y flujo de pacientes con sospecha de muerte cerebral.

Actualmente, otras muchas aplicaciones han demostrado su interés y utilidad, y otras están siendo investigadas. El listado de aplicaciones del Doppler trans craneal podría resumirse:

- Aplicaciones establecidas:
  - Estudio de la isquemia cerebrovascular.
  - Monitorización en la HSA.
  - Estudio de la MAV.
  - Muerte cerebral.
  - Aplicaciones de posible utilidad o en investigación.



- Estudio de la recuperación funcional tras el ictus.
- Valoración de las áreas funcionales (lenguaje y memoria) para la cirugía de la epilepsia.
- Estudio diagnóstico de demencias.
- Monitorización perioperatoria.
- Monitorización en técnicas endovasculares, resucitación, entre otros.
- Trombosis venosas cerebrales diagnóstico o seguimiento de otros procesos (anemia falciforme, E. de Takayasu, Moya-moya, dolicoectasias, meningitis, migraña, trastornos del sueño).

Los sistemas de radar que permiten medir la velocidad de los cohetes, de los satélites e incluso de los automóviles que superan los límites establecidos de velocidad. También es útil en astronomía para medir la rotación y velocidad a la que los astros se mueven, y en la electrónica para compensar desviaciones de frecuencia en las señales detectadas por los receptores de telefonía celular o de enlaces satelitales, principalmente en sistemas de órbitas bajas. Así mismo es usado por los sistemas de (GPS) *Global Positioning System* conformado por una constelación de 24 satélites con alta precisión de localización, aún mayor para los dispositivos militares que para los ya muy bien desarrollados y bastante extendidos dispositivos civiles. Hoy en día el efecto Doppler ha permitido el desarrollo de equipos de ultrasonido que permiten el estudio de la dinámica sanguínea (Eco Doppler) dentro de los vasos y la evaluación de válvulas y otras estructuras cardiovasculares.

El efecto Doppler se aplica tanto a las ondas luminosas (ondas electromagnéticas) como a las ondas sonoras, de hecho Christian Doppler llegó a describir su idea en un intento fallido por explicar el color de las estrellas, no obstante luego el efecto Doppler se convertiría en la base para explicar lo que se

conoce como corrimiento al rojo (*redshift*) que se refiere a la absorción conocida hacia longitudes de onda mayores, es decir hacia el extremo rojo del espectro visible de los cuerpos celestes que se alejan de la tierra. Líneas que normalmente se encuentran en la región de color violeta para una galaxia con respecto a la tierra se observa que se desplazan 10 nm hacia el extremo rojo del espectro lo que indica que se alejan de la tierra. A un aumento de la frecuencia de la luz se le llama corrimiento al azul (*blueshift*), porque la frecuencia es mayor hacia el extremo azul del espectro. Una estrella que gira muy rápidamente tiene un corrimiento al rojo en el lado que se aleja de nosotros y un corrimiento al azul en el lado que se acerca a nosotros, esto permitirá el cálculo de la rapidez con la cual rota la estrella. El astrónomo Edwin Hubble aplicó esto para confirmar que la mayoría de las galaxias se alejan de la tierra de manera que el universo se encuentra en una continua expansión.

Otra de las aplicaciones dentro del electromagnético son los aspectos que permiten hacer diferencias entre las distintas zonas del aspecto electromagnético son la frecuencia y la longitud de onda, y se cumple con las ondas que poseen mayor frecuencia de oscilación son las que transportan más energía.

Las ondas de la luz se analizan de manera diferente a como se hace con las ondas sonoras pues no requieren de ningún medio para propagarse y no hay un método para distinguir el movimiento de la fuente de luz del movimiento del observador (efecto Doppler relativista).

Entre las múltiples aplicaciones clínicas de la ecografía Doppler se destacan las siguientes:

- Permite caracterizar el vaso. Distingue una arteria de una vena por el tipo de flujo característico; así como el tipo de flujo arterial: de alta resistencia

(propio de las arterias musculares) y flujo de baja resistencia (propio de las arterias que irrigan parénquimas).

- Detectar flujo en un vaso o en un órgano o lesión: diagnóstico de oclusiones en arterias y en venas (en éste caso como complemento a la compresión con eco B). Estudio de alteraciones del flujo en órganos, como en la isquemia por torsión testicular.
- Valora el sentido del flujo: estudio de la insuficiencia venosa (detecta el reflujo patológico).
- Existen varios índices para medir los efectos de los cambios en las resistencias vasculares periféricas (de resistencia, de pulsatilidad y ratio sístole/diástole). Suelen emplearse para el estudio de cambios en la vascularización de órganos secundarios a patología parenquimatosa.
- El índice y el tiempo de aceleración sistólica sirven para analizar los cambios en zonas distales a la lesión. Se emplean en el estudio de la hipertensión arterial vasculorrenal.

### **2.3. Aparatos existentes**

Efecto Doppler aplicado al ultrasonido: en cuanto a su aplicación clínica hay que destacar que los objetos a los cuales se analiza la velocidad dentro del torrente sanguíneo son los hematíes que conforman la mayor parte de los corpúsculos sanguíneos. Su principio se basa en que al pasar el ultrasonido por la sangre en movimiento parte de estas ondas serán reflejadas por los hematíes de vuelta al emisor de ultrasonido (transductor), que posee cristales que transformarán la energía mecánica recibida en señales eléctricas. La variación de frecuencias del sonido reflejado por los hematíes será proporcional a la velocidad de estos corpúsculos.

Otra aplicación en la medicina quizás es donde ha tenido aplicaciones más significativas, pues ha permitido visualizar partes internas del cuerpo humano, sin dañar los tejidos, como sucede con algunas radiaciones electromagnéticas.

En la ecografía Doppler se codifica el flujo mediante un rango cromático cuya saturación dependerá de la velocidad relativa del flujo, y oscila del color rojo al azul, así que el flujo que se acerca al transductor es codificado en rojo y el que se aleja del transductor es codificado en azul (inversamente a lo que sucede con las estrellas). Las turbulencias de flujo se expresan en gamas cromáticas intermedias, van del verde al amarillo brillante, casi blanco cuando supera las escalas de velocidad prefijadas para el equipo en función de la frecuencia de repetición de pulsos (PRF) utilizada, fenómeno conocido como *aliasing* (viene de alias: falso). Las primeras imágenes de flujo en color en tiempo real fueron producidas en 1985 y solo fueron posibles gracias a la utilización de métodos matemáticos para conocer la frecuencia Doppler media que permitió que la recogida y análisis de los ecos de ultrasonido fueran bastante rápidos para permitir la producción de mapas de flujo en color capaces de mostrar el flujo pulsátil de la sangre en tiempo real.

Esto permite observar distintos órganos internos, así como el desarrollo embrionario o fetal al interno de la madre, y así como determinar posibles malformaciones o enfermedades durante la gestación. Este sistema está ligado con el ultrasonido, ya que el sistema consiste en un transductor que se pone sobre el cuerpo que se quiere investigar, que emite las ondas de ultrasonido, luego estas se reflejan en el cuerpo y se visualiza en una pantalla.

Partiendo de la base de que el sonido transporta energía, una intensidad excesiva de este tipo de ondas puede llegar a causar daño en los tejidos si son absorbidas por ellos. Además, debido a que muchas especies animales utilizan

cotidianamente el ultrasonido, el uso de máquinas por parte del ser humano puede producir la desorientación de muchos de ellos.

Radar de pulsos: este envía señales en ráfagas muy cortas (millonésimas de segundo) pero de una potencia muy elevada. Para determinar la distancia el radar de pulsos mide el tiempo que la señal tarda en alcanzar el objetivo y volver al receptor (tiempo de vuelo).

A partir de este tiempo y la velocidad de propagación de una onda electromagnética se calcula la distancia.

Si se realiza un seguimiento del objetivo con varios pulsos separados un determinado tiempo  $T$  (segundos) se puede conocer también su velocidad según los cambios de posición con cada pulso transmitido.

Muchos radares meteorológicos utilizan esta tecnología, ya que es interesante localizar una tormenta o un huracán, pero su velocidad no es tan elevada como para ser medida haciendo uso del radar.

Radar de onda continua: los radares de onda continua, como su nombre indica, utilizan señales continuas en vez de ráfagas cortas. Se diferencian dos tipos, el radar Doppler y el radar FM.

El radar Doppler se utiliza para realizar medidas precisas de la velocidad de un objeto. Este tipo de radar transmite una onda continua de frecuencia fija. Cuando esta señal encuentra un objeto en movimiento la frecuencia de la onda reflejada cambia con respecto a la transmitida que se toma de referencia. Utilizando esta variación de frecuencia el radar determina la velocidad del

objetivo. Los radares de tráfico de la policía y los utilizados en competiciones deportivas son algunos ejemplos de radares con esta tecnología.

Los radares FM también emiten señales continuas, pero en este caso moduladas en frecuencia. A diferencia del radar Doppler, estas variaciones en frecuencia de la señal transmitida permiten no solo conocer la velocidad del objetivo sino también su posición.

Para el sonar lo utilizan mamíferos acuáticos como los delfines y las ballenas utilizan hace millones de años sistemas de ecolocalización, es decir, localización de objetos a través del eco. Sabemos que el eco es un efecto de la reflexión de las ondas sonoras. Este fenómeno se aplica en el sonar, un instrumento capaz de identificar objetos subacuáticos, utilizando principalmente en embarcaciones militares y de estudio científico.

Gracias al sonar se ha podido saber, el relieve submarino, lo que es de gran utilidad para trazar las rutas de las embarcaciones comerciales o bien para la exploración científica. De esa manera se ha descubierto que bajo el mar existen cordilleras, mesetas, fosas abismales, quebradas y muchos otros accidentes geográficos.

El primer registro de la utilización del sonido para efectos de la navegación se atribuye a Leonardo da Vinci, quien utilizaba un tubo sumergido en el agua, poniendo su oído en el extremo libre, para detectar embarcaciones. Es importante mencionar que en el agua salada el sonido se transmite con una rapidez mayor que en el agua dulce, por tener una mayor densidad, lo que hace eficiente este método. En el siglo XIX se usaron campanas subacuáticas como complemento a los faros para avisar del peligro a los marineros. Luego de la tragedia del hundimiento del Titanic, el desarrollo del sonar fue perfeccionado

para hacer más segura la navegación, y durante la Primera Guerra Mundial se registraron también grandes avances, pues se hizo necesario para detectar buques submarinos.

- Ondas de radio: estos pueden tener longitudes de onda entre 1 m y  $1 \times 10^5$  m, se originan por la vibración de electrones en alambres conductores de circuitos eléctricos, presentes en aparatos como televisores como el Sol, cuya intensidad en ocasiones puede provocar interferencia en los sistemas de comunicación de la Tierra.
- Microondas: se producen en ciertos circuitos eléctricos oscilantes el tamaño de su longitud de onda es entre 1 mm y 1 m. Se utilizan mucho en hornos y en telefonía. El universo está lleno de residuos del *big bang*; aquella radiación se produce principalmente en este rango.
- Rayos infrarrojos: su longitud de onda fluctúa entre los 0,7  $\mu$ m y 1 mm. Es común que esta radiación sea emitida por cuerpos calientes debido a la vibración de sus átomos y moléculas, o en aquellos que varía su energía interna.
- Luz visible: es la más conocida pues se puede percibir con los ojos. Su longitud de onda fluctúa entre los 400 y 700 nm. Puede generarse por los saltos de electrones en un medio material.
- Rayo ultravioleta: su longitud de onda es inmediatamente menos que la luz visible (1 a 400 nm). Puede ser producida por saltos de electrones y fuentes de calor como el Sol.
- Rayos X: como atraviesan los tejidos blandos, pero no los huesos, son utilizados en medicina para radiografías, aunque una sobreexposición puede ser dañina. Su longitud de onda varía de los 0,01 a 10 nm.
- Rayos gamma: es la radiación más penetrante, pudiendo causar severos daños en los seres vivos. Se origina en el núcleo de algunos átomos. Su longitud de onda es menor que a los 10 pm.

### **2.3.1. Aplicaciones del espectro electromagnético**

La vida contemporánea está llena de aplicaciones de las ondas electromagnéticas, en los distintos rangos del espectro. La tecnología, como una aplicación de la ciencia, se ha visto muy enriquecida con el descubrimiento de aquellas regiones invisibles del espectro electromagnético.

También otras disciplinas de la ciencia se han beneficiado del espectro electromagnético, principalmente aquellas que basan su conocimiento en la información que pueden obtener de la luz recibida de ciertos cuerpos, como el caso de la Astronomía o la Química.

En la Astronomía, principalmente, los avances han sido asombrosos gracias a la mejor comprensión de la naturaleza de la luz, ya que ella constituye la información de los cuerpos que están en el espacio; esto es porque los cuerpos celestes como las estrellas revelan una faceta de la naturaleza que al explorarlas hay distintas longitudes de onda, esto ocurre igual con las galaxias, nebulosas, agujeros negros, cometas y otros cuerpos que existen en el espacio.

### **2.3.2. Infrasonido**

El infrasonido se le denomina a aquellas ondas sonoras cuyas frecuencias son menores de los 20 Hz. Se ha detectado este tipo de onda en catástrofes naturales como terremotos, erupciones volcánicas y tornados. Entre otros también los animales pueden emitir y percibir ondas sonoras en aquellos rangos.

El elefante es uno de ellos que se puede comunicar a varios kilómetros de distancia utilizando frecuencias infrasonido; a su vez las ballenas y los tigres emiten, en un canto y rugido, esto les ayuda a paralizar a las presas. Los



músculos humanos al contraerse y distenderse también emiten ondas sonoras en el rango del infrasonido.

### **2.3.2.1. Aplicaciones del infrasonido**

El infrasonido tiene la cualidad de ser muy poco absorbido por los medios materiales, los sonidos graves son capaces de llegar más lejos de su fuente, por eso al momento de haber una fiesta y sea retirado del lugar se podrá apreciar solo tonos como lo son los bajos. Esta propiedad hace el infrasonido ideal para detectar objetos inmersos en algún medio material, donde no llega la luz.

Otra aplicación, a futuro, es la detección de ondas que se producen con anticipación en ciertas catástrofes naturales, como lo que son las erupciones volcánicas, los terremotos y tornados.

Entre los seres vivos que pueden sentir el infrasonido son los animales como los elefantes, las ballenas y los tigres, entre otros, con capaces de producir y percibir infrasonidos, lo que les permite en ocasiones advertir con anticipación ciertas catástrofes naturales. El ser humano también es capaz de sentir el infrasonido, entre estos serían los ventiladores o turbinas de aviones que son capaces de generar una onda sonora que induce cefaleas y nauseas. Hay estudios psicoacústicos que relacionan la percepción de infrasonido con ciertos estados de tristeza o ansiedad. Es importante mencionar que aunque no sean percibidos directamente por nuestro sistema auditivo, pueden provocar resonancia en cavidades corporales, alternando el ritmo natural del cuerpo humano y, en general, de los seres vivos.

### **2.3.3. Ultrasonido**

Esto se puede observar que mientras se eleva la frecuencia del sonido, este se percibe cada vez más agudo, hasta el punto en que deja de oírse por completo. Esto sucede alrededor de los 20 KHz. Desde ese valor de frecuencia sonora, y para frecuencias mayores.

Este rango de ondas, sin embargo, es percibido y emitido por diversos seres vivos; insectos como las polillas y mamíferos como los murciélagos, ratones, perros y delfines utilizan el sonido en esos rangos para comunicarse, obtener sus alimentos y localizar objetos. Algunas especies de murciélago utilizan un sistema llamado ecolocalización, que consiste en emitir sonidos de alta frecuencia en una cierta dirección del espacio, y a través de la reflexión que se produce de la onda sonora, puede estimar la distancia, el tamaño y forma de los objetos. Así pueden desplazarse por cavernas totalmente a oscuras.

### **2.4. Interpretación de oscilaciones**

Entre la interpretación de oscilaciones puede ser por medio del sonido o por medio de la visión; es la relación de la frecuencia de la vibración, si es por medio del sonido puede ser por medio de si es agudo o grave que se producirá a mayor frecuencia, más agudo se percibe el sonido y, a menor frecuencia, más grave. A esta característica, que depende de la frecuencia y permite distinguir un sonido grave de uno agudo, se le llamará tono.

Entre la interpretación de las oscilaciones se puede denotar que puede estar en oscilación la estructura o el cuerpo, pero cuando esta sea mayor a la permitida esta puede entrar en resonancia, esto ocurre cuando los cuerpos entran en

oscilación entonces van a descargar su fuerza y poco a poco hasta llegar a su estado natural.

Como los términos agudo y grave son subjetivos, los diferentes tonos se clasifican según su frecuencia. La unidad física de frecuencia es el Hertz (Hz), llamada así en honor al físico alemán Heinrich Hertz (1 857-1 894), quien demostró la existencia de las ondas electromagnéticas. Una frecuencia de 1 Hz, equivale a una oscilación por segundo; una frecuencia de 10 Hz equivale a 10 oscilaciones por segundo, y así sucesivamente.

#### **2.4.1. Intensidad del sonido**

Mientras mayor sea la intensidad del sonido el tamaño o la vibración que se le aplique a la emisión del sonido aplicado, la amplitud de la oscilación será más fuerte, este se escuchará y el sonido a esto se le denomina volumen, en física se le denomina intensidad y un parámetro para poder tomar una medida es el nivel de intensidad sonora (N.I.S) cuya unidad de medida es el decibel (dB), que proviene del nombre del inventor Alexander Graham Bell (1847-1922).

La intensidad de un sonido permite diferenciar los sonidos fuertes de los débiles y está estrechamente relacionada con la cantidad de energía que transporta una onda sonora. Por eso, en presencia de un sonido muy intenso pueden vibrar los objetos que estén cercanos a la fuente sonora, o incluso romperse, como en el caso de una explosión.

La escala de decibeles es reducida; por eso, un sonido de 20 dB es 100 veces más intenso que uno de 10 dB. La intensidad de los sonidos se mide con un instrumento llamado sonómetro.

Lo que permitirá diferenciar dos sonidos que tienen el mismo tono y la misma intensidad, que tienen algo distinto se le denominará timbre. Y este sonido producido por cualquier objeto puede variar, dependiendo la frecuencia que lo caracteriza y permita identificarlo con una nota musical.

En cualquier movimiento periódico la frecuencia está ligada al tiempo en que se completa un ciclo. A este periodo se le denomina periodo (T) y se mide en segundos.

En física es útil relacionar matemáticamente las magnitudes, pues esto permitirá predecir situaciones con mayor exactitud.

En relación, si la frecuencia de una oscilación disminuye a la mitad, su periodo aumenta al doble; si la frecuencia disminuye a la tercera parte a lo que, en lenguaje matemático, se llama una relación de proporcionalidad inversa. Esto lo podemos expresar de la siguiente manera.

$$T = \frac{1}{f}$$

Usando unidades del sistema internacional, el periodo se expresa en segundos, mientras que la frecuencia se expresa en Hertz; la equivalencia entre unidades  $1Hz = 1/s$ .

### 3. DAÑOS EN MUROS

Los daños dentro de los muros se van a poder clasificar entre dos límites ya sea fallas estructurales y fallas no estructurales, entre las cuales se puede decir que las fallas estructurales son las que pueden llegar a colapsar o pueden llegar a tener daños dentro del inmueble esto puede ocasionar pérdidas materiales como humanas. Mientras que las fallas no estructurales esto puede ser solo estético que puedan influir solo con la percepción del inquilino del inmueble; se tomará en cuenta unos parámetros en los cuales servirán para hacer evaluación como la que hace la Secretaria Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred) para dictaminar que tipo de falla será, ya que esta podrá ser utilizada como guía sin recurrir a gastos exagerados que será por parte de los inquilinos, esto podrá ser una evaluación rápida para tener conceptos prácticos en los cuales serán los más rápidos en su evaluación.

Entre los aspectos que se pueden tomar como vulnerabilidad dentro de una vivienda o inmueble se pueden relacionar con varios aspectos, ya que los muros no será lo único que puede ser vulnerable hay que hacer una evaluación más precisa y más concisa para llegar a ver que tipo de vulnerabilidad se considerará por su forma, materiales habrá que examinar todo el inmueble ya que los muros no serán los únicos que podrán haber sufrido alguna falla.

Entre las fallas o la vulnerabilidad del inmueble que se encontrarán dependerán de su sistema constructivo, en los cuales su soporte principal en la clasificación dependerá de la siguiente manera:

- Mampostería no reforzada: esta será la construcción que utiliza unidades de mampostería en el cual no estará constituida por ningún tipo de refuerzo interno o externo de confinamiento.

- Mampostería confinada: este método de mampostería de muros confinados se basa en la colocación de unidades de mampostería conformando un muro que luego se confina con vigas y columnas de concreto reforzado vaciadas en el sitio.
- Mampostería reforzada: este tipo de sistema es reforzada según se fundamente en la construcción de muros con piezas de mampostería de perforación vertical de arcilla o de concreto, unidad por medio de mortero, reforzada internamente con barras y/o alambre de acero. Este sistema permite la inyección de todas las celdas con mortero de relleno, o de solo las celdas verticales que llevan refuerzo. El refuerzo se distribuye dependiendo de la demanda impuesta al muro en cuanto a cargas externas.

Entre los aspectos que pueden influir en la vulnerabilidad del inmueble por sismo entre los aspectos se enlistan:

#### Aspectos geométricos

- Irregularidad en planta de la edificación:
  - Vulnerabilidad baja:
    - Forma geométrica regular y aproximadamente simétrica.
    - Largo menor que tres veces el ancho.
  - Vulnerabilidad media:
    - Presenta algunas irregularidades en planta o en altura no muy pronunciada.
  - Vulnerabilidad alta:
    - El largo es mayor que tres veces su ancho.
    - La forma es irregular, con entradas y salidas abruptas.
- Cantidad de muros en las dos direcciones:

- Vulnerabilidad baja:
  - Existen muros estructurales en las dos direcciones principales de la vivienda y estos son confinados o reforzados.
  - Hay una longitud totalizada de muros en cada una de las direcciones principalmente al menos igual al valor dado por:
 
$$L_o = (M_o * A_p) / t$$

Lo= longitud total de muros.  
 Ap= área en m<sup>2</sup> de la planta (si la cubierta es liviana, lamina, asbesto, cemento, Ap se puede multiplicar por 0,67).  
 t= espesor de muros.  
 Mo= coeficiente.
- Vulnerabilidad media
  - La mayoría de los muros se concentran en una sola dirección, aunque existen unos o varios en la otra dirección.
  - La longitud de muros en la dirección de menor cantidad de muros es ligeramente inferior a la calculado con la formula anterior.
- Vulnerabilidad alta:
  - Más de 70 % de los muros están en una sola dirección.
  - Hay muy pocos muros confinados o reforzados.
  - La longitud total de muros estructurales en cualquier dirección es mucho menos que la calculada con la ecuación anterior.
- Irregularidad de altura:
  - Vulnerabilidad baja:
    - La mayoría de los muros estructurales son continuos desde la cimentación hasta la cubierta.
  - Vulnerabilidad media:

- Algunos muros presentan discontinuidad de la cimentación hasta la cubierta.
- Vulnerabilidad alta:
  - La mayoría de los muros no son continuos en altura desde su cimentación hasta la cubierta.
  - Cambios de alineación en el sistema de muros en dirección vertical.
  - Cambio de sistema de muros en pisos superiores a columnas en el piso inferior.

#### Aspectos constructivos

- Calidad de las juntas de pega en mortero:
  - Vulnerabilidad baja:
    - El espesor de la mayoría de las pegas esta entre 0,7 y 1,3 cm.
    - Las juntas son uniformes y continuas.
    - Hay juntas de buena calidad vertical y horizontal rodeando cada unidad de mampostería.
    - El mortero es de buena calidad y presentan buena adherencia con la pieza de mampostería.
  - Vulnerabilidad media:
    - El espesor de la mayoría de las pegas es mayor a 1,3 cm o menor de 0,7 cm.
    - Las juntas no son uniformes.
    - No existen juntas verticales o son de mala calidad.
  - Vulnerabilidad alta:
    - La pega es muy pobre entre los bloques, casi inexistente.
    - Poca regularidad en la alineación de las piezas.



- El mortero es de muy mala calidad o evidencia separación con las piezas de mampostería.
  - No existen juntas verticales y/o horizontales en zonas del muro.
- Tipo de disposición de *block*:
  - Vulnerabilidad baja:
    - Las unidades de mampostería están trabadas.
    - Las unidades de mampostería son de buena calidad. No presentan agrietamientos importantes, no hay piezas deterioradas o rotas.
    - Las piezas están colocadas de manera uniforme y continúa hilada tras hilada.
  - Vulnerabilidad media:
    - Algunas piezas están trabadas, mientras otras no lo están. Siendo la mayoría de la primera clase.
    - Algunas piezas presentan agrietamiento o deterioro.
    - Algunas piezas están colocadas de manera uniforme y continúa hilada tras hilada.
  - Vulnerabilidad alta:
    - Las unidades de mampostería no están trabadas (petaca).
    - Las unidades de mampostería son de muy mala calidad. Se presentan agrietamientos importantes con piezas deterioradas o rotas.
    - Las piezas no están colocadas de manera uniforme y continua hiladas tras hiladas.
- Calidad de los materiales.
  - Vulnerabilidad baja:
    - El mortero no se deja rayar o desmoronar con un clavo o herramienta metálica.

- El concreto tiene buen aspecto, sin hormigueros y el acero no está expuesto.
- En los elementos de confinamiento en concreto reforzado, hay estribos abundantes y por lo menos 3 a 4 barras número 3 en sentido longitudinal.
- El ladrillo es de buena calidad, no está fisurado, quebrado, ni despegado y resiste caídas de por lo menos 2 metros de alto sin desintegrarse ni deteriorarse en forma apreciable.
- Vulnerabilidad media:
  - Se cumplen varios de los requisitos mencionados anteriormente.
- Vulnerabilidad alta:
  - No se cumplen más de dos requisitos mencionados anteriormente.

#### Aspectos estructurales

- Muros confinados y reforzados:
  - Vulnerabilidad baja:
    - Todos los muros de mampostería de la vivienda están confinados con vigas y columnas de concreto reforzado alrededor de ellos.
    - El espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento es del orden de 4 m a la altura entre pisos.
    - Todos los elementos de confinamiento tienen refuerzo tanto longitudinal como transversal y esta adecuadamente dispuesto.
    - Las culatas y antepechos también están confinadas.
  - Vulnerabilidad media:

- Algunos muros de la edificación no cumplen con los requisitos mencionados anteriormente.
  - Vulnerabilidad alta:
    - La mayoría de los muros de mampostería de la vivienda no tienen confinamiento mediante columnas y vigas de concreto reforzado.
- Detalles de columnas y vigas de confinamiento.
  - Vulnerabilidad baja:
    - Las columnas y vigas tienen más de 20 cm de espesor o más de 400 cm<sup>2</sup> de área transversal.
    - Las columnas y vigas tienen al menos 4 barras de número 3 longitudinales y estribos espaciados a no más de 10 a 15 cm.
    - Existe un buen contacto entre el muro de mampostería y los elementos de confinamiento.
    - El refuerzo longitudinal de las columnas y vigas debe estar adecuadamente anclado en sus extremos y a los elementos de la cimentación.
  - Vulnerabilidad media:
    - No todas las columnas y vigas cumplen con los requisitos anteriores.
  - Vulnerabilidad alta:
    - La mayoría de las columnas y vigas de confinamiento no cumplen con los requisitos establecidos anteriormente.
- Vigas de amarre o corona:
  - Vulnerabilidad baja:
    - Existen vigas de amarre o de corona en concreto reforzado en todos los muros, fachadas y culatas en mampostería.
  - Vulnerabilidad media:

- No todos los muros o elementos de mampostería disponen de vigas de amarre o de corona.
  - Vulnerabilidad alta:
    - La vivienda no dispone de vigas de amarre o corona en los muros o elementos de mampostería.
- Características de las aberturas.
  - Vulnerabilidad baja:
    - Las aberturas en los muros estructurales totalizan menos del 35 % del área total del muro.
    - La longitud total de aberturas en el muro corresponde a menos de la mitad de la longitud total del muro.
    - Existe una distancia desde el borde del muro hasta la abertura adyacente igual a la altura de la misma o 50 cm, la que sea mayor.
  - Vulnerabilidad media:
    - No se cumplen algunos de los anteriores requisitos en algunos de los muros de la vivienda.
  - Vulnerabilidad alta:
    - Muy pocas o ningún muro estructural de la vivienda cumple con los requisitos anteriores.
- Tipo de disposición del entrepiso.
  - Vulnerabilidad baja:
    - El entrepiso está conformado por placas de concreto fundido en el sitio o placas prefabricadas que funcionan de manera monolítica.
    - La placa de entrepiso se apoya de manera adecuada a los muros de soporte y proporcionan continuidad y monolitismo.
  - Vulnerabilidad media:

- La placa de entrepiso no cumple con alguna de las anteriores consideraciones.
  - Vulnerabilidad alta:
    - La placa de entrepiso no cumple con varias de las consideraciones anteriores.
    - Los entrepisos están conformados por madera o combinaciones de materiales (guadua, mortero, madera, concreto) y no proporcionan las características de continuidad y amarre deseados.
- Amarre de cubiertas.
  - Vulnerabilidad baja
    - Existen tornillos, alambres o conexiones similares que amarran el techo con los muros.
    - Hay arrostramiento de las vigas y la distancia no es muy grande.
    - La cubierta es liviana y está debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta.
  - Vulnerabilidad media:
    - Algunos de los anteriores no se cumplen.
  - Vulnerabilidad alta:
    - La mayoría de los requisitos mencionados anteriormente no se cumplen.
    - La cubierta es pesada y no está debidamente soportada o arriostrada.

## Cimentación

- Vigas de amarre en concreto reforzado.
  - Vulnerabilidad baja

- La cimentación está conformada por vigas corridas en concreto reforzado bajo los muros estructurales.
  - Las vigas de cimentación conforman anillos amarrados.
- Vulnerabilidad media
  - La cimentación no está debidamente amarrada.
  - No se cumplen algunos de los requisitos anteriores.
- Vulnerabilidad alta
  - La edificación no cuenta con una cimentación de acuerdo con los requerimientos anteriores.

#### Entorno

- Vulnerabilidad baja
  - La topografía donde se encuentre la vivienda es plana o muy poca inclinación.
- Vulnerabilidad media
  - La topografía donde se encuentra la casa tiene un ángulo entre 20 a 30 grados de inclinación sobre su horizontal.
- Vulnerabilidad alta
  - La vivienda se encuentra localizada en pendientes con una inclinación mayor de 30 grados con la horizontal.

#### Topografía

- Suelo
  - Vulnerabilidad baja
    - El suelo de la fundación es duro. Esto se puede saber cuándo alrededor de la edificación no existe hundimientos, cuando no se evidencian árboles o postes inclinados, no se siente

vibración cuando pasa un vehículo pesado cerca de la vivienda o cuando en general las viviendas no presentan agrietamientos o daños generalizados, especialmente grietas en los pisos o hundimientos y desniveles en el mismo.

- Vulnerabilidad media
  - El suelo de la fundación es de mediana resistencia. Se puede presentar en general algunos hundimientos y vibraciones por el paso de vehículos pesados. También, se puede identificar algunos daños generalizados en viviendas o manifestaciones de hundimientos pequeños.
  
- Vulnerabilidad alta
  - El suelo de la fundación es blando o es arena suelta. Se sabe por el hundimiento en las zonas vecinas, se siente la vibración al paso de vehículos pesados y la vivienda ha presentado asentamientos considerables en el tiempo de construcción. La mayoría de las viviendas de la zona presentan agrietamientos u hundimientos.

#### Blandos

- Esto se referiría cuando el suelo sea demasiado suave que solo contengan limos o arenas en los cuales no estén compactados y puedan influir o afectar demasiado a la estructura, que puedan tener punzonamiento cada una de los elementos que tengan relación a la estructura, así como también a los alrededores que puedan tener corrimiento cada una de ellas.

- Estos serán variados para tener que reforzar la cimentación dentro de la vivienda ya que esta tendrá que tener mayor cantidad de refuerzo o mayor la penetración dentro del suelo, así poder ser más estable y tener mayor agarre del contacto de la cimentación con el suelo.

#### Intermedios

- Este será por el motivo de que si el suelo tiene la composición balanceada no afectara mucho lo que es la cimentación porque tendrá mayor solidez y no tendrá que ser afectada mediante el desplazamiento de la edificación y el material del suelo.

#### Duros

- Este tipo de suelo podrá ser demasiado duro que no es necesario que se estabilice el suelo para ser utilizado, ya que es muy bueno que no afectara será el ideal, lo que afectará será el costo de inversión a la cimentación de lo contrario este será el óptimo para la utilización para usarlo para edificios de varios niveles, ya que si será optimizado.

### **3.1. Estructurales**

En el inmueble se podrán encontrar fallas estructurales que son aquellas que hacen colapsar o que están afectando por lo que es mejor darle mantenimiento ya sea preventivo o repararlo para evitar que este colapse y quede inhabitable.

Esto podrá suceder por causas ya sea echas por la naturaleza o por el hombre. En las causas naturales pueden ser los sismos, los terremotos, los



maremotos los huracanes, entre otros. Mientras que son causados por el hombre se pueden mencionar los incendios las explosiones, ya que la mayor parte son provocadas por negligencias del ser humano como los impactos.

En los agrietamientos que se pueden encontrar por el análisis de las fisuras que esto requiere una forma ordenada en la toma de datos, graficando de manera rigurosa todas y cada una de las anomalías que se determinen por medio visuales o por medio tecnológicos, que permitan estudiar su continuidad. Para establecer criterios se determinará la causa; por lo que se desarrollan distintas fases de ejecución de cada elemento estructural y sus patologías más comunes.

Entre las fallas estructurales que se pueden presentar con el agrietamiento es importante poder controlar las grietas que son de apariencia, y el riesgo de corrosión del refuerzo, ya que esto modifica el período de vida de la estructura, cambia su rigidez y su resistencia.

El tratamiento en el diseño de las estructuras de mampostería reforzada tiene un doble aspecto; debe contar con métodos para estimar la separación, en particular, el ancho de las grietas. Es necesario establecer límites aceptables de grietas; esto presenta dificultades por los factores subjetivos que intervienen en la determinación de anchos aceptables desde un punto de vista estético, y las incertidumbres existentes en cuanto a la influencia del ancho en la corrección del refuerzo.

Son muchas las causas que originan las grietas en muros de mampostería reforzada, pero entre las más vulnerables están las producidas por errores del proyecto, defectos de ejecución, asentamiento y agotamiento del material.

- Errores de proyecto

- Falta de juntas
- Empleo inadecuado del material
- Falta de traslape
- Defectos de ejecución
  - Dosificaciones defectuosas
  - Continuidad de muros
  - Incorrecta colocación del material
- Asentamientos
  - Sobrepasar la capacidad portante
- Agotamiento del material
  - Compresión
  - Tensión
  - Flexo compresión
  - Torsión
  - Térmico

### **3.2. No estructurales**

Durante la ejecución de las estructuras de hormigón o bien una vez finalizadas estas, a menudo se logran apreciar el apareamiento de fisuras en la superficie de un forjado o cada cierta distancia en toda la altura de los pilares y haciendo cuadrícula en una solera de hormigón o en una losa. A las personas que no tienen conocimientos de este tipo de patología puede no darle importancia a este tipo de fisuras, pues no necesariamente causan fallas estructurales que puedan derivar en un colapso, pero con el tiempo esto puede generar a tener cierta importancia en la durabilidad de los elementos que la lleguen a sufrir.

Lo primero que se debe plantear un técnico cuando se encuentre frente a una de esas incertidumbres, como lo son las fisuras o grietas que se van

formando en los elementos y que sean superficiales, debe buscar la causa por el cual están apareciendo para así verificar si esto puede ocasionar algún problema más adelante que dañe dicho elemento a analizar.

Entre las causas que se pueden llegar analizar para lograr encontrar que tipo de fisura, hay una serie de aspectos que pueden incluirse para analizarlas a su totalidad:

- Por su geometría habrá que analizar lo que es el trazado de la grieta va ligando a la armadura, el ancho de la grieta y la profundidad a la que se logra analizar, esto ocurrirá por mal confinamiento o porque el material no es de óptimas condiciones que no cumplen con normas de fabricación o por movimientos telúricos que van surgiendo con el tiempo.
- En el momento en que aparece la fisura respecto al proceso de fraguado y endurecimiento del hormigón, durante la puesta en servicio de la estructura, al poco de hormigonar, durante época fría o calurosa.
- La evolución de la fisura, si esta ya no dejó de mostrarse o creciendo (muerta), o se sigue abriendo mostrarse (viva), variaciones que se van surgiendo o produciendo en su ancho y largo.
- La ubicación de la fisura, dependerá si esta se va produciendo en una junta fría o por insolación.
- En las características del hormigón empleado, el árido utilizado la proporción de agua o el proceso de ejecución del mismo.

Estas son unas de las características en las cuales se pueden tomar para saber diferenciar si es una fisura estructural o no estructural esta dependerá si va influir o afectar al inmueble.

No hay una definición clara de lo que es grieta y fisura ya que hay muchas definiciones y poca distinción de cada una de ellas, se trata de una fisura cuando esta alcanza una determinada dimensión, a partir de la cual se considera grieta. Otra definición de la fisura es la abertura no causada directamente por esfuerzos estructurales, llamando grieta a la que afecta a la estructura o es causada por fallo de la estructura.

Otra diferencia que se puede considerar a las grietas es que se producen en elementos no estructurales, como lo que son los tabiques o revestimientos, aunque pueden estar ocasionados por la estructura que los sustenta.

Otra definición es en la diferencia de fisura estructural de la no estructural, se puede decir que fisura o grieta estructural es aquella que es originada por causas mecánicas o de esfuerzos de la propia estructura, como acciones de compresión o tracción, flexión, cortantes, torsión o punzonamiento. Mientras que las fisuras no estructurales son aquellas fisuras originadas por los procesos de fraguado y endurecimiento del hormigón, por una mal ejecución, incorrecta colocación del armado, escasos recubrimientos, fallos durante el vertido y el curado de la estructura.

Las fisuras al principio pueden ser no estructurales pero con el tiempo estas pueden llegar a dañar la estructura y ahí si ya serán estructurales, esto por el hecho de que puede penetrar agua no conociendo su contenido de PH, esto podrá afectar las cámaras internas del muro dañándola y debilitándola haciendo que ya no trabaje correctamente haciéndola fallar, es de hacer una revisión periódicamente para así evitar que esta se le introduzca el contenido de agua matando el hongo que crezca sobre este, haciendo así que la estructura perdure más su tiempo de vida.

### **3.3. Fallas visuales de los muros**

Los muros de mampostería pueden ser los elementos más sensibles a daño y deterioro, más aun, cuando son divisorios o no estructurales.

Entre las fallas que se podrán encontrar en los muros estas pueden influir ya sea por su método constructivo, los materiales que se utilizaron o incluso los cambios térmicos como la dilatación o contracción, la dilatación se producirá cuando la temperatura tenga un incremento en el cual sufrirá una expansión de material expuesto y los componentes internos del muro puede llegar a desprenderse y la capa superficial si esta no fue tratada correctamente esta será una falla visual. Mientras que la contracción ocurrirá cuando la temperatura tenga una precipitación hará que los elementos del muro se contraigan no si este no tiene su tratamiento adecuado pues se desprenderá el recubrimiento, pero a estos cambios hará que su pega (mortero), trabaje sino tiene una dosificación adecuada pues se podrán observar fallas entre los elementos. Entre estos cambios pueden lograr que penetre la humedad que se produzca un hongo que afectará sino se trata para eliminarlo.

Entre las fallas visuales se podrán observar las siguientes:

- Grietas horizontales o fisuras por aplastamiento: este tipo de fallas suelen aparecer por la acción de fuerzas externas e internas, si un muro no presenta resistencia al volteo, aparece una grieta en la parte de abajo del muro horizontalmente a lo largo. En ocasiones, las grietas horizontales se presentan en la unión entre la solera y el muro, debido a la diferencia entre los coeficientes de dilatación. Si un muro es demasiado alto y no tiene contrafuertes en sentido transversal, este se agrietará horizontalmente. Debe observarse que en la resistencia a la corrosión influyen no solo las

grietas de flexión, sino también las grietas longitudinales, que se reflejan cuando los recubrimientos son insuficientes o de baja resistencia. Este tipo de deformación excesiva de una losa o de una viga, encima de un muro divisorio, este puede producir, aplastamiento de las piezas superiores. La deflexión del elemento por insuficiencia del refuerzo por momento positivo, es la causa más identificada en este tipo de deterioro.

Figura 2. **Falla por fisura de aplastamiento**



Fuente: Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

- Grietas verticales o fisuras por flexión: la mayoría de grietas en muros de mampostería se presentan debido a los cambios de temperatura. Estas se presentan en mayor cantidad en las paredes que tienen contacto directo con el exterior y, en menor grado, aparecen en los muros internos. Para contrarrestar estos efectos se deben impermeabilizar o forrar las paredes expuestas con materiales que resistan cambios bruscos de temperatura. Otros aparecimientos de grietas verticales es la junta fría existente entre columnas o mochetas con los muros. A veces también se presentan

grietas verticales, debido al empuje que hace el suelo hacia arriba; cuando se trata de un suelo con índice de plasticidad demasiado alto, estas van apareciendo en parte superior del muro y terminan a media altura o más. Este tipo de grietas dan lugar a diferentes formas y están relacionadas con la esbeltez del elemento. Son fisuras próximas y finas, paralelas al eje de comprensión, con cierta oblicuidad en función de la participación de fuerzas transversales. Suelen producirse en zonas donde contactan dos o más elementos con diferentes coeficientes de dilatación, por estar expuestos a distintos ambientes, como es el caso de muros de cimentación o por falta de dilatación térmica, sobre todo en grandes superficies. Este tipo de fisuras o grietas van apareciendo en la parte central de los muros, estas se deben principalmente a una deformación por pandeo excesiva del apoyo ya sea estas vigas de fundición o losas. En ancho de las fisuras decrece de abajo hacia arriba, es decir, son más anchas cerca del apoyo.

Figura 3. **Falla por flexión o grieta vertical**



Fuente: zona 1, Guatemala.

- Grietas inclinadas a  $45^\circ$  o fisuras por cortante: estas son por la presencia de fuerzas cortantes, tensiones diagonales y por la fuerza de sismo, dan origen a grietas inclinadas. El desarrollo excesivo de estas se contrarresta por medio de refuerzo en el alma. El agrietamiento por tensión diagonal ha sido menos estudiado, que el debido a flexión a la fuerza de tensión y aun no se cuenta con métodos prácticos, para estimar el ancho y la separación de grietas. No hay que hablar de las fallas de esfuerzo cortante, ya que las grietas inclinadas, que pueden presentarse en zonas de fuerza cortante considerable, son en realidad grietas de tensión en planos inclinados. Cuando aumentan las grietas inclinadas, que pueden presentarse en zonas de fuerza cortante considerable, son en realidad grietas de tensión



en planos inclinados. Cuando aumenta las cargas, la fuerza cortante puede originar esfuerzos principales que excedan la resistencia a tensión del concreto o mampostería reforzada, produciendo grietas inclinadas a tensión del concreto o mampostería reforzada, produciendo grietas inclinadas a una altura aproximada de medio peralte. Las grietas de flexión muy frecuentemente pueden presentarse como una continuación de una grieta a flexión, que gradualmente cambia de inclinación. La falla denominada tensión diagonal esto ocurre cuando la grieta inclinada aparece súbitamente, sin señal previa, y extendiéndose inmediatamente hasta provocar el colapso de la pieza. Por otra parte, puede suceder que el agrietamiento inclinado se desarrolle gradualmente y que el colapso de la pieza se produzca finalmente por el aplastamiento de la zona de compresión en el extremo de grieta inclinada. Estas aparecen generalmente en las zonas cercanas de los vértices y son debidas fundamentalmente a la reducida resistencia a tensión diagonal de los muros producto de la insuficiencia del refuerzo por cortante en el elemento de apoyo del muro, ya sea viga de fundición o de la losa. El ángulo de estas sobre la horizontal es aproximadamente de  $45^\circ$ . El ancho de las fisuras cree de abajo hacia arriba, es decir, son más anchas en la parte superior.

Figura 4. **Falla de muro por corte**



Fuente: Lagunas de Torremolinos, Escuintla.

- Grieta escalonada o agrietamiento diagonal: este tipo de grieta es una de las grietas típicas de mampostería, ya que en nuestro medio, esta recorre las juntas de mortero, pasa por abajo o por arriba del ladrillo o *block* o siguiendo la línea del mortero sin cortar las piezas. Esto ocurre por la menor resistencia del mortero y por la debilidad de la superficie exterior de este, que es donde se acumulan los finos y líquidos exudados disminuyendo su capacidad de adherencia. En este sentido es determinante la calidad de mano de obra, ya que de ella depende la adherencia, la resistencia y la estabilidad volumétrica del mortero, variando estas, según la técnica de colocación que se emplee. Este tipo de grietas se altera si la resistencia de la pieza es más débil que la del mortero de junta o cuando mortero y el bloque de hormigón ofrecen igual resistencia al esfuerzo actuante. Los agrietamientos causados por errores de diseño pueden producirse entre otros, en uniones de piezas, por variación brusca de secciones, y por la falta de previsión o información

sobre los efectos de las contracciones hidráulicas, terminas o de fluencia del material; se presentan también numerosas fallas por el cambio de rigidez de los muros que fueron considerados como simple relleno sin función estructural. Los defectos principales de ejecución se originan en el mal trato mecánico de los muros frescos, interrupciones en el trabajo de levantado, excesiva velocidad al levantar la pared, ya que lo recomendado son tres hiladas al día, relleno deficiente entre las uniones de *block* de hormigón y en el defectuoso curado de los primeros días de fraguado.

La mampostería reforzada con elementos de concreto reforzado tiene un comportamiento heterogéneo y anisótropo; al ser de materiales diferentes, reaccionan diferentes, según sea el sentido de los esfuerzos. El conjunto mencionado está compuesto por concreto armado, *blocks* de hormigón y mortero; la mampostería misma se comporta prácticamente como un concreto simple y su resistencia a la compresión es aceptable, pero su resistencia a los esfuerzos de tensión y corte es baja. La mayoría de las fallas se originan debido que la mampostería no puede seguir los movimientos impuestos por el concreto.

Este tipo de grieta puede modificarse, debido a la heterogeneidad de los materiales que conforman el suelo, desarrollándose en forma escalonada, donde generalmente el mortero es menos resistente que la unidad y también puede modificarse por la presencia de vanos para puertas y ventanas, donde la grieta inclinada se forma en las esquinas de los vanos, ya que es allí donde se concentran las máximas tensiones de tracción. Esta grieta también es el producto de reformas y adiciones hechas sin técnicas requeridas.

Figura 5. **Falla de muro escalonada o grieta diagonal**



Fuente: San José Pinula, Guatemala.

- Fisuras por volcamiento: este tipo de fisuras pueden ser inclinadas u verticales, estas son producidas por el volcamiento o la fractura del elemento de apoyo, generalmente se presentan en los muros del primer piso de un inmueble. El ancho de la fisura va ir creciendo de abajo hacia arriba hasta llegar a un elemento que lo detenga o donde ya no pueda seguir creciendo.

Figura 6. **Falla de muro por volcamiento**



Fuente: San Lucas Choacorrall, Sacatepéquez.

- Fisuras por deformación o asentamiento: este tipo de fisura es por la deformación de los elementos que soportan los muros (vigas y losas) estas producen fisuras; las cuales se caracterizan, porque su abertura decrece de abajo hacia arriba, es decir, el ancho de las fisuras es más grande cerca al elemento en que se apoya y a su medida que se aleja a que avanza en altura, la fisura va disminuyéndose hasta volverse imperceptible. Este tipo de fisura pueden ir en varias direcciones unas pueden desarrollarse en el sentido horizontal por la pega de la mampostería (mortero) y cercanas al apoyo, otras en el sentido vertical que van del centro de la luz y otras inclinadas, tomando como base lo que son los apoyos. Las fisuras por deformación son similares a las que son producidas por flexión o por cortante pero menos definidas y severas. Generalmente se dice que se van a producir por el asentamiento o por las deformaciones que una edificación presenta con el paso del tiempo esto ocurrirá por envejecimiento.

Figura 7. **Falla de muro por deformación o asentamiento**



Fuente: colonia el Maestro zona 17, Guatemala.

- Fisuras no estructurales: esto se conoce también con el nombre más popular como mapeo, es decir en forma de mapa, son de carácter estético, poco profundas (superficiales) y solo se van produciendo sobre el revestimiento o revoque de los muros. Se presentan por el empleo de arenas gruesas en la preparación de los morteros, la pobreza de cemento en el mortero de roque o ambos. Suele aparecer entre 1 y 15 días después de revocar. Este deterioro es corriente y visible en muros de fachada los cuales están sometidos a la intemperie. No de carácter estructural. Las dilataciones traen consigo pequeñas fisuras capilares, del diámetro de un cabello humano, pueden ser muy superficiales y de poca profundidad, estas pueden ser de ancho menor a un milímetro y de una profundidad de unos 5 a 10 milímetros.

- Abombamiento o hinchamiento: esto ocurre por falta de amarre transversal entre los muros. Esto ocurre en muros de altura apreciable, muy delgados o ambos.
- Desprendimiento en zona superior: esto ocurre por falta de amarre con la estructura de cubierta o por adherencia.
- Deformaciones y colapsos impuestos por eventos fortuitos: este tipo de falla puede ocurrir como consecuencia de cargas de viento, sismos, explosiones y movimientos no previstos. Los cuales se ven reflejados en toda la estructura, especialmente los muros, en el contacto de los elementos no estructurales con la estructura, resultando a la deformación de la segunda.

#### **3.4. Fallas internas del muro**

Las fallas internas dentro de los muros van a influir porque ya no trabajará como su funcionamiento en que fue concebido ya que su función principal es que estos sean térmico, acústico, que puedan resistir cargas a las que serán sometidos, y principalmente que les de vivienda que les de confort a los habitantes y un techo en donde puedan vivir. En la actualidad dentro del mercado se pueden encontrar de distintas calidades resistencias muchas fábricas que no están certificadas, estas pueden ir dañadas antes de ponerlas en obra entonces hay que tener un buen control para saber que antes de poner a funcionar el inmueble este se encuentra en óptimas condiciones, ya que con los movimientos telúricos pueden dañar y perderán su funcionamiento.

Con el tiempo que lleve la estructura estos van surgiendo asentamientos pueden ir fracturando las cámaras internas, van fisurando las caras externas, ya que las cámaras internas son las que van a resistir mayor carga y transmitirán su carga a toda el área bruta del mamposte, ya sea por movimientos o por soportar

su carga estas pueden dañarse internamente, hay mampostes que estarán llenos y otros no, algunos con refuerzo entonces, al momento de que estos sean llenos su falla podría ser explosiva por soportar la carga de su propio peso y de la estructura en que esté conectada.

Si el muro es de mampostería reforzada que está conectada por vigas y columnas entonces esta podrá resistir y las fallas que se pueden haber serán por su sistema constructivo, ya que internamente no se pueden realizar inspecciones, pero externamente si se podrán realizar inspecciones con los cuales se pueden verificar fisuras en las cuales se puede tomar como dictamen si estas pueden llegar a fallar o si está en óptimas condiciones el elemento analizado.

#### **3.4.1. Ensayos existentes destructivos**

Entre los ensayos que se pueden realizar a los muros se pueden mencionar los que son de corte, entre otros ensayos que se pueden realizar serian extrayendo parte del elemento en los cuales se les llamará prismas, estos serán destruidos para verificar si son de buena resistencia o no, dependiendo de su forma de construcción ya dependerá de los materiales utilizados y su dosificación de acuerdo al mortero empleado en el elemento.

- Resistencia a compresión: este tipo de ensayo se utiliza para obtener un índice de la resistencia compresión de la mampostería y para estudiar la forma la relación esfuerzo-deformación y el efecto de las diferentes variables, es el de una pila o prisma formada por piezas sobrepuestas. El comportamiento y los modos de falla de la mampostería ante cargas axiales dependen en forma importante de la interacción de piezas y mortero. El comportamiento y los modos de falla de la mampostería antes cargas axiales dependen en forma importante de la interacción de piezas



y el mortero, es decir se produce una interacción entre ambos materiales y material menos deformable restringe las deformaciones transversales del material menos deformable restringe las deformaciones transversales del material más deformable introduces esfuerzos de tensión en el menos deformable. En el ensayo a compresión de prismas de mampostería el modo de falla más común es el conocido como falla por tracción lateral, es decir, a través de grietas verticales en las piezas. Para piezas de baja resistencia, la falla se presenta por aplastamiento en compresión de las piezas mismas. El aplastamiento del mortero generalmente no ocasiona la falla cuando los esfuerzos son puramente axiales.

- Resistencia a tensión diagonal de la mampostería: existen muchas situaciones en la que los muros de mampostería se pueden ser sometidos a tensión diagonal (sismos, asentamientos diferenciales o mala distribución de cargas gravitatorias). Para estudiar un comportamiento de la mampostería en tensión diagonal se puede utilizar un ensayo a compresión diagonal. Este tipo de ensayo consistirá en aplicar una compresión diagonal a un murete de dimensiones aproximadamente cuadrado en las bases sea formado por lo menos de una y media pieza. En el ensayo, el murete se produce un estado de esfuerzos de compresión a lo largo de la diagonal en la cual tensión a lo largo de la diagonal perpendicular a las que se producen a la compresión. La falla de un muro por defecto de fuerzas cortantes ocurre generalmente a través de grietas inclinadas debidas a tensiones diagonales. Estas grietas se forman generalmente a lo largo de las juntas, propiciadas por la debilidad de la adherencia con el mortero, las grietas atraviesan indistintamente piezas y mortero. El tipo de falla mixto ocurre cuando la resistencia a tensión de las piezas es semejante a la adherencia de las piezas y morteros.

### **3.4.2. ¿Hay clasificación de decibeles para medir si es aceptable?**

Hay que hacer mención que el ser humano puede percibir decibeles desde los 20 dB hasta un máximo permisible sin sufrir daños en el oído según la OMS que no supere los 80 dB, mientras mayor sea los niveles de decibeles menor será el tiempo de exposición. Dentro del experimento realizado en laboratorio para el tema de graduación, no se llegó a ninguna conclusión de acuerdo a mediciones con decibeles, ya que con el ensayo al momento de aplicarle una serie de golpes con instrumento, en la cual se tomaron mediciones del ambiente al aplicarle un golpe al prisma se tomaron mediciones al momento del impacto, se notó la diferencia de los decibeles, se pudo observar que es muy poca la variación de estos, dentro del ensayo se obtuvo una variación de decibeles de antes de aplicársele carga hasta llevarlo a la primera fisura de 5 decibeles en los cuales al momento de quitar toda la carga se pudo hacer observaciones al prisma en el cual, se volvió aplicar carga ya no era funcional ya que no aumento los decibeles y las fisuras se fueron haciendo más grandes hasta llegar a su ruptura total o colapsó.

El ensayo se realizó construyendo serie de prismas de distintos materiales, distintas resistencias. La composición de los bloques era de distintas procedencias, se le aplicó cargas a compresión para simular el sismo, ya que el acomodo de las cargas será de forma de compresión esto permitió realizar la aplicación de la carga hacer lecturas correspondientes en el prisma para llegar analizar todo el elemento, dicho análisis se pudo observar que al momento de incrementar la carga los decibeles iban aumentando hasta llegar a un punto en el cual ya no aumentaban antes de llegar a su fisura el elemento se comenzaron alinear los decibeles, esto permitió descargar todo el sistema para observar cómo se estaba comportando dicho elemento nos percatamos que los compartimientos

o paredes internas del bloque estaban siendo rajadas o fisuradas en los cuales se pudo determinar que son partes que no se pueden observar en los inmuebles, ya que solo podemos observar las caras laterales pero no las caras internas esto permite introducir y expulsar el aire que está dentro de las cámaras ya que estos permitirán un sello. En el ensayo se pudo apreciar ver la variación de 5 decibeles esto no puede llegar hacer mucha variación por lo que no se podrá llegar a una conclusión de si existe o no existe una variación de decibeles para determinar si hay o no hay decibeles para determinar si está en óptimas condiciones o no los elementos mampuestos para el muro.

Se logró apreciar una variación de 5 decibeles pero dependerá de la composición del material en este caso el *block* ya que algunos tienen más porosidad entonces no se podrá apreciar el tipo del sonido, mientras que si el *block* se utilizara a evaluación será permeable sin mucha porosidad se podrá apreciar mejor el sonido, ya que al momento de darle el impacto se debe tener bien el sentido del oído, ya que los decibeles pueden ir variando sino presenta fisura ya que el sonido será más grave los decibeles serán mayores al momento de presentar una fisura ya sea en las caras visibles (externas) o en las internas las caras transversales las caras no se podrán observar, esto hará que disminuyan los decibeles, ya que permitirá evacuar el aire y así ya no se podrá apreciar muy bien el sonido.

No se aprecia los decibeles porque dependerán del material entonces sería de obligar a las construcciones a utilizar los bloques óptimos, pero esto implicará que el precio de adquisición será más elevado, ya que las personas prefieren no comprar certificados en donde no cumplirán con las resistencias en los cuales se les compro a las empresas, y generará un monopolio para las empresas que son fabricantes del material.

Mientras más porosidad contengan los materiales los decibeles van a descender, también dependerá de si los elementos a evaluar (prismas) tienen algún recubrimiento, estos pueden sellar los poros pero no se podrán apreciar como esta internamente las cámaras, ya que si estos están fracturados ya no están trabajando correctamente y pueden colapsar en cualquier momento, ya que su resistencia a compresión puede abrirse lateralmente, puede pandearse no se sabe para dónde colapsará, si este colapsa pueden haber pérdidas materiales como humanas y como ingenieros se debe dar seguridad a las personas es recomendable que se hagan inspecciones periódicamente y después de un sismo para decir que si está en óptimas condiciones.

Realizando la serie de ensayos se pudo llegar a una conclusión mediante a la estadística en donde se observó que los decibeles serán constantes antes de que este se fisure, se llegaran alinear las cámaras de los decibeles, ya que el aire está a compresión y al momento de la fisura ya podrá extraerse el aire que estará en las cámaras internas esto ya no permitirá que se pueda efectuar el fenómeno del eco. Si esto se logra fisurar seria verificar las cámaras internas, ya que ya no podrá soportar cargas.

### **3.5. Ensayo que se podrá utilizar**

En el ensayo se dispuso a fabricar un aparato en la cual fue elaboración mía con ayuda del Ingeniero Mario Corzo, el cual busca facilitar el ensayo. Este se fabricó para implementar dentro del laboratorio del centro de investigaciones de ingeniería, en donde se podrá realizar experimentos con los cuales se podrán llegar a una mejora continua e instruir al personal de distintos lugares y así tener un criterio amplio y estar de acuerdo en la evaluación de los mismos muros de un edificio o cualquier inmueble que esté construido por bloques de hormigón, ya que solo existen ensayos destructivos o de inspección visual, esto permitirá que

se pueda hacer un ensayo no destructivo y con la inspección visual. El aparato propuesto está constituido por medio tubo galvanizado lo que permite que sus propiedades no se deformen fácilmente al momento de realizar el ensayo, a menos que se le aplique fuerza perpendicular al aparato propuesto, será sometido a una carga conocida o sometida por medio de un disparador o de una seña en el cual la fuerza será la misma en todo momento, se le colocará un tapón macho en la cual tendrá una perforación para que logre pasar sin obstaculizar la varilla que contendrá la bala de punta redonda, ya que por motivos de práctica y de la superficie es mejor y podrá ser uniforme al momento de darle el impacto sin dañar ni afectar el elemento sometido a la evaluación, para que logre cerrar y no pueda extraerse o cambiar el mecanismo a menos que sea para darle mantenimiento, en el otro lado se pondrá un jalador en donde se podrá tomar de una forma fácil y así darle con la misma fuerza al momento del impacto.

Adentro del tubo estará contenido un resorte, el cual hará que al momento de preparar el dispositivo siempre será el mismo impacto la misma fuerza, se le colocaron una especie de trípode en el cual serán unas patitas para que pueda ser la misma distancia, ya que se puede graduar la distancia en el cual será la misma al momento del impacto.

Se tomarán lecturas con un sonómetro en el serán analizados los decibeles al momento antes de aplicársele carga, esto permitirá que se pueda observar la variación de los mismos decibeles.



#### **4. ENSAYOS Y EVALUACIÓN DEL MURO**

Se realizaron prismas de bloques de concreto con distinta clasificación según Norma COGUANOR NTG 41 054, se dejaron fraguar dándole su periodo de fraguado correspondiente antes de realizar los ensayos a compresión, en el cual se basó dejando que hay inmuebles en el que llevan más tiempo en el que se simulan el asentamiento de los elementos que componen el muro, al momento de un sismo puede desprenderse de lo que es el mortero, como también el agrietamiento de las paredes ya sea internas o externas de los bloques, el efecto Doppler permite saber cómo están las cámaras, ya que dependen del tipo de material porque el bloque de pómez son más porosos menos pesados entonces son más débiles para resistir un golpe o un pequeño movimiento pueden estos agrietarse o llegar a su ruptura, dejan de trabajar correctamente y ya no resiste la carga estimada, la porosidad del material afectará porque al momento de aplicar el Doppler ya no resistirá ya no podrá contener el aire que están en las cámaras internas que este permitirá contener y resistir que se puede medir mediante el tipo de sonido. El bloque de concreto es más resistentes, más pesados, al momento de aplicar el Doppler este puede resistir más carga a compresión cargas a flexión, pero internamente solo nos podremos basar en que es con el sonido, ya que las paredes internas son las que están amarrando al inmueble.

Al momento de evaluar lo que es el prisma se le colocarán unos neoprenos para que hagan la función de no dañar los prismas antes de tiempo, ya que el neopreno será para distribuir la carga, ese simulará lo que son las vigas y columnas (mampostería reforzada), para que este sea un elemento cerrado y no tienda abrirse, ya que el ensayo está enfocado a lo que son inmuebles ya existentes para realizar una evaluación después de un sismo o un movimiento

telúrico, basando la evaluación en dos aspectos, visual que son las fallas que se puedan apreciar y el aspecto sonoro que dependerá el tipo de sonido que dependerá de la afinación del oído ya sea un sonido agudo o un sonido grave dependiendo de las cámaras internas que estarán resistiendo las cargas.

Si el sonido no es el deseado, habrá que hacer una evaluación si es mejor declararlo inhabitable o si se puede reforzar hacer una evaluación antes de, para ver si es recomendable o si es factible dándole mayor resistencia posible, ya que en nuestros medios lo que debemos de hacer es ahorrar, ya que el dueño del inmueble tendrá que incurrir en estos gastos.

Se ensayaron muros también a corte en los cuales se simulo lo que es un movimiento más brusco, este ensayo se asemeja más a lo que es un sismo, luego se le aplicó el principio de Doppler en el cual la visualización si es aplicable o no es recomendado realizarlo, esto ya que después de la aplicación de una fuerza esta debilita la estructura, así mismo fracturar el elemento a evaluar. Puede haber desprendimiento como ruptura en el cual afectará a su totalidad o parcialmente por la porosidad que este generará.

#### **4.1. Observaciones del muro**

Antes de evaluar algún elemento en este caso lo que es el muro debemos de realizar una inspección visual y palpable para que no afecte los resultados, así como tomar las precauciones correspondientes en el cual se salvaguardará la vida humana antes de toda inspección, entres las observaciones pueden ser tipo de material que se utilizó, recubrimiento, confinado, como distintos métodos constructivos en los cuales pueden afectar, como poder variar lo que son los resultados de los decibeles como tipo de sonido puede ir variando por el mamposte.



#### **4.1.1. Clasificación visual**

Este tipo de falla puede ser por descarcamiento o por desprendimiento de los elementos que componen el muro, entre las fallas visuales que se utilizan en nuestro medio quien hace un dictamen son los de Conred que su evaluación es visual y sus enfoques son técnicos sin tener conocimiento después lo someten a evaluación en el cual ellos como entidad dictaminarán si el inmueble está en óptimas condiciones o será declarado inhabitable, en el caso de que las personas quisieran saber si su vivienda está en óptimas condiciones para seguir en funcionamiento después de una catástrofe o un sismo deben de hacer una evaluación esta la pueden realizar cualquier personas que tengan conocimiento de ingeniería o que sea orientada para saber que es de importancia lo que tendrá que evaluar, como en lo que se tendrá que enfocar con la estructura. En el caso de las fallas visuales hay que tomar en cuenta lo que son los acabados de los muros, ya que en los acabados pueden ser solamente fallas visuales y no afectaran estructuralmente. Entre las fallas visuales hay que conocer si son elementos estructurales principales o secundarios como las distintas fallas que serán las fisuras o grietas entre ellas se hará, una distinción para conocer cuáles son las fallas así como también conocer lo que es un daño severo.

Entre los muros principales están aquellos elementos que soportan carga ya sea vivas o muertas estos llegarán a soportar cargas laterales, entre las fallas de estos serán los marcos rígidos, losas, muros de corte, muros de carga, si son dañados leves daños en los cuales no afectarán su funcionamiento estos pueden ser declarados aun habitables.

Entre los muros secundarios serán aquellos que no sean los que soporten toda carga, así como los muros de cerramiento, gradas, instalaciones, ventaneria, tabiques, estos son aquellos muros que complementarán el inmueble,

estas fallas no serán de dictamen inhabitable, pero es necesario tomar precauciones para evitar pérdidas humanas, ya que en el momento del sismo o terremoto los que no son principales pueden sufrir mayor deformación o mayor daño en el cual estos están próximos a colapsar.

Si estas son fallas en las cuales el refuerzo queda expuesto esta será llamada falla severa, esto quiere decir que el elemento ya no podrá ser reparado y será declarado inhabitable el inmueble esto es porque ya cumplió su funcionamiento para el cual estaba diseñado y no podrá soportar mayor carga, entonces es recomendable mejor hacer un estudio a profundidad para ver si se puede reforzar o hacer otro paralelo sin que afecte la estructura sino es factible el reforzar es mejor derribar dicha estructura para evitar daños catastrales.

## **4.2. Aplicando del principio de Doppler**

Para la realización de los ensayos correspondientes, se aplicará lo que es el principio de Doppler descrito en los capítulos anteriores.

### **4.2.1. Descripción del ensayo**

Se simulará un sismo o un terremoto mediante la aplicación de carga a compresión, ya que con el sismo o con el terremoto se acomodaran los elementos y se hará compresión, flexión, entonces al momento de aplicarle la carga vertical se podrá efectuar todas estas cargas mencionadas anteriormente, la observación de las fallas serán visuales ya sea internamente que es lo que muy pocos veces podremos observar pero con el ensayo aplicado se podrán apreciar las que son expuestas ya que podremos aplicar carga gradualmente y así tomar lecturas mediciones, se tratara de llegar a su carga ultima antes de su ruptura o su colapso total, ya que con las fallas internas (cámaras o paredes) del block estas ya no

podrán resistir porque disminuye el área bruta. Si el muro tiene algún recubrimiento este puede observarse que resistirá mayor carga, pero este resistirá la misma cantidad de carga, ya que no tiene ningún refuerzo que pueda disminuir o que pueda actuar para amortiguar la carga.

En las pruebas que se realizaron se observó que hay varias formas de realizarlo en la cual utilizamos un tipo péndulo para aplicar el mismo principio de Doppler, en la cual, al momento de realizar el péndulo el movimiento del péndulo no podrá efectuar lo que es la parábola, ya que no usara la misma fuerza. Es incómodo para el momento en el cual se necesitaran dos personas o más para realizar la prueba con tipo péndulo, en otra aplicación del ensayo se puede realizar de otra perspectiva nos permitirá realizar un ajuste o la mayor apreciación del ensayo en el cual queda más cómodo y se podrá apreciar el sonido, la apreciación de los decibeles que a utilizar y la apreciación mediante ellos en los cuales se puede tomar una medición o considerar unos parámetros en los que se pueden verificar lo que son aceptables. Inhabitable si estos parámetros serán muy cortos por lo cual es de tener claro que tipo de sonido será el que se tomará en cuenta, ya que esto dependerá también de la forma constructiva, del tiempo en el cual fue elaborado el espécimen, uso que se le ha dado como también el mantenimiento con el cual nos daremos un parámetro a evaluar.

Se realizó ensayos utilizando el método de Doppler con prismas a corte, pero no era recomendable, ya que no se puede tomar en cuenta la lectura de los decibeles, ya que no podrá contener lo que es el aire dentro de las cámaras internas, entonces las lecturas no serán muy confiables, ya que afectarán con los sonidos expuestos al ambiente.

Lo más recomendable que sean ensayos a compresión para la realización de lecturas en las cuales van conteniendo en las cámaras internas lo que es el

aire y el sonido al momento de evaluar será distinto hasta que logre llegar hasta su colapso de las paredes internas que se encuentran en el elemento a evaluar (prisma).

Se colocará el prisma en el marco para la aplicación de carga gradualmente, se colocarán en las caras superiores e inferiores hules de neopreno para lograr hacer un sello hermético que no ingrese ni se extraiga el aire, al momento de ajustar el prisma con el marco se colocarán puntos de referencia en el prisma para realizar las lecturas en esos mismos puntos, la carga será aplicada gradualmente hasta cierta cantidad que lo desee el examinador. El aparato que se diseñó y elaboró para la realización del ensayo es para aplicar la misma fuerza en el impacto, con la ayuda de un sonómetro o una aplicación del teléfono para medir los decibeles, se colocará cerca de los puntos donde se realizarán las lecturas gradualmente dándole el impacto, al momento de la aplicación del impacto se tomarán las lecturas correspondientes a ese punto a evaluar tomando en cuenta la carga aplicada, el impacto en el punto correspondiente, la lectura de los decibeles y la visualización de alguna falla presentada durante el ensayo.

#### **4.2.1.1. Aparato utilizado en el ensayo**

El aparato utilizado para la realización del ensayo fue diseñado y construido por el autor de este trabajo de graduación, fue con materiales de bajo costo para evitar así hacer gastos, fue realizado con  $\frac{1}{2}$  tubo HG con rosca en un extremo ya que sus propiedades permiten que sea más resistente y tendrá mayor tiempo de vida, un tapón macho para poderlo roscar en la punta este tendrá un orificio al centro, masa redonda para que el impacto sea uniforme en todo momento. Varilla sólida con rosca en los extremos que conectará la masa con un trabador que servirá para darle una longitud requerida para que tenga el corrimiento de la masa, la fuerza que tendrá la masa será el coeficiente del

resorte tenga. Se le añadieron una especie de patitas para que este tenga el apoyo para realizar la evaluación solo una persona, una especie de palanca para llegar al trabador así con la palanca impactar siempre con la misma fuerza y distancia el muro.

Figura 8. **Componentes que conforman el aparato**



Fuente: componentes que conforman el aparato utilizado en las pruebas de laboratorio.

#### **4.2.2. Sonidos que se podrá obtener y su clasificación**

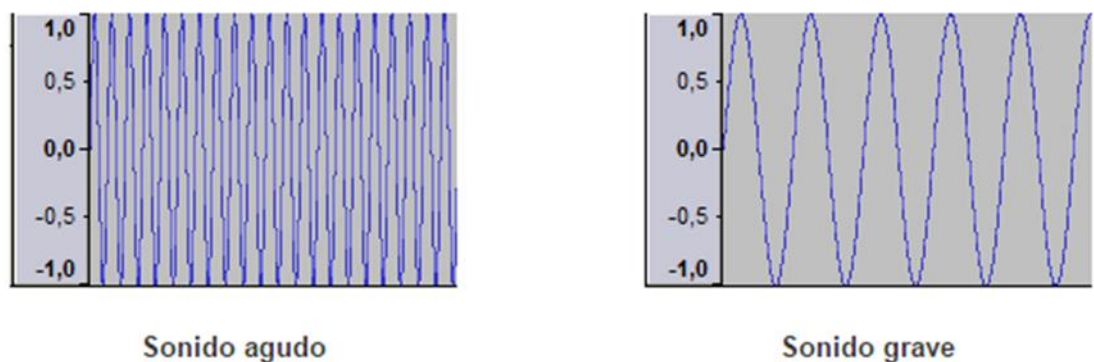
Entre los sonidos que vamos a obtener al momento de realizar el ensayo serán agudos y graves lo que lo caracterizará es que los sonidos agudos serán por el hecho de que se genera un vacío en la parte interna del elemento en este caso lo que es el muro en el cual las cámaras internas deja contener el aire, el sonido agudo será porque esta internamente el aire, entonces al momento de aplicarle el golpe se escuchara mayor el golpe y la lectura de los decibeles será mayor, esto ocurrirá por que las cámaras internas están en perfecto estado esto podrá resistir más cantidad de carga, mientras que si fuera un sonido grave disminuirá la lectura de los decibeles esto es por el hecho de que las cámaras internas están fracturadas o el material del bloque es muy poroso esto permitirá la introducción como la extracción del aire internamente o incluso puede ocurrir por el desprendimiento o falla del mortero. Al momento de aplicar el ensayo al darle el golpe en la aplicación del principio de Doppler va ir aumentando la lectura de los decibeles los sonidos serán agudos cuando las lecturas comiencen alinearse, esto será porque ya está a punto de sufrir una fractura o un desprendimiento de los mismos, esto irá cambiando lo que es el tipo de sonido por el hecho de que ya fracturo la cámara interna del bloque es cuestión de percepción en el cual estas cámaras no se podrán apreciar a menos que se extraiga parte del elemento para observar en el que se cree que se fracturó el elemento.

Dependiendo de la frecuencia será el número de vibraciones, pero también depende de las cámaras internas de los muros en este caso del bloque, ya que si este sufre alguna ruptura este dejará salir el aire y también las vibraciones eran disipadas mientras que si este no ha sufrido ninguna ruptura y no es muy poroso las vibraciones serán constantes sin disiparse hasta ser más cortante, mientras

más vibraciones contenga al momento de evaluarla será un sonido agudo esto quiere decir, que internamente seguirá en óptimas condiciones; mientras que un sonido grave es aquel que ya no está en óptimas condiciones que ya ha sufrido alguna ruptura o alguna deformación en el muro.

Los sonidos graves son los que se pueden percibir como bajos mientras que los agudos son los que serán percibidos más fuertes, en los ensayos que se realizaron se pudieron observar que los sonidos más fuertes son aquellos que ya presentaron una falla, entonces esto hace que el aire sea expulsado, ya que su porosidad indica presencia de alguna grieta, esto es porque el sonido el aire hará que sea más denso y las ondas al momento de aplicarle un golpeteo pueda repetirse sin disipar su energía; mientras que cuando es un sonido agudo es más fuerte la resonancia sonora, esto ocurre porque va disminuyendo las ondas de revote dentro del elemento evaluado esto será porque va disminuyendo o disipando las ondas de respuesta (ver figura 9).

Figura 9. **Diferencia entre sonido agudo y grave**



Fuente: HERRERA AGUAYO, Macarena. *MONCADA MIJIC, Felipe. VALDPES ARRIAGADA, Pablo Física 1. Longitud de frecuencia.* p. 123.

Vibraciones al momento del golpe en el agudo se podría decir que está en óptimas condiciones, que las cámaras internas están bien, mientras que la respuesta sonora del que haya sufrido alguna ruptura o es poroso sería un sonido grave porque no será con la misma intensidad.

#### **4.2.3. Realización de los ensayos**

Para la realización de los respectivos ensayos se presenta a continuación la secuencia de cómo se realizaron los ensayos asimismo, la obtención de los datos para llegar a los resultados correspondientes.

- Primer ensayo utilizando un péndulo aplicándole carga simulando un sismo (ver figura 10) haciendo lecturas con el sonómetro para medir decibeles y al momento del impacto saber si es sonido agudo o grave.

Figura 10. **Primer ensayo**



Fuente: área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería.



- Fallas encontradas en los muros después de ensayarlos a compresión (ver figura 11), fallas internas en los cuales no son apreciables ya que son en las cámaras internas de los muros.

Figura 11. **Falla en muro luego de ensayarla a compresión**



Fuente: área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

- Ensayo a corte simulando un edificio completo en donde tendrá un cimiento corrido, columnas y vigas (ver figura 12), este tipo de ensayo simulará un sismo las cámaras se alinearan igual que al momento de realizar la lectura del sonido por medio de decibeles mayor sea la carga que se le aplicará, pueden alinearse antes de fallar y presentar grieta, lo que permitirá que el aire sea expulsado y así pueda disminuir los decibeles estas puede ser internas o externas así como expuestas o no, al momento de aumentar los decibeles esto será por el aumento de presión ejercida por la carga aplicada, mientras que si los decibeles disminuyen es porque el sonido deja escapar del bloque de hormigón.

Figura 12. **Ensayo a corte simulando un edificio**



Fuente: área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

- Falla que presenta la vivienda (ver figura 13) que es la separación del cimiento con la tierra esto se le puede llamar falla por punzonamiento o también que este pueda formar un grado de inclinación.

Figura 13. **Falla presentada después del ensayo**



Fuente: área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

- Ensayo de muro a compresión (ver figura 14) en el cual se le hicieron lecturas y le dejaron de hacer lecturas al momento de ver la primera falla cambio el tipo de sonido, ya que era agudo, pero al momento de presentar la grieta cambio a grave por haber más eco el sonido viaja más lento ya que el aire puede fluir.

Figura 14. **Ensayo del muro a compresión**



Fuente: área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

- Grieta presentada en el muro (ver figura 15) en el cual es en cara lateral en la cuales no se pueden ver, ya que se pueden presentar en las cámaras internas.

Figura 15. **Grieta presentada en el muro**



Fuente: área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

- Aparato diseñado y creado por el autor de este trabajo de graduación (ver figura 16) este servirá para darle el impacto al muro, con ese impacto se realizarán las lecturas correspondientes de los decibeles antes de ver alguna grieta y después de observar la grieta si estos se realizan dentro del laboratorio para conocer como va a cambiar durante la aplicación de

carga, así visualizar el tipo de falla visual descrito en el capítulo daños en muros.

Figura 16. **Aparato utilizado para la realización de las pruebas**



Fuente: área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

#### **4.2.4. Interpretación de resultados**

Con base en los datos obtenidos en el ensayo de los prismas, se procede a hacer el análisis correspondiente de los resultados (ver tabla VII, VIII, IX y figura 17, 18 y 19).

Tabla VII. **Ensayo de prisma a compresión 1**

CONDICIONES	LECTURAS			OBSERVACIONES
	db1	db2	db3	
Ambiente	66			
Carga 0 kg	81	83	84	
Carga 3 000 kg	82	81	80	
Carga 5 000 kg	81	80	81	
Carga 10 000 kg	81	80	81	
Carga 15 000 kg	81	80	81	
Carga 20 000 kg	81	82	80	
Carga 25 000 kg	82	80	80	
Carga 30 000 kg	80	80	80	Se alinearon los decibeles
Carga Falla	79	79	78	Falla en la esquina superior derecha, hubo un desportillamiento en ese lugar

Fuente: elaboración propia.

El siguiente muro que se evaluó sus características fueron *blocks* de concreto con clasificación A según Norma COGUANOR NTG 41054 con dimensiones de 20\*20\*40 cm. con mortero de clasificación M según Norma COGUANOR NTG 41050.

Figura 17. **Ensayo 1**



Fuente: área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Al momento de aplicarle la carga es la simulación de un sismo, ya que los elementos que van componiendo un muro se van acoplando esto quiere decir que van a trabajar en conjunto, no deja entrar ni salir el aire por eso van aumentando los decibeles, forme esto hará que el aire pueda retener y pueda amortiguar pero con mayor sea la carga mayor será la presión del aire hasta que logre haber una ruptura una grieta esto dejará extraer el aire esto influirá en lo que los decibeles y el sonido sea distinto ya que cuando ya ha fallado las cámaras internas del muro no podrán soportar más carga, ya que su área bruta ya disminuirá, las paredes internas del *block* ya no podrán soportar más su carga y estas llegan abrirse dejando de ser uniforme el *block*, depende también de la



porosidad del elemento en este caso el *block* el mortero, ya que si es muy poroso no se podrá apreciar los decibeles ni el tipo de sonido, el sonido mientras más agudo sea el sonido esto quiere decir que el elemento evaluado ya falló internamente. El elemento evaluado no se podrá reparar sino que se debe reforzar, ya que estructuralmente los componentes del muro no estarían trabajando entonces lo que necesitamos es que estos componentes si estén en perfecto estado y así seguir funcionando adecuadamente.

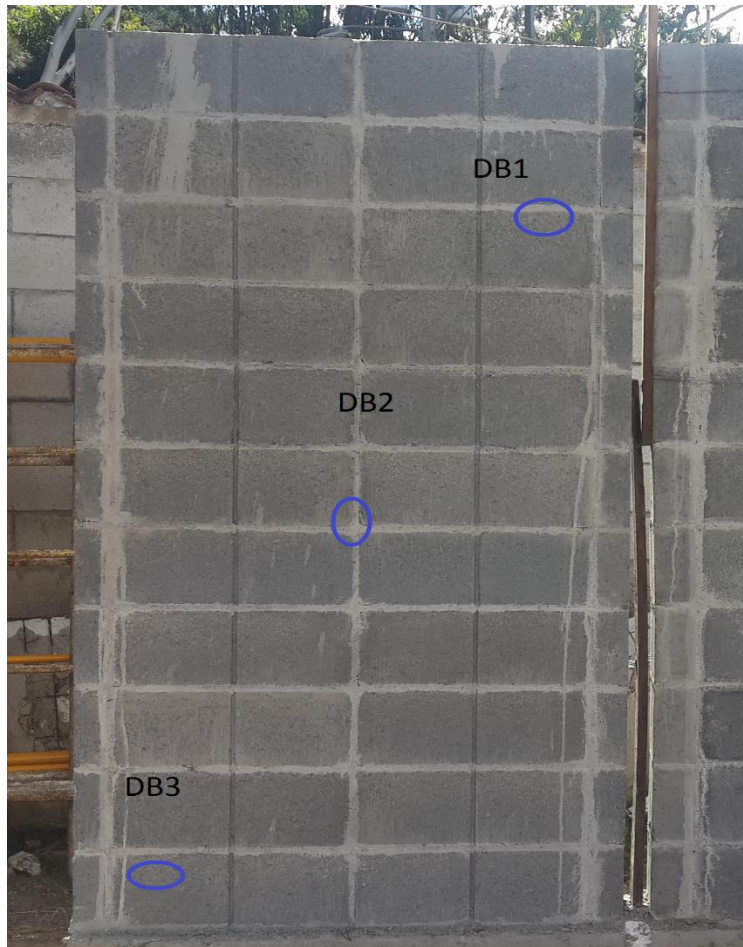
Tabla VIII. **Ensayo de prisma a compresión 2**

CONDICIONES	LECTURAS			OBSERVACIONES
	db1	db2	db3	
<b>Ambiente</b>	66			
<b>Carga 0 kg</b>	75	75	75	
<b>Carga 3 000 kg</b>	79	79	76	
<b>Carga 5 000 kg</b>	80	79	76	
<b>Carga 10 000 kg</b>	80	78	79	
<b>Carga 15 000 kg</b>	79	79	77	
<b>Carga 20 000 kg</b>	81	82	77	
<b>Carga 25 000 kg</b>	78	81	77	
<b>Carga 30 000 kg</b>	78	81	77	Falla lateralmente
<b>Carga Falla</b>	78	79	79	En las caras laterales, se logra observar que estas se agrietan

Fuente: elaboración propia.

El siguiente muro que se evaluó sus características fueron *blocks* de concreto con clasificación A según Norma COGUANOR NTG 41054 con dimensiones de 15\*20\*40 cm con mortero de clasificación M según Norma COGUANOR NTG 41050.

Figura 18. **Ensayo 2**



Fuente: área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

El prisma era de mejor calidad, ya que el *block* era certificado entonces era con mayor resistencia depende de la resistencia lo que es el mortero, si es un buen *block* y el mortero no es del adecuado este fallará por mortero, podemos observar que los decibeles eran aumentados poco a poco hasta llegar a su falla pero internamente no podemos observar cómo va ir reaccionando pero podemos deducir su reacción dependiendo de su incremento de decibeles, ya que a mayor decibeles aun van trabajando perfectamente las cámaras internas pero si van

bajando los decibeles alguna cámara interna habrá fallado y esto permitirá que el aire influya ya que hasta eso mismo influye en el mismo sonido. Tenemos que observar que en los prismas evaluados no tienen nada internamente más que el mortero sobre las paredes (área bruta), en el campo no se le coloca en todas las paredes entonces el área bruta no será mayor y esto hará que su carga a resistir sea menor, los decibeles disminuyan, ya que el aire puede circular en todo el elemento evaluado.

Muchas de las veces las fallas no serán visibles, ya que las cámaras internas son las que resistirán la carga y cuando estas lleguen a las caras perpendiculares (caras visibles) pueden ser fallas explosivas, depende también del cuidado que se le den a los muros como su revestimiento o algún otro tratamiento, ya que no dejen ser visibles lo que es el *block* en si para eso se puede hacer un monitoreo visual primero ya y luego aplicar lo que es el principio Doppler con este principio podemos evaluar lo que son las fallas internas sin hacer ensayos destructivos.

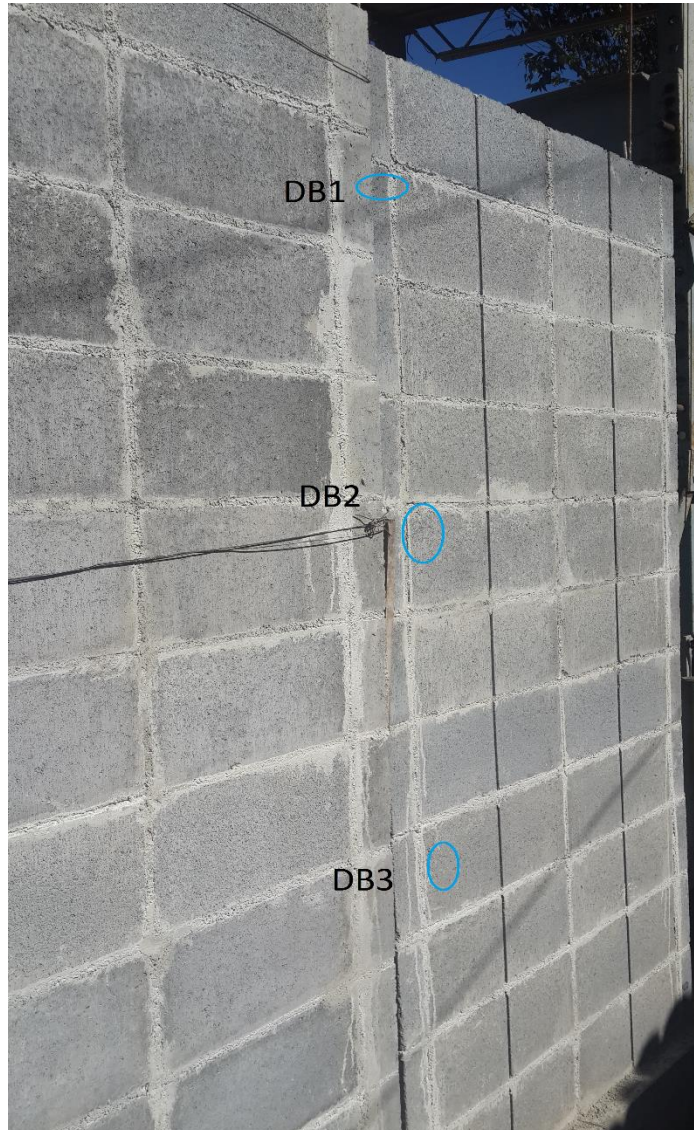
Tabla IX. **Ensayo de prisma a compresión 3**

CONDICIONES	LECTURAS			OBSERVACIONES
	db1	db2	db3	
Ambiente	66			
Carga 0 kg	75	77	76	
Carga 3 000 kg	81	79	82	
Carga 5 000 kg	78	79	80	
Carga 7 000 kg	78	82	77	
Carga 9 000 kg	78	77	76	
Carga 11 000 kg	78	77	77	
Carga 13 000 kg	76	77	78	
Carga 15 000 kg	77	79	76	
Carga 17 000 kg	77	75	78	
Carga 19 000 kg	77	77	78	
Carga 21 000 kg	78		76	Hubo falla en las caras visible del <i>block</i>

Fuente: elaboración propia.

El siguiente muro que se evaluó sus características fueron *blocks* de concreto con clasificación A según Norma COGUANOR NTG 41054 con dimensiones de 15\*20\*40 cm. con mortero de clasificación S según Norma COGUANOR NTG 41050.

Figura 19. **Ensayo 3**

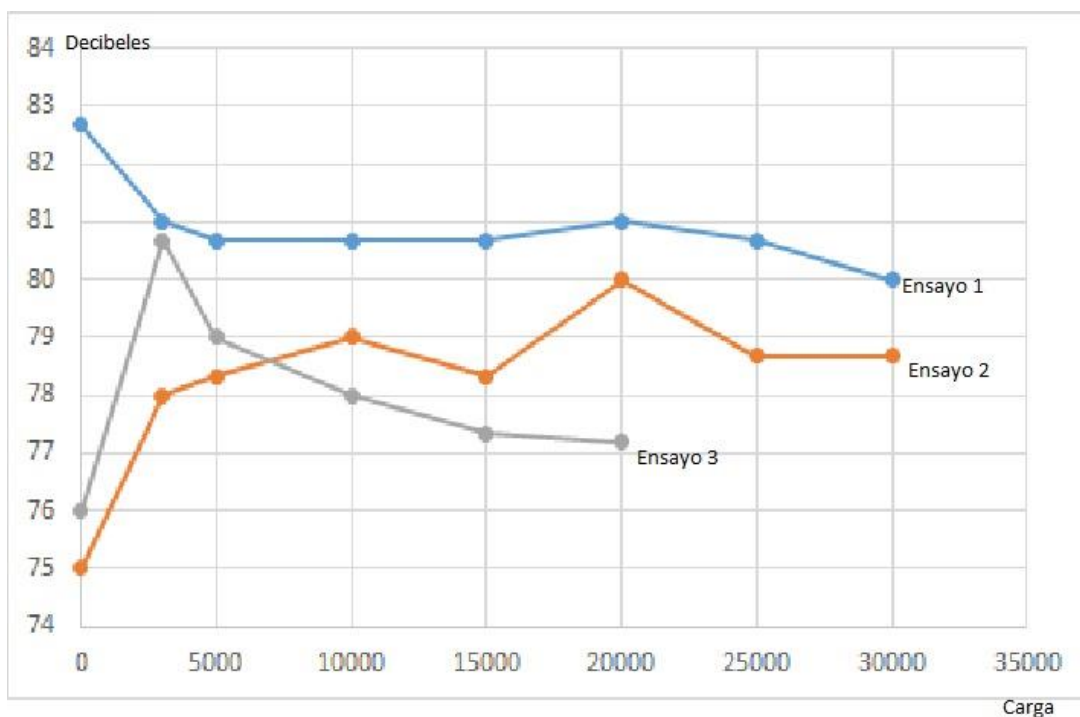


Fuente: área de Prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Este resistió menor carga y se pudo observar un aumento de los decibeles, esto sucede porque es de mejor calidad el *block* mientras que el mortero es de menor calidad, la certificación del *block* ayudará a que tenga mayor capacidad de carga y mayor capacidad de retención del sonido y así evaluar más lo que es

el sonido y la apreciación de las fallas internas del prisma, ya que las fallas internas son menores en que se puedan observar, la disminución de los decibeles es que ya fallo internamente y la falla al exterior se observa que es muy brusca, ya que fue de ambos lados en las que se observa.

Figura 20. Gráfica comparativa



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica se puede observar que en los *blocks* de mayor espesor logran soportar más carga y aumentan los decibeles sin lograr sufrir fallas, mientras que los de menos espesor las lecturas de los decibeles serán menor en algunos casos no lograran resistir la misma cantidad, pero la resistencia del muro dependerá también del mortero a utilizar ya que si no es el adecuado no logrará resistir mayor carga.

## CONCLUSIONES

1. El procedimiento planteado da resultados satisfactorios para ponerlos en práctica como una técnica de evaluación primaria y este tendrá que ser complementado por medio de un análisis visual.
2. De acuerdo a los ensayos realizados dentro del laboratorio se puede comprobar la facilidad de la técnica ya que cuando las cámaras internas fallan estas no pueden ser percibidas por otra técnica que sea económica.
3. El rompimiento que se da en la mampostería en las cámaras internas es el inicio de la falla que puede tener un sistema estructural de mampostería, de ello la respuesta sonora por el método propuesto proporciona un aviso como medidas correctivas.
4. Se logró fabricar un aparato para poder realizar el ensayo a un bajo costo con resultados satisfactorios.
5. El tipo de sonido que se llegó a comprender para conocer si el inmueble es declarado inhabitable por el Conred es el sonido agudo ya que las cámaras internas del *block* dentro del muro han fallado esto puede llegar a un colapso parcial o total del muro.





## RECOMENDACIONES

1. Implementar dentro del laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería, ensayos que permitan conocer las fallas en los muros de mampostería; así mismo manual para la evaluación mediante ensayos no destructivos.
2. Hacer bases o controles, para la evaluar mediante una inspección visual para identificar qué tipo de falla se logra observar, tipo de sonido que se encontrara al momento de aplicar el efecto Doppler en las cámaras internas.
3. Buscar la manera para crear las normas necesarias en cada una de las inspecciones y las evaluaciones, para así lograr hacer una forma más fácil de realizar una evaluación, como también pueda realizarla solo una persona para lograr optimizar tiempo y recursos, hacer un dispositivo fácil, cómodo para el usuario y realizar evaluaciones en distintas alturas o en lugares con acceso restringido.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testind and Materials (ASTM). *ASTM C90*. EUA: ASTM, 2006. 1 419 p.
2. MONZON DESPANG, Héctor. *Manual de Diseño Sismo-Resistente Simplificado Mampostería de Block de Concreto*. Documento AGIES DSE 4.1, 2014. 168 p.
3. MORALES RAMIREZ, Evelyn Maribel. *Manual de apoyo docente para desarrollar ensayos de laboratorio, relaciones con materiales de construcción*. Tesis de graduación Ingeniería Civil, Facultad Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 136 p.
4. Seminario realizado en universidad Mariano Gálvez de Guatemala. *Daños por sismo en estructuras Guía para evaluación*. Facultad de Ingeniería, 1996, 226 p.
5. Comisión Guatemalteca de Normas, Ministerio de Economía (COGUANOR). *Materiales de Construcción Normas Técnicas Guatemaltecas. Bloques huecos de concreto para muros*. NTG 41054, 1985. 12 p.



## ANEXOS

### Anexo 1. Bases utilizadas por la Conred para las evaluaciones

<b>EVALUACION DE DAÑOS POR SISMO EN ESTRUCTURAS.</b>			
<b>E1. DATOS GENERALES DE LA EDIFICACION</b>			
Nombre de la edificación (si tiene): _____			
Dirección: _____			
Municipio: _____		Departamento: _____	
Número de pisos: _____		Uso principal de la edificación: _____	
Grupo de evaluación No. _____		Nombre del evaluador: _____	
Fecha de la evaluación: _____		Hora de la evaluación: _____	
<b>E2. EVALUACION DE LAS CONDICIONES EXTERNAS</b>			
CONDICION	SI	NO	COMENTARIOS
1. COLAPSO TOTAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2. COLAPSO PARCIAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3. INCLINACION DE LA EDIFICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
4. DAÑOS SEVEROS EN MUROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
5. DESPLAZADA DE SU CIMENTACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
6. PELIGRO DE DESPLOME DE ELEMENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
7. OTROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>E3. DAÑOS GEOTECNICOS.</b>			
	SI	NO	COMENTARIOS
1. ASENTAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2. CORRIMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3. GRIETAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
4. DESLIZAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
5. DERRUMBES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
6. LICUEFACCION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
7. OTROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Fuente: Guía para evaluación. *Daños por sismos*. 85 p.

## Anexo 2. Bases utilizadas por la Conred para las evaluaciones

**EVALUACION DE DAÑOS POR SISMO EN ESTRUCTURAS.**

**E1. DATOS GENERALES DE LA EDIFICACION**

Nombre de la edificación (si tiene): \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_

Número de pisos: \_\_\_\_\_ Uso principal de la edificación: \_\_\_\_\_

Grupo de evaluación No. \_\_\_\_\_ Nombre del evaluador: \_\_\_\_\_

Fecha de la evaluación: \_\_\_\_\_ Hora de la evaluación: \_\_\_\_\_

**E2. EVALUACION DE LAS CONDICIONES EXTERNAS**

	CONDICION	SI	NO	COMENTARIOS
1.	COLAPSO TOTAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2.	COLAPSO PARCIAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.	INCLINACION DE LA EDIFICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
4.	DAÑOS SEVEROS EN MUROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
5.	DESPLAZADA DE SU CIMENTACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
6.	PELIGRO DE DESPLOME DE ELEMENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
7.	OTROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

**E3. DAÑOS GEOTECNICOS.**

	CONDICION	SI	NO	COMENTARIOS
1.	ASENTAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2.	CORRIMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3.	GRIETAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
4.	DESLIZAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
5.	DERRUMBES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
6.	LICUEFACCION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
7.	OTROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Fuente: Guía para evaluación. *Daños por sismos*. 86 p.

Anexo 3. **Bases utilizadas por la Conred para las evaluaciones**

E7. COLOCACION DE ETIQUETA	CLASIFICACION	ETIQUETA
Edificación cuya evaluación señala que no presenta peligro aparente. Es habitable en su totalidad. Sin limitaciones.	<input type="checkbox"/>	Color: VERDE Leyenda: HABITABLE Fecha de evaluación: Hora: Evaluador:
Edificación que presenta daños parciales y posible peligro en parte o en la totalidad de la estructura. Se recomienda permitir el ingreso solamente a personal calificado. Se aconseja una evaluación adicional por un especialista.	<input type="checkbox"/>	Color: AMARILLO Leyenda: NO HABITABLE INGRESO LIMITADO Requiere inspección Fecha de evaluación: Hora: Evaluador:
Edificación con daños que significan peligro notable en una porción de la estructura; esa área debe ser acordonada y no se deberá ingresar a ella. Se recomienda un ingreso limitado solamente al área no acordonada. Se requiere evaluación adicional por un especialista.	<input type="checkbox"/>	Color: AMARILLO CON ROJO Leyenda: NO HABITABLE PELIGRO Requiere inspección Fecha de evaluación: Hora: Evaluador:
Edificación que presenta daño severo y representa peligro inminente. No se debe permitir el ingreso de ninguna persona.	<input type="checkbox"/>	Color: ROJO Leyenda: PROHIBIDO EL INGRESO Fecha de evaluación: Hora: Evaluador:
Area que presenta peligro por daños geotécnicos aparentes. Se recomienda una evaluación por un especialista.	<input type="checkbox"/>	Color: MORADO Leyenda: DAÑO GEOTECNICO Fecha de evaluación: Hora: Evaluador:

E8. RECOMENDACIONES

Fuente: Guía para evaluación. *Daños por sismos*. 87 p.

