

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**“EVALUACION FÍSICA DE LA CATEDRAL BASÍLICA DE
NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ DE LA CIUDAD
DE SAN MIGUEL”**

PRESENTADO POR:

HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

JUNIO DE 2007

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTROAMERICA

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTORA

:

Dra. Maria Isabel Rodríguez

VICERECTOR ACADEMICO :

Ing. Joaquín Orlando Machuca Gómez

SECRETARIA GENERAL :

Licda.: Lidia Margarita Muños Vela

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DECANO

:

Lic. Marcelino Mejía Gonzáles

SECRETARIA

:

Licda. Lourdes Elizabeth Prudencio Coreas

JEFE DE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

:

Ing. Oscar Reynaldo Lazo Larín

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Trabajo de Graduación Previo a la Opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Titulo:

**“EVALUACIÓN FISICA DE LA CATEDRAL BASÍLICA DE
NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ DE LA CIUDAD
DE SAN MIGUEL”**

Presentado por:

Héctor José Brizuela Vargas

Karla Esmeralda Guardado Romero

Luís Edilmar Zelaya Rodríguez

Docente Director:

Ing. Arístides Mauricio Perla López

San Miguel junio de 2007

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

DOCENTE DIRECTOR

Ing. Arístides Mauricio Perla López

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACION

Ing. Rigoberto López

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que han colaborado en la realización de este trabajo de grado. Expresamos a todos nuestros más sinceros agradecimientos y especialmente a:

Ing. Arístides Mauricio Perla López

Ing. Luís Orlando Méndez

Ing. Guillermo Moya Turcios

Ing. Edgardo Arturo Chavarria

Ing. Fredy Herrera Coello

Lic. Sarbelio Campos

Sr. Emiliano Espinosa

Autoridades de Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz.

Monseñor Miguel Ángel Moran Aquino

Presbítero Emilio Rivas

Sr. José Verónico Rosales

Sr. José Pastor Rodríguez

Sr. Héctor Mauricio Villatoro

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO: Por su amor eterno, por el don de la sabiduría, por mis cualidades y aspectos a superar como persona.

A MI MAMÁ: Miriam Vargas, por enseñarnos que ante una caída hay que saber levantarse; por su alegría, por estar a mi lado en los momentos buenos y malos de mi vida, por su admirable sacrificio, porque como prioridad siempre está la necesidad de nosotros sus hijos, en una palabra por su gran amor de madre.

A MIS HERMANAS: Karla Patricia y Miriam Vanessa, por su cariño, ánimo y apoyo en todos los momentos de mi vida. Por las cosas que de ellas he aprendido.

A MI ABUELA: Rosa Zelaya, por su ánimo y apoyo para terminar mis estudios.

A GERSON, VALERIA, GABY Y SANDRA: por motivarme a siempre seguir adelante.

A MI PADRE: Héctor Brizuela, por su motivación y apoyo para llevar a cabo mis metas.

A MIS TIOS Y PRIMOS: Por estar pendiente y por su motivación para superarme.

A MIS COMPAÑEROS DEL COLEGIO: Por todos los grandes momentos que convivimos.

A MIS COMPAÑEROS DE LA UNIVERSIDAD: Por permitirme conocerlos y aprender de ellos.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: Karla y Edilmar, por su amistad y por su energía para la realización de nuestro trabajo de graduación.

A MI ECO EXODO: Neto, Arturo, Rafa, Julio, Jorge, Nicky, Julián, Ever, por su motivación y sabios consejos.

A LOS HERMANOS MARISTAS, especialmente a la Comunidad del ICO: hno. Pepe, hno. Ricardo, hno. Gerardo, hno. Victoriano y hno. Alex, por su amistad, formación y motivación para mi superación.

A MI CARABELA MAREA: por su alegría, por llenarme de inspiración para seguir mis sueños.

A MIS AMIGOS DE EPJ: por los momentos que hemos compartido y su ánimo para seguir adelante.

A MIS MAESTROS Y DOCENTES CATEDRÁTICOS: que hicieron posible con sus enseñanzas, mi formación, tanto profesional como humana.

Por,

Héctor José Brizuela Vargas

DEDICATORIA

A MI DIOS: Por ser la luz que me guía a cada momento, estar siempre conmigo y escuchar mis oraciones, por sostenerme y brindarme su amor cada día, porque sin él no hubiera podido alcanzar esta meta.

A MI MAMÁ: Rosa Margarita Romero, por su dedicación, amor, respeto y apoyo incondicional, por todos sus sacrificios y por haber tenido siempre fe en mí.

A MI PAPÁ: Luis Manuel Guardado, por haberme dado la vida, y darme su amor.

A MIS HERMANAS: Vanessa y Margarita, por compartir conmigo todo, brindarme su apoyo incondicional, y quererme tanto.

A MI ABUELA: Rosa Emilia: Por cuidar siempre de mi, aunque ya no este con nosotros.

A DANIEL: Por estar conmigo siempre, por consolarme en los malos momentos, por brindarme siempre su amor y apoyo, por enseñarme a tener paciencia.

A SALVI Y KELLY: Por alegrarme en los momentos tristes, por estar siempre para mi y brindarme su apoyo incondicional.

A MI COMPAÑERO DE TESIS: Luis Edilmar, por compartir conmigo las preocupaciones, los desvelos, y la responsabilidad de sacar adelante nuestro trabajo. Por brindarme su amistad incondicional y compartir buenos y malos momentos.

A MIS AMIGOS: Por estar siempre para mí, escucharme y darme su apoyo incondicional.

A MIS COMPAÑEROS DE LA U: Por compartir conmigo estos años y darme la oportunidad de conocerlos mejor, y formar una buena amistad.

A TODOS LOS DOCENTES: Los cuales me brindaron sus conocimientos y experiencias.

A TODOS AQUELLOS QUE COLABORARON de alguna u otra forma para la culminación de este trabajo: Salamanca, Miguel, Toño, Eliu, Atilio y Karla Yanira, gracias por ayudarnos.

“El camino hacia el éxito se encuentra siempre en construcción.”

Karla Guardado

DEDICATORIA

A Dios Padre; por guiarme, protegerme y Bendecirme con sabiduría durante toda mi vida y formación académica.

A Jesús Hijo; por ser mi Ejemplo, Héroe y amigo en los momentos difíciles, escuchándome a través de su cuartel general El Sagrario

Al Espíritu Santo; por iluminar mí mente, alma y corazón cada vez que lo invoco,

A María Santísima; por su protección de madre e intercediendo con mis peticiones y anhelos, ante Dios Todo Poderoso, para que este éxito sea hoy una realidad y Bendición del cielo.

A Mi Mamá; Virgília de Jesús Rodríguez de Zelaya, por su amor, apoyo, dedicación, consejos y total entrega, desde mis primeros segundos de vida, sin apartarse nunca de mí y formarme integralmente en lo espiritual moral y nivel académico que gracias a su trabajo y esfuerzo hoy alcanzo.

A Mi Papá; Luís Francisco Zelaya, por darme la vida y su apoyo para que este triunfo se haya convertido en una realidad.

A Mis Hermanos; Yohana, Fran y Rossiris, por su compañía amor, apoyo y por estar siempre a mi lado e instarme siempre a seguir adelante con la frente en alto y con sus ejemplos de trabajar duro para merecer los triunfos que nos da la vida.

A Mi Familia; mis abuelos, Papa Santos, Mamilia y Mamalola; a mis tías: María, Angelina, Dolores y a todos mis tíos, a mis primos: Roque, Iris, Danito y Yasy, por apoyarme por ser una motivación grande en mi vida y acompañarme en este triunfo.

A Karla Yanira Gómez; por apoyarme y estar siempre a mi lado.

A Mis Amigos; por sus muestras sinceras de cariño apoyo y comprensión y por ser parte del motor que impulsa mi vida, con especial mención: José Florentín Flores, Carlos Mauricio Rivera, Pedro Antonio Funes Méndez y su familia.

A mi Eco. Hombres de Fe; Emilio, Anderson, Alexis, Eliu, Jr. Henry, Efraín, Luis F. por sus valiosos consejos, amistad, y ayudarme a Perseverar en el amor de Dios.

A mis Amigos de la gran Familia Emproista; por sus oraciones amistad y apoyo.

A Mis Compañeros de Tesis; a **Karla;** Por su apoyo, compañía y entrega total en todas las actividades, desvelos y esfuerzo físico mental para elaborar la tesis, y a su familia con cariño; a **Héctor;** por su trabajo y aporte de ideas, en la realización de nuestro trabajo de graduación.

A los que colaboraron en el desarrollo de mi tesis; Antonio Alas, Carlos Salamanca, José Miguel Castro.

A los compañeros de Universidad; que en su oportunidad formamos grupos de estudio, para poder aprobar las materias que me llevan hasta este triunfo.

A los Ingenieros de La Universidad; por que con sus enseñanzas y exigencias ha sido posible, mi formación tanto profesional como humana.

Edilmar


INDICE

Abstract	xxiv
Introducción	xxvi

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes	27
1.1.1 Antecedentes Históricos	27
1.1.2 Antecedentes del Tema	38
1.2 Planteamiento del Problema	42
1.3 Objetivos	43
1.3.1 Objetivo General	43
1.3.2 Objetivos Específicos	43
1.4 Delimitaciones	44
1.4.1 Alcances	44
1.4.2 Limitaciones	44
1.5 Justificación	46
1.6 Metodología	47

CAPITULO II: INGENIERIA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS HISTORICOS

Introducción	52
2.1 Generalidades de los Edificios Históricos	53
2.1.1 Conservación	53
2.1.2 Estructuras	54
2.1.3 Desarrollo Histórico de la Ingeniería Estructural	56
2.1.4 Seguridad Estructural	59
2.1.5 Cargas y Acciones Externas	61
2.2 Materiales Estructurales	63
2.2.1 Piedra	63

2.2.2 Barro	67
2.2.3 Morteros	69
2.2.4 Mampostería	71
2.2.5 Metales	81
2.3 Elementos y Sistemas Estructurales Básicos	82
2.3.1 Columnas	82
2.3.2 Paredes	85
2.3.3 Vigas y Arcos	87
2.3.4 Bóvedas	92
2.3.5 Cúpulas	98
2.3.6 Contrafuertes y Arbotantes	100
2.3.7 Sistemas de Piso y Techos	101
2.3.8 Edificios de Varios Pisos	102
2.3.9 Elementos de Cimentación	103
2.4 Seguridad Sísmica	105
2.4.1 Problemática de la Seguridad Sísmica de los Edificios Históricos	105
2.4.2 Características de los Sismos	107
2.4.3 Efectos de Edificaciones	109
2.4.4 Comportamiento y Modos de Fallas en Edificios Típicos	112

CAPITULO III: METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE DAÑOS EN EDIFICIOS.

Introducción	123
3.1 Importancia en la Evaluación de Daños	124
3.1.1. Diseño de Estructuras	124
3.1.2. Efectos del Sismo en las Estructuras	124
3.1.3. Filosofía del Diseño	125
3.1.4. Evaluación de Daños	126
3.1.5 Reparación y Refuerzo	128

3.2 Causas más comunes que producen mal comportamiento en Estructuras	129
3.2.1. Calidad del Diseño	129
3.2.2. Calidad de los Materiales	130
3.2.3. Calidad del Proceso Constructivo	131
3.3 Zonas Críticas en los Sistemas Estructurales	132
3.3.1. Zonas Críticas en Marcos Rígidos	132
3.3.2. Zonas Críticas en Sistemas de Paredes	134
3.3.3. Zonas Críticas en Sistemas de Marcos y Paredes	135
3.4 Configuración del Edificio Regular e Irregular	135
3.4.1. Configuración en Planta	136
3.4.2. Configuración Vertical	137
3.5 Uniformidad en la Distribución de Resistencia y Ductibilidad	138
3.6 Fallas de Estructuración	139
3.7 Resistencia de los Elementos que Conforman las Estructuras	140
3.7.1. Comportamiento a Flexo Compresión	140
3.7.2. Comportamiento a Torsión	143
3.7.3. Comportamiento a Cortante	145
3.7.4. Comportamiento a Flexión	147
3.8 Daños más frecuentes que presentan las estructuras en sus Elementos	149
3.9 Clasificación de Fallas y Daños	166
3.10 Metodología para la Evaluación de Daños	167

CAPITULO IV: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE EVALUACION DE DAÑOS EN LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.

Introducción	215
4.1 Metodología de Evaluación Estructural Aplicada en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.	216

4.2 Identificación de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.	219
4.3 Identificación del Sistema Estructural	222
4.4 Información Complementaria de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.	228
4.5 Identificación de Daños en Elementos Estructurales de Catedral Basílica De Nuestra Señora de La Paz.	228
4.6 Evaluación de Riesgos por Accidentes por Elementos No Estructurales e Imágenes Religiosas en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.	353
4.7 Características de Los Materiales	400
4.8 Características Mecánicas del Suelo	422

CAPITULO V: PROPUESTAS DE REPARACION DE DAÑOS EN LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

Introducción	441
5.1 Reparación de Daños encontrados en Catedral Basílica de Nuestra Señora De la Paz	442
5.2 Presupuesto de Reparación de Daños encontrados en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.	464

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones	486
6.2 Recomendaciones	487

BIBLIOGRAFÍA	488
---------------------	-----

ANEXOS	489
---------------	-----

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1: GENERALIDADES

Figura N°	Página
Figura N° 1.1: Mapa Geográfico del Departamento de San Miguel	27
Figura N° 1.2: Fotografía del Centro Histórico de la Ciudad de San Miguel	28
Figura N° 1.3: Esquema de Ubicación de Catedral Basílica de Nuestra Señora De La Paz.	30
Figura N° 1.4: Imagen de Nuestra Señora de La Paz.	31
Figura N° 1.5: Fotografía del Volcán Chaparrastique de la Ciudad de San Miguel	32
Figura N° 1.6: Fotografía de la Reina de la Paz, de la Ciudad de San Miguel	33
Figura N° 1.7: Fotografía de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, en Pleno proceso de construcción.	34
Figura N° 1.8: Fotografía aérea de Catedral Basílica de Nuestra de La Paz.	35
Figura N° 1.9: Propuesta Arquitectónica para la construcción de Catedral Basílica denominada “Techo Ferrero”.	36
Figura N° 1.10: Materiales importados de diversos países.	37
Figura N° 1.11: Esquema de la Metodología utilizada en la investigación.	47

CAPITULO 2: INGENIERIA ESTRUCTURAL EN EDIFICIOS HISTORICOS

Figura N°	Página
Figura N° 2.1: Alcaldía Municipal de San Miguel	54
Figura N° 2.2: Teatro Nacional de San Miguel	54
Figura N° 2.3: Múltiples arreglos de piedras y mortero que se han Empleado En la Mampostería de Edificios Históricos	73
Figura N° 2.4: Diferentes tipos de fallas en Muros de Limosna	74

Figura N° 2.5: Modelo simple de interacción piedra-mortero	74
Figura N° 2.6: Cargas Laterales producidas por tensión diagonal	77
Figura N° 2.7: Curva Esfuerzo – Deformación de la Mampostería	78
Figura N° 2.8: Deformaciones de la Mampostería	79
Figura N° 2.9: Ejemplo de Tensores Mecánicos	82
Figura N° 2.10: Condición de carga en una Columna	83
Figura N° 2.11: Fuerzas actuantes en los Muros	85
Figura N° 2.12: Diferentes Modos de Fallas en Muro	86
Figura N° 2.13: Diferentes ejemplos de densidad estructural en planta	89
Figura N° 2.14: Esquema de Línea de Presiones	90
Figura N° 2.15: Diferentes vistas de bóveda	92
Figura N° 2.16: Diferentes Modos de Fallas en Bóvedas Cilíndricas	93
Figura N° 2.17: Partes constitutivas de un Arco	95
Figura N° 2.18: Clasificación de Arcos por Geometría	95
Figura N° 2.19: Clasificación de Bóveda por su forma	97
Figura N° 2.20: Esquema de la cúpula Esférica	98
Figura N° 2.21: Diferentes Cimientos de Mampostería	104
Figura N° 2.22: Fuerzas debidas al movimiento vertical del terreno	111
Figura N° 2.23: Flujo de Fuerzas en una Estructura	113
Figura N° 2.24: Falla de bóvedas por abertura de sus apoyos	113
Figura N° 2.25: Modos de Falla en una Torre	116
Figura N° 2.26: Volteo de paredes de fachada de un edificio	117
Figura N° 2.27: Agrietamiento longitudinal de Bóveda	118
Figura N° 2.28: Diferentes Modos de Fallas en Edificios Simples de Mampostería	119
Figura N° 2.29: Imagen ilustrativa de diferentes fallas por cortante en paredes	120

CAPITULO 3: METODOLOGIA PARA LA EVALUACION ESTRUCTURAL.

Figura N°	Página
Figura N° 3.1: Carga Gravitacional en Zonas Críticas en Marcos	132
Figura N° 3.2: Fuerza Lateral en Zonas Críticas en Marcos	133
Figura N° 3.3: Momentos en la distribución de los marcos en planta	133
Figura N° 3.4: Deformación de un Muro de Cortante	134
Figura N° 3.5: Modo Clásico de Falla de las Vigas de Acoplamiento Debido a sismo	135
Figura N° 3.6: Regularidad e Irregularidad Geométrica en Planta	136
Figura N° 3.7: Configuración Vertical utilizando Método de la Fuerza Equivalente	137
Figura N° 3.8: Reducción Del Peralte En Claro Corto Para Igualar Las Rigideces Relativas En Los Tres Claros De La Viga	136
Figura N° 3.9: Efecto de Flexo compresión en Columnas	140
Figura N° 3.10: Columnas con Estribos y con Espiral	141
Figura N° 3.11: Espécimen Para Ensayo En Flexocompresión	142
Figura N° 3.12: Elementos Estructurales Sujetos A Torsión	143
Figura N° 3.13: La Analogía Del Tubo Armadura A Torsión	144
Figura N° 3.14: Tipos de Fallas por Cortante	146
Figura N° 3.15: Comportamiento Elástico	147
Figura N° 3.16: Diferentes Tipos de Fallas en Vigas sueltas a Tensión	149
Figura N° 3. 17: Fallas en Columnas	151
Figura N° 3.18: Fallas en Vigas	152
Figura N° 3.19: Juntas Viga-Columna del Marco con Carga Sísmica	153
Figura N° 3.20, a: Modos de falla en un muro de cortante en voladizo	154
Figura N° 3.20, b: Resistencia al cortante de muros, cortante de poca altura	154
Figura N° 3.21, a: Mecanismo de colapso de placas rectangulares bajo carga	155
Figura N° 3.21, b: Falla por punzamiento de placas planas sobre apoyos	155

Figura N° 3.22-a: El Acero soporta el Cortante mediante Acción de Espiga	157
Figura N° 3.22-b Agrietamiento a través de piezas y juntas	157
Figura N° 3.22- c: Concepto de Marco Rigidizado con contraviento	158
Figura N° 3.23: Muro Perimetral sin techo	158
Figura N° 3.24: Agrietamiento en Muros de Carga	159
Figura N° 3.25, a: Falla por Corte General	160
Figura N° 3.25, b: Falla por Punzonamiento	161
Figura N° 3.25, c: Falla por Corte Local	161
Figura N° 3.25, d: Falla por asentamientos e hinchamiento de suelos	
Expandibles	162
Figura N° 3.26: Grietómetro	169
Figura N° 3.27: Daños en Columnas	173
Figura N° 3.28: Daños en Vigas y Uniones	173
Figura N° 3.29: Daños en losas planas	173
Figura N° 3.30: Daños en Muros de Concreto	174
Figura N° 3.31: Daños en Muros de Mampostería	174
Figura N° 3.32: Apuntalamiento Vertical en un Piso	182
Figura N° 3.33: Apuntalamiento en Varios Pisos	182
Figura N° 3.34 a, b, c: Apuntalamiento Vertical con Piezas de Madera	183
Figura N° 3.35: Apuntalamiento de Aberturas	185
Figura N° 3.36: Apuntalamiento con ángulos y soleras de acero	186
Figura N° 3.37: Puntales Telescópicos y elementos tubulares diversos.	187
Figura N° 3.38: Apuntalamiento Exterior	188
Figura N° 3.39: Anclaje de Muro Exterior a Vigas de los Sistemas de piso.	189
Figura N° 3.40: Anclaje de Muro a Muro.	189
Figura N° 3.41: Contraventeo con Puntales en Compresión	190
Figura N° 3.42: Alternativa de Contraventeo con Perfiles Metálicos.	191
Figura N° 3.43: Contraventeo con Tensores o Tirantes.	191
Figura N° 3.44: Soporte Lateral con Tirantes o Tensores Exteriores.	192

Figura N° 3.45: Orientación de las fibras en cuñas de madera.	193
Figura N° 3.46: Uso de Cuñas de Madera	193
Figura N° 3.47: Gatos Planos	194
Figura N° 3.48: Inyección de Grietas en Columnas	199
Figura N° 3.49: Inyección de Grietas en muros de mampostería	200
Figura N° 3.50: Sustitución de Materiales en Columnas	201
Figura N° 3.51: Sustitución de Materiales en Vigas	202
Figura N° 3.52: Sustitución de materiales en uniones	202
Figura N° 3.53: Sustitución de materiales en muros de concreto	203
Figura N° 3.54: Sustitución de materiales en muros de mampostería	203
Figura N° 3.55: Recubrimiento de muros de mampostería con mortero Reforzado.	207
Figura N° 3.56: Refuerzo con tirantes de muros de mampostería	208
Figura N° 3.57: Confinamiento de muros de mampostería con cadena perimetral.	208
Figura N° 3.58: Rigidización de Techos de Armaduras.	209
Figura N° 3.59: Confinamiento de muros de mampostería con fajas de Mortero reforzado.	210

CAPITULO 4: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE EVALUACION DE DAÑOS EN LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.

Figura N°	Página
Figura N° 4.1: Esquema de la Metodología aplicada en Catedral Basílica De Nuestra Señora de La Paz.	218
Figura N° 4.2: Vista de tridimensional de la estructura utilizada en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.	222

Figura N° 4.3: Sistemas Estructurales aplicados en Catedral Basílica	222
Figura N° 4.4: Distribución de Cargas en Paredes	223
Figura N° 4.5: Vista tridimensional de las Torres.	223
Figura N° 4.6: Vista frontal de la Torres.	223
Figura N° 4.7: Vista Tridimensional de Bóvedas de Cañón Corrido	224
Figura N° 4.8: Vista Tridimensional de las Armaduras	224
Figura N° 4.9: Vista de Perfil de las Armaduras	225
Figura N° 4.10: Transmisión de Cargas de las armaduras a muros de Mampostería y columnas.	225
Figura N° 4.11: Cargas sísmicas aplicadas a los diversos elementos de la Estructura en ambas direcciones.	226
Figura N° 4.12: Vista Tridimensional de las diferentes cargas aplicadas en los elementos estructurales de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.	226
Figura N° 4.13: Vista Frontal de las diferentes cargas aplicadas en los Elementos estructurales de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.	227
Figura N° 4.14: Vista Lateral de las diferentes cargas aplicadas en los elementos Estructurales de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.	227
Figura N° 4.15: Esquema De Probeta para ensayo a tensión del acero	404
Figura N° 4.16: Fracturas Típicas por Tensión	404
Figura N° 4.17: Esquema de Esclerómetro	410
Figura N° 4.18: Grupo de Trabajo de Graduación Realizando la Prueba SPT, en Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz.	426

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 2: INGENIERIA ESTRUCTURAL EN EDIFICIOS HISTORICOS

Tabla N°	Página
Tabla 2.1: Resistencia mínima a compresión de ciertas rocas	66
Tabla 2.2: Propiedades de algunos morteros extraídos de Monumentos de la región de los Balcanes	70
Tabla N° 2.3: Propiedades de Materiales utilizados en Mampostería	76

CAPITULO 3: METODOLOGIA PARA LA EVALUACION ESTRUCTURAL.

Tabla N°	Página
Tabla N° 3.1: Daños Estructurales más comunes.	172
Tabla N° 3.2: Clasificación y Evaluación Preliminar de Daños en Elementos Estructurales.	176
Tabla N° 3.3: Clasificación de Daños en Elementos no Estructurales.	176

CAPITULO 4: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE EVALUACION DE DAÑOS EN LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.

Tabla N°	Página
Tabla N° 4.1: Clasificación de Daños en Elementos Estructurales	246
Tabla N° 4.2: Clasificación de Daños en Elementos Estructurales	243
Tabla N 4.3: Clasificación de Estado Físico del Elemento	355
Tabla N° 4.4: Clasificación del nivel de Riesgo	356
Tabla N° 4.5: Números designados para barras, Pesos Nominales, Dimensiones Nominales y Requisitos de Deformación.	401

Tabla N° 4.6: Requisitos de Tensión	402
Tabla N° 4.7: Detalle de Probeta para ensayo de tensión al acero	404
Tabla N° 4.8: Presentación de Información General de Probetas extraídas Para el ensayo de Tensión del Acero	405
Tabla N° 4.9: Columnas Ensayadas en Prueba de Resistencia a compresión del concreto	413
Tabla N° 4.10: Losas Ensayadas en Prueba de Resistencia a compresión del Concreto	413
Tabla N° 4.11: Presentación de Resultados Obtenidos en Prueba de Resistencia a compresión del concreto	414
Tabla N° 4.12: Presentación de Resultados Obtenidos en Prueba de Resistencia a compresión del concreto	414
Tabla N° 4.13: Requisitos de Resistencia para Ladrillos de Barro Huecos y Sólidos	416
Tabla N° 4.14: Dimensiones de Ladrillos de Barro Tipo A ensayados	418
Tabla N° 4.15: Dimensiones de Ladrillos de Barro Tipo B ensayados	419
Tabla N° 4.16: Profundidades de los Sondeos realizados en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	427
Tabla N° 4.17 a Tabla 4.22: SONDEO de Prueba de Penetración Estándar	429

CAPITULO 5: PROPUESTAS DE REPARACION DE DAÑOS EN CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.

Tabla N°	Página
Tabla N° 5.1: Simbología utilizada en las propuestas de Reparación.	443
Tabla N° 5.2: Volúmenes de Obra, utilizados para la realización del Presupuesto	464

ABSTRACT

El Salvador, like most of the Latin American countries, has historical riches which become in icons of the city. Some of these riches are assigned to the development of the religious devotion; like chapels, churches and cathedrals. Over the years, these structures have become into cultural patrimony of the nations, keeping alive the heritage from our ancestors.

The Basilica Cathedral of Our Lady of the Peace from San Miguel City is an example of these structures. It has many different characteristics that give to it a great value, which is why it's been studied to obtain the title of National Patrimony. During its life (more than a century) has been exposed to natural gradating factors like seismic events rains and hurricanes, causing damage, which have not been evaluated and measured.

In the development of this assessment, we present in a explorative and descriptive form, the characteristics of the principal materials use in the construction of the Basilica Cathedral of Our Lady of the Peace; besides we apply a Methodology to Evaluate the damage. This methodology helps to evaluate specifically the damage that the structure presents up to now. For which it was necessary to develop the following activities:

Elaboration of Architecture Blueprints, presenting the Principal Front, Lateral Front, Architecture Plan and Ceiling Structure.

Elaboration of laboratory test, to determine the mechanical properties of the different elements used in the construction of the buildings, which are: Flexibility testing of the steel, resistant test of the concrete pressing, Absorption and Pressing test of bricks made of clay. At the same time it was elaborated a Standard Test Penetration.

According to the results obtained from the methodology to evaluate the structural and no structural damage; many repairing proposals are made. We conclude with the repairing proposals budget presentation.

INTRODUCCION

El Salvador posee riquezas de carácter histórico al igual que la mayoría de los países de América Latina, las cuales en ocasiones se convierten en íconos de las ciudades. Algunas de estas riquezas son destinadas para el desarrollo de la devoción religiosa como capillas, iglesias, catedrales, entre otras. Con el pasar de los años algunas de estas estructuras han llegado a formar parte del patrimonio cultural de las naciones, logrando mantener viva la herencia que fue dada por nuestros antepasados.

La Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz de la ciudad de San Miguel es un ejemplo de tales obras. Posee diversas características que le dan gran valor por lo que está en proceso la obtención del título de Patrimonio Nacional. En su larga vida de más de un siglo, ha sido expuesta a factores naturales degradantes como eventos sísmicos, lluvias y huracanes, provocando daños en la estructura, los cuales no han sido evaluados y cuantificados.

En la actualidad se utilizan diversos equipos que indican las propiedades físicas y mecánicas de los elementos de una estructura, así como pruebas a los suelos de cimentación.

En el desarrollo del trabajo se pretende conocer el sistema constructivo y materiales de la edificación, así como las características mecánicas del suelo sobre el cual se encuentra cimentada. Además, aplicar un método para cuantificar los daños en la estructura con la finalidad de brindarle mantenimiento.

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Antecedentes Históricos

Ciudad de San Miguel

Ubicación Geográfica:

Departamento de la Zona Oriental de la República de El Salvador, está limitado al Norte, por la República de Honduras; al Este, por los Departamentos de Morazán y La Unión; al Sur, por el Océano Pacífico y el Departamento de Usulután; al Oeste, por los Departamentos de Usulután, San Vicente y Cabañas. Se localiza entre las coordenadas geográficas siguientes: 13°55'4" LN (Extremo Septentrional); 13°09'58" LN (Extremo Meridional); 88°01'10" LWG (Extremo Oriental); 88°31'44" LWG (Extremo Occidental). (ver figura N° 1.1)

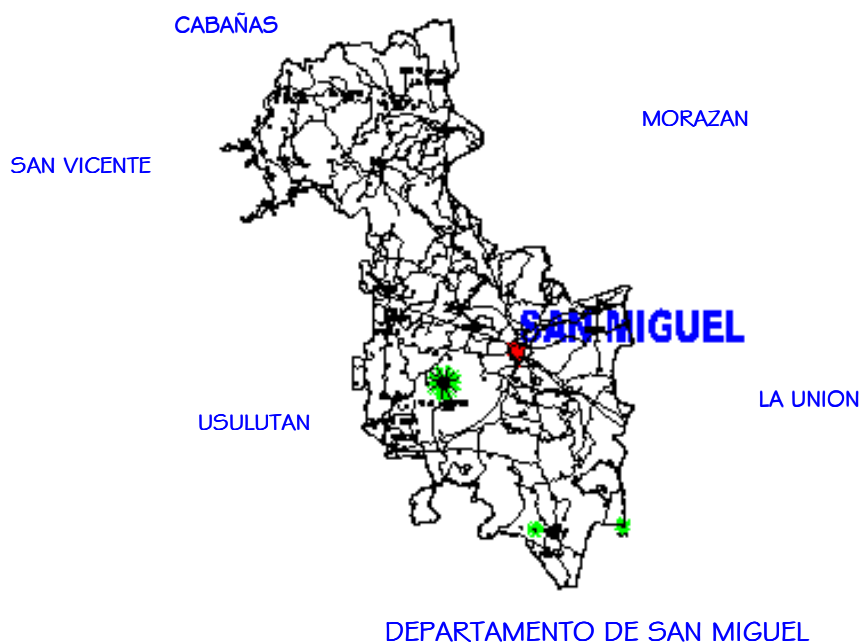
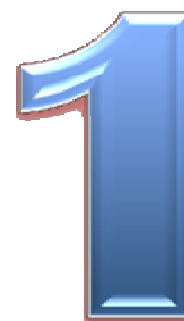


Figura N° 1.1: Mapa Geográfico del Departamento de San Miguel.



Datos Históricos:

El 8 de Mayo de 1530 fue fundada la Villa de San Miguel de La Frontera por el Capitán Luis de Moscoso, como resultado de una expedición político militar; convirtiéndose en el primer alcalde de la Villa, el señor Gabriel de Cabrera. En 1574 la Villa de San Miguel de la Frontera obtiene el título de Ciudad, heredando el nombre de Ciudad de San Miguel. En 1786 la Ciudad pasa a ser Cabecera de uno de los quince Distritos de la intendencia de San Salvador. En 1862 se inician los trabajos de construcción de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.



Figura N° 1.2: En la fotografía se puede observar una vista aérea del Centro Histórico de la Ciudad de San Miguel, incluyendo la Imponente Estructura de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

Para su administración, el municipio está dividido en 32 Cantones y 114 Caseríos. Dimensiones del municipio: Área rural 579.12 Km², área urbana: 14.86 Km².

De acuerdo con la altura sobre el nivel del mar, existen en el departamento de San Miguel los siguientes tipos de clima: 0-800 MSNM, sabana tropical caliente, clima que abarca la mayor parte del territorio migueleño. De 800 a 1200 MSNM, clima tropical caluroso o de tierra templada; estos climas pueden observarse en la parte central del departamento, ya que en esta zona se encuentran las cordilleras que comprenden los volcanes de Tecapa y Chinameca.

Volcán de San Miguel o Chaparrastique de 1800 a 2700 MSNM, clima tropical de altura o tierra fría. Específicamente la cabecera departamental, se encuentra ubicada a 110 MSNM, el clima está clasificado como sabana tropical caliente.

Sus Habitantes

El Municipio de San Miguel cuenta con una población total de 252,150 habitantes¹, hasta el año 2002. La Dirección General de Estadística y Censo no especifica actualmente cuantos habitantes hay en el área urbana y cuantos en el área rural. Únicamente tiene los datos del año 1992, donde especifica que en el área rural tenía una población de 63, 420 habitantes. El área urbana tenía una población de: 122,696 habitantes.

Esta ciudad ha ido aumentando en población y extensión durante los últimos cien años, pues a principios del siglo XIX contaba solamente con 5,500 habitantes, de los cuales 240 de ellos eran españoles.

San Miguel está llamada a ser una de las ciudades de gran porvenir en El Salvador, está unida a la ciudad capital por carretera propia, en tiempo pasado contaba con varios edificios entre los más importantes se mencionan: El Teatro Nacional, El Palacio Municipal, Catedral Basílica y los Mercados.

Fiestas patronales en honor a la Virgen de la Paz, los días principales son el 20 y el 21 de noviembre. El comité de festejos es el responsable de todas las actividades. Así también se organizan otros grupos o clubes, quienes cooperan presentando algunos eventos culturales, recreativos o religiosos.

Actividades Cívico-Recreativas²: Realizan alboradas, quema de pólvora, serenatas, carnavalitos, exhibiciones, bailes populares amenizados por los mejores conjuntos y orquestas del país, concursos, exposiciones, ferias como la industrial, la ganadera, la del libro, etc.. Realizan además juegos recreativos como "el palo encebado", loterías, competencias, rifas,

1 Fuente: Dirección General de Estadística y Censos

2 Fuente Pagina web Alcaldía Municipal de San Miguel

elección y coronación de reinas de los distintos barrios, asociaciones y colonias, conciertos musicales, desfile de carrozas dedicadas a las diferentes reinas, encuentros deportivos.

Actividades Religiosas: Ofician misas diarias, rosarios, confirmas, bautizos, sermones y procesiones. La Virgen de la Paz es considerada co-patrona de la República.

Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz

Ubicación:

La Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, esta ubicada entre la 4ª calle oriente, 6ª avenida norte, 2ª calle oriente y 4ª avenida norte del Barrio el Centro de la Ciudad de San Miguel, Departamento de San Miguel. (ver figura N° 1.3)

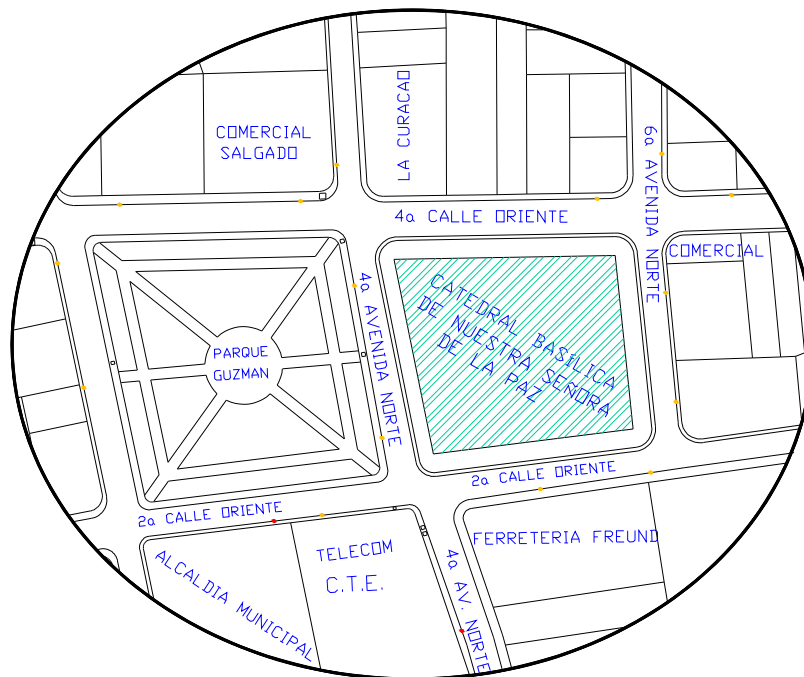


Figura N° 1.3: Esquema de Ubicación de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

HISTORIA DE LA REINA DE LA PAZ³

La bella imagen de la Reina de La Paz (ver figura N° 1.4 y N° 1.6); (que actualmente se encuentra en el altar mayor de la Catedral Basílica de La Ciudad de San Miguel), fue encontrada por unos mercaderes en la Ribera del Golfo de Fonseca, dentro de una caja de madera totalmente cerrada, quienes procedieron inmediatamente a abrirla, encontrando sorprendentemente una bella imagen de la Santísima Virgen María con su precioso niño; hecho ocurrido entre el 12 y 14 de Noviembre de 1682. La misteriosa

Imagen fue conducida por los mercaderes a tomo de una burrita a la ya entonces Ciudad de San Miguel. La burrita se echó en tierra inesperadamente en el lugar donde se encontraba la segunda iglesia construida de la ciudad, el día 21 de Noviembre de 1682, suceso por el cual los migueleños decidieron venerarla en ese templo. El cual posteriormente fue demolido para dar inicio a los trabajos de construcción de la actual Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.



Figura N° 1.4: Imagen de Nuestra Señora Reina de La Paz.

³ Datos Tomados De Revista de Fiestas Patronales de la Ciudad de San Miguel, 2006, y entrevista con el Historiador Lic. Sarbelio Campos y autoridades de Catedral Basílica

EL MILAGRO DE LA REINA DE LA PAZ

La fe y confianza depositadas en la Virgen de la Paz, vive desde que llegó a nuestras playas, con fuertes raigambres, en el alma del pueblo salvadoreño y especialmente en el migueleño, y no han quedado frustradas.

El 21 de septiembre de 1787, -105 años después del hallazgo- el volcán Chaparrastique entre grandes y espantosos temblores de tierra y tempestuosas tormentas, hizo una de sus más formidables erupciones. La lava ardiente casi llegaba a la Ciudad, amenazando su inminente destrucción. Angustiados los vecinos, se congregaron en la plaza principal, junto a las autoridades locales, sacerdotes y religiosos franciscanos y mercedarios, quienes infundían confianza al afligido pueblo, exhortándolo a pedir a Dios misericordia con arrepentimiento de los pecados y a invocar la protección maternal de la Virgen de la Paz.



Figura N° 1.5: La Fotografía Muestra el imponente Volcán Chaparrastique de la Ciudad de San Miguel

Decidieron en clamor unánime sacar la imagen de Nuestra Señora de la Paz a la puerta principal de la antigua Iglesia parroquial. Y colocada que fue frente a las fuerzas volcánicas, al aparecer la sagrada Imagen, al grito de “Sálvanos Reina de la Paz”, la lava inmediatamente tomó otro rumbo buscando al sur de la Ciudad; cubrió grandes extensiones de tierras fértiles, a la vez que gran parte de la laguna El Jocotal.

Refiérase históricamente que después de efectuarse el portentoso milagro que se acaba de relatar, en el límpido cielo se dejó ver con toda la claridad una bellísima palma formada por blancas nubes, cuyo pie fue a posarse en el inmenso cráter del turbulento volcán.

Tan admirados quedaron quienes vieron aquella magnífica señal, que el pueblo optó por colocar en la diestra de la Sagrada Imagen, una palma de oro en conmemoración de aquel acontecimiento que la tradición se ha encargado de hacer prevalecer como algo notable, asombroso y único en estas latitudes.

La Corporación Municipal de la fecha en que ocurrió el milagro, con distinguidos vecinos de la Ciudad, religiosos franciscanos y mercedarios, en nombre del pueblo agradecido formularon y juraron estos votos a su Patrona:

1. Celebrar a perpetuidad, todos los años, la conmemoración del portentoso milagro cada 21 de septiembre
2. La víspera del 21 de septiembre ayuno de todo el pueblo, rigurosos, hasta los niños de pecho, en señal de penitencia y mortificación voluntarias.



Figura N° 1.6: La fotografía muestra a La Reina de la Paz; en una alegórica carroza adornada con flores naturales, procesión que es tradición el día 21 de noviembre de cada año.

DATOS HISTORICOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

El 19 de Marzo de 1862 se realizó el acto de colocación de la primera piedra, que daría inicio a la construcción de La Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz, dicho acto estuvo a cargo del Capitán General Gerardo Barrios, que para esa fecha desempeñaba el cargo de Presidente de la República de El Salvador. Los trabajos estuvieron paralizados durante muchos años por falta de fondos y porque los gobiernos de turno no los incluían en el presupuesto de la Nación fue hasta el 30 de Septiembre de 1932 que se reanudó el trabajo, bajo la dirección del constructor francés Eugenio Crepiat. Tres años antes, el gobierno había concedido libre introducción al país de las estructuras metálicas para el techo, las cuales fueron diseñadas por la casa constructora belga Les Ateliers Metaliurgiques y fue colocado con ordenes del armador filipino Alberto Gheraldo.

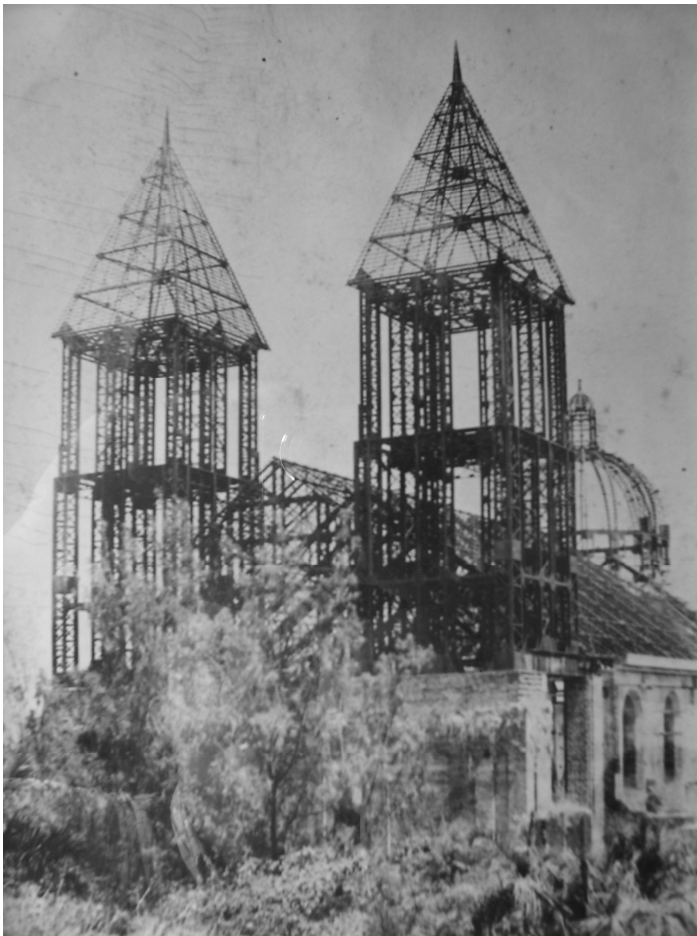


Figura N° 1.7: La fotografía muestra la catedral basílica, en pleno Proceso de Construcción, donde es fácil apreciar la estructura metálica utilizada en la construcción de las torres, cúpula y

En el año de 1913 el Papa Pío X elevó a la iglesia con el título de Diócesis y nombró al primer Obispo de la Ciudad de San Miguel, dicho rol fue desempeñado por Monseñor Doctor Juan Antonio Dueñas y Argumedo. Al lado izquierdo del Altar mayor actualmente se encuentra una estatua del papá Pío X.

El 21 de noviembre de 1921 en solemne celebración eucarística precedida por Monseñor Dueñas, en la cual participaron todos los obispos de El Salvador y algunos de Países vecinos juntamente con todo el clero salvadoreño y millares de fieles devotos; el Papa Benedicto XV, concedió el título de Reina de La Paz a Nuestra excelsa patrona, la celebración se llevó a cabo en el Parque Guzmán frente a la Catedral en construcción, que posteriormente llevaría el título de Catedral de Nuestra Señora de La Paz en su honor, años más tarde recibiría el título de Basílica Menor.



Figura N° 1.8: Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz; En la fotografía se puede observar el proceso de construcción del techo de la Catedral basílica, esta expuesta la estructura metálica de Techo, y se deja ver parte de la estructura de la cúpula

Durante los años de 1923 a 1939 el primer obispo de San Miguel fue quien aceleró los trabajos de construcción, con el fin de ofrecer al pueblo migueleño la Catedral que habían esperado durante mucho tiempo. Monseñor Doctor Juan Antonio Dueñas y Argumedo, en varias ocasiones pidió ayuda técnica de algunos conocidos que le sugirieron ciertas modificaciones a la obra. Uno de los que también participó en la construcción fue el Presbítero

Pedro Fernández Moreira, quien fue párroco de la Ciudad de Chinameca. El Padre Fernández modificó las columnas que sostienen la cúpula y gran parte de la estructura metálica. Poco tiempo después, estas mismas fueron de nuevo modificadas.

Existe controversia en cuanto al diseñador de los planos, unos afirman que los primeros estudios de la edificación fueron del ingeniero inglés Williams Kirt⁴, algunas versiones afirman que el ingeniero Kirt solo logró levantar los cimientos pues al morir el Capitán General Gerardo Barrios; en 1865 tuvo que huir del país hacia Honduras y luego a Cuba, para escapar del conflicto político que vivían en ese tiempo los conservadores y liberales. Los Planos definitivos fueron diseñados por el Ing. Italiano J. Ivernizzio en 1921.

Algunos de los materiales (ver figura N° 1.10) que se ocuparon en la construcción fueron importados, la cubierta de techo compuesta por tejas de barro cocido se importaron de Bélgica, las campanas que forman el campanario ubicado en la torre derecha se importaron de Alemania, los vitrales de imágenes bíblicas que adornan las ventanas fueron manufacturados en México, el altar mayor ubicado en la nave principal bajo la cúpula y que alberga a la Virgen de La paz, fue elaborado en mármol y traído de Italia, la estatua que adorna la fachada principal de la Catedral; es una imagen hecha en bronce que representa a Cristo Rey, esta fue traída desde Europa en barco hasta La Unión y luego hasta San Miguel en ferrocarril.



Figura N° 1.9: La imagen muestra, una de las propuestas arquitectónica para la construcción de Catedral Basílica denominada “Techo Férreo” la cual fue desechada por la Actual Construida.

⁴ Fuente, Datos tomados de “Ficha de Inventario de Inmuebles con Valor Cultural”, elaborada por la Unidad de Inventario de Bienes Culturales Inmuebles de El Salvador, CONCULTURA, elaborado en Julio del año 2000



***Figura N° 1.10: Materiales importados de diversos países;
Vitales, Tejas e imagen de Cristo Rey.***

Su construcción fue concluida hasta el año 1962, después de cien años de haberse iniciado.

Muchos fueron los personajes que contribuyeron a la culminación de este gran proyecto de ingeniería; los cuales eran miembros de la directiva pro construcción de Catedral entre los mas conocidos están; Monseñor Oscar Arnulfo Romero, y Sr. Francisco Cárdenas, quien con su dinamismo y a base de donaciones contribuyó a la colocación de el piso de la Catedral.

El 21 de Noviembre de 1962 fue inaugurada por el Presidente Fidel Sánchez Hernández, miembros del Gobierno de Alto mando, miembros de los cleros religiosos de Centroamérica, y la feligresía migueleña.

1.1.2 Antecedentes del Tema

1.1.2.1 Antecedentes de La Catedral Basílica Nuestra Señora de La Paz.

Dos estudios son, los que se han realizado en La Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, conteniendo en su totalidad datos arquitectónicos; los cuales presentan una descripción técnica de los materiales utilizados en su construcción, así como también de su ubicación dentro del Centro Histórico de la Ciudad de San Miguel. Dichos estudios se han realizado de manera superficial, empleando la variable visual y no por métodos técnicos de exploración. A continuación se describen cada uno de ellos.

- *“Introducción a la Valorización del Centro Histórico de la Ciudad de San Miguel, a través de la Definición e Inventario Analítico de sus Bienes Culturales Inmuebles Potenciales”, trabajo de graduación presentado por: Edgar Mauricio Chacón Montoya, Abril 1997.*

Objetivo: Realización de un estudio que promueva la identificación del Centro Histórico, de la ciudad San Miguel. Donde uno de sus alcances es que el Estado declare Bien Cultural Inmueble a la Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz, por haberse comprobado su valor histórico arquitectónico. El material presentado en dicho trabajo abarca información la cual pretende inducir al ciudadano migueleño a una toma de conciencia de aquello que constituye verdaderamente su herencia histórica y del uso que pueda darle a este tipo de recursos.

Este trabajo realiza una recopilación de datos históricos que describen acontecimientos importantes los cuales, ayudan a determinar la importancia que posee La Catedral Basílica, dentro del Centro Histórico de la Ciudad de San Miguel, actualmente por poseer esta más de un siglo de existencia. Entre la información que sobresale se encuentra: una ficha con la diferente información, sección de análisis de la cuadra, denominación antigua y actual, descripción de sistemas constructivos, apartado de aspectos históricos.

- *“Ficha de Inventario de Inmuebles con Valor Cultural”, elaborada por la Unidad de Inventario de Bienes Culturales Inmuebles de El Salvador, Concultura, elaborado en Julio del año 2000*

Objetivo: El principal objetivo del trabajo fue crear un registro de datos arquitectónicos, descripción de materiales y de antecedentes históricos referentes a la construcción de La Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz, tal estudio se realizó de una manera superficial, sin emplear métodos exploratorios. Entre la información que sobresale se encuentra; identificación, localización, usos del suelo, línea de construcción, equipamiento de infraestructura, tipo de edificación, usos, datos históricos, sistema constructivo, por mencionar algunos.

Dicho estudio ayuda a tener una idea general acerca de, los sistemas estructurales empleados en Catedral Basílica; así como también el valor histórico cultural que representa para El Salvador y en especial para el pueblo migueleño.

1.1.2.2 Antecedentes de Evaluación de Daños en Edificios

Debido a la importancia que tienen diferentes edificaciones en El Salvador, como: Hospitales, Centros Escolares, Iglesias, Alcaldías, Instituciones Públicas y Privadas, etc., es que se realizan estudios técnicos con el objetivo de brindar seguridad a sus usuarios y alargar la vida útil de tales estructuras.

Esto trae consigo el empleo de métodos para la evaluación de edificios, tales métodos están dirigidos a obtener datos acerca de los diferentes daños ocasionados por factores como: sismos, exposición al ambiente, tormentas tropicales, etc., con el propósito de conocer y clasificar el nivel de daño, y de esta manera determinar las condiciones físicas y estructurales para emplear métodos de restauración y de mantenimiento.

En los últimos años en El Salvador, se han realizado estudios sobre Evaluación de Daños en Edificios, entre algunos de estos estudios que servirán de referencia para la realización del presente trabajo son:

- **“Metodología para Evaluación Integral de Daños en Edificios”**, trabajo de graduación presentado por: Alma Morena Valladares Avilés, Octubre 1988.

Objetivo: Proponer una Metodología para la Evaluación de Edificios dañados por sismos, para que pueda ser utilizada como guía práctica de recolección de información necesaria del estado de daños que presentan las estructuras. Dentro de esta metodología se plantean una serie de formularios que permiten que el registro de daños en las edificaciones se realice de una forma sistemática, práctica, objetiva, completa y sencilla, de modo que pueda ser interpretada por profesionales en la materia. La Metodología presentada se divide en tres etapas que son:

Inspección de Emergencia: Es de carácter social, debido a la trascendencia de esta etapa tendrá que ser realizada por un especialista debidamente capacitado.

Evaluación Preliminar: Es una etapa intermedia que pueda permitir en algunos casos la toma de decisión sin entrar en procedimiento detallado por lo que puede ser considerada en estudios de anteproyecto de reparación de la Estructura.

Evaluación Definitiva: Necesita de toda la evaluación disponible y su verificación para tener un mejor criterio de reparación.

- **“Metodología para la Evaluación Preliminar de Edificaciones”**, trabajo de graduación elaborado por: Rubén Martínez Gutiérrez, Septiembre 1998.

Objetivo: La aplicación del método RSP (Rapid Screening Procedure), que se traduce como: Procedimiento Rápido de Levantamiento y consiste en la evaluación preliminar para identificar estructuras donde se tengan dudas sobre el comportamiento estructural, sin necesidad de recurrir a un análisis más detallado y por lo tanto más costoso cuando cumpla con los requisitos mínimos. El método RSP esta diseñado de tal forma que no se necesiten cálculos estructurales, ya que el usuario puede tomar decisiones basándose en el sistema de calificación. La inspección o recolección de datos y el proceso de calificación preliminar se

realiza en el sitio. La metodología que aplica este método reside entonces en una inspección visual de la estructura con el objeto de determinar si es “probablemente” adecuada para resistir los efectos de un sismo. El resultado de la inspección visual es conocer si es o no necesario una investigación más detallada.

Un edificio en buenas condiciones recibirá una calificación final alta, y un edificio en malas condiciones, o que se tengan dudas sobre su comportamiento estructural, recibirá una calificación baja. Cuando una estructura recibe un valor alto significa de que no se necesita realizar un estudio posterior de la misma, mientras tanto un valor bajo la califica como “potencialmente peligrosa”, por lo menos hasta que se haga una evaluación más detallada. Generalmente una calificación menor de 2 denota que el edificio en estudio no cumple con los requisitos sísmicos de la región, por lo que deberá de realizarse un estudio más completo. Los factores que intervienen en la calificación son: Altura del edificio, Mala condición, Irregularidad vertical, Piso débil o entrepiso suave, Torsión, Irregularidad en planta, Choque con estructuras adyacentes, Cubierta pesada, Columnas cortas, Año de diseño del edificio y Tipo de suelo.

Cabe mencionar que cada uno de los antecedentes anteriormente descritos, se tomarán como base; para el desarrollo de la Metodología de Evaluación de Daños, que se propondrá en la realización de la Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz de la Ciudad de San Miguel.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

San Miguel, es una de las tres ciudades principales de El Salvador y cuenta con los servicios de: Centros Comerciales, Mercados Municipales, Instituciones Educativas, Centros Históricos, Religiosos y Culturales, entre otros.

La Catedral Basílica Nuestra Señora de la Paz, es una de las edificaciones más importantes de la ciudad de San Miguel, debido a su significado histórico religioso que representa para la fe católica de la zona oriental.

En la actualidad dicha estructura no cuenta con planos de ningún tipo que reflejen su sistema constructivo, así como también los diferentes materiales utilizados en su edificación. Debido a su larga vida en servicio y con el paso del tiempo, esta estructura ha sufrido deterioro en sus elementos estructurales y no estructurales, producto de fenómenos naturales tales como: eventos sísmicos, tormentas tropicales, exposición al ambiente, etc. lo que ha provocado consecuencias como: la caída de la cruz ubicada en el punto de mayor elevación de la torre derecha, grietas en paredes, losas, vigas, columnas, etc., así como también el cambio en la resistencia de los diferentes materiales que conforman dicha edificación.

Ante estos inconvenientes; es necesario realizar una Evaluación Física y de Daños Estructurales y no Estructurales, que sirva para obtener una base de datos completa y detallada, donde se de a conocer el estado actual de todos sus elementos, y de esta manera proponer medidas de restauración y mantenimiento de tan imponente obra de la Ingeniería Civil.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

- Realizar una Evaluación Física de La Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz de la Ciudad de San Miguel.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Dar a Conocer la Historia en torno a la Catedral Basílica Nuestra Señora de La Paz.
- Elaborar Planos Arquitectónicos.
- Realizar una Investigación Descriptiva y Exploratoria, como antecedentes para que se realice una Evaluación Estructural.
- Aplicar una Metodología para la Evaluación de daños en la Estructura.
- Evaluación de la Calidad de los materiales utilizados en la Construcción.
- Elaboración de Propuestas de Reparación de Daños en la Edificación.
- Elaboración de Presupuesto de Reparación de Elementos Dañados.

1.4 DELIMITACIONES

1.4.1 ALCANCES:

- El Trabajo de Graduación constara de las etapas necesarias, para la evaluación de daños en elementos estructurales y no estructurales en edificios históricos; hasta llegar a realizar una descripción y clasificación detallada de daños y las propuestas de reparación de los mismos.
- Como un aporte importante a la edificación, se realizaran los planos arquitectónicos de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
- Para la ejecución del estudio de suelos y calidad de los materiales, se cuenta con el equipo necesario el cual será proporcionado por; el laboratorio de la escuela de ingeniería civil de la Universidad de El Salvador.
- Para la realización de las diferentes propuestas de reparación de daños encontrados en la edificación, se tomaran en cuenta las mejores alternativas de solución utilizadas en nuestro país, sin afectar el diseño original del edificio, por ser este un patrimonio histórico cultural.
- Para la elaboración del presupuesto de las diferentes propuestas de solución planteadas, se tomaran en cuenta los precios actuales en el mercado de los diferentes materiales de construcción, recomendados en dichas propuestas.

1.4.2 LIMITACIONES:

- El Estudio abarcó solo la parte de la Catedral Construida Originalmente, sin tomar en cuenta las construcciones y remodelaciones actuales.
- No se realizaron planos estructurales, debido a que la estructura que conforma el edificio es compleja y no se cuenta en el país con las pruebas de exploración óptimas que ayuden a describir las características estructurales de los elementos.
- La Evaluación de las Cimentaciones y las Pruebas Destructivas en la Edificación, no se realizaron, por no tener la aprobación del permiso de la Autoridades de la Catedral Basílica.
- Debido a las limitaciones de acceso a elementos metálicos, no se llevo a cabo la prueba de corrosión al acero.

1.5 JUSTIFICACION

La más grande de las riquezas con las que cuenta la ciudad de San Miguel es su centro histórico, el cual está compuesto por edificaciones como El Teatro Nacional, La Catedral Basílica, la Alcaldía Municipal, el Parque Rosales, la Capilla Medalla Milagrosa, iglesias, así como casas de habitación antiguas ubicadas en el centro de la urbe.

Actualmente La Catedral Basílica está en proceso de ascender al título de Patrimonio Nacional a través de CONCULTURA. Sin embargo los trabajos que se realizan para mantenimiento de dichas estructuras son muy pocos. Esto se debe en ocasiones a problemas de tipo económico; pero también, es preocupante el hecho de que muchas personas desconocen o dan poca importancia al valor cultural que poseen estas obras.

La Catedral Basílica, principal templo cristiano católico de la Vicaría Nuestra Señora de La Paz de la diócesis de San Miguel, es visitado por cientos de personas provenientes del oriente del país y en ocasiones hospeda a más de un mil personas de todo el país.

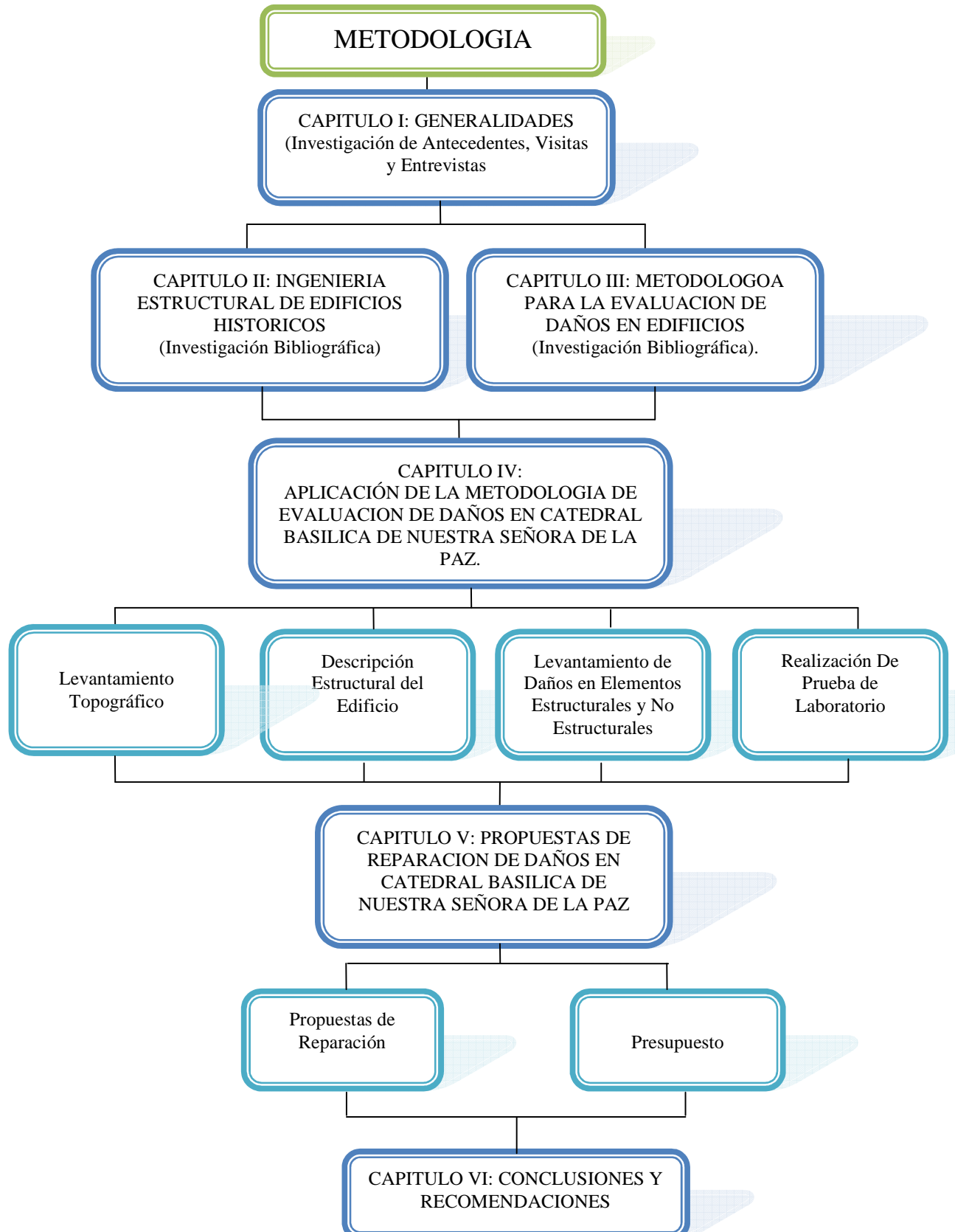
Este edificio desde su construcción hasta la fecha (más de un siglo) ha sufrido fenómenos ambientales fuertes como los distintos terremotos que han afectado al país, dando como resultados grietas en la estructura, así como la caída de una de las cruces que adornan las torres, por mencionar algunas fallas.

Las propiedades físicas de los elementos estructurales varían con el transcurrir del tiempo; habiendo utilizado materiales como cal, arena, grava, además de estructuras metálicas para su construcción.

Es debido a estas circunstancias que es imprescindible contar con un documento que posea información acerca de las propiedades de los materiales que revelen su situación actual, además de planos arquitectónicos de la edificación, por medio de una Evaluación Física y Estructural; y de esa forma, realizar propuestas de corrección de fallas, y de prevención que alarguen la vida útil de la estructura.

1.6 METODOLOGIA

Figura N° 1.11: Esquema de la Metodología utilizada en la investigación.



La investigación se ha dividido en seis capítulos, los cuales se describen a continuación:

CAPITULO I: GENERALIDADES.

Estará formado por el Anteproyecto e incluirá una introducción que presentara aspectos generales de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz. Se expone el planteamiento del Problema junto con la Justificación y los Antecedentes del tema, además del Objetivo General y Objetivos Específicos que se persiguen, así mismo indican los alcances y Limitaciones de la investigación.

En este capítulo se realizarán las siguientes actividades:

Investigación de Antecedentes: Recopilación de Información existente en base a otros estudios realizados a la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

Visitas y Entrevistas: Se efectuaron visitas a los siguientes lugares:

- CONCULTURA San Miguel
- CONCULTURA San Salvador
- Episcopado San Miguel

Entrevistas con las siguientes personas:

- Obispo Monseñor Miguel Ángel Moran Aquino
- Vicario Padre Emilio Rivas
- Ing. Navarrete
- Arq. Edgar Cachón
- Lic. Sarbelio Campos

CAPITULO II: INGENIERIA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS HISTORICOS.

El propósito de este capítulo es explicar las características estructurales de los materiales utilizados en las Edificaciones Históricas, a si como también la variedad de las modalidades constructivas que se han empleado a lo largo de los siglos, finalizando con la descripción de diferentes elementos que cumplen funciones estructurales básicas, como; Cúpulas, Naves, Columnas, etc. Y que aparecen con distintas variantes en las edificaciones Históricas explicando su función y comportamiento ante cargas y destacar las situaciones críticas que puedan llevarlos a fallar.

Investigación Bibliográfica: Consulta a diferentes fuentes bibliograficas entre las cuales podemos citar, libros, tesis, revistas, etc. Las cuales obtuvimos en las siguientes bibliotecas:

- Biblioteca “P. Florentino Idoate S. J.”, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- Biblioteca Central Universidad de El Salvador
- Biblioteca Nacional

CAPITULO III: METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICIOS

En este capítulo se describirá la Metodología a seguir para realizar la evaluación de daños en edificios, Construyendo de diferentes fuentes una metodología completa y detallada que pueda ser aplicada al edificio en estudio, considerando todos los aspectos importantes en una evaluación para Edificios Históricos.

En este capítulo se realizaran las siguientes actividades:

Investigación Bibliográfica: Consulta a diferentes fuentes bibliograficas entre las cuales podemos citar, libros, tesis, revistas, etc. Las cuales obtuvimos en las siguientes bibliotecas:

- Biblioteca “P. Florentino Idoate S. J.”, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- Biblioteca Central Universidad de El Salvador
- Biblioteca Nacional

CAPITULO IV: APLICACIÓN DE METODOLOGIA DE EVALUACION DE DAÑOS EN CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

En este capitulo se realizará la Evaluación de Daños en Catedral Basílica la que seguirá las etapas del capitulo 3 y Haciendo una recopilación detallada de Daños a través de el llenado de diversos formatos para la verificación de daños en los diferentes elementos Estructurales y no estructurales, concluyendo con un Resumen de todos los daños, presentando el volumen total a reparar de estos, además se presentaran los planos arquitectónicos y las características Mecánicas de los materiales y del suelo sobre el que se cimentó la estructura; mediante la realización de pruebas de laboratorios.

En este capitulo se realizaran las siguientes actividades:

Levantamiento Topográfico: Recopilación de datos planimétricos y altimétricos mediante la utilización de equipo topográfico y a si elaborar los planos arquitectónicos, para poder contar con la información complementaria necesaria para la Evaluación de daños del edificio.

Levantamiento de Daños en elementos estructurales y no estructurales: haciendo un Recorrido por las instalaciones de la Catedral Basílica Nuestra Señora de La Paz con el objetivo de realizar inspección visual del edificio. y la recolección de daños a través del llenado de formatos para luego cuantificar los diferentes daños de la estructura

Realización de Pruebas de Laboratorio: Se realizaran pruebas de Materiales y Suelos, para determinar las propiedades y características de los materiales utilizados en la construcción del edificio. Las pruebas que se realizaran son:

Prueba de Suelos:

- Prueba de Penetración Estándar

Pruebas de Materiales:

- Prueba de Tensión al Acero
- Prueba de Compresión y Adsorción de Ladrillos de Barro

CAPITULO V: PROPUESTAS DE REPARACIÓN DE DAÑOS EN CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

En este capitulo se proponen Medidas de Mantenimiento y Restauración de elementos dañados, que ayuden a prolongar la vida útil de la Catedral Basílica Nuestra de Señora de La Paz. Incluyendo además un presupuesto de estas actividades.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capitulo se darán a conocer las conclusiones y recomendaciones sobre el tema. También incluirá los anexos, y Fuentes bibliograficas utilizadas para la realización de este trabajo de graduación

INTRODUCCIÓN

Un requisito indispensable para la conservación de un edificio, es la preservación de la estabilidad de su estructura. Las estructuras de los edificios históricos pueden ser muy simples o sumamente elaboradas, e implicar una distribución compleja de las fuerzas entre sus elementos constitutivos.

El propósito de este capítulo es exponer las características estructurales de los materiales comunes en las edificaciones históricas, además de explicar sus funciones y comportamiento ante cargas, y destacar las situaciones que puedan llevarlos a fallas. La presentación se concentrará en los elementos de mampostería de piedra o de ladrillo, y algunos metales.

Aun con esas limitaciones, la variedad de las modalidades constructivas que se han empleado a lo largo de los siglos es extraordinariamente amplia. Particular precaución debe tenerse con los valores de las propiedades mecánicas que se consignan en las secciones siguientes y con los que se encuentran, en general. Estos deben tomarse solamente como indicativos, ya que la dispersión de propiedades es muy elevada y depende fuertemente de las materias primas empleadas, de los métodos de construcción y de las condiciones ambientales, así como de las modificaciones que han tenido los materiales con el tiempo.



Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos

2.1 GENERALIDADES DE LOS EDIFICIOS HISTORICOS¹

2.1-1 CONSERVACIÓN

Sólo una pequeña fracción del patrimonio arquitectónico del pasado ha sobrevivido hasta nuestros días, y es necesario preservarla y utilizarla cuidadosamente para permitir que las generaciones futuras puedan seguir enriqueciéndose con la apreciación de las evidencias de las culturas y civilizaciones que las han precedido. Así, más que por su valor artístico, los edificios históricos son importantes por ser constancias de culturas del pasado. Forman parte de nuestra herencia cultural y constituyen evidencias de las grandes realizaciones de la humanidad.

Ha habido mucha polémica, desde hace más de dos siglos, sobre los criterios en que se debe basar la conservación del patrimonio arquitectónico. Mucha influencia han tenido al respecto, las visiones planteadas por Violletleeduc (1858), Ruskin (1871) y Boito (1883).

En los edificios históricos suelen distinguirse los monumentos, o sea aquellas construcciones que tienen un alto valor cultural por sí solas (ver figuras N° 2.1 y 2.2), y los conjuntos o sitios, cuyo valor cultural estriba principalmente en que constituyen una evidencia de la manera de vivir en una o varias etapas históricas. El criterio de conservación puede diferir en las dos circunstancias, porque para los sitios históricos lo importante es preservar la evidencia del conjunto, y son aceptables modificaciones significativas en las edificaciones individuales, especialmente en su interior. Para los monumentos es esencial la preservación del inmueble en sí, y deben evitarse al máximo las alteraciones.

La conservación de los edificios históricos es una actividad compleja y necesariamente multidisciplinaria, ya que requiere la experiencia de arquitectos, historiadores, restauradores y, en diversos casos, la participación de especialistas en ingeniería estructural, geotecnia, ciencia de materiales y otras. El papel de cada uno de los especialistas en el proyecto específico dependerá de las circunstancias que hayan dado lugar a la necesidad de la intervención.

¹ Fuente Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos, autor Dr. Roberto Meli..

El término conservación es el que se considera más apropiado para las tareas conducentes a prolongar la vida de un edificio histórico. Esta última puede verse amenazada por un conjunto de factores externos que incluyen los agentes naturales como la intemperie, los sismos, hundimientos del terreno, vientos, lluvia, o por las actividades humanas, como las vibraciones inducidas por el tráfico, la contaminación, y los efectos negativos de excavaciones o construcciones cercanas. Cuando cualquiera de estos agentes haya afectado significativamente el edificio en su integridad, la actividad necesaria para la conservación pasa de ser una acción esencialmente de mantenimiento a una más profunda, que queda mejor definida con el término *restauración*.



Figura N° 2.1: Alcaldía Municipal de San Miguel.



Figura N° 2.2: Teatro Nacional Ciudad de San Miguel.

2.1-2 ESTRUCTURAS

Un requisito indispensable para la conservación de un edificio, es la preservación de la estabilidad de su estructura. Las estructuras de los edificios históricos pueden ser muy simples o sumamente elaboradas, e implicar una distribución compleja de las fuerzas entre sus elementos constitutivos. Con frecuencia, la *estructura* propiamente dicha no se distingue claramente del resto de los elementos del monumento, y se dan situaciones en que el monumento es la estructura. Más aún, hay casos en que el valor cultural del edificio reside principalmente en su solución estructural por ser ésta innovadora, o por constituir una hazaña técnica para la época en que fue construida. Piénsese, por ejemplo, en los megalitos de Stonehenge colocados de forma que constituyen la primera evidencia, en Europa, de una estructura de poste y dintel, antecesora de los edificios con columnas y arquitebe, o el

Pantheon Roma, que destaca por la audacia de su cúpula hemisférica con un claro de 43,5m, que no fue superado hasta 1500 años después.

Cualquiera que sea el material, la forma y el método de construcción, el comportamiento estructural se rige por los mismos principios de la mecánica estructural que se aplican a los edificios modernos, y su estabilidad se tiene estudiar con procedimientos derivados de dichos principios.

La cúpula de mampostería de ladrillo, cada vez más delgada a medida que gana altura, tiene un aligeramiento adicional mediante casetones huecos. La cúpula remata en un anillo que imita a un gran lucernario de 9 m de diámetro. Terminado en el año 120 d.C., el templo sufrió innumerables daños y modificaciones a lo largo de los siglos: sin embargo, la cúpula ha permanecido prácticamente intacta. A partir del siglo XIX, se han realizado sucesivas intervenciones de restauración para devolverle una forma más cercana a la original. Existe, sin embargo, por parte de los profesionales de la conservación de los monumentos una renuencia generalizada a la aplicación de la ingeniería estructural en los proyectos de este tipo y, más aún, al empleo de métodos cuantitativos para la estimación de la seguridad estructural y al diseño de eventuales medidas de refuerzo. Dicha renuencia tiene, primeramente, motivos históricos derivados de la manera en que fueron concebidos y construidos tales edificios, pero también proviene de experiencias negativas por la manera en que algunos especialistas en estructuras han enfrentado el problema de la seguridad de los monumentos.

Los aspectos de ingeniería estructural de estos edificios no se limitan al cálculo y análisis de esfuerzos para la revisión de la seguridad y para el proyecto de las intervenciones de refuerzo. Se incluyen los procedimientos de inspección de las propiedades de los materiales, de diagnóstico del estado de la estructura: de monitoreo del comportamiento, y de evaluación de las técnicas para corregir deficiencias y restablecer las condiciones adecuadas de comportamiento.

Además de la estructura principal, hay otros elementos en un edificio que pueden requerir precauciones para evitar el colapso ante algún tipo de carga o efecto externo. Entre los *elementos no estructurales*, o secundarios desde el punto de vista estructural, destacan los

ornamentales de grandes dimensiones, como estatuas, retablos, parapetos y algunos recubrimientos particularmente pesados. Estos también requieren ser revisados en su estabilidad con base en los principios de la mecánica estructural.

2.1-3 DESARROLLO HISTÓRICO DE LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL.

El cálculo de los edificios, o sea la determinación mediante procedimientos cuantitativos de la forma, dimensiones y propiedades de materiales, para los elementos cuya función es resistir las cargas que se generan, es una práctica relativamente reciente. De hecho, sólo hasta avanzado el siglo XX. Esta práctica se ha generalizado a todo tipo de edificios.

Una fuente importante para el desarrollo de la práctica estructural de la antigüedad fue la observación de las estructuras creadas por la naturaleza; la lectura inteligente de las mismas, y su progresiva extrapolación a las construcciones, permitieron crear una base empírica de conocimientos, la cual se fue ampliando y perfeccionando. La evolución de las estructuras realizadas por el hombre se basó en gran parte en el método de la prueba y el error. Lograr las soluciones que admiramos por su atrevimiento y eficiencia estructural requirió múltiples intentos fallidos que poco a poco fueron definiendo los límites en los cuales debían mantenerse las características de la estructura para que ésta tuviera un comportamiento adecuado para cada uno de los materiales y elementos estructurales comunes. Uno de los casos más destacados es el de las catedrales góticas, en los cuales el afán de llegar a formas cada vez más atrevidas llevó a colapsos parciales o totales a la vez que a modificaciones importantes de las características de las construcciones.

Resulta sorprendente que el desarrollo notable de las matemáticas y la física de muchas civilizaciones de la antigüedad, no haya llevado a la aplicación de estas ciencias al cálculo de las estructuras. Como afirma Straub (1952), *“No existe evidencia de una aplicación deliberada y cuantitativa de las leyes de las matemáticas y la física para determinar las dimensiones y la forma de las estructuras... que se obtenían más bien con lo que podría llamarse intuición educada. A pesar del notable desarrollo de la estática y la mecánica, había una mínima conexión entre la teoría y la práctica y pocos intentos de aplicar los conocimientos científicos para propósitos prácticos”*.

Así, aunque las bases de la mecánica estructural estaban bien establecidas en una evolución que pasó por Arquímedes, Galileo y Newton. Éstas no encontraron aplicación explícita en el cálculo, por ejemplo, de estructuras tan complejas, esbeltas y eficientes como las de las catedrales góticas. Desde luego, esos extraordinarios ejemplos de unidad entre la estética y la técnica estructural y constructiva, requirieron un certero conocimiento de la forma en que las fuerzas se generan y se transmiten de uno a otro elemento de la estructura, pero no hay evidencia de que se hayan empleado tales conocimientos en forma cuantitativa.

De igual manera, las formas sumamente complejas y refinadas que se llegaron a emplear en muchas edificaciones, fueron diseñadas y realizadas recurriendo a conceptos geométricos relativamente elementales. Se usaba principalmente la llamada *geometría constructiva*, basada en la manipulación de cuadrados, círculos y triángulos, para definir los puntos y trazos necesarios. La geometría encontró aplicación directa en la construcción, sólo dos mil años después de su formulación (Coldstream, 1991).

Los primeros intentos de sistematización del conjunto de conocimientos empíricos acerca del diseño de las estructuras llevaron a establecer reglas geométricas sobre las proporciones que debían guardarse entre las dimensiones de los elementos estructurales (relaciones altura-espesor, claro-peralte, etc.) para asegurar su estabilidad, mismas que se ampliaron y se difundieron; especialmente en el Renacimiento. Particularmente refinadas son las que se desarrollaron para el diseño de arcos y bóvedas.

Se cita como primer caso de aplicación de leyes científicas al cálculo de la seguridad de las construcciones, el que se realizó a mediados del siglo XVIII para la revisión de la cúpula de San Pedro, en Roma, primero por tres matemáticos franceses y después por Poleni (1748), quien aplicó el concepto de polígono funicular de fuerzas que después constituyó la base para los métodos de estática gráfica usados hasta nuestros días para el análisis de estructuras monumentales. La polémica que se suscitó acerca de la validez de estos análisis, es representativa de una diferencia de enfoques que aún subsiste. Desde entonces, y sobre todo en las últimas décadas, se ha desarrollado un impresionante conjunto de conocimientos y de técnicas para análisis y diseño de estructuras, con los cuales se pueden resolver con gran precisión los más variados y complejos modelos estructurales ante el efecto de prácticamente cualquier tipo de acción externa que pueda afectarlos.

Los principios en que se basan dichos métodos de análisis son, en general, válidos para cualquier tipo de estructura; sin embargo, los métodos específicos han sido desarrollados para estructuras modernas y llevan implícitas hipótesis que sólo son válidas para estas últimas y distan de ser aplicables a las estructuras de la mayoría de los edificios históricos.

Aspectos que marcan diferencias sustanciales en los dos casos, son que las estructuras modernas están formadas por arreglos de elementos lineales (columnas y vigas) o planos (muros y losas), los cuales pueden modelarse fácilmente como retículas bio tridimensionales; por el contrario, los edificios históricos suelen tener geometrías mucho más elaboradas que requieren una modelación espacial más compleja. Un requisito que se busca en las estructuras modernas es continuidad entre los elementos estructurales, lo que implica uniones rígidas y capaces de transmitir momentos flexionantes y fuerzas de tensión; esta continuidad no se logra en general en las estructuras antiguas cuyos elementos sólo pueden transmitir eficientemente fuerzas de compresión axial y se encuentran simplemente apoyados unos sobre otros. Los materiales modernos tienen propiedades mecánicas uniformes, y con una relación proporcional entre los esfuerzos aplicados y las deformaciones resultantes (comportamiento lineal). Los materiales de los edificios antiguos suelen tener alta variabilidad en sus propiedades mecánicas, y los elementos estructurales tienden a presentar fuerte comportamiento no lineal por el agrietamiento que ocurre cuando se inducen tensiones en algunas fibras de sus secciones transversales.

Con demasiada frecuencia, los especialistas en estructuras se han enfrentado a las construcciones históricas, pretendiendo utilizar las mismas normas y planteamientos que están acostumbrados a emplear para los edificios modernos, y con ellos llegan a evaluaciones totalmente falsas de la seguridad de los mismos. Dicha actitud va normalmente acompañada del desprecio hacia las bajas resistencias de los materiales originales, y de la pretensión de sustituirlos en su función estructural por materiales modernos.

Los errores cometidos por esas actitudes no invalidan la aplicación de enfoques racionales y numéricos la revisión de la seguridad de las estructuras, ni el empleo de los instrumentos más avanzados que la ciencia y la tecnología ponen actualmente a nuestra disposición, para su diagnóstico y rehabilitación.

2.1-4 SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Es común pensar que una estructura debe ser segura en términos absolutos, lo que implica que sea imposible que vaya a fallar. Este concepto es erróneo y, más bien, puede afirmarse lo contrario: toda estructura acabará por fallar, a menos que sea demolida antes, o que sea objeto de intervenciones que subsanen y corrijan los indicios de falla (Rosenblueth, 1981). Las fallas se deben, por una parte, al deterioro que suelen experimentar las propiedades estructurales con el tiempo y, por otra, a que mientras mayor es la vida de una construcción, crece la intensidad que pueden alcanzar los fenómenos que la afectan.

Relacionada con la creencia anterior, es la que supone que el hecho de que una construcción haya subsistido por muchos años, es prueba suficiente de que su seguridad es adecuada. A esta última creencia va asociada la opinión de que no hay necesidad de revisiones de la seguridad de una construcción antigua y que basta con la evidencia de su subsistencia.

Elevando al extremo esta visión, cita Heyman (1990) la *“regla de los cinco minutos”*, refiriéndose a las grandes obras de mampostería. Según ésta, si una obra permanece estable y sin signos de mal comportamiento, al menos cinco minutos después de terminada y de haber quitado todo elemento provisional de soporte, ya no va a fallar porque ya probó ser capaz de resistir la carga principal a que va a estar sometida, que es su peso propio y porque para estructuras de este tipo, los fenómenos de inestabilidad por deformación (pandeo) o de fatiga no son significativos. Heyman advierte que esta regla no se aplica cuando hay posibilidad de hundimientos del subsuelo que pueden aumentar considerablemente a lo largo de muchos años, o cuando la construcción se encuentra en zona sísmica. A un así, la regla debe tomarse más bien como una llamada de atención sobre el peso que hay que dar a la evidencia del estado actual de la estructura y de su subsistencia, para matizar los resultados de cálculos teóricos.

Son muchas las causas que pueden deteriorar la resistencia con el tiempo Y pueden llevar la construcción al colapso, inclusive ante el solo efecto de su peso propio. En general, este deterioro se hace evidente a la simple observación, mediante agrietamientos, aplastamientos, desprendimientos y deformaciones. En ocasiones, sin embargo, no se encuentra evidencia externa de la pérdida progresiva de resistencia

de una estructura, presentándose casos de colapsos súbitos de construcciones que no mostraban signos de daño. Los más impresionantes en este sentido son los colapsos totales de la torre de la Basílica de San Marcos en Venecia, y recientemente, de la Torre Cívica de Pavía, más de nueve siglos después de su construcción, y sin que fuera afectada por ninguna acción externa aparente, más allá de su propio peso.

Las consideraciones anteriores deben hacer reflexionar sobre la importancia, para el diagnóstico de la seguridad estructural, de entender a fondo el funcionamiento estructural de la construcción original y el mecanismo de transmisión de fuerzas concebido por sus constructores. En seguida, deben identificarse los factores que pueden haber modificado el mecanismo original de transmisión de fuerzas y afectar la seguridad estructural; primeros entre éstos, los daños que la estructura puede haber sufrido por sucesos accidentales como sismos, vientos e incendios, o bien los debidos a hundimientos significativos de sus apoyos y al deterioro por intemperismo, o a agentes químicos y otros efectos ambientales, así como los generados por modificaciones hechas por el hombre a lo largo de los años, como la remoción de partes de la estructura o adiciones que hubieran incrementado las cargas. Para la evaluación confiable de estos factores no es suficiente por lo general, una observación visual, sino que conviene recurrir a técnicas refinadas de inspección y monitoreo.

Cuando aparezcan dudas sobre el grado en que se ha afectado la seguridad original, sea porque las condiciones de carga han cambiado radicalmente o que las características de la estructura han sido alteradas significativamente, se hace necesaria una cuantificación de la seguridad, basada en la determinación de las propiedades estructurales y en el empleo de métodos de análisis congruentes con el comportamiento real de la estructura.

Al efectuar evaluaciones de la seguridad de edificios históricos, surge el problema de decidir cuál es el nivel mínimo aceptable de seguridad. Esta decisión no es necesaria en la mayoría de los casos de revisión de estructuras modernas, para las cuales los códigos y normas que rigen para la localidad y tipo de construcción de que se trate fijan requisitos que llevan implícitos o explícitos los factores de seguridad necesarios. En los edificios históricos tales documentos tienen poca o nula aplicabilidad, por lo que queda ajuicio de los responsables del proyecto específico determinar los mínimos aceptables.

Las revisiones de diversos edificios históricos llevan a descubrir que los esfuerzos promedio aplicados en las secciones transversales de los elementos estructurales son pequeños, si se comparan con la resistencia en compresión del material rara vez esos esfuerzos exceden de 20 kg/cm² para elementos de piedra que tiene una resistencia en compresión típica de 300 kg/cm², o más. Esto ha llevado a pensar que se tienen amplísimos factores de seguridad en dichas estructuras. Así, los textos antiguos sobre la materia recomendaban que el esfuerzo promedio de compresión no debiera exceder de un vigésimo de la resistencia de la piedra, ni de un décimo de la resistencia del mortero.

Heyman (1990) indica que típicamente, los *esfuerzos* promedio en las columnas de los monumentos son del orden de un décimo de la resistencia de la piedra. Las relaciones anteriores no pueden considerarse propiamente como **factores de seguridad**. La resistencia real de una columna de mampostería es mucho menor que determina en una muestra extraída de la piedra con la que está construida. Como se verá los efectos del aparejo de los sillares, de la interacción con el mortero con que está unida, de la esbeltez del elemento y de las excentricidades con que se aplica la carga, aunados a la propia variabilidad de las propiedades de la mampostería, reducen drásticamente los factores de seguridad; por ello, en la revisión es necesario tomar en cuenta explícitamente los factores anteriores para llegar a una determinación realista de la resistencia y del factor de seguridad real.

El factor de seguridad aceptable dependerá del grado de precisión con que se hayan determinado las fuerzas actuantes y las resistentes; hay casos en que el grado de precisión no difiere sustancialmente del que se tiene en las estructuras modernas de mampostería. Lo ideal es que para estructuras importantes se efectuó de un estudio explícito de confiabilidad estructural para definir los factores de seguridad de mínimos admisibles. Sin embargo, en la casi totalidad de los casos, será necesario basarse en el buen juicio del especialista, quien deberá evaluar subjetivamente el grado de incertidumbre involucrado en las distintas etapas del proceso de revisión y, de ello, el factor de seguridad necesario para una protección adecuada.

2.1-5 CARGAS Y ACCIONES EXTERNAS

Un elemento fundamental para la revisión de la seguridad de una estructura, es la determinación de las cargas a las que está sometida, así como de aquellas que puedan afectarla

en el futuro. En un contexto más amplio, todos estos agentes externos que afectan una estructura se llaman **acciones**.

Las acciones que afectan a un edificio histórico no difieren en su clasificación, como tampoco en los métodos de cuantificación y en la forma de combinar sus efectos, de las que se consideran en los edificios modernos.

Las **cargas muertas** que actúan en forma permanente sobre el edificio, son usualmente las acciones más significativas para estas construcciones masivas. Su determinación puede hacerse con mucha precisión si se tiene pleno acceso a las distintas partes del edificio, y se pueden determinar espesores y características de todos los componentes. Esta tarea laboriosa en la mayoría de los casos, porque su resultado va a representar la parte más significativa de la carga total actuante.

En la determinación de los pesos volumétricos de los materiales, hay que tomar en cuenta la posibilidad de que éstos se encuentren saturados por las filtraciones de agua. Cuando es admisible desde el punto de vista de la conservación del monumento, es conveniente extraer muestras para determinar el peso volumétrico de los principales materiales.

Las **cargas vivas** debidas al funcionamiento del edificio no suelen representar una fracción significativa del total, por lo que es admisible una estimación aproximada y el uso de valores recomendados para los edificios modernos. El efecto de la carga viva es importante para la revisión de sistemas de piso ligeros, de madera o de estructura metálica, sobre todo, en lo relativo a la vibración por el movimiento de personas y equipos. El viento tampoco suele representar una acción significativa, excepto para techos ligeros o para torres muy esbeltas; su cuantificación puede realizarse con los métodos modernos que se han desarrollado para formas estructurales específicas.

Los **sismos** han sido causa de falla de un gran número de edificios históricos y su efecto es particularmente severo en las pesadas construcciones de mampostería

Los **cambios volumétricos**, por variaciones en la humedad del ambiente y en la temperatura, son relativamente pequeños en los edificios de mampostería y se vuelven más significativos en los de madera y en los metálicos. Es común que se presenten daños locales por la incompatibilidad de las deformaciones de elementos de distintos materiales, como en el caso de insertos metálicos en elementos de mampostería.

Resultan particularmente críticos los efectos de los *hundimientos de la cimentación* en las estructuras rígidas y de baja resistencia en tensión, como las de mampostería; su cuantificación requiere estudios especializados del subsuelo, y la colaboración entre especialistas en geotecnia y en estructuras.

2.2 MATERIALES ESTRUCTURALES²

2.2-1 PIEDRA

La piedra natural es el componente más común para la mampostería de los edificios históricos, y constituye además un material estructural por sí solo para la construcción de *elementos monolíticos*, o formados por bloques o *sillares* sobrepuestos.

El tipo de piedra en los elementos estructurales de los edificios se ha escogido con base en dos propiedades contrastantes: la durabilidad y la facilidad de ser trabajada para darle la forma deseada. La durabilidad ha sido más importante que la resistencia; aunque las dos propiedades van aparejadas y están relacionadas con la densidad del material, la resistencia no fue generalmente un factor crítico para la elección de la piedra, como resultó la capacidad de resistir los efectos del intemperismo, especialmente los ciclos de hielo y deshielo.

Las *rocas ígneas*, formadas por la consolidación del magma fundido, son las más duras y, por tanto, las más difíciles de trabajar, de modo que su uso fue restringido a los grandes bloques y a las formas simples. El granito y el basalto son los más representativos de estos materiales.

Las *rocas sedimentarias*, producidas por la descomposición y sucesiva reconsolidación de las ígneas, son mucho más trabajables y han tenido mayor y más amplia utilización en la construcción, por la facilidad de cortarlas y labrarlas en las formas deseadas. Las areniscas y las calizas son las más comunes entre las rocas de este tipo; por haber sido depositadas en capas sucesivas, son más débiles en la dirección perpendicular a la del lecho de depósito. Los canteros han aprovechado esa dirección para cortarlas más fácilmente, y la otra para que sea la que reciba las cargas más elevadas en el elemento estructural.

² Fuente Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos, autor Roberto Meli.

Las *rocas metamórficas* derivan de las anteriores por transformaciones químicas o por calor o presión. De ellas, los mármoles son los que han tenido mayor empleo en la construcción de los grandes monumentos. Sus propiedades son similares a las que tienen las más duras entre las rocas sedimentarias.

La resistencia a compresión de las piedras en la construcción varía entre 100 y 1000 kg/cm². Sólo las tobas, derivadas de depósitos de material volcánico, llegan a tener resistencias inferiores. La resistencia a tensión es del orden de una décima de la de compresión, y el módulo de elasticidad cercano a 1000 veces la resistencia a compresión.

Los valores mencionados corresponden a propiedades obtenidas en probetas cúbicas o cilíndricas, con relación de altura a base de entre uno y dos. Los esfuerzos resistentes que se pueden alcanzar en los elementos estructurales son significativamente menores. Para entender las diferencias conviene explicar el mecanismo de falla de estos materiales cuando están sujetos a esfuerzos de compresión axial.

Cuando se somete una probeta de piedra a una carga creciente de compresión en una máquina de ensayo, se registra un acortamiento progresivo. Aparejada al acortamiento longitudinal, va una expansión transversal, por el habado efecto *de Poisson*. Por la baja resistencia a tensión de estos materiales, desde niveles relativamente bajos de esfuerzo de compresión (entre 30 y 50 % de la resistencia), se comienza a presentar un micro agrietamiento transversal que se propaga a medida que aumentan los esfuerzos, hasta producir la separación de una serie de pequeñas columnas individuales, cuya capacidad de carga esta limitada por su pandeo. Se llegan a apreciar grietas verticales en la probeta antes del colapso.

La fricción entre las placas de la máquina de prueba y la probeta juega un papel importante, ya que restringe la expansión transversal y limita el microagrietamiento. Y por tanto aumenta la resistencia aparente. Este efecto no existe en un elemento estructural, por lo que la resistencia que éste alcanza es inferior a la de la probeta (entre 10 y 20%, según el tipo de piedra y las características de la probeta).

Existe además un *efecto de tamaño*, que hace que a medida que crecen las dimensiones del elemento, disminuye su resistencia. Las imperfecciones del material dan lugar a puntos

débiles desde donde inicia el agrietamiento transversal causante de la falla. A medida que crece el tamaño del elemento, aumenta la probabilidad de imperfecciones y, por tanto, estadísticamente, la resistencia es menor. El efecto depende del tipo de piedra, y en las rocas metamórficas se tienen reducciones del orden de 10%. El efecto más significativo es el de las imperfecciones del contacto de un bloque o sillar con los adyacentes, o de un monolito con su base. Estas imperfecciones dan lugar a importantes concentraciones de esfuerzos en los puntos salientes, los cuales si son pequeños y aislados, se aplastan cuando las cargas son elevadas y se produce una redistribución de esfuerzos que lleva a una condición más uniforme. Cuando las protuberancias son de mayor tamaño, son capaces de transmitir cargas mayores y llegan a producir el agrietamiento vertical del bloque con el que están en contacto. Los sillares “a hueso” deben ser trabajados para dejar superficies muy lisas y regulares y evitar dichas concentraciones; el uso de una capa de mortero en la junta, propicia la reducción de las concentraciones de esfuerzos, además de permitir nivelar los sillares. Aun en los sillares mejor trabajados se ha llegado a emplear una delgada capa de mortero de yeso o cal para facilitar su correcto posicionamiento.

Una situación particularmente desfavorable se tiene cuando, por apariencia, se trabaja cuidadosamente una franja exterior de los bloques o sillares, para lograr un contacto perfecto. Por el contrario, el interior se deja más irregular y se coloca una capa gruesa de mortero para llenar el hueco y lograr el contacto en toda el área del sillar. Debido a que la rigidez del contacto es mayor entre las piedras que a través del mortero, se producen altas concentraciones de esfuerzos en la periferia de las secciones, con el consiguiente debilitamiento del elemento y agrietamiento vertical en la superficie exterior.

Un efecto semejante es originado por el uso de cuñas de piedra para nivelar los sillares. La rigidez de estas cuñas o lajas es mucho mayor que la del mortero y produce concentraciones de esfuerzos acompañadas de aplastamiento local de la piedra y, posiblemente, de agrietamiento vertical del sillar.

La suma de los efectos mencionados hace que la resistencia en compresión de una columna de bloques de piedra, sea muy inferior a la que se deduce del ensaye de una probeta en laboratorio.

Grupo	Tipo de rocas	Resist. Min. a compresión (kg/cm ²)
A	Caliza, travertino, tobas volcánicas	200
B	Areniscas blandas y calizas arcillosas	300
C	Calizas compactas, dolomitas, mármol, basalto	500
D	Areniscas cuarzosas (con cemento silíceo)	800
E	Granito, sienita, diorita, pórfido, diabasa, basalto	1200

Tabla 2.1: Resistencia mínima a compresión de ciertas rocas (según Norma DIN 1053³)

2.2-1.1 DAÑOS POR CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS EN LA CARA EXTERIOR DE ELEMENTOS DE PIEDRA

Un ejemplo claro de los efectos de la falta de uniformidad en la distribución de esfuerzos en las caras de contacto entre sillares de piedra es la iglesia de Santa Genoveva, ahora el Pantheon de París. Esta iglesia se comenzó a construir en 1770. La piedra de algunos muros y, sobre todo, de los cuatro grandes pilares centrales fue trabajada con sumo cuidado, de manera de dejar los 10 cm. exteriores perfectamente lisos y salientes con respecto al interior, para formar juntas horizontales de mortero, de 3 mm. De espesor, en el perímetro exterior. En el interior de la sección había una capa de mortero de varios centímetros de espesor. Este mortero se fue contrayendo y deformando por flujo plástico.

Rondelet estuvo a cargo de las etapas finales de la construcción y tuvo que enfrentar los problemas y las polémicas derivados de algunos daños y mal comportamiento que presentaba la estructura. Para el diagnóstico de las causas de los daños y para el estudio de las medidas correctivas, Rondelet empleó métodos cuantitativos de la mecánica de materiales basados, probablemente por primera vez, en determinaciones en laboratorio de la resistencia de la piedra empleada en las columnas y muros. Rondelet calculó que la carga sobre los pilares

³ Tabla tomada del Texto Ingeniería Estructural de Edificios Históricos.

era de 3500 t, que distribuida sobre los 12.6 m² de sección produce un esfuerzo medio de compresión de 18 kg/cm², muy aceptable para la cantera. El área del anillo exterior de 10 cm. de espesor es sólo de 2.3 m², de modo que la carga acabó gravitando casi totalmente sobre esa parte de la columna, y el esfuerzo aumentó a cerca de 150 kg/cm².

La concentración de esfuerzos en la franja exterior produjo despostilladuras triangulares, así como grietas verticales indicativas de la alta expansión lateral. El daño de este tipo no afecta la seguridad de una columna de este tamaño, ya que al irse aplastando la franja exterior, la carga se va transmitiendo progresivamente hacia el interior de la sección, que tiene amplia capacidad para resistirla.

El efecto estético y psicológico de un daño así en los elementos estructurales principales del edificio, fue más de lo que el orgullo de Rondelet podía aceptar; en 1779, dispuso que se realizara un grueso corte en todas las juntas exteriores, para liberarlas de carga y forzar a que la parte interior de la columna colaborara a la resistencia. Una situación semejante se aprecia en un buen número de columnas de cantera, por ejemplo, en las de la Catedral Metropolitana de la ciudad de México y en la Catedral de Pavla, en Italia. En ningún caso, sin embargo, se han adoptado acciones correctivas como la realizada por Rondelet.

2.2-2 BARRO

El barro se comenzó a usar en las construcciones, en la modalidad de *tierra apisonada* (llamada tapial en algunas regiones), o como recubrimiento o relleno de entramados de madera o caña (conocido en América Central como *bajareque*). Su principal debilidad es la degradación por la intemperie y el agrietamiento a causa de la contracción por secado. La adición de paja reduce la contracción; el recubrimiento con algún mortero pulido protege de la lluvia. Pocas construcciones de este tipo sobreviven el paso del tiempo, y sólo en *zonas* muy áridas. Al respecto, algunos templos de Irak cuentan con más de 2000 años. Un caso más cercano son las construcciones del norte de México y suroeste de los Estados Unidos que se han mantenido en buenas condiciones hasta nuestros días.

Para reducir los problemas de contracción, la construcción de tierra apisonada evolucionó hacia la preparación de piezas de un tamaño manejable que pudieran ser

previamente secadas al sol, y así completar su contracción por secado antes de ser colocadas en los elementos constructivos definitivos. Los bloques o ladrillos de barro secado al sol se conocen como *adobes* y se emplean principalmente en la construcción de muros, unidos con un mortero del mismo lodo. La construcción de adobe data de hace cerca de 3000 años, y todavía se emplea en zonas rurales de algunos países en desarrollo. La protección de la intemperie por medio de aleros en los techos, con enlucidos y otras precauciones, ha permitido la sobrevivencia de edificios de adobe por diversos siglos, aunque muchas de estas construcciones han sido objeto de reposición de buena parte de los materiales originales, a medida que se fueron deteriorando.

Las propiedades mecánicas de la tierra, apisonada o en adobe, tienen grandes variaciones según las características del suelo con que se fabrican y el cuidado en su elaboración. La adición de paja, estiércol y algún otro material orgánico aglutinante tiene el propósito de disminuir la contracción del material y aumentar su resistencia al intemperismo. La resistencia a compresión puede variar entre 5 y 2() kg/cm², y la resistencia a tensión entre 0.25 y 1 kg/cm².

Estas resistencias notablemente bajas, no suelen ser críticas para la capacidad estructural de las construcciones, tanto como lo son el problema de la degradación del material y la dificultad de conectar las paredes de estos materiales entre sí y con los techos.

Un avance sustancial en la construcción de barro se dio con la aparición de los *ladrillos*, resultado de la cocción de piezas similares a los adobes, a una temperatura cercana a los 1000°C, con lo cual se logra una mejor estabilidad dimensional y, sobre todo, mayor resistencia al intemperismo. Estas piezas, unidas con gruesas juntas de mortero, permitieron la construcción no sólo de paredes, sino también de arcos y bóvedas. Su empleo estructural tuvo el mayor desarrollo en los inicios del imperio romano; también se empleó en construcciones prehispánicas y dio lugar a notables aplicaciones en la época de la colonia, en América Latina.

Nuevamente, las propiedades del ladrillo cocido varían fuertemente según el tipo de suelo que se emplea, el procedimiento de fabricación y la temperatura de cocción. En las piezas de producción artesanal empleadas en los edificios históricos, pueden encontrarse resistencias a la compresión desde 20 hasta 150 kg/cm². Las propiedades mecánicas de las piezas para mampostería son fuertemente modificadas por su trabajo en conjunto con el mortero, por lo que es más apropiado considerarlas al tratar a la mampostería como material compuesto.

2.2-3 MORTEROS

La necesidad de un material en estado plástico para rellenar huecos entre piedras y para proporcionar cierta adherencia y continuidad entre ellas, dio lugar al empleo de los morteros. El más elemental de los materiales para ese propósito fue el barro, cuya principal debilidad es la degradación ante la intemperie. En Mesopotamia se usó, desde el tercer milenio a.C., el asfalto como estabilizador del barro, o lodo para las juntas y rellenos. Posteriormente, el *mortero de cal y arena* permitió la construcción de elementos más resistentes y más durables, por su mayor capacidad cementante y durabilidad.

Las mamposterías de los edificios antiguos están generalmente unidas con morteros de cal y arena, lo que les confiere ciertas propiedades particulares. La cal adquiere resistencia por un proceso de carbonatación que se da por el contacto con el aire. Este proceso ocurre lentamente y progresa de las caras exteriores hacia el interior del elemento estructural. De hecho, se requieren varios años para que un mortero de cal, en el interior de un elemento masivo, fragüe totalmente. Esta situación confiere a los elementos estructurales cierta capacidad de deformarse y adaptarse a cambios de forma, como los debidos a hundimientos de su cimentación.

Los morteros de cal y arena alcanzan típicamente resistencias en compresión entre 5 y 20 kg/cm². Aunque mucho más durables que los morteros de barro, son también afectados por

el intemperismo, debido a que su relativa porosidad permite la penetración de humedad, con sales que atacan el cementante.

Al inicio de nuestra era, los romanos lograron un avance significativo al agregar puzolana al mortero de cal. Esta es un material lino de origen volcánico que reacciona directamente con la cal, produciendo su carbonatación sin necesidad de exposición al aire; da lugar a un endurecimiento mucho más rápido y a un más importante aumento de la resistencia e impermeabilidad y, por consiguiente, de durabilidad. Esto facilitó el desarrollo del primer “concreto”, con el que se construyeron grandes obras: puentes, canales, acueductos y bóvedas de grandes claros.

Monumento	Resistencia en compresión (kg/cm ²)	Proporción Cal :Arena
Rotonda de Tesalónica	23	1 : 3
Rotonda de Tesalónica	37	2 : 5
Hagia Sophia	45	-
Bey Hamani	12	1 : 2.5
Manarete de la Rotonda	12	1 : 2.5

Tabla 2.2: Propiedades de algunos morteros extraídos de monumentos de la región de los Balcanes (de Penelis, 1996)⁴.

En distintas épocas y culturas se emplearon diferentes aditivos para mejorar las propiedades de los morteros con el fin de incrementar su resistencia, durabilidad, impermeabilidad y sobre todo adherencia con las piedras y ladrillos. Muchos de estos “morteros mejorados” resultaban muy costosos y eran empleados sólo para monumentos muy importantes. Fue común la adición de polvo de ladrillo y de arena pumítica con propiedades puzolánicas. Otros aditivos de tipo orgánico se empleaban para mejorar la adherencia; su efectividad a largo plazo es dudosa, ya que los aditivos orgánicos se degradan con el tiempo.

La introducción del cemento Portland data de fines del siglo XIX, de ahí que su presencia en los edificios antiguos es producto comúnmente de reparaciones o modificaciones

⁴ Tabla tomada de Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos, autor Dr. Roberto Meli.

recientes. El mortero de cemento, además de alcanzar resistencias muy superiores a las del mortero de cal (50-200 kg/cm²), tiene un endurecimiento muy rápido y mucho mayor módulo de elasticidad, lo que imparte mayor rigidez a la obra de mampostería, razón por la cual debe tenerse cuidado al reparar localmente con morteros de cemento, elementos de mampostería construidos con morteros de cal. Esto introduce zonas más rígidas donde se tienden a producir concentraciones de esfuerzos. Los morteros, como los concretos, los ladrillos y las piedras tienen buena capacidad para absorber esfuerzos de compresión, pero su resistencia en tensión es muy baja típicamente de un décimo de la de compresión.

2.2-4 MAMPOSTERÍA

La combinación de piedras (o ladrillos) con el mortero, da lugar a la mampostería, en la que el mortero cumple múltiples funciones, como llenar los huecos entre las piedras, propiciar una mejor y más uniforme transmisión de cargas en el elemento constructivo y permitir el posicionamiento deseado de las piedras.

La gran variedad de modalidades constructivas que se encuentran en la mampostería de los edificios antiguos hace muy laborioso y de poca utilidad cualquier intento de clasificación exhaustiva. Es importante señalar, sin embargo, que las propiedades estructurales dependen fuertemente del arreglo de los materiales componentes, además que de las características mecánicas de los mismos. El término piedra, en la mampostería, incluye las denominadas piedras artificiales (ladrillos y adobes), además de las naturales (piedra sin labrar y sillares). La principal división es entre la *mampostería organizada* (ver figura N° 2.3), o con aparejo, y la *mampostería irregular* (ver figura N° 2.3), en que las piedras se colocan sin labrar o casi, distribuidas en forma irregular en una matriz de mortero. Son comunes también los elementos en que las caras aparentes tienen un aparejo regular y el interior es de tipo ciclópeo, para el cual la mampostería exterior sirve de cimbra. Combinaciones de este tipo son difíciles de identificar con la simple observación de los elementos constructivos; se requieren sondeos para determinar la composición interior de la mampostería. Las propiedades mecánicas de la mampostería varían en muy amplios intervalos y dependen de la calidad de la piedra y del mortero; sin embargo, la interacción

entre ambos materiales depende en forma importante del aparejo, o en general de la distribución interna de los mismos; además, las propiedades pueden verse afectadas por el deterioro.

Para comprender el comportamiento mecánico de la mampostería, conviene examinar el modelo simple piedra mortero en capas superpuestas. Al estar sometido a un estado de esfuerzos de compresión, el conjunto experimenta un acortamiento en la dirección de los esfuerzos aplicados y, por el llamado efecto de Poisson, un alargamiento en la dirección transversal. El mortero es usualmente mucho menos rígido que la piedra, y tiene deformaciones mayores, tanto en la dirección de los esfuerzos de compresión aplicados, como en la transversal. La situación es similar a la descrita para una probeta de piedra colocada en una máquina de ensayos. En la superficie de contacto entre los dos materiales, las deformaciones transversales deben coincidir.

Por ello, la interacción entre los dos produce una contracción transversal del mortero y una expansión de la piedra. Esto implica la aparición de esfuerzos de compresión en el mortero y de tensión en la piedra, ambos en dirección transversal. Por la baja resistencia en tensión de la piedra, estos esfuerzos de tensión transversal producen un agrietamiento que crece a medida que la carga aumenta y que gobierna la capacidad del conjunto para resistir cargas axiales. La capacidad en compresión del mortero no suele ser crítica debido a que, por su pequeño espesor, queda confinado entre las piedras. Por el fenómeno anterior la resistencia del conjunto es significativamente menor que la de la piedra, pero puede ser muy superior a la del mortero. Cuando se trata de aparejos regulares, como el de hiladas sucesivas de ladrillos y mortero, la resistencia del conjunto es típicamente entre 30 y 40% de la del ladrillo; los porcentajes mayores corresponden a morteros de más alta calidad.

Para arreglos irregulares de piedras, los mecanismos de falla son diferentes; estos no implican el agrietamiento transversal de las piedras, sino la separación de las mismas, el abultamiento de un tramo de muro y la separación en franjas verticales, independientes, lo que conduce al pandeo y al subsecuente colapso.

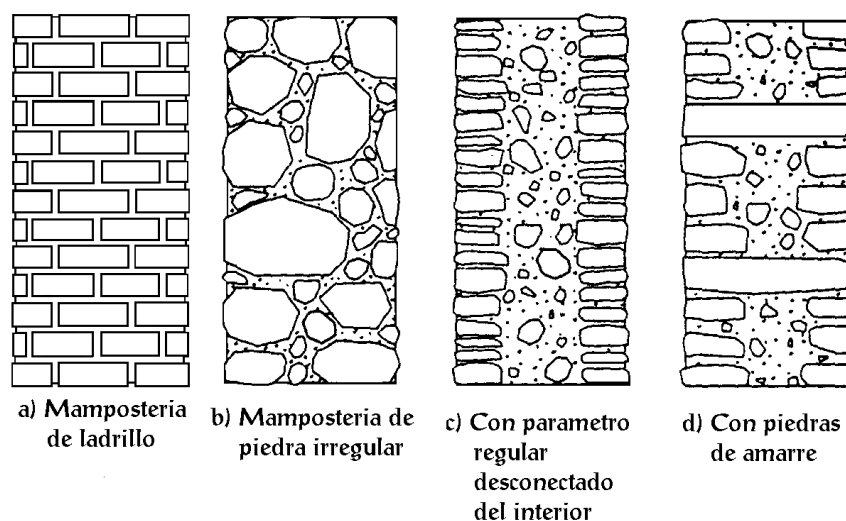


Figura N° 2.3: Entre los múltiples arreglos de piedras y mortero que se han empleado en la mampostería de edificios históricos, se ilustran algunos de los más representativos.

Desde el punto de vista del comportamiento estructural se distinguen los que tienen un aparejo regular; los que tienen un aparejo irregular, pero en que existe una liga adecuada entre las piedras colocadas en el espesor del elemento, con lo que se evita la separación en elementos verticales paralelos que puedan desprenderse; aquellos en que la distribución de piedras es desorganizada y, finalmente, aquellos en que las caras exteriores son de piedras regulares y el interior es vaciado con mampostería de tipo ciclópeo.

2.2-4.1 MUROS DE LIMOSNA

Se encuentra con frecuencia en muros y en otros elementos estructurales, una mampostería constituida con piedras, tezontle, pedacería de ladrillo y, en general, materiales producto de la demolición de otras obras; todo embebido en una matriz de mortero con cal. A este tipo de construcción se le ha dado el nombre de muros de limosna. (Ver figura N° 2.4)

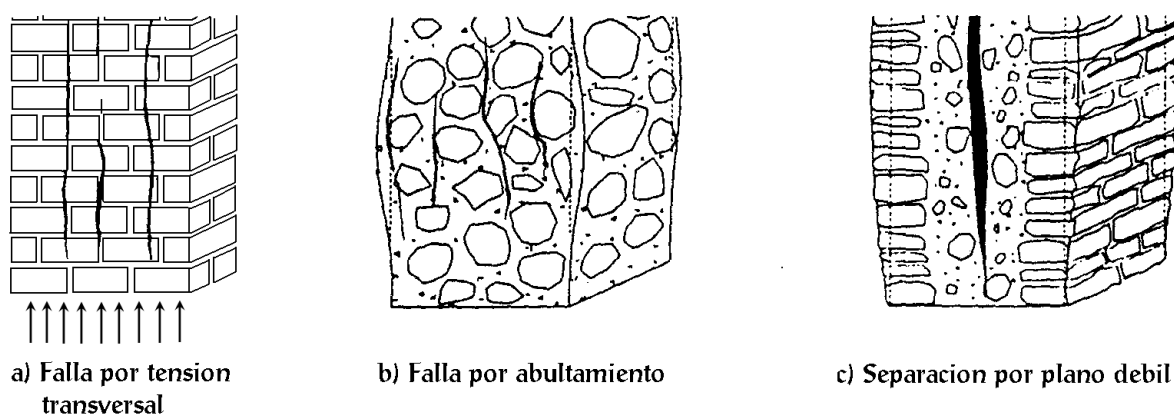


Figura N° 2.4: Diferentes tipos de fallas en Muros de Limosna

2.2-4.2 MODOS DE FALLA DE MAMPOSTERÍA ANTE CARGAS VERTICALES

Se ilustran (ver figura N° 2.5) los tres modos de falla típicos según el arreglo de los materiales componentes: por tensión transversal en la piedra cuando se trata de muros de ladrillo, o de bloques o sillares, por aplastamiento del mortero y desprendimiento de las piedras en la mampostería irregular y por delaminación en placas separadas, cuando no existe buena liga entre las piedras en el espesor del elemento.

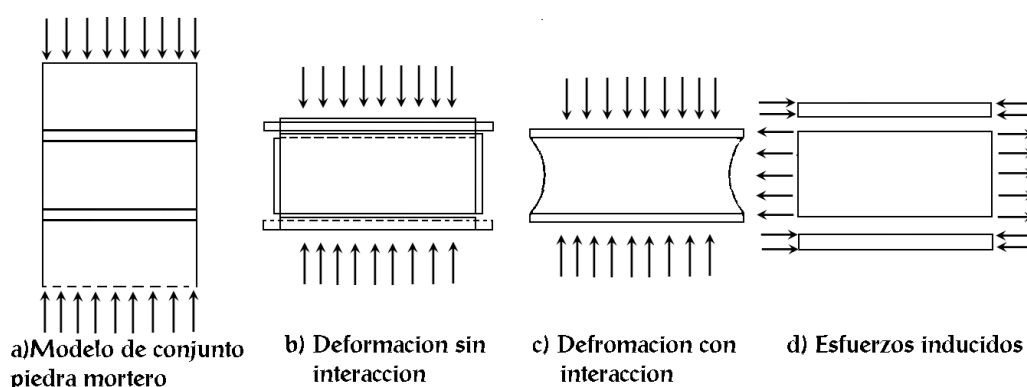


Figura N° 2.5: Modelo simple de interacción piedra-mortero en la mampostería

La figura muestra un arreglo de piedras (ladrillos) y capa de mortero, sometido a esfuerzos de compresión. El mortero (de arena) es mucho más deformable que la piedra, por lo que tiene que expandirse lateralmente mucho más que el ladrillo: sin embargo la fricción en la superficie de contacto entre los dos materiales, obliga que tengan la misma expansión transversal; por eso el mortero se encuentra sometido a un esfuerzo de compresión transversal que aumenta considerablemente. La resistencia en compresión y, capas son delgadas, no existe la posibilidad de que falle por aplastamiento. Por el contrario la piedra está sometida a tensiones transversales que, para cargas elevadas, producen su agrietamiento vertical y, al final el colapso por inestabilidad.

Este tipo de mampostería, juega un papel importante la presencia de piedras transversales que “amarren” la mampostería en la dirección del espesor del elemento. Por lo anterior, la resistencia del conjunto tiene poca relación con la resistencia de las piedras, y depende más de la organización de las mismas y de la calidad del mortero.

Es difícil proponer valores típicos de las propiedades mecánicas; los resultados experimentales son escasos por la dificultad de reproducir en laboratorio las condiciones específicas de la obra, y por la gran variedad de situaciones que pueden presentarse. Únicamente para la mampostería de ladrillo, la información experimental es relativamente abundante. La resistencia en compresión suele variar entre 5 y 50 kg/cm².

La resistencia en tensión de la mampostería es, como se ha dicho, muy baja y es gobernada por la adherencia entre el mortero y las piedras. Para fines de cálculo es normalmente recomendable considerarla igual a cero, aunque puede alcanzar valores de entre 1 y 2 kg/cm².

La resistencia de un muro a fuerzas de corte es también regida por esfuerzos de tensión, esta vez en dirección diagonal; por lo mismo, los valores que se alcanzan son bajos, pero en este caso no pueden despreciarse, ya que de ellos depende la resistencia de los muros, y de las construcciones, ante fuerzas laterales inducidas por los sismos.

Material	Peso Volumétrico t/m ³	Resistencia a compresión	Resistencia a cortante	Modulo de elasticidad
Adobe	1.8	2 – 5	0.5	3000
Bloques de tepetate con mortero de cal	1.8	5 – 10	0.5	5000
Ladrillo con mortero de lodo	1.6	5 – 10	1.0	5000
Ladrillo con mortero de cal	1.6	15 – 20	2.0	10000
Mampostería de piedra irregular con mortero de cal	2.0	10 – 15	0.5	5000
Mampostería de piedra de buena calidad	2.0	30	2.0	20000

Resistencias y módulos, en kg/cm²

Las propiedades indicadas representan valores conservadores entre los encontrados en la literatura.

Tabla N° 2.3: Propiedades de Materiales utilizados en Mampostería⁵

2.2-4.3 FALLA DE MAMPOSTERÍA: EN TENSIÓN DIAGONAL

Las cargas laterales en elementos de mampostería inducen un estado de esfuerzos semejante al que es generado por cargas aplicadas a lo largo de la diagonal. Como se muestra en la figura, esto produce un estado de tensión casi constante en dirección normal a la diagonal Cargada. (Ver figura N° 2.6) Por la baja resistencia en Tensión de la mampostería, la talla Se produce por una grieta diagonal Como las que es frecuente encontrar en muros afectados por hundimientos Diferenciales o por sismos.

⁵ Tabla tomada de Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos, autor Dr. Roberto Meli

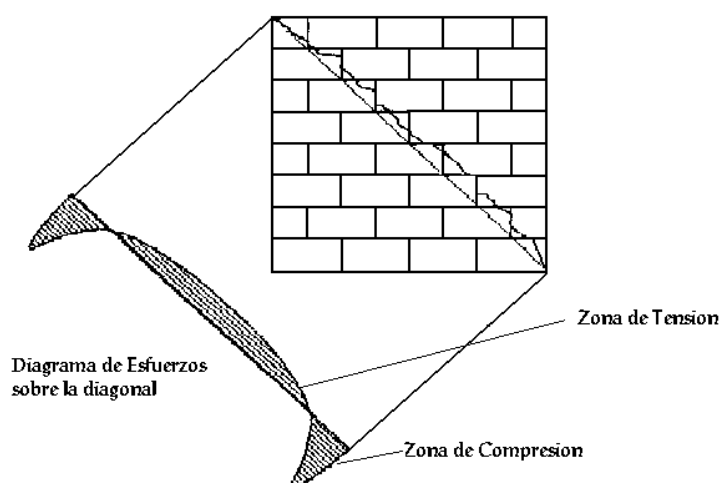


Figura N° 2.6: Cargas Laterales producidas por tensión diagonal

El comportamiento estructural de la mampostería ante los diferentes tipos de esfuerzos es esencialmente frágil. Esto es, el material falla de manera alcanzarse su capacidad de carga. El carácter frágil se acentúa para la mampostería de mayor resistencia. Por lo anterior, tales estructuras están expuestas a la posibilidad de colapsos súbitos con pocas señales de daño previo.

Para fines de cálculo de las deformaciones de las estructuras de mampostería como para análisis estructural, es importante conocer el *módulo de elasticidad* material, que varía en intervalos sumamente amplios. Se han obtenido valores 5000 kg/cm² para la mampostería irregular con altos contenidos de mortero de 200,000 kg/cm² en mampostería de bloques de piedra de buena calidad conjunta, de mortero muy delgado.

En una misma construcción, los módulos de elasticidad de los materiales de los distintos elementos estructurales pueden presentar grandes variaciones, e influir significativamente en la distribución de cargas entre los elementos.

2.2-4.4 CURVAS ESFUERZO-DEFORMACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA EN COMPRESIÓN

Para niveles relativamente bajos de esfuerzos, la relación esfuerzo deformación es aproximadamente lineal (ver figura N° 2.7); para esfuerzos mayores, la deformación aumenta más rápidamente y la falla se da en forma brusca cuando se alcanza el máximo esfuerzo resistente; sin embargo, los materiales de menor resistencia tienen un comportamiento menos frágil, y mantienen esfuerzos cercanos al máximo para deformaciones relativamente altas.

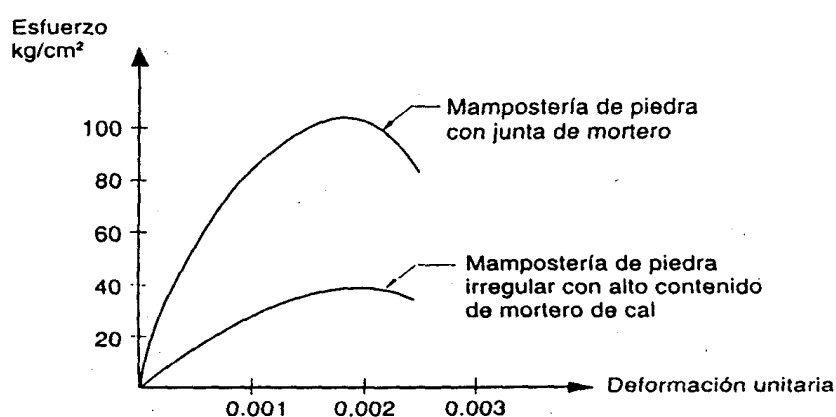


Figura N° 2.7: Curva Esfuerzo – Deformación de la Mampostería

2.2-4.5 DEFORMACIONES DIFERIDAS DE LA MAMPOSTERÍA

Deformación por contracción más flujo Si se aplica una carga de compresión a un elemento de mampostería poco después de construido, tiene una deformación inicial si se mantienen la carga aplicada sobre, éste seguirá deformándose debido a la contracción por fraguado del mortero y al flujo plástico ocasionado por la permanencia de la carga (ver figura N° 2.8). La mayor parte de deformaciones ocurren en las primeras semanas, aunque siguen aumentando lentamente con el tiempo. Los crecimientos son pocos significativos después de un año.

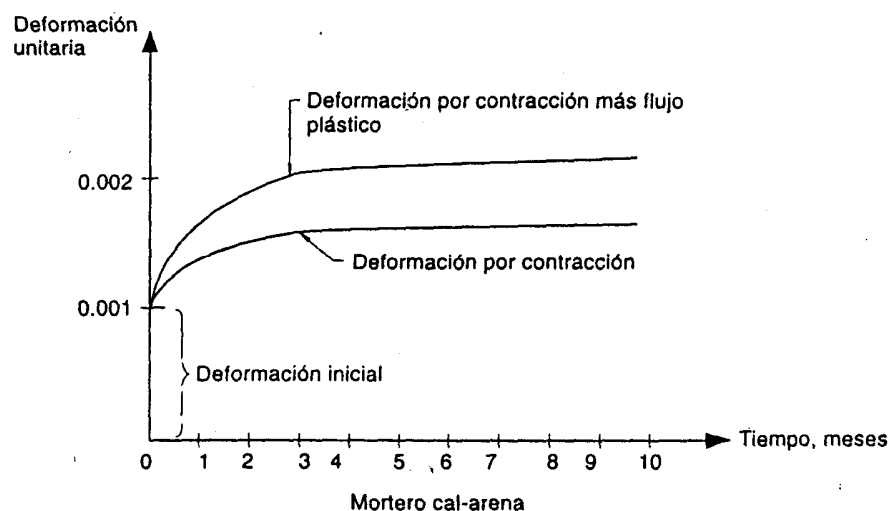


Figura N° 2.8: Deformaciones de la Mampostería

La mampostería experimenta cambios volumétricos importantes por *contracción* de los materiales componentes. En la mampostería de adobe, la contracción se debe al secado del barro; en la de ladrillo o piedras, al fraguado del mortero de cal que va acompañado de retracciones significativas. Es importante tomar en cuenta este fenómeno para la reposición o reparación de elementos estructurales en los edificios históricos, ya que aunque se empleen los mismos materiales originales, las partes nuevas tenderán a contraerse y a separarse de la estructura original. Otro fenómeno que genera cambios volumétricos significativos es el *flujo plástico* por el cual un material sometido a carga de compresión, después de un acortamiento inicial elástico, continúa deformándose en el tiempo, mientras la carga permanezca. Este fenómeno es importante en los morteros de cemento Portland, pero lo es también en los morteros de cal para los cuales la deformación final llega a ser del mismo orden que la inicial. Nuevamente, esto debe tomarse en cuenta para la inserción de nuevos elementos resistentes en las estructuras existentes. El fenómeno también es importante para definir la distribución de cargas en estructuras compuesta de materiales diferentes. Debido al flujo plástico puede haber transferencia de carga de elementos inicialmente muy rígidos, pero que al continuar deformándose, ceden parte de su carga a otros menos sensibles a este fenómeno.

Las deformaciones de flujo plástico son proporcionales al volumen de mortero en la mampostería. En elementos de mampostería irregular, el mortero llega a constituir hasta 60% del volumen total, mientras que en elementos de bloques o sillares de cantera, apenas alcanza 2 ó 3 % del total; por tanto, los primeros experimentan deformaciones diferidas mucho mayores.

El fenómeno de flujo plástico permite que las estructuras de mampostería se deformen ante hundimientos diferenciales que crecen muy lentamente en el tiempo. Una evidencia de lo anterior son las distorsiones importantes que los muros y techos de mampostería de las construcciones históricas de la ciudad de México muestran por efecto de los hundimientos diferenciales que allí se presentan, debido a la consolidación de los estratos de ardua que constituyen el subsuelo del centro de la urbe.

En distintas épocas se encuentra mención de diferentes aditivos empleados para mejorar algunas propiedades de los materiales; algunos de ellos resultan francamente curiosos. Sickel (1981) ha realizado una recopilación y estudio de los efectos de algunos de estos aditivos orgánicos y los clasifica por el efecto que producen.

Plastificantes, que tienen el propósito de hacer más trabajable el mortero y, al reducir la cantidad de agua necesaria, mejoran su resistencia y durabilidad. Se han empleado para este propósito clara de huevo, cola animal, leche, aceite vegetal, resma, pasta de estiércol, etc.

Estabilizadores de volumen, que reducen la contracción por fraguado del mortero: yema de huevo, aceites, grasas y ceras.

Impermeabilizantes, que reducen la absorción de agua del mortero: cola animal con ácido tánico, betún, emulsión de ceras, aceite mineral y cera de abeja.

Adhesivos que aumentan el amarre del mortero con la piedra: gelatina, colas animales y vegetales, gluten, caseína, resinas.

Inclusores de aire, para aumentar la durabilidad del mortero (aunque pueden afectar la resistencia): cerveza, orina, pellejo animal.

Refuerzos, que dan unión a la mezcla y mejoran la durabilidad del mortero: pelo animal, paja, arroz, etc.

Retardadores de fraguado, que aumentan el tiempo en que se puede trabajar la mezcla: azúcar, sangre, clara de huevo.

Cuando se piensa en el costo que representa incorporar muchos de estos aditivos a los elementos de mampostería de dimensiones masivas que empleaban en épocas antiguas, resulta difícil creer que pudieran emplearse a gran escala. Probablemente su empleo se limitaba a los acabados, aplanados enlucidos, y sólo excepcionalmente a los elementos estructurales mismos.

2.2-5 METALES

Ningún metal fue usado extensamente como elemento estructural primario hasta tiempos relativamente recientes (siglo XIX). El **bronce** tuvo algunas aplicaciones aisladas con preferencia al hierro por su mayor durabilidad al no ser sujeto a corrosión. En el Pantheon de Roma (siglo II d.C.) se emplearon elementos de bronce para las armaduras de techo. Las más frecuentes aplicaciones de los metales (bronce y plomo) fueron para grapas, principalmente en ranuras dejadas en los grandes bloques de cantera. Su objetivo, más que el de proporcionar liga era el de fijar la posición de los bloques sobrepuestos.

El hierro fundido se usó para tensores (ver figura N° 2.9) desde épocas antiguas, para lo cual se desarrollaron diversos sistemas de anclaje. Estos anclajes no contaban en general con sistemas de ajuste para tensar el tirante; para ello se utilizaban cuñas y, frecuentemente, se calentaba la barra en toda su longitud antes de fijarla, para que al enfriarse se acortara y quedara tensada.

El *hierro fundido* se obtenía del mineral del hierro al calentarlo con un combustible (carbón), que funcionara como reductor de oxígeno. Hasta el siglo XV las temperaturas que se alcanzaban eran apenas suficientes para extraer el hierro que era batido por el herrero.

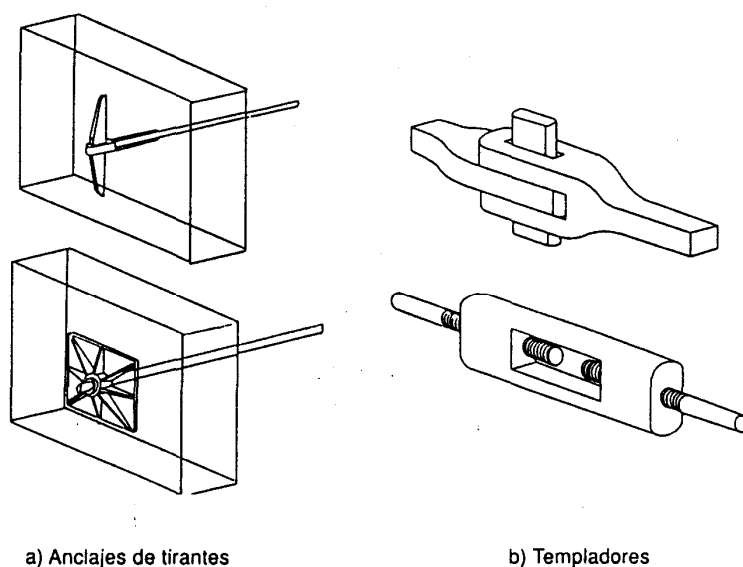


Figura N° 2.9 : Ejemplo de algunos tensores mecánicos

2.3. ELEMENTOS Y SISTEMAS ESTRUCTURALES BÁSICOS⁶

2.3-1 COLUMNAS

Estos son los elementos que cumplen la función básica de soporte del edificio al transmitir el peso del mismo hacia los pisos inferiores, y finalmente a la cimentación. Tanto por su forma como por su trabajo, constituyen el elemento estructural más simple porque reciben cargas esencialmente en la dirección de su eje principal, y están sujetos a esfuerzos de compresión que son los que la mampostería y otros materiales resisten más eficazmente.

Las columnas más primitivas fueron troncos de madera o monolitos, enterrados a profundidad suficiente para evitar los estratos más débiles del subsuelo y, además, lograr cierto empotramiento. Estas formas evolucionaron hacia otras que presentaban ventajas constructivas, como las columnas de bloques y de sillares, y las de mampostería de diferentes

⁶ Fuente Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos, autor Roberto Meli.

características. La adición de capiteles y plintos favoreció la captación de cargas desde la techumbre y la transmisión de las mismas hacia los cimientos. Por su posición muy visible en el edificio, las columnas adquieren una función decorativa importante, y han sido objeto de un diseño arquitectónico muy refinado, hasta ser elemento distintivo de los estilos arquitectónicos.

La capacidad de carga de una columna depende de la resistencia del material básico del que está constituida, pero es afectada por ciertos factores que reducen significativamente la resistencia con respecto a la del material base. Ya se ha mencionado la influencia del aparejo de las piedras y del mortero en el comportamiento del conjunto. En la mampostería de sillares también se ha aclarado el efecto de las concentraciones de carga debidas a la falta de uniformidad en el contacto entre las piedras. En la madera se ha visto el efecto de los nudos y desviaciones de las fibras en disminuir la resistencia de un elemento de tamaño natural con respecto a la de una probeta.

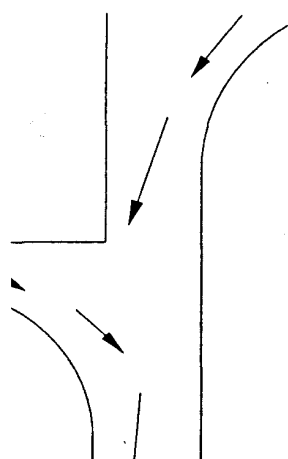


Figura N° 2.10: Condición de carga en una columna; Además de la carga axial, los arcos que sostienen la techumbre producen empujes laterales. Si las cargas a ambos lados de la columna están bien balanceadas, los componentes horizontales de las cargas se equilibran.

En general, siempre existe cierta excentricidad en la carga resultante, y la columna está sometida a flexo compresión.

Adicionalmente, en una columna de un edificio se deben tomar en cuenta los efectos de las posibles excentricidades en la aplicación de la carga, sea por desviación de las fuerzas transmitidas por el techo o por irregularidades de la forma de columna o por desplomos inducidos por asentamientos de su cimentación. Las excentricidades en la aplicación de la carga vertical suelen aumentar en el tiempo por las deformaciones diferidas de los materiales, así como por los movimientos de la cimentación; por ello, es importante

detectar si hay alguna desviación del eje de la columna con respecto a la vertical y determinar las condiciones en que se transmite la carga de la techumbre hacia la columna.

Como se mencionó en el capítulo inicial, el factor de seguridad con que cuentan estos elementos suele ser muy elevado. Sin embargo, buena parte de ese factor puede haber desaparecido con el tiempo por deterioro del material o por la aparición de condiciones de carga más desfavorables. Es importante cuantificar la influencia de estos factores para determinar el factor de seguridad en condiciones actuales.

A diferencia de otros elementos estructurales de mampostería, las columnas solo muestran signos claros de daño cuando llegan a condiciones muy cercanas al colapso; su falla es por ello de tipo frágil. Debe prestarse particular cuidado a la detección de síntomas de debilidad de una columna y tomar, en caso de que se presenten medidas correctivas inmediatas. El principal signo de que se está alcanzando la capacidad de carga de la columna es la aparición de un sistema de grietas verticales que indican que la expansión lateral del material ha alcanzado niveles elevados y que puede comenzar el desprendimiento del material.

El aplastamiento local del mortero o de los puntos de contacto entre sillares, y el desprendimiento de salientes de la Cantera, indican altas concentraciones locales de esfuerzos de compresión que pueden significar un estado general de esfuerzos elevados, o simplemente una situación local que puede ser absorbida fácilmente por una redistribución de esfuerzos en el resto de la sección.

Se llegan a observar columnas con condiciones de daño que indican pérdida de capacidad de carga y que, sin embargo, no dan lugar a un colapso. Esto es atribuible, en general, a que las cargas originalmente transmitidas por la cubierta a la columna en cuestión, han sido redistribuidas a otros elementos de soporte por un reajuste de la estructura de techo, o por que éste tiene suficiente rigidez para “puentear” las cargas hacia otros puntos de la estructura. Estas situaciones ameritan casi siempre una intervención para restaurar la distribución original de cargas.

La problemática estructural de las columnas es similar a la de los postes y puntales, que son elementos sometidos a carga axial, y que por su flexibilidad no absorben fuerzas

laterales o momentos flexionantes significativos. Dichos elementos, de madera o metálicos, son sensibles al pandeo. Este fenómeno es el que generalmente limita su capacidad de carga, y su tratamiento se hace con las herramientas modernas de la ingeniería estructural.

2.3-2 PAREDES

Las paredes son, como las columnas, elementos de soporte del peso del edificio, además cumplen otras funciones estructurales, como las de absorber los empujes laterales debidos al coceo de arcos y bóvedas, y al efecto de viento y sismo. El material típico para paredes es la mampostería, usualmente en modalidades menos refinadas que las que se usan en columnas.

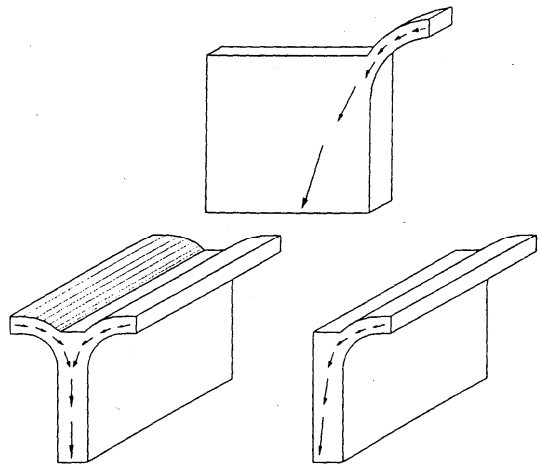


Figura N°2 .11: Fuerzas actuantes en los muros.

Los muros suelen tener tres funciones (ver figura N° 2.11): la de soportar carga axial debida al peso cubierta y al peso propio, la de recibir empujes normales al plano, que producen flexión en la dirección más débil del muro, y resistir empujes laterales en el plano debido a las fuerzas por la cubierta cuando está alineado para funcionar como contrafuerte. Fuentes adicionales de flexión en los muros, son movimientos diferenciales de las fuerzas sísmicas

2.3-2.1 MODOS DE FALLA DE PAREDES

El modo de falta depende del tipo de solicitación a que está sometido el muro y de la composición interna de la mampostería. La configuración de agrietamiento de los muros es uno de los signos más ilustrativos del tipo de fenómeno que está afectando a un edificio, y amerita siempre una cuidadosa evaluación. La figura N° 2.12 ilustra las configuraciones típicas de agrietamiento de muros afectados por hundimientos diferenciales y por sismo.

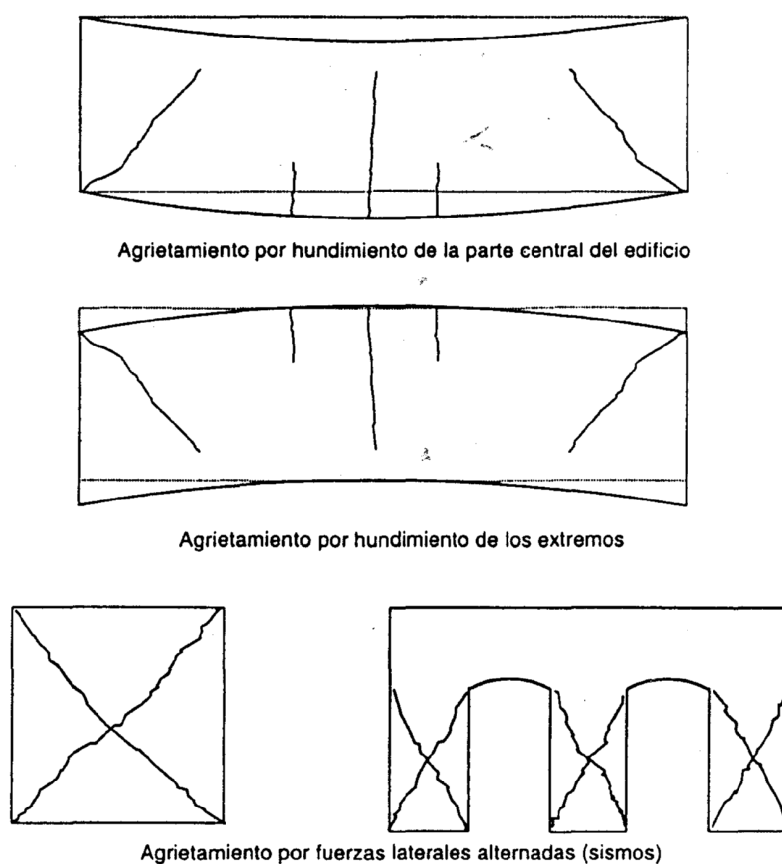


Figura N° 2.12: Diferentes Modos de Fallas en Muros

La resistencia a cargas axiales está regida por los mismos factores que influyen en la resistencia de las columnas. El efecto del pandeo no suele ser crítico debido a que los espesores empleados son, en general, muy generosos; típicamente, la relación altura espesor no excede de seis, y cuando lo hace, se recurre a engrosamientos locales, Como contrafuertes.

2.3-3 VIGAS Y ARCOS

Mientras que la solución de los elementos de apoyo para un edificio se dio en forma directa y simple con las columnas y muros, resultó más difícil encontrar soluciones simples y eficientes para los techos y pisos. Resultó natural recurrir a la madera, aprovechando su capacidad para resistir esfuerzos de tensión, y su disponibilidad en elementos de longitud apreciable. Para las edificaciones importantes se buscaron soluciones más duraderas y más imponentes mediante el empleo de la mampostería. Las vigas y losas de cantera sólo permitieron cubrir claros muy cortos, por su baja resistencia en tensión. Es de suponerse que estas soluciones evolucionaron hacia la colocación de losas en V invertida, y después hacia el *arco acartelado* o “falso”, en que las piedras se van proyectando cada vez más hacia el interior del claro, en cada hilad trabajando en voladizo hasta que es colocada la piedra de cierre. En esta modalidad las fuerzas se van transmitiendo verticalmente hacia el apoyo, y sólo hay que lograr el suficiente contrapeso para evitar el volteo de las hiladas hacia adentro. No se producen problemas de esfuerzo cortante vertical en las juntas, ni de empujes laterales sobre los apoyos (coceo).

2.3-3.1 EL CONCEPTO DE DENSIDAD ESTRUCTURAL EN PLANTA

Los edificios antiguos se caracterizan porque una parte importante de su área en planta está ocupada por columnas y muros ocasionando una reducción significativa del área interna utilizable del inmueble. Esto se debe, sólo en parte, a la baja capacidad de los materiales utilizados para los elementos de soporte, que conduce a la necesidad de un área transversal importante para columnas y muros. El factor principal es el tipo de elementos disponibles para la estructura de techo, que no permiten cubrir claros importantes, por lo que requieren apoyos poco espaciados; por otra parte, muchos de los elementos utilizados para techo producen empujes laterales significativos en los elementos de soporte. Estos empujes laterales deben ser resistidos por gravedad, ya que la mampostería posee mínima capacidad para resistir esfuerzos de tensión. Nuevamente, esto lleva a secciones muy robustas en muros y columnas.

Adicionalmente, en zonas sísmicas es necesario contar con abundante área de muros para resistir las cargas laterales que se generan por las fuerzas de inercia debidas a la vibración dinámica del edificio.

Un parámetro ilustrativo para evaluar la capacidad de carga disponible y la eficiencia estructural de la solución adoptada, es la relación entre la suma de las áreas transversales de todos los muros y columnas, y el área total de la planta cubierta. A este parámetro se le ha llamado “densidad estructural en planta”. Cualitativamente, es fácil apreciar la magnitud de esta relación, si en un dibujo de la planta se marcan en negro las áreas ocupadas por muros y columnas (Arnold y Reitherman, 1982).

La disminución progresiva de la relación entre área de muros y área en cubierta, es una evidencia clara de la evolución de la eficiencia de las soluciones adoptadas y del avance de la ingeniería estructural, en general. Las figuras ilustran ejemplos relevantes de esta evolución.

Una pirámide tiene 100%, o casi, del área en planta ocupada por la estructura. En el Taj Majal la densidad de la estructura es cercana a 50%, ya que los cuatro grandes macizos de mampostería dejan libre sólo una pequeña área central. En los templos griegos, la cantidad de columnas es muy elevada porque las traveses de mármol sólo pueden cubrir claros muy pequeños. El área ocupada por la estructura llega a 25% en el Partenón (ver figura N° 2.13). Las catedrales góticas adoptan sistemas estructurales muy eficientes y hasta atrevidos; sin embargo, la gran altura de sus techos obliga a secciones robustas de las columnas y a gruesos contrafuertes para absorber los empujes laterales producidos por las bóvedas. La Catedral de Chartres muestra una densidad estructural en planta de 15%. En una zona de peligro sísmico elevado, como la ciudad de México, parte del área de soporte se requiere para la resistencia de las fuerzas sísmicas. A pesar de ello, la catedral de México tiene una densidad estructural que no supera 12%.

Los valores anteriores serían inadmisibles en un edificio moderno, donde el beneficio que se obtiene del inmueble es proporcional al área libre de que se dispone. Las diferencias que se logran son impresionantes. En construcciones de varios pisos es frecuente que la

densidad estructural en planta sea inferior a 1%, para las estructuras de acero. Aun en los rascacielos de cien o más metros de altura, se logran densidades inferiores a 2%. Considérese que un siglo antes los edificios altos, estructurados a base de muros de carga de mampostería, tenían una densidad estructural diez veces mayor (el edificio Monadnock de 16 pisos, tenía 15%).

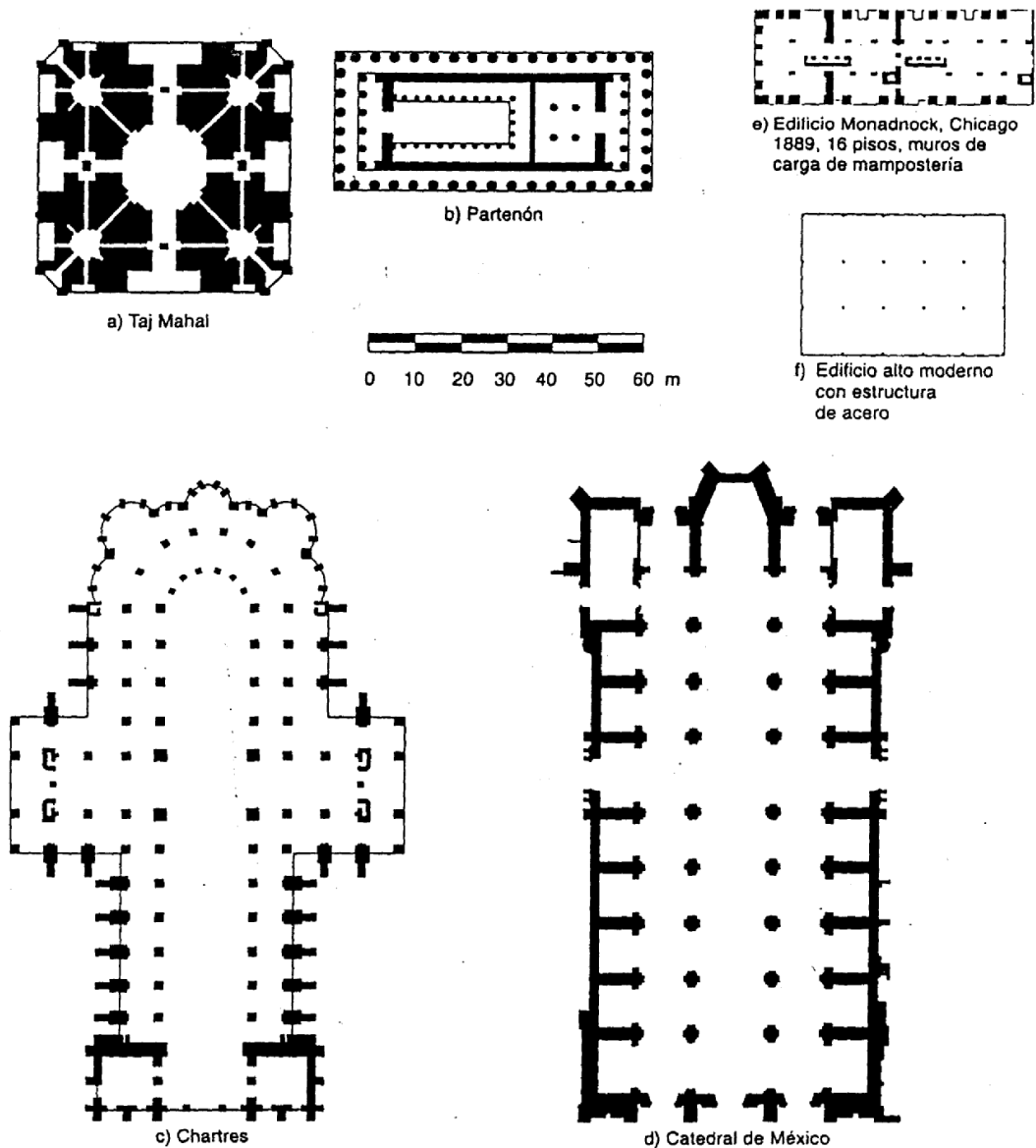


Figura N° 2.13: Diferentes ejemplos de densidad estructural en planta

2.3-3.2 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN ARCO

Las cargas verticales aplicadas al arco se transmiten hacia los apoyos siguiendo una trayectoria que depende de la distribución de las cargas externas y de la geometría del arco. La trayectoria de tuerzas internas en el arco se llama *línea de presiones* (ver figura N° 2.14); si ésta se separa del eje del arco, las fuerzas introducen flexión en la sección, además de cargas axiales.

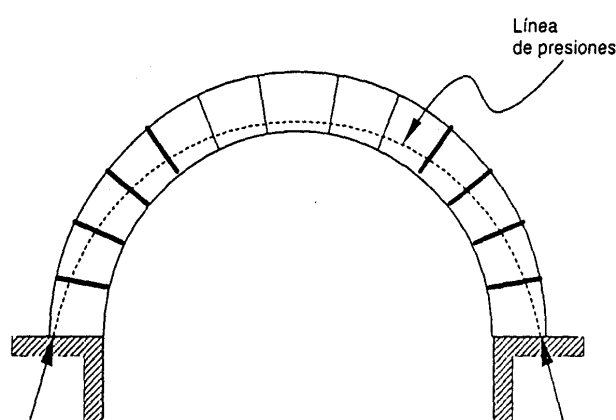


Figura N° 2.14: Esquema de Línea de Presiones

Adicionalmente, se presentan fuerzas cortantes en la dirección de las juntas. Al respecto, la forma e inclinación de los sillares, ladrillos o dovelas que componen el arco, es importante para definir la magnitud de los esfuerzos cortantes en la junta, y la posibilidad de una falla por esfuerzo cortante. La reacción en los apoyos tiene un componente horizontal que implica un empuje que tiende a mover hacia afuera dichos apoyos.

Un avance importante se logró cuando se ideó darle una geometría circular a la distribución de piedras, acuñándolas una contra la otra; se formó así el *arco circular* en que se modifica radicalmente la condición de esfuerzos con respecto a los casos anteriores. Ahora las cargas se transmiten hacia los apoyos mediante esfuerzos de compresión que son resistidos eficientemente por la mampostería. Por esto último, el arco es la forma más natural de cubrir

claros con mampostería, lo mismo que la bóveda. Aunque se han encontrado ejemplos primitivos de arcos desde el tercer milenio a.C., en Mesopotamia, fue únicamente en el periodo de mayor auge del imperio romano, que el arco tuvo una amplia aplicación en un gran número de obras.

Los esfuerzos de compresión que se generan en condiciones normales de carga (peso propio del arco, más relleno, más sobrecarga, todo distribuido simétricamente en la longitud del claro), son razonablemente pequeños si la geometría del arco es la adecuada para que las cargas se transmitan siguiendo aproximadamente el eje del arco. De esta manera, el diseño de un arco de mampostería es más un problema de geometría que uno de esfuerzos. En el capítulo siguiente se ilustrarán algunos criterios para la revisión de la seguridad de arcos y bóvedas; hay que considerar que las reglas geométricas que durante siglos se han empleado para el dimensionamiento de arcos y bóvedas resultan más justificados en éste que en otros casos, ya que se trata principalmente de un problema de estabilidad que se plantea propiamente con relaciones entre las dimensiones básicas del elemento.

Una particularidad del trabajo de un arco es el *coceo*, o sea el empuje horizontal que transmite a sus apoyos y tiende a voltearlos hacia afuera. Esto representa una situación crítica tanto para los apoyos (columnas o muros), como para el arco mismo que tiende a abrirse y puede perder estabilidad. La magnitud del coceo depende, además del peso del arco y de la sobrecarga que actúa sobre de él, de la forma del mismo, y en particular de la relación entre su flecha y su claro.

Esta depende de la distribución de la carga y de la geometría del arco. Para cada condición de carga existe una geometría para la cual la trayectoria de transmisión coincide con el eje del arco y, por tanto, éste se encuentra sometido a una condición de carga perfectamente axial y a un estado de compresión uniforme, que es el más favorable para su estabilidad. Esta situación es esencialmente teórica, ya que basta un movimiento pequeño de los apoyos para alterar la distribución de carga e introducir flexión en el arco.

Para la condición de peso propio uniforme a lo largo del eje del arco, la geometría ideal es la parabólica, por conducir a la coincidencia entre el eje y la trayectoria de fuerzas. Para el efecto de una sobrecarga uniforme a lo largo del claro, la configuración óptima es la circular.

Difícilmente pueden encontrarse casos de arcos que hayan fallado por el efecto, solamente de la sobrecarga, sin que éste haya sido acompañado por el movimiento de los

apoyos sea por el propio coceo debido a la sobrecarga o por condiciones externas, como el asentamiento de la cimentación, o los movimientos sísmicos: abertura de los apoyos da lugar a un patrón de agrietamiento característico que inicia por una grieta en la parte inferior en el centro del arco, y después por grietas por la parte superior, en los arranques del arco. Estas grietas funcionan como articulaciones, o bisagras, que permiten que el arco gire y se abra, aunque siga manteniendo su estabilidad. Se requiere una abertura muy considerable para que se forme una articulación adicional en un punto, intermedio, con lo que el arco se vuelve inestable y se produce el colapso.

2.3-4 BÓVEDAS

La extensión natural del arco para formar una techumbre completa, es la *bóveda cilíndrica*, o de *cañón corrido* (ver figura N° 2.15), que puede visualizarse como una sucesión de arcos adosados. Su comportamiento, modos de falla y análisis de esfuerzos se pueden estudiar considerando una franja de bóveda de ancho unitario, o sea, un arco.

2.3-4.1 BÓVEDA CILÍNDRICA

Visualizada como una serie de arcos adosados, la bóveda cilíndrica tiene la misma problemática que los arcos. Su modo de falta principal es por el desplazamiento hacia afuera de sus apoyos, el cual conduce, primero, a un agrietamiento en la arte interior de la clave, después a la formación de líneas de agrietamiento en los arranques por el exterior, y finalmente a una cuarta línea que la vuelve inestable.

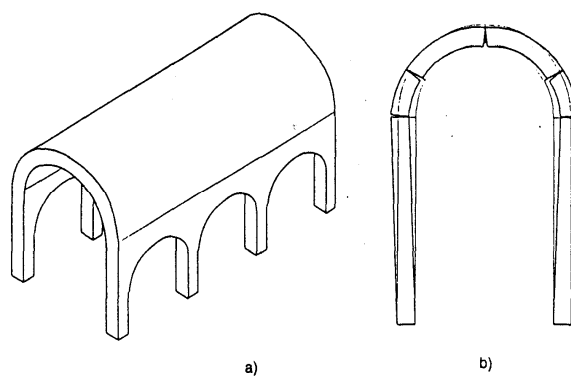


Figura N° 2.15: Diferentes vistas de bóveda

2.3-4.2 MODOS DE FALLA, ARCOS Y BÓVEDAS CILÍNDRICAS

Al igual que para los arcos, el aspecto crítico para la estabilidad de las bóvedas es la rigidez de sus apoyos. En este caso se necesita evitar el movimiento hacia afuera en toda la longitud de la bóveda. La necesidad de un apoyo continuo entra en conflicto con la de permitir acceso e iluminación al interior. Esto se resuelve perforando los muros de apoyo con arcos u otras aberturas que no afecten significativamente la rigidez del muro. Por la poca aptitud de la mampostería para resistir tensiones, no es común que se haga trabajar la bóveda como viga en sentido longitudinal, sino que se propicia el apoyo continuo en sus bordes. Se ha empleado en la arquitectura un gran número de variantes de la bóveda cilíndrica, las que dan lugar a formas más eficientes desde el punto de vista estructural. No se pretende aquí ser exhaustivos, se presentarán únicamente algunos ejemplos básicos y representativos. Las *bóvedas cruzadas* o intersecadas dan lugar a una cubierta con un trabajo propiamente tridimensional, cuya mayor rigidez le permite cubrir claros mucho mayores que con la bóveda simple. Estas variantes se desarrollaron al principio del segundo milenio de nuestra era y encontraron su más alto nivel de desarrollo en las cubiertas de las grandes iglesias góticas. (ver figura N° 2.16).

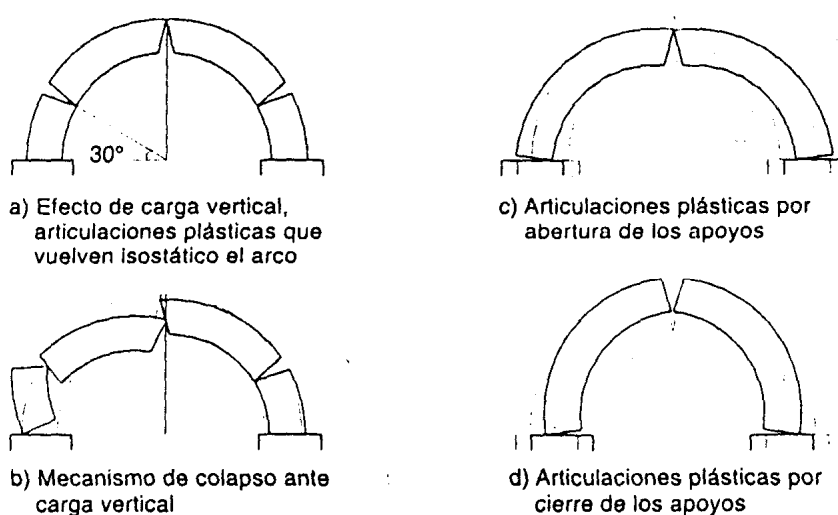


Figura N° 2.16: Diferentes Modos de Fallas en Bóvedas Cilíndricas

2.3-4.3 NOMENCLATURA Y TIPOLOGÍA DE ARCOS Y BÓVEDAS

Dentro de la gran variedad de elementos de cubierta existe una terminología propia del tema que conviene manejar, no sólo para entender la literatura sobre el tema, sino también para conocer aspectos relevantes del problema.

La nomenclatura se refiere a la descripción de las propiedades geométricas de los elementos, a la identificación de sus componentes principales y a las diferentes formas de arcos y bóvedas. Aquí se ilustrarán los términos más importantes, sobre todo, en lo referente al comportamiento estructural.

1. Arcos

Propiedades geométricas:

- **Luz o claro**, distancia horizontal medida entre arranques.
- **Flecha**, altura del eje del arco, respecto a la línea de arranque.
- **Peralte**, relación flecha a luz.
- **Espesor o canto**, distancia entre el extradós y el intradós del arco.
- **Eje o directriz**, línea media del arco.
- **Línea de arranque**, la que une los puntos de arranque del arco.
- **Intradós**, paramento interior del arco.
- **Extradós** o trasdós, paramento superior del arco.
- **Vértice**, punto más alto del intradós.
- **Línea de presiones**, la que une las partes por las que pasa la resultante de esfuerzos de compresión, en las distintas secciones del arco.

Partes constitutivas (ver figura N° 2.17):

- **Estribo**, muro o macizo de mampostería que recibe el arco.
- **Arranque**, sección de apoyo o de nacimiento del arco.
- **Riñón**, zona intermedia entre el arranque y la clave.
- **Clave**, dovela central del arco.
- **Dovela**, pieza (piedra o ladrillo) que compone el arco.
- **Tímpano**, muro de mampostería que se apoya sobre el extradós del arco.
- **Sálmer**, dovela de arranque del arco.

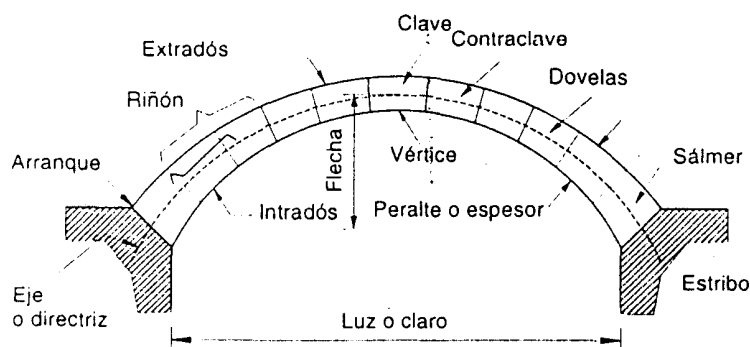


Figura N° 2.17: Partes constitutivas de un Arco.

Clasificación por forma (geometría del intradós) (ver figura N° 2.18).

- De *Medio punto*, semicircular.
- *Rebajado*, circular con flecha menor que la mitad del claro.
- *Peraltado*, con flecha mayor que la mitad del claro.
- *Deprimido*, dos cuadrantes de círculo y una línea horizontal.
- *Escarzano*, circular rebajado, en que el vértice forma un triángulo equilátero, con la línea de arranque.
- *Apuntado* u *Ojival*, forma un ángulo en la clave.
- *Carpanel*, formado por distintos arcos tangentes entre sí.
- *Lobulado*, formado por una serie de arcos que se intersecan.
- *Cojo*, con los arranques a distinto nivel.

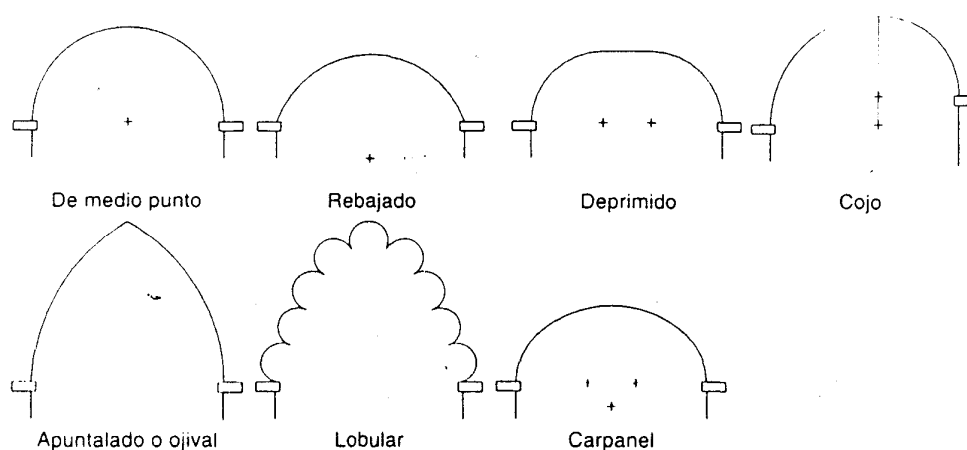


Figura N° 2. 18: Clasificación de Arcos por Geometría.

Clasificación por función.

- *Botarel* o *Arbotante*, arco cojo que parte de un contrafuerte.
- *Formero*, paralelo al eje de una nave, que da continuidad a la estructura de una bóveda.
- *Fajón*, perpendicular al eje de la nave que refuerza la bóveda.
- *Toral*, uno de los cuatro en que se apoya una cúpula.

2. Bóveda

Partes constitutivas.

- *Espinazo*, línea definida por los puntos más altos de la bóveda.
- *Nervio*, elemento lineal que sobresale por el extradós de la bóveda.
- *Línea de borde*, línea definida por el contorno de la bóveda.

Clasificación por forma (ver figura N° 2.19).

- De *Cañón corrido*, cilíndrica recta.
- *Cónica*.
- *De Arco apuntado*
- *Elíptica, parabólica* (poco comunes en los edificios antiguos).
- *Alabeada*
de *Intersección de cañones*.
- *Nervada* (cuadripartida, sextipartida, estrellada.)
- De *Rincón*, formada por cuatro gajos resultantes de la intersección de dos bóvedas de cañón.

- **Vahída**, hemisferio cortado por cuatro planos verticales, perpendiculares entre si.

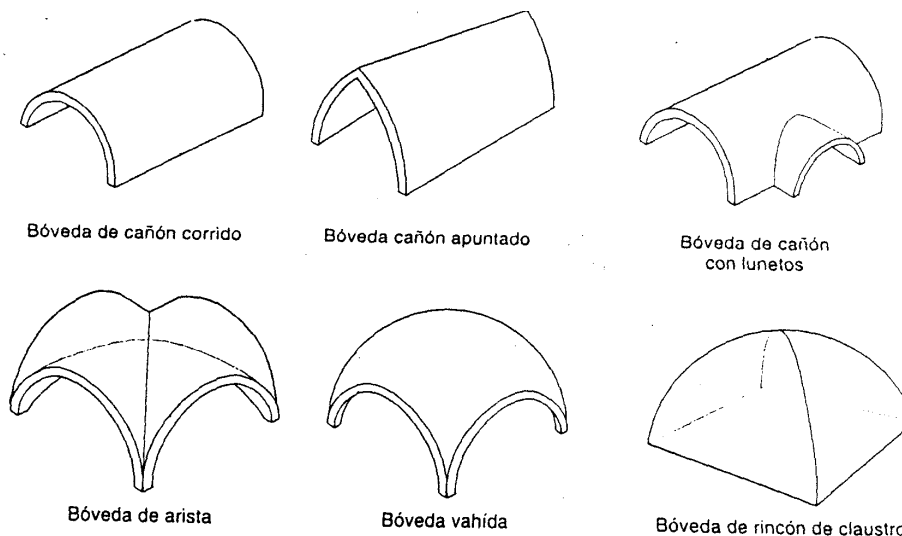


Figura N° 2. 19: Clasificación de Bóveda por su forma.

La bóveda cuatrimpartida es el ejemplo más simple de estas estructuras de intersección. Estructuralmente se pueden visualizar dichas bóvedas como formadas por arcos diagonales ubicados en las aristas de encuentro entre las formas cilíndricas, se puede considerar que dichos arcos principales soportan series de pequeños arcos paralelos en la dirección de las bóvedas constitutivas. Los arcos de encuentro concentran, por ello, cargas elevadas y son los elementos críticos del conjunto; entonces, resulta natural engrosar esas partes y formar nervaduras que dan lugar a las **bóvedas nervadas**

Las bóvedas intersecadas y las nervadas transmiten el peso del techo en un número reducido de puntos de apoyo, por lo que resulta etílica la carga vertical aplicada a los elementos de soporte, pero sobre todo el coceo que se ejerce en los puntos de apoyo. Esta situación dio lugar a la introducción de los contrafuertes y de los arbotantes tan característicos de la arquitectura gótica. También típicas de la arquitectura gótica son las bóvedas sextipartidas que permiten cubrir un área rectangular de mayores proporciones que cuatrimpartidas.

Hay formas diferentes para rigidizar las bóvedas, como intersecando con cierto ángulo dos bóvedas inclinadas iguales, como en las **bóvedas ojivales**, o con la inserción de bóvedas, de arcos o de casquetes esféricos de menores dimensiones.

2.3-5 CÚPULAS

Igual que para los arcos el desarrollo de las cúpulas, o domos, paso por el de la “*Falsa cúpula*”, en que se construyen anillos circulares cuyas piedras o sillares se proyectan hacia adentro de la hilada anterior, cerrando progresivamente el claro. El problema del volteo hacia adentro es menos crítico en este caso, a que cada hilada constituye un arco horizontal que contiene la parte ya construida de la cúpula.

La cúpula propiamente dicha requiere el empleo de piedras de geometría compleja para dar la forma espacial de la cúpula. Por eso y por el elevado peso del material, se encuentran muy pocos casos de cúpulas de piedra. El material común para estos elementos ha sido el ladrillo de barro y con frecuencia el concreto de mortero de cal y aditivos puzolánicos. El proceso constructivo casi siempre requiere el uso de cimbra y de apuntalamiento total o parcial.

Fue con el desarrollo de la cúpula que cambió radicalmente la distribución interior de los templos y grandes construcciones, al permitir espacios y alturas libres que antes no podían lograr.

El funcionamiento estructural de la cúpula es prototipo del de los cascarones o estructuras espaciales delgadas que transmiten las cargas, debidas sobre todo a su propio peso esencialmente por esfuerzos de compresión en dos direcciones principales.

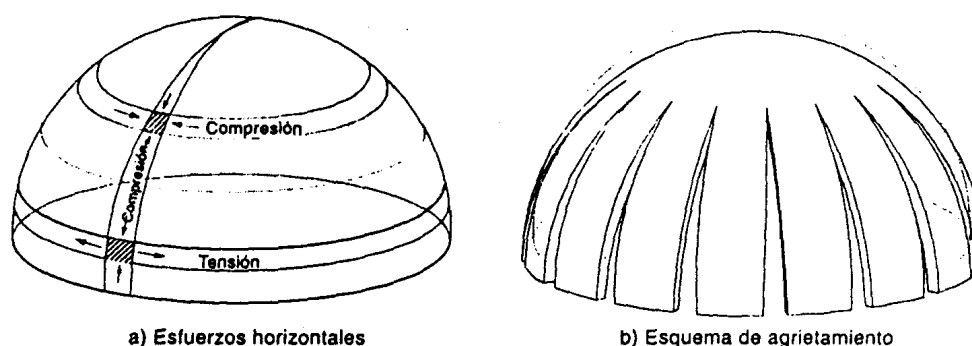


Figura N° 2. 20: Esquema de la cúpula Esférica.

El peso de la cúpula genera principalmente fuerzas de compresión (ver figura N° 2.20) que bajan hacia los apoyos en dirección de los meridianos. Se producen también esfuerzos tangenciales que son de compresión en la parte superior, y cambian a tensión en la inferior, donde pueden producir agrietamiento y separación de la cúpula en una serie de gajos que funcionan como arcos. El coceo de la cúpula aumenta con el agrietamiento.

El problema de pandeo no es crítico en las cúpulas de mampostería, ya que el espesor mínimo que es constructivamente posible con este material, suele ser más que suficiente para evitar este modo de falla. Los esfuerzos radiales de compresión aumentan progresivamente de la clave hacia el arranque en una cúpula hemisférica; por ello, se ha tratado siempre de reducir el peso de la cúpula sobre todo en su parte superior, con la disminución progresiva del espesor, a través del uso de casetones y huecos interiores, y hasta con la inserción de elementos aligerantes como ánforas de barro.

Como sucede con los arcos, existen condiciones ideales de carga y de forma de la cúpula, para las que ésta no produce coceo, aunque en situaciones reales, siempre se presenta cierto coceo. Además, la transmisión de carga vertical de la cúpula a sus elementos de soporte suele ser crítica, ya que arquitectónicamente no se puede dar apoyo en toda la circunferencia, por lo que se concentra el peso considerable de la cúpula en unos cuantos elementos aislados y se requieren elementos de transición como arcos y pechinas.

La gran mayoría de los daños en las cúpulas se debe a los esfuerzos tangenciales, que son de compresión en la parte superior, pero que toman valores crecientes de tensión hacia la base de la cúpula. Por la baja resistencia en tensión de la mampostería, dichos esfuerzos dan lugar frecuentemente a un agrietamiento a lo largo de los meridianos que hace que el domo se separe en una serie de gajos que funcionan como arcos adyacentes.

2.3-6 CONTRAFUERTES Y ARBOTANTES

Como se ha visto, el empuje perpendicular al plano de los muros es una de las condiciones más críticas para la estabilidad de las construcciones de mampostería. Este empuje se genera principalmente por el coceo de las bóvedas y arcos, por fuerzas laterales debidas a sismo o viento, y por el empuje de tierra o líquidos retenidos por el muro. Para absorber los empujes transversales se cuenta con el propio peso del equilibra el momento de volteo; sin embargo a medida que la altura del muro la magnitud del empuje crecen, se vuelve poco practico contrarrestar el momento del volteo con espesores cada vez, mayores del muro.

Con el objeto de aumentar la eficiencia en contrarrestar el volteo, se puede recurrir a rigidizar el muro con *costillas* o pilastras que aumentan localmente el espesor del muro. Más efectiva resulta la colocación de *contrafuertes*, que son muros transversales exteriores a través de los cuales se conducen los empujes laterales hacia el terreno in introducir tensiones en la mampostería. La geometría del contrafuerte puede ser rectangular, o más eficientemente trapecial para formar un espolón exterior.

Para una acción efectiva, el contrafuerte debe contar con un soporte rígido sobre el terreno: de lo contrario girará hacia fuera y perderá la acción de contrarrestar.

Hay casos en que la colocación de un contrafuerte ha resultado contraproducente en construcciones cimentadas sobre suelos deformables. El gran peso del contrafuerte produce un hundimiento generalizado de la parte exterior del muro que se pretende estabilizar. La base de ese muro tiende a girar hacia afuera produciendo un desplazamiento adicional en la parte superior del muro y agravando la condición de estabilidad de la techumbre.

Para aligerar el contrafuerte sin disminución significativa de su efecto de contrarresto, se abre un hueco central en su parte interior dejando un arco superior que funciona como puntal eso permite la circulación a través del muro de contrafuerte y el uso del espacio inferior.

El arco inclinado que actúa como puntal se denomina *arbotante* y su desarrollo se dio en la arquitectura gótica; es probablemente el elemento estructural de los edificios antiguos que más han llamado la atención, porque su desarrollo y aplicación implican un conocimiento preciso de la manera en que las cargas se transmiten en la estructura, y porque tiene un gran impacto visual que deja en claro su función esencialmente estructural.

Su función es la de un puntal que transmite el coceo de bóveda de la nave central hacia un contrafuerte exterior, pasando encima de la nave lateral; su trabajo en compresión hace posible que tenga una sección pequeña y una configuración muy esbelta. Para su trabajo como puntal, la sección rectangular constante es la más eficiente; sin embargo, el puntal también tiene que resistir su peso propio, que se vuelve más significativo a medida que aumenta su longitud; por ello, la forma lógica de este puntal es la de un arco inclinado. El estado de esfuerzos en el arco puede visualizarse como la suma del peso propio y de los efectos del empuje lateral que proviene de la nave central.

La suma de las líneas de presiones que se generan en los dos casos, da lugar a la trayectoria final de fuerzas. El coceo del arco contrarresta, al menos parcialmente, el empuje lateral de la bóveda y contribuye a estabilidad. En el otro extremo, el coceo aumenta el empuje lateral sobre el contrafuerte y tiende a voltearlo hacia afuera.

2.3-7 SISTEMAS DE PISO Y TECHO

Para estructurar los pisos intermedios, y en muchos casos los techos de los edificios antiguos se usaron esencialmente elementos de madera, por lo que pocos han perdurado hasta nuestros días. Las variantes son limitadas y muchas de ellas permanecen en las construcciones actuales, especialmente en los países menos industrializados. Los elementos para estructurar los pisos lucen primero vigas de madera rolliza y después de madera escuadrada, apoyados en huecos abiertos en los muros de mampostería. Sobre las vigas principales apoyaban directamente tabloneras paralelas para formar la superficie plana sobre la que se colocaba el revestimiento final del piso. Para procurar mejor aislamiento

térmico y acústico, se colocaba frecuentemente entre el revestimiento de piso y los tablonos una capa de tierra (terrado) o de material más ligero, como ceniza.

2.3-8 EDIFICIOS DE VARIOS PISOS

La construcción de edificios de varios pisos en los tiempos antiguos fue reducida, no sólo por las limitaciones de la resistencia de los materiales estructurales disponibles, sino por razones de funcionamiento y por la amplia disponibilidad de terrenos. Su empleo se concentró en los palacios y en los edificios públicos; aun así, pocas veces se superaban los tres pisos. Sólo a partir de finales del siglo XVIII se comenzaron a construir edificios de varios pisos de manera sistemática en las grandes ciudades europeas.

Una notable excepción se dio en la antigua Roma, en donde las viviendas típicas de las clases populares eran edificios multifamiliares hasta de cinco pisos, con la planta baja destinada a comercios y las siguientes a habitaciones, de mejor calidad en los pisos inferiores y más simples en los superiores.

Las construcciones de edificios de varios pisos eran a base de muros de mampostería, de piedra y, sobre todo, de tobas ligeras y con mejores características térmicas; posteriormente, se difundió el empleo del ladrillo. Los sistemas de piso eran a base de vigas de madera, en las modalidades descritas en la sección anterior. Además de los muros perimetrales, existían abundantes paredes interiores que subdividían la planta en áreas relativamente pequeñas. Aún así, los espesores de los muros resultaban muy cuantiosos y el espacio aprovechable era relativamente pequeño.

El aspecto crítico de este tipo de construcción es la estabilidad de los muros de fachada que normalmente tienen una liga muy pobre con los sistemas de piso y tienden a voltearse hacia afuera, sobre todo ante los efectos de sismos.

La estructuración de edificios de varios pisos con muros de carga de mampostería se continuó usando hasta finales del siglo XIX. Un ejemplo extremo de esta modalidad es el edificio Monadnock contraído en Chicago en 1889. Tenía 16 pisos y sus paredes de carga alcanzaban espesores de 1.8 m en la planta baja y cubrían 15% del área total en planta. Fue demolido en las primeras décadas del siglo XX, por ser ineficiente.

En algunas regiones se emplearon elementos de madera para *reforzar* los muros y para ligarlos al sistema de piso. Desde finales del siglo XIX se comenzaron a usar

columnas y vigas de acero que formaban un esqueleto inferior del edificio revestido por gruesos muros de mampostería. La presencia de la mampostería era esencial para dar rigidez a la delgada estructura metálica. Solo en el siglo XX se desarrollaron los sistemas estructurales a base de elementos de acero o concreto, capaces de resistir las fuerzas verticales y horizontales, sin la participación de los muros de mampostería.

2.3-9 ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

La necesidad de transmitir las cargas de los elementos de soporte de la estructura a un suelo con una resistencia menor que la del material de dichos elementos de apoyo, da lugar a la necesidad de una “*subestructura*”, o sea una estructura de transición entre el suelo y la superestructura. Para muchas de las grandes construcciones antiguas se buscó un sitio donde la roca sólida aflorase, para así desplantar directamente los elementos estructurales (muros y columnas) de mampostería sobre la roca, sin necesidad de una cimentación propiamente dicha.

El siguiente paso fue el engrosamiento de dichos elementos de soporte para formar zapatas aisladas o corridas, de espesor sólo un poco mayor que el de los elementos estructurales. Esta fue la solución típica para la cimentación de edificios sobre suelos de buena calidad.

No son raros los casos de edificios antiguos que han experimentado problemas estructurales debido a hundimientos diferenciales de los puntos de apoyo de sus elementos de soporte; esto, aun en casos en que el suelo de apoyo era de razonable capacidad de carga. En estos suelos pueden presentarse hundimientos por la presencia de estratos inferiores más deformables o por las modificaciones en las propiedades de los suelos, debidas sobre todo a cambios importantes en los niveles de aguas freáticas.

Los daños en estas situaciones pueden aparecer inclusive muchos siglos después de la construcción del edificio.

Se encuentran tipos de cimentación especiales cuando los edificios se ubican en sitios de suelos muy deformables o, en caso extremo, pantanosos. Situaciones de este tipo se dan, por ejemplo, en la ciudad de México y en Venecia. En esos casos se recurría al empleo de una plataforma de mampostería para lograr a máxima superficie de contacto con el suelo y, en

muchas ocasiones, al hincado de pilotes cortos formados por troncos de madera de 20 o 30 cm. de diámetro. Estos pilotes transmiten la carga al suelo por fricción en su superficie de contacto.

El funcionamiento estructural de estos elementos de cimentación no presenta características particulares, diferentes de las de los elementos de la superestructura. Los daños en la cimentación se deben principalmente a efectos de hundimientos diferenciales o a deterioro por humedad.

2.3-9.1 CIMIENTOS DE EDIFICIOS DE MAMPOSTERÍA

Las pesadas cargas de los edificios históricos de mampostería implican la transmisión de fuerzas importantes al suelo de cimentación. Cuando el suelo no tiene buena capacidad de carga es necesario ampliar el de apoyo de columnas y muros mediante zapatas del mismo material.

En suelos particularmente deformables, como las arcillas del valle de México, se recurría a pilotes cortos (estacones) de madera para dar mayor soporte al edificio. (ver figura N° 2.21).

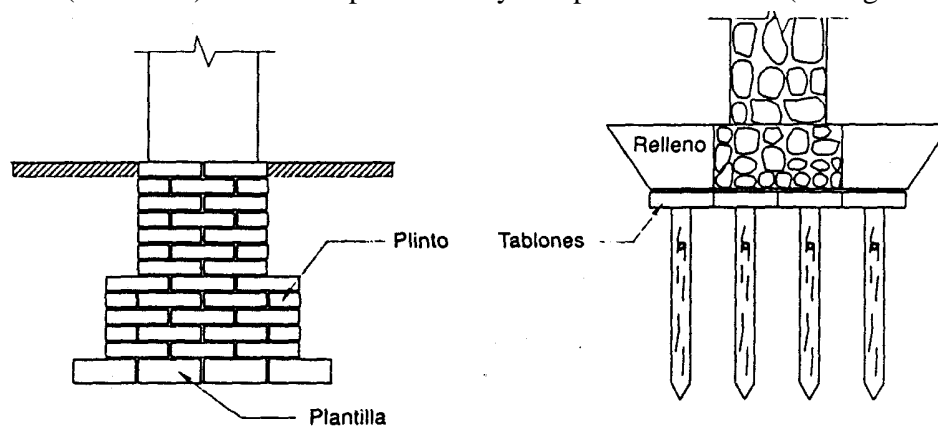


Figura N° 2.21: Diferentes Cimientos de Mampostería

2.4 SEGURIDAD SÍSMICA⁷

2.4-1 PROBLEMÁTICA DE LA SEGURIDAD SÍSMICA DE LOS EDIFICIOS HISTÓRICOS.

Los sismos han sido uno de los mayores causantes de destrucción de edificios históricos. Muchas de las civilizaciones que construyeron monumentos notables se encuentran en regiones de actividad sísmica significativa: India, Japón y China en el Oriente; Italia, Grecia, Turquía y otros países alrededor del Mediterráneo; México, Centro América, Perú y algunos otros países de la costa occidental de Sudamérica. Las huellas de los sismos son más o menos evidentes en las construcciones que han permanecido por siglos en estas regiones, y el estudio histórico y estructural de su comportamiento ante estos fenómenos es un factor importante para la evaluación de su seguridad estructural.

Se acepta, generalmente, que los edificios que han subsistido durante siglos sin daño, o con electos menores, han dado prueba suficiente de su seguridad; sin embargo, hay situaciones en que ese argumento no es válido, pues la capacidad del edificio para resistir efectos sísmicos puede irse reduciendo con el tiempo por diversas razones; en primer lugar, por el deterioro natural de los materiales, pero también por debilitamiento debido a electos de sismos anteriores y por modificaciones a la estructura, con las que puedan haber disminuido su resistencia ante sismos. Un factor que ha demostrado ser crítico en la ciudad de México es el electo progresivo de los hundimientos diferenciales de la cimentación sobre el suelo muy blando del centro histórico, esto ha producido desplomos crecientes de los elementos verticales de soporte (columnas, muros y torres), y agrietamientos importantes de la estructura.

Se mencionó en el capítulo inicial que los sistemas estructurales de los edificios y de los grandes monumentos se fueron desarrollando hacia soluciones cada vez más eficientes mediante un proceso de aprendizaje, basado principalmente en un método de prueba y error. Este aprendizaje no se dio necesariamente en lo que respecta a la seguridad contra sismos; en

⁷ Fuente Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos, autor Roberto Meli.

países donde estos fenómenos son muy frecuentes, como en el Japón, las lecciones que dejan los daños por sismo se traducen directamente en modificaciones en la práctica constructiva, que incorpora aspectos dirigidos a incrementar la resistencia a tales eventos. En países donde la ocurrencia de sismos destructivos es esporádica, no se modifica la práctica de construcción por las lecciones que dejan los daños; tal es el caso de Italia, donde en algunas regiones se presentan fuertes sismos cada cinco siglos o más, y en los periodos entre esos grandes eventos rara vez se perciben sismos significativos; por ello, no se aprecia en los monumentos de ese país una evolución hacia soluciones mas eficientes sísmicamente.

Una situación cíclica particular vulnerabilidad sísmica se ha dado por la transferencia a regiones de alto peligro sísmico, de practicas constructivas y formas estructurales desarrolladas en países donde estos problemas no son significativos, como en el caso de los monumentos coloniales en América Latina. Buena parte de la construcción del siglo XVI fue destruida por los sismos o los incendios. Las ciudades importantes de la colonia se ubicaban en sitios de alto peligro sísmico: México. Puebla, Oaxaca, Guatemala, Lima, Quito. Con el tiempo, los templos y los palacios de estas ciudades fueron incorporando características que mejoraban su resistencia a los sismos.

Lo que se llama *ingeniería sismorresistente*, o sea los procedimientos para calcular los efectos de los sismos en las construcciones y determinar cuantitativamente las características necesarias para proporcionarles resistencia frente a sismos, es una práctica relativamente reciente. Su surgimiento se puede establecer en la década de 1920, y se ha desarrollado esencialmente para las construcciones modernas de acero y de concreto y ha sido calibrada con las evidencias del desempeño de estos edificios en los grandes sismos que ocurren en distintas partes del mundo. Por la similitud entre los sistemas constructivos de los edificios modernos en todo el mundo, las lecciones de un sismo son aplicables a los edificios de otros países, y permiten con relativa rapidez acumular un cuerpo de conocimientos que influye en la práctica constructiva a nivel internacional. Esto se ha dado en mucho menor grado en los edificios históricos, que son en gran medida reflejo de prácticas de construcción desarrolladas localmente en cada cultura.

Consecuencia de lo anterior es que el cuerpo de tecnologías, procedimientos analíticos y normativa de cálculo y construcción, que se ha desarrollado para las construcciones modernas, no puede aplicarse directamente a los edificios históricos. Sin embargo, los principios en que se basa el diseño de aquellos son válidos también para estos; por otra parte, la mucho mayor difusión que ha habido en años recientes de los estudios sobre el tema, ha permitido establecer un acervo de conocimientos que sirve de guía para la evaluación de los casos específicos.

El tema de la ingeniería sismorresistente es muy complejo, al basarse en aspectos diversos, cada uno de los cuales se estudia con planteamientos teóricos de gran refinamiento. Por el alcance de esta obra, sólo se hará una presentación, somera y cualitativa de los aspectos principales, suficiente para identificar las principales variables involucradas y las razones de algunas recomendaciones generales. Un tratamiento más completo del tema se da en Bazán y Meli (1998).

2.4-2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISMOS

Los sismos producen vibraciones del terreno que ponen en peligro las edificaciones por el movimiento que se induce en su base. La actividad sísmica se debe principalmente a movimientos bruscos de las placas tectónicas que conforman la corteza terrestre, y que se generan en zonas de contacto entre placas, o en fallas geológicas en el interior de una placa.

La actividad sísmica se concentra en áreas bien identificadas, y la frecuencia de ocurrencia de eventos de distinta magnitud es aproximadamente constante en el tiempo, por lo menos dentro de la escala de tiempo de la historia humana. Esto implica que en zonas donde se han producido sismos en el pasado, se seguirán generando en el futuro.

El tamaño de los sismos se mide en una escala de *magnitudes* que refleja la energía liberada por el movimiento brusco de las placas a lo largo de la falla geológica. La escala más común al respecto es la de Richter. Sismos de magnitud inferior a 3 grados en dicha escala,

son eventos instrumentales que difícilmente se perciben por las personas. Los de magnitud menor de 5, rara vez llegan a producir daños, excepto cuando son muy superficiales y sólo en edificios ubicados muy cerca de la zona de ruptura; entre 5 y 7 pueden producir daños de consideración. A medida que crece la magnitud, aumenta la zona afectada y la violencia del movimiento del terreno. Los grandes sismos son de magnitud mayor que 7 grados, y sus efectos alcanzan un radio hasta de cientos de kilómetros. Los términos temblor y terremoto son equivalentes al de sismo, y no implican una diferencia en su magnitud.

Del punto de vista de la ingeniería estructural, no interesa tanto la magnitud de un sismo como sus efectos en los sitios donde se encuentran las edificaciones, o sea la severidad de la sacudida que el suelo experimenta en un sitio dado; esta medida se llama *intensidad sísmica*. Un sismo que se genera en determinada zona de ruptura tendrá una sola magnitud, pero será sentido con diferentes intensidades en distintos sitios de la región. En general, la intensidad decrecerá con la distancia a la zona de ruptura, debido a que las ondas vibratorias se amortiguan progresivamente.

La escala de intensidades más usada es la de Mercalli Modificada, en la que se asignan al efecto del sismo, en un sitio, grados del I al XII. Grados inferiores al IV no corresponden a daño estructural; un grado VIII indica daño considerable y un grado X una destrucción generalizada.

El potencial destructivo de un movimiento sísmico del terreno depende de tres características principales; la aceleración máxima que experimenta el terreno, que se expresa como fracción de la gravedad; la duración de la fase intensa del movimiento, y el contenido de frecuencias de la vibración. Esta última característica se refiere a la rapidez con que el movimiento del terreno cambia de dirección, y es importante para definir el tipo de estructura que será más afectado.

El *peligro sísmico* para un sitio específico, depende de su cercanía a fuentes de eventos de magnitud suficiente para producir intensidades sísmicas significativas en el sitio en cuestión. En los países con mayor peligro sísmico se han identificado las regiones más

expuestas y se han definido las características de los eventos más desfavorables que tienen una probabilidad significativa de ocurrencia. Esto se ha reflejado en mapas de regionalización sísmica, y en parámetros de diseño en las normas de construcción.

El movimiento en la superficie del terreno depende fuertemente de las condiciones locales de geología, topografía y, sobre todo, de subsuelo. Cuando las ondas sísmicas atraviesan estratos de suelo blando para llegar a la superficie, modifican sustancialmente las características del movimiento; en este caso, el movimiento se vuelve más lento (de menor frecuencia), pero de mayor amplitud. Los daños por sismos fuertes han sido consistentemente mayores en sitios donde hay estratos de suelo blando que en aquéllos de terreno firme.

La estimación del peligro sísmico del sitio donde se ubica una construcción es esencial para la evaluación de su seguridad. Actualmente, en la mayoría de las regiones sujetas a estos fenómenos, se cuenta con estudios para determinar las acciones sísmicas para las que deben diseñarse los edificios modernos. Dichos estudios deben servir de base para las revisiones de los edificios históricos, pero es siempre necesaria una valoración específica del peligro sísmico basada, principalmente, en la historia de eventos ocurridos y de comportamiento del edificio en estudio y de otros similares.

2.4-3 EFECTOS DE EDIFICACIONES

Durante un sismo, la base del edificio que está fija al suelo, tiende a seguir el movimiento del terreno, mientras que, por inercia, la masa del edificio se opone a ser desplazada y a seguir el movimiento de su base. Se generan sobre la estructura fuerzas de inercia que ponen en peligro la seguridad de la construcción. La cuantificación de dichas fuerzas y de la respuesta de la estructura ante ellas, es un problema complejo de dinámica estructural, requiriéndose grandes simplificaciones para llegar a planteamientos que permitan soluciones prácticas.

El movimiento del suelo consta de vibraciones horizontales y verticales. Las primeras son generalmente las más críticas y las que se consideran explícitamente en los cálculos

estructurales. Sin embargo, en los edificios históricos pueden llegar a ser significativos los efectos de aceleraciones verticales porque éstas, cuando actúan hacia arriba, reducen el efecto de las fuerzas debidas a la gravedad que, en la mampostería, son generalmente favorables a la resistencia de la estructura ante cargas horizontales.

La flexibilidad de la estructura ante las fuerzas de inercia hace que esta vibre de forma distinta a la del suelo mismo. Las fuerzas que se inducen en la estructura no son función solamente de la intensidad del movimiento del terreno, sino dependen en forma importante de algunas características del edificio, principalmente de la masa del mismo y de su forma de vibrar.

Los movimientos del terreno se amplifican en forma importante por la vibración de la estructura, de manera que las aceleraciones de una misma llegan a ser varias veces superiores a las del terreno. El grado de amplificación depende del amortiguamiento propio de los edificios y de la relación entre el periodo fundamental de la estructura y el periodo dominante del movimiento del terreno; cuando este movimiento es lento, como sucede en sitios de suelos blandos ubicados a cierta distancia del epicentro, se excitan principalmente las estructuras altas y flexibles, mientras que cuando el movimiento es muy rápido, o sea de alta frecuencia, los efectos son más desfavorables para los edificios bajos y rígidos, como es la mayoría de los históricos. Este último tipo de movimiento del terreno se da en sitios ubicados no lejos de las zonas de origen del sismo. En estos casos suelen ser también significativas las aceleraciones verticales del movimiento.

El *amortiguamiento* es una propiedad muy importante para reducir la amplificación del movimiento del terreno que la estructura experimenta por su propia vibración. Los edificios modernos tienen un amortiguamiento relativamente bajo, por el tipo de material y de conexión entre elementos. Para limitar la amplificación de la vibración sísmica, los modernos cuentan principalmente con su capacidad para mantener su resistencia para grandes deformaciones. A esta capacidad se le ha llamado *ductilidad*. Por el contrario, los antiguos suelen tener poca ductilidad, más bien tiene un comportamiento frágil, o sea, fallan de manera brusca al alcanzarse su resistencia para deformaciones laterales relativamente pequeñas. Cuentan, sin embargo, con un amortiguamiento mayor que el de los edificios modernos,

debido a la alta fricción que se desarrolla en superficies de contacto entre elementos y, sobre todo, en las abundantes grietas que suelen tener.

Las fuerzas de inercia que se generan por vibración del edificio se transmiten a través de la estructura, siguiendo trayectorias que dependen de la configuración estructural. Estas fuerzas generan esfuerzos y deformaciones que pueden poner en peligro la estabilidad de la construcción. La eficiencia de una estructura en cuanto a, su comportamiento sísmico depende de su capacidad para canalizar las fuerzas de inercia hacia elementos idóneos para resistirlas, sin que se produzcan concentraciones de esfuerzos en zonas débiles. Finalmente, el sistema estructural debe llevar las fuerzas de inercia hacia la cimentación y el terreno sobre la que ésta se apoya.

Cuando el terreno se mueve en razón de un sismo, el edificio se resiste, por inercia, a ser desplazado, lo cual equivale a que se introduzcan en éste, fuerzas que son proporcionales a la masa del edificio y a la aceleración del movimiento.

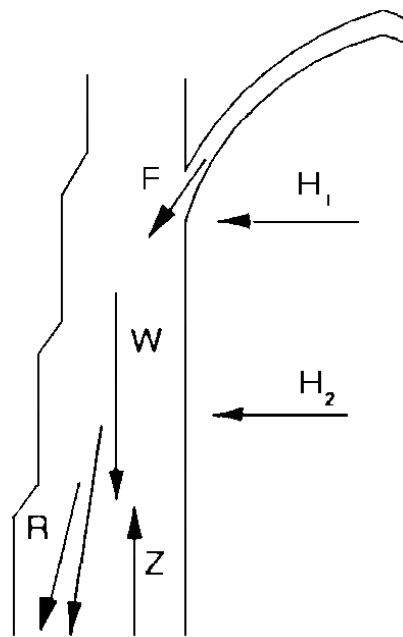


Figura N° 2.22: Fuerzas debidas al movimiento vertical del terreno

El movimiento del terreno es complejo y se puede visualizar por sus tres componentes ortogonales: dos horizontales y uno vertical. El efecto conjunto del movimiento horizontal y del vertical puede ser crítico en construcciones de mampostería cuya estabilidad se basa en la acción equilibrante del peso propio ante los empujes laterales.

La aceleración vertical del movimiento del terreno produce fuerzas de Inercia verticales que actúan, ya sea aumentando o disminuyendo las fuerzas de gravedad. En la figura, cuando las fuerzas de inercia verticales actúan en sentido contrario a las de gravedad, disminuye la capacidad del contrafuerte para oponerse al momento de volteo producido por el empuje estático de la bóveda (F), por el empuje de la misma bóveda debido a las fuerzas sísmicas (H_1), y por las fuerzas de inercia horizontales originadas por la propia masa del contrafuerte (H_1).

2.4-4 COMPORTAMIENTO Y MODOS DE FALLAS EN EDIFICIOS TÍPICOS.

Los edificios históricos son, en su mayoría, muy pesados y estructuralmente muy rígidos. Lo primero hace que se generen fuerzas de inercia elevadas, ya que estas dependen del producto masa por aceleración. Lo segundo hace que la frecuencia fundamental de vibración, que es típicamente de entre 0.1 y 0.4 Hz, se encuentre en el intervalo donde se ubican las frecuencias dominantes de los sismos de epicentros cercanos. Por esta razón, las aceleraciones que se inducen en estos edificios son elevadas y los daños llegan a ser considerables. Por las lecciones de daños en los sismos desde épocas remotas, en el Japón, país altamente sísmico, se dejaron de construir edificios de mampostería, sustituyéndolos por los de madera. Esta, por su mucho menor peso, por su mayor resistencia a tensión, y por su comportamiento menos frágil, resulta indudablemente un material estructural más idóneo para resistir sismos que la mampostería.

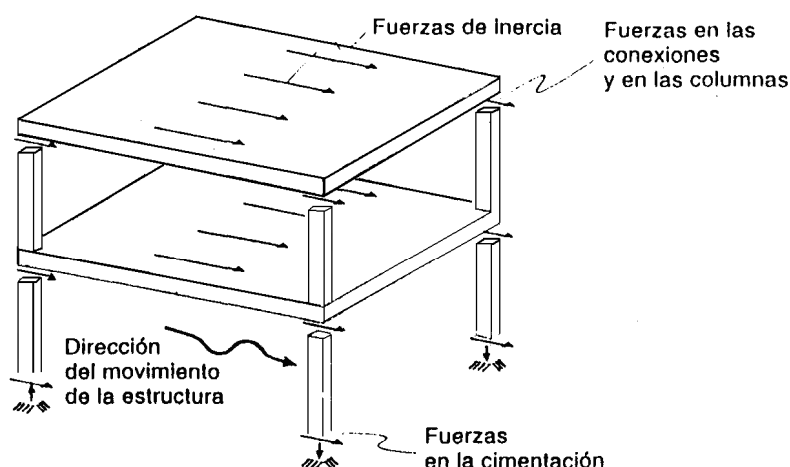


Figura N° 2.23: Flujo de Fuerzas en una Estructura

Las fuerzas de inercia se generan en las diferentes partes del edificio y son mayores donde la masa es más grande y donde los desplazamientos del edificio son mayores, principalmente en los techos. Estas fuerzas se transmiten desde los lugares donde se generan hacia los apoyos y, de allí bajan hasta el terreno. En su trayecto, las fuerzas generan solicitaciones críticas en los elementos que cuentan con menor área resistente para absorberlas, como las columnas y las conexiones entre los elementos de la estructura.

Las paredes de apoyo de las bóvedas oscilan lateralmente, y pueden llegar a una abertura tal que la bóveda se vuelva inestable y se desplome, con un mecanismo de falla como el mostrado en la figura. Este mecanismo es la causa principal de los colapsos indicados en la figura N° 2.24.

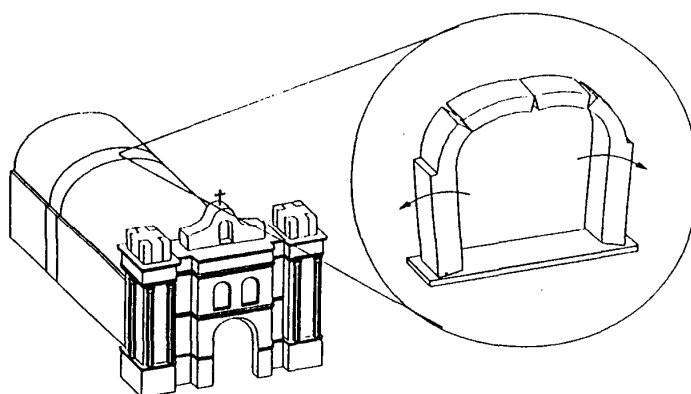


Figura N° 2. 24: Falla de bóvedas por abertura de sus apoyos

La debilidad principal de la mampostería consiste en su muy baja resistencia en tensión, de la que deriva la imposibilidad de realizar uniones efectivas entre los distintos elementos estructurales. La incapacidad de transmitir fuerzas de tensión o momentos flexionantes significativos entre uno y otro elemento, no permite canalizar adecuadamente las fuerzas de inercia que se generan en los sismos, a los elementos más idóneos para resistirlas. Los sistemas estructurales básicos de las estructuras de mampostería son eficientes para resistir las cargas gravitacionales que se transmiten esencialmente por apoyo directo a través de fuerzas axiales de compresión; no lo son para transmitir las fuerzas de inercia, que pueden actuar en uno u otro sentido y que pueden generar fuerzas de tensión entre dos elementos.

Una situación simple sirve para ilustrar los problemas que se derivan de la falta de continuidad entre los elementos. En la fachada pesada de un templo (frontispicio) se generan fuerzas de inercia elevadas en dirección perpendicular al plano de dicha fachada, las cuales podrían ser resistidas eficazmente por las paredes longitudinales del edificio, si hubiera capacidad para transmitir fuerzas de tensión entre ellas y la fachada. Al no ser así, esta se separa del resto del templo, y vibra como una pared en voladizo, como una barda que está expuesta a voltearse hacia afuera.

A pesar de sus debilidades intrínsecas, muchos edificios de mampostería han soportado exitosamente los fuertes sismos a lo largo de los siglos. Esto ha sido gracias a soluciones conservadoras con abundancia de gruesos muros y de contrafuertes en dos direcciones.

Las fallas más comunes por efecto de sismos son las que se deben al movimiento perpendicular al plano de los muros y que llevan finalmente al volteo, como en el caso de falla del frontispicio descrita anteriormente. Otros tipos de falla derivados de la misma situación son los que se describen a continuación.

Las paredes laterales de un edificio reciben el peso de la techumbre, por ejemplo una bóveda de cañón. En un sismo, las fuerzas de inercia que se generan por la masa importante de la bóveda y las que se producen por el peso mismo del muro, producen empujes al plano del muro. El techo no proporciona una restricción significativa al extremo superior del muro,

tampoco lo hacen los eventuales muros transversales, que pueden separarse fácilmente del muro longitudinal, el cual puede voltearse hacia fuera. El coceo de un techo de bóveda favorece el volteo.

El movimiento del muro hacia fuera puede no ser suficiente para producir su volteo, pero si para provocar la inestabilidad de la bóveda de cubierta y su colapso.

El colapso de la bóveda y techo es quizás, la más frecuente de las fallas graves de los edificios de mampostería por efectos de sismos.

Una problemática particular de las cúpulas es la posibilidad de su vibración vertical. El peso de estas estructuras genera fuerzas de inercia elevadas que deben ser transmitidas hacia los apoyos, generalmente a través de elementos de transición, como arcos y pechinas. La flexibilidad de la estructura inferior da lugar; a los desplazamientos laterales que implican que se excite un modo de vibración vertical de la cúpula; esta vibración produce fuerzas de inercia verticales que generan fuerzas cortantes en las pechinas y tambor, que pueden ser causantes de su falla por corte.

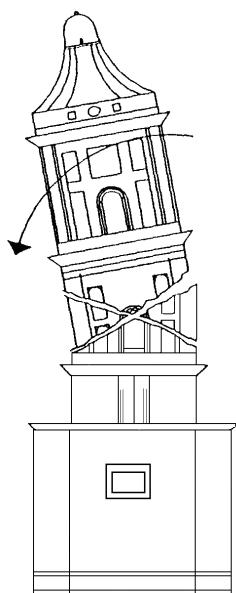
Otra situación crítica semejante se tiene en un edificio con techo y/o piso intermedio de vigas de madera paralelas. Las fuerzas de inercia que se generan en el techo o piso se transmiten a las vigas de soporte y de éstas a los muros en que se apoyan simplemente. El empuje tiende nuevamente a producir volteo del muro, lo que no se da en los casos, comunes en los edificios modernos, en que el piso forma un diafragma capaz de resistir fuerzas en su plano. En este caso, las fuerzas de inercia se pueden transmitir de una a otra viga hasta llegar a un muro alineado en la misma dirección que dichas fuerzas y que, por lo tanto, tiene capacidad para resistirlas. Cuando hay suficiente número de uniones transversales poco espaciados, la restricción que ofrecen a la separación del muro longitudinal es suficiente para evitar su volteo. La existencia de contrafuertes externos es la defensa más efectiva contra este tipo de falla.

Los elementos evidentemente más sujetos a situaciones de flexión y de posible volteo son las torres esbeltas, las columnas y los muros aislados sin soporte en su extremo superior. Aunque hay muchas evidencias de volteo de elementos esbeltos, este modo de falla es menos

crítico de lo que a primera vista parece y de lo que resulta de cálculos estáticos simplistas del momento flexionante necesario para producir volteo. Al vibrar en flexión y separarse las juntas entre las piedras, o agrietarse horizontalmente la mampostería, se presenta un proceso de sucesiva apertura y cierre de grietas y en ocasiones de deslizamiento horizontal y de rotación cu planta de los sillares o bloques. En estos procesos se realiza una disipación importante de energía que amortigua la vibración, y reduce sustancialmente el peligro de volteo.

En vista de que la mayoría de los sistemas de piso no tienen la capacidad de transmitir fuerzas de tensión y de corte, estos pueden agrietarse y, de hecho, separar la construcción en partes que vibran de manera independiente y que pueden fallar localmente. En las estructuras modernas resulta efectivo concentrar elementos muy rígidos y resistentes a cargas laterales en algunas partes de la construcción, para proporcionar resistencia al conjunto. En edificios históricos en que los lechos y pisos no constituyen diafragmas rígidos, esta práctica no es efectiva y hasta puede resultar perjudicial. Las fuerzas de inercia no llegan a estos núcleos resistentes y el resto de la estructura se separa de ellas.

2.4-4.1 MODOS DE FALLA DE TORRES



Por su esbeltez y flexibilidad, las torres tienen importantes desplazamientos horizontales durante los sismos. La flexión que se genera produce grietas horizontales, pero rara vez el volteo, debido a que por la alternancia de la dirección del movimiento, las grietas horizontales se abren y se cierran sucesivamente: en este proceso, llamado zapateo, se disipa una parte importante de la energía introducida por el sismo. Frecuente es la falla por cortante de las zonas donde el área de muros se reduce sustancialmente por las aberturas con el mecanismo mostrado en esta figura. La figura N° 2.25 muestra el agrietamiento por cortante y la tendencia al desprendimiento de la torre con respecto al resto de la fachada; se trata de la iglesia del Carmen en Guatemala, dañada por el sismo de 1976.

Figura N° 2.25: Modos de Falla en una Torre

De hecho una modalidad de falla frecuente es la que se observa entre la nave de una iglesia y la zona del cero; esta última es más rígida y da lugar a fuertes concentraciones de esfuerzos en la unión entre las dos partes, las que llegan a producir agrietamiento de bóvedas y muros en la zona de contacto.

La falla por cortante en el plano de las paredes o en columnas que se agrietan en forma diagonal es también típica, pero menos frecuente que la falla de flexión. Aunque la resistencia en Tensión Diagonal de la Mampostería es reducida, los grandes espesores y la relativa abundancia de muros en dos direcciones ortogonales, suelen proporcionar una resistencia apreciable ante este tipo de falla. La situación más crítica se da cuando los muros tienen grandes aberturas como en torres de campanarios: también es causa de falla la condición de columnas cortas, las que se forman en los tramos entre arranque de naves de distinta altura. En adición a los modos de falla primarios por flexión y por cortante, se presentan muy diversas fallas locales, debidas a concentraciones de esfuerzos o a amplificaciones locales de la vibración. En términos generales, éstas se pueden atribuir a que a lo largo de la estructura no se desarrolla un flujo adecuado de las fuerzas de inercia.

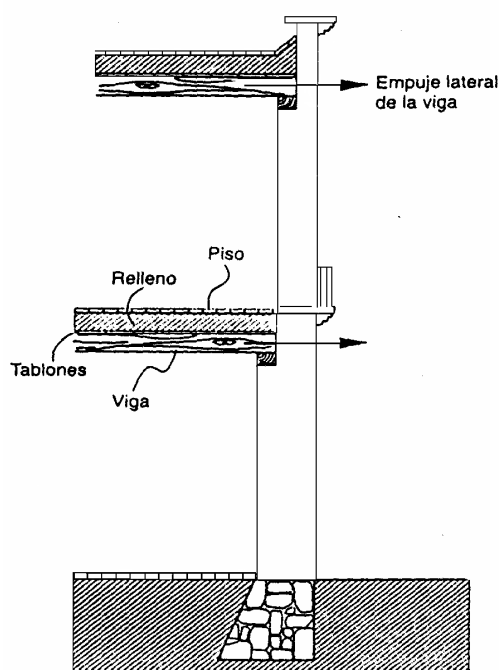


Figura N° 2. 26: Volteo de paredes de fachada de un edificio

Los edificios de varios pisos, de siglo XIX y anteriores, tienen las características mostradas en la figura N° 2.26. Los pisos de vigas de madera se apoyan directamente sobre los muros, de manera que las vigas transmiten las fuerzas de inercia que se generan en el piso como empujes sobre los muros y las vigas transmiten las fuerzas pueden producir el volteo de la fachada o de parte de ésta. Frecuentemente, la vibración de fachada en dirección transversal plano produce su separación con respecto a las vigas, las que pierden apoyo y ocasionan el colapso de pisos y techos.

2.4-4.2 AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL DE BÓVEDA

La vibración transversal del templo ilustrado en la figura produce esfuerzos de tensión en la bóveda, los cuales tienden a separar el edificio en dos partes, de modo que los muros de uno de los lados no participan en la resistencia a cargas laterales. Así, una parte importante de las fuerzas laterales debidas al sismo debe ser soportada sólo por los muros de un lado del edificio (ver figura N° 2.27).

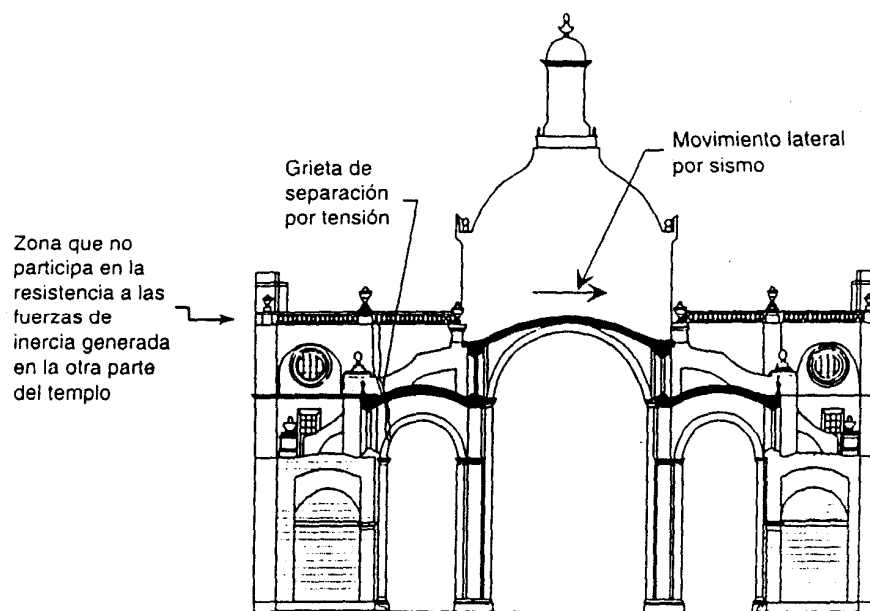


Figura N° 2. 27: Agrietamiento longitudinal de Bóveda.

2.4-4.3 MODOS DE FALLA DE EDIFICIOS SIMPLES DE ADOBE O MAMPOSTERÍA

Se reproducen esquemas de los principales modos de falta en el tipo más simple de construcción, que es ilustrativo de lo que se puede presentar en construcciones más complejas. Ver figura N° 2.28.

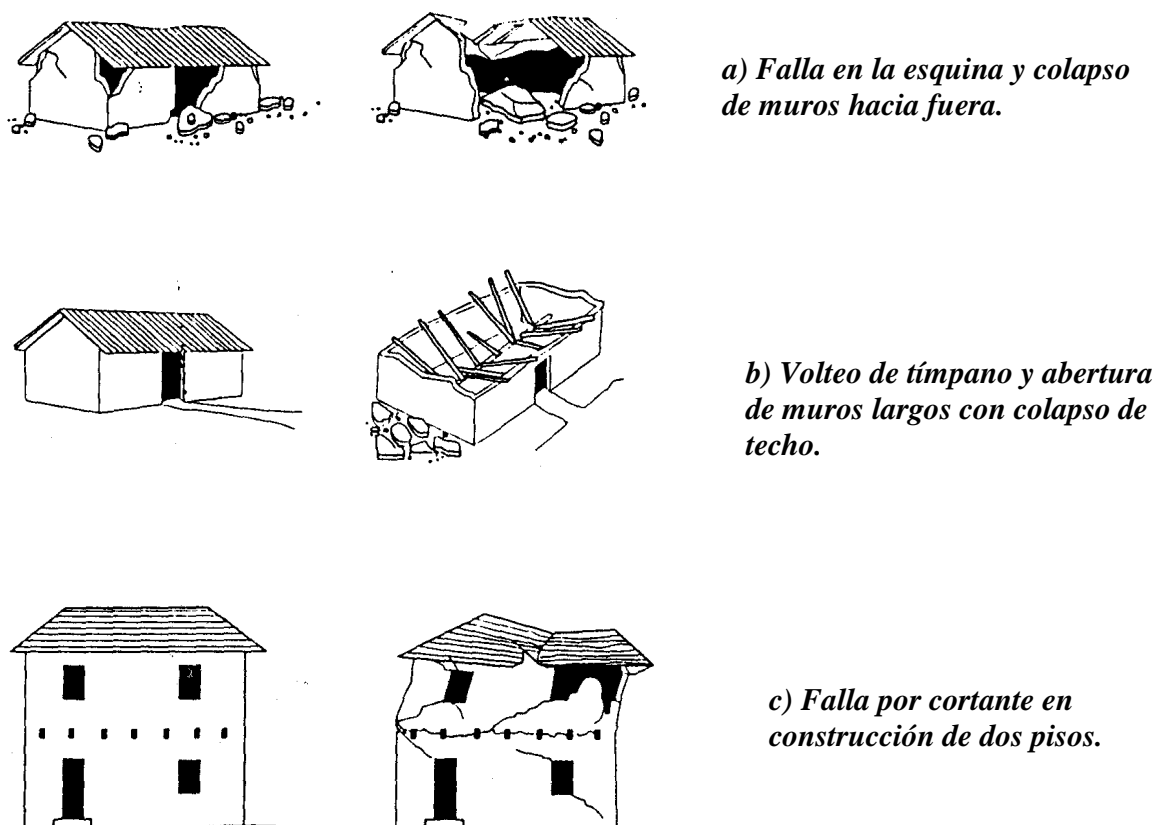


Figura N° 2. 28: Diferentes Modos de Fallas en Edificios Simples de Mampostería.

2.4-5.4 FALLA POR CORTANTE EN PAREDES CON ABERTURAS

La presencia de grandes aberturas en puertas y ventanas no sólo reduce sustancialmente el área resistente, sino que introduce concentraciones de esfuerzos en las esquinas de las aberturas. Es frecuente observar agrietamiento diagonal en zonas de muros entre aberturas, y en casos extremos la falta total de dichos muros. Ver figura N° 2.29.

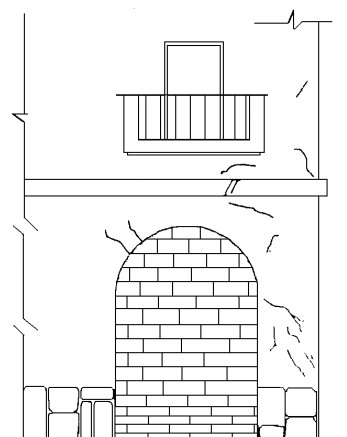


Figura N° 2.29: *Imagen ilustrativa de diferentes fallas por cortante en paredes con abertura.*

2.4-5 PROCEDIMIENTO PARA LA REVISIÓN DE LA SEGURIDAD SÍSMICA.

Las reservas que existen para la aplicación de métodos cuantitativos para la revisión de la seguridad ante cargas gravitacionales, se vuelven más severas en lo que concierne a los efectos sísmicos. Para estimar la seguridad de una estructura de este tipo, suele considerarse suficiente una comprensión cualitativa de la severidad de los movimientos del terreno que la pueden afectar, de la forma en que ésta responde a dichos movimientos, y de la naturaleza de las fuerzas que se generan y la trayectoria que siguen. Cuantificar estos aspectos de la mejor manera posible ayuda a dicha comprensión y a la toma de decisiones al respecto, siempre que se tenga conciencia de las limitaciones de los métodos utilizados y el grado de error involucrado en los resultados.

Para el análisis sísmico, la forma de definir las acciones que el movimiento del terreno induce en la estructura depende del método de análisis que se vaya a utilizar. En métodos de tipo estático, el efecto del sismo se cuantifica por medio de un coeficiente de cortante basal (llamado comúnmente coeficiente sísmico), el cual define qué fracción del peso total del edificio debe considerarse como fuerza lateral, también total, aplicada a la estructura. Para los edificios modernos, las normas de construcción incluyen procedimientos detallados para la determinación del coeficiente sísmico que corresponde a cada caso; éste es función de la región sísmica, tipo de suelo, período fundamental de vibración de la estructura, y de la

ductilidad y amortiguamiento de que se dispone. Hay la tentación de aplicar directamente estos procedimientos para definir el coeficiente sísmico con el que hay que analizar los edificios históricos; valores determinados así pueden servir sólo como referencia; las condiciones de estos edificios son muy diferentes de aquéllas para las que se han calibrado los valores de las nominas. En edificios importantes conviene deducir específicamente las acciones sísmicas aplicables a la revisión del caso particular, tomando en cuenta todos los aspectos que intervienen. Como marco de referencia, para zonas de riesgo sísmico significativo, los coeficientes que resultan pueden variar entre 0.1 y 0.3.

Cuando se vaya a realizar un análisis sísmico refinado conviene recurrir a una descripción más completa de la acción sísmica, que la que proporciona el. Simple coeficiente sísmico. Esta consiste generalmente en un espectro de diseño,' el cual define valores de la acción sísmica en función del período de vibración de la estructura. Una representación más completa es un acelerograma o historia de aceleraciones en el tiempo; ésta puede derivarse de registros instrumentales obtenidos de sismos severos, para condiciones semejantes a las del sitio en cuestión.

Mientras más refinado es el método que se emplea para el análisis sísmico, más elaborado es el modelo analítico que hay que construir de la estructura y. mayor el numero de propiedades estructurales que hay que hacer intervenir, con dudas cada vez, mayores sobre las hipótesis que deben adoptarse al respecto. Sin embargo, los métodos más simplificados, normalmente no permiten evaluar todos los modos de falla que pueden ser críticos, y su aplicación puede conducir a resultados no representativos. Resulta entonces, conveniente emplear métodos con distinto grado de refinamiento para alcanzar a tener una idea completa de la situación.

Un procedimiento ampliamente usado para la revisión por sismo en estructuras de mampostería es el llamado *método simplificado de diseño sísmico*, en el cual se determina la fuerza lateral total que hay que aplicar a la estructura, multiplicando el coeficiente sísmico por el peso total de la misma. Esta fuerza lateral actuante se considera que es resistida de manera uniforme por todos los muros alineados en la dirección en que se considera que actúa el sismo. El método simplificado se describe con cierto, detalle y se ilustra con un ejemplo en la sección siguiente. Los resultados del método deben usarse con precauciones, debido a las limitaciones en su aplicación a las estructuras típicas de los edificios históricos. En primer lugar, se

relaciona sólo con la seguridad ante falla por esfuerzo cortante y no cubre la falla por flexión normal al plano de los muros que, como se ha visto, suele ser crítica; tampoco abarca los diversos tipos de falla local. Además, aun para la propia falla por cortante, se ha visto que los sistemas de piso y techo de estos edificios generalmente no son capaces de transmitir las cargas a lodo el conjunto de elementos verticales resistentes, sino que pueden agrietarse por tensión, y ejercer sus fuerzas de inercia sólo sobre los muros que los soportan directamente. Por ello, el método simplificado únicamente tiene cierta validez si los muros están uniformemente distribuidos en toda la planta del edificio, y aun en estas circunstancias, se requiere visualizar la forma en que las fuerzas de inercia se transmiten a través del techo a los muros, para identificar las situaciones críticas que es necesario revisar.

Los análisis de tipo estático, más refinados que el método simplificado descrito, permiten determinar con más detalle las fuerzas de inercia y su distribución entre los elementos resistentes; sin embargo, no eliminan muchas de las objeciones enunciadas para este método. Por la complejidad de los sistemas estructurales involucrados se hace necesaria para ese fin la construcción de modelos analíticos refinados que llevan al empleo de modelos de elementos finitos. Para la solución de los mismos conviene recurrir directamente a métodos de análisis dinámico, sea de tipo modal espectral o de tipo paso a paso.

Con todo y su refinamiento, estos métodos son limitados al no poder considerar el comportamiento no lineal de la mampostería y, especialmente, el agrietamiento por esfuerzos de tensión con la consiguiente falla de continuidad entre algunos elementos estructurales, Es necesario construir cuidadosamente el modelo a analizar y, sobre todo, identificar las partes de la estructura que pueden ser capaces de responder como un conjunto continuo, para obtener resultados útiles de los análisis de este tipo.

INTRODUCCION

En este capítulo se hace una descripción general de los conocimientos necesarios para realizar una evaluación de daños en edificios, y que a través de ello el ingeniero evaluador pueda contar con los criterios básicos necesarios para identificar daños, tanto en elementos estructurales como no estructurales, así como también la clasificación detallada de grietas y, diagnosticar las causas más probables de fallas en las estructuras. Comenzaremos exponiendo las causas más comunes que conducen a un mal comportamiento en las estructuras, a continuación se definirán los sistemas estructurales más utilizados en nuestro medio y su comportamiento ante cargas sísmicas, así como la acción de cortante, flexión y torsión en estos elementos.

La metodología que se utilizará para la Evaluación Física y Estructural de La Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz consiste en una evaluación de daños, la que se basa en la realización de un diagnóstico de la estructura mediante el levantamiento de daños detallado, la descripción de los elementos estructurales y no estructurales dañados, las posibles causas de los daños, así como las alternativas de solución de los mismos, y de esta forma realizar las propuestas de restauración o refuerzo de la estructura.

Finalizando el capítulo se presenta la descripción de los materiales disponibles en el mercado, así como los procedimientos de restauración y refuerzo de la estructura y sus componentes.

3

Metodología Para La Evaluación De Daños En Edificios

3.1.- IMPORTANCIA DE LA EVALUACION DE DAÑOS¹

El proceso de levantamiento y evaluación de daños, se relaciona íntimamente con los resultados del diseño y posteriormente con el método de reparación. Por lo que es necesario comprender que un país como el nuestro, con actividad sísmica frecuente, las edificaciones están expuestas a sufrir daños ante movimientos fuertes por lo que el levantamiento de daños es una etapa durante la vida útil de las estructuras.

3.1-1.- DISEÑO DE ESTRUCTURAS.

Con respecto al proceso de diseño de estructuras, es necesario mencionar que para dicha actividad se involucra un grupo de especialistas de diversas disciplinas, por lo que es conveniente establecer una comunicación eficaz entre los participantes, con el propósito de lograr las metas trazadas.

Una de las fases del diseño tiene como propósito establecer, en general recomendaciones relativamente sencillas y sobre todo basadas en la experiencia del ingeniero estructural, dar una idea sobre las secciones de los elementos estructurales, las cargas, acciones que se pueden presentar en la estructura.

La fase del diseño final consiste en establecer con mayor detalle y aproximación, las acciones o efectos y las cargas finales, en base a estas se realice un análisis estructural y esto permita establecer valores de las acciones que se presentan en cada uno de los elementos. Por ejemplo en concreto reforzado es necesario contar con una idea exacta de la distribución del acero de refuerzo, en dirección longitudinal y transversal.

3.1-2.- EFECTOS DEL SISMO EN LAS ESTRUCTURAS.

Debido al comportamiento de terremotos y sus efectos así como el alto poder destructivo que poseen tanto en costo de vidas humanas, como en la infraestructura con sus efectos secundarios, es necesario que se de importancia al diseño sísmico de las estructuras. La

¹ Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios. Alma Morena Valladares Avilés. 1988

metodología utilizada en el diseño sísmico no es otra cosa que la aplicación de ciertas reglas establecidas a partir del estudio de diversos parámetros propios de cada país, entre los que podemos mencionar: naturaleza del subsuelo, desplazamientos ocurridos en el terreno, característica de la estructura, vida útil.

La mayoría de poblaciones en el globo terrestre se encuentran ubicados en zonas altamente sísmicas, por lo que se vuelve imperativos buscar la seguridad de sus habitantes.

Debido a la complejidad y diversidad de efectos ocasionados por un sismo es difícil determinar con precisión si la estructura esta en condiciones de resistir un sismo determinado. El sistema estructural debe poseer ciertas características de resistencia, rigidez y ductibilidad que proporcionen estabilidad en la estructura, procurando que los daños ocasionados sean mínimos, como garantizando la conservación de la estructura en el caso de un sismo de gran magnitud.

3.1-3.- FILOSOFÍA DEL DISEÑO¹

Dentro de los propósitos de todo reglamento esta la de proveer determinados requisitos para el diseño de estructuras que posean seguridad y serviciabilidad, y que se adapten a estos requisitos sin costo excesivo.

Lo de mayor importancia es la seguridad, debiendo satisfacer además los requisitos de serviciabilidad y finalmente economía en la construcción del edificio. La seguridad es la razón principal de la existencia de un reglamento y debe ser la preocupación más importante del ingeniero civil, del propietario y la sociedad.

Sin embargo, en el diseño sísmico de edificios hay tantas incertidumbres que es difícil asegurar que nunca fallará un edificio. Desafortunadamente, los datos con que se cuenta en la actualidad no permiten desarrollar correctamente la filosofía del diseño sísmico, ya que resulta imposible predecir cual será el temblor que se pueda presentar en nuestro país o en algún lugar de la tierra. Esto es debido a que la historia que se tiene es de unos cuantos años atrás; lo que resulta muy poco, desde el punto de vista geológico. Además, se sabe poco aún sobre los mecanismos que generan un temblor.

¹ Reglamento de Diseño Sísmico.

La filosofía de todo reglamento sísmico debe ser entonces, el que toda estructura diseñada siguiendo sus requisitos, debe ser capaz de resistir:

- a) Temblores pequeños sin daños.
- b) Temblores moderados sin daño estructural, pero con algún daño en elementos no estructurales.
- c) Un temblor muy fuerte sin colapsar o pérdida de vidas humanas.

Posterior a un sismo fuerte, es necesario actualizar los reglamentos, pues es en este momento cuando surgen sus deficiencias, las cuales pueden ser corregidas a partir de las investigaciones realizadas para superar el atraso tecnológico que han sufrido con el paso de los años.

Se sabe que algunos factores que contiene un reglamento en vigor son obsoletos; sin embargo, es difícil y lento el proceso de actualización, que solamente se acelera con la ocurrencia de sismos.

Para ilustrar lo anterior se puede citar el atraso que tenía el Reglamento de Diseño Sísmico que estaba vigente en 1986 surgido a raíz del terremoto de 1965. Sin que antes existiera en nuestro país un reglamento, y de no ser por el terremoto del 10 de octubre, no hubiera sufrido modificaciones dicho reglamento.

Por lo anterior, se considera importante que los ingenieros estructuristas deben reconocer su papel como asesores de sus clientes y advertirles el peligro en que pueden poner una estructura si insisten en que se utilice un sistema estructural inadecuado.

3.1-4.- EVALUACIÓN DE DAÑOS.

Es necesario que después de producirse un sismo, las instituciones públicas y privadas organicen medidas de emergencia que vayan encaminadas a la protección de la población. Estas instituciones deben crear comisiones formadas por profesionales competentes y bien entrenados para estas situaciones.

Los efectos producidos por un sismo en la población, son influenciados por problemas de tipo económico, político y social. Las decisiones que se tomen deben evaluarse cuidadosamente, aunque en estos casos se toman bajo una atmósfera de tensión.

Consecuentemente, es muy importante establecer por instituciones nacionales e internacionales la creación de unidades de rescate en puntos estratégicos de mayor acceso a la población; para un desalojo de éstos a lugares que brinden mayor seguridad.

Asimismo, es necesario realizar un levantamiento de las pérdidas tanto humanas como materiales, para dar asistencia y protección a los damnificados, para su respectiva reubicación en zonas que garanticen salubridad y no haya propagación de enfermedades que produzcan epidemias en la población.

Las instituciones rectoras, tales como universidades, deberían mantener una comunicación permanente con países extranjeros generando un intercambio de experiencia sobre desastres, para minimizar los daños causados por sismos.

Existen diversas condiciones que pueden presentar las estructuras después de ocurrido un sismo. Por tal razón es de suma importancia que se investigue si éstas mantienen los requisitos de seguridad y habitabilidad para las cuales fueron diseñadas.

Cuando una estructura dañada se pretende reparar como primer paso se deben reconocer los daños existentes en las mismas, dicha actividad se desarrolla en una inspección de emergencia preliminar, la cual consiste básicamente en una revisión ocular de toda la estructura. Con la inspección además se pretende determinar el sistema estructural y cómo se comportó ante el sismo.

Como segundo paso luego de la inspección se debe definir si la estructura requiere que sea demolida o puede repararse. Actividad que se realiza a través de una evaluación preliminar, la cual exige a la persona que la realice posea ciertos criterios que le permitan clasificar los daños observados con cierta flexibilidad basada en la experiencia, esto involucra a un grupo multidisciplinario: ingenieros mecánicos, eléctricos, especialistas en suelos, arquitectos, estructuristas, etc.

Si como resultado de la evaluación preliminar se determina que no es necesario demoler la estructura, es importante definir las medidas de emergencia que garanticen seguridad, mientras se rehabilite en forma definitiva la estructura, con el objeto de disminuir el peligro de colapso. Entre las medidas que se deben tomar están:

El apuntalamiento de los elementos con lo cual se pretende proporcionar una resistencia provisional a los elementos estructurales. Si se toma la decisión de reparar el edificio, se hace necesaria la recopilación de información más en detalle de cada uno de los elementos dañados a través de la evaluación definitiva, auxiliándose de fotografías.

Es indispensable realizar una investigación a fin de obtener información adicional, entre los cuales podemos mencionar: existencia de planos originales, memoria de cálculos, modificaciones en cuanto a uso, estructuración, estudio de suelos. Con todo esto el ingeniero estructurista tiene todas las herramientas para definir el proceso de reparación más adecuado. El método que el ingeniero estructurista seleccione debe ser el apropiado de acuerdo a la estructura existente.

3.1-5.- REPARACIÓN Y REFUERZO.

Tomando la información respecto a los daños que presentan los elementos estructurales: columnas, muros, vigas, losas y sus conexiones, toca decidir sobre los métodos de refuerzo y reparación que es posible emplear ya que esta actividad tiene como único límite el ingenio de quien lo elabore.

Se tiene que hacer un análisis cuidadoso para cada situación; es de hacer notar que todos los casos serán diferentes y que no se pueden establecer sistemas comunes para la reparación de elementos. Dependiendo de la localización y magnitud del daño, la reparación de la estructura dañada merece mucha atención por parte del ingeniero. En algunos casos puede ser necesario reforzar la estructura completa para cumplir con las normas sísmicas actuales.

3.2.- CAUSAS MAS COMUNES QUE CONDUCEN A UN MAL COMPORTAMIENTO EN LAS ESTRUCTURAS.¹

3.2-1.- CALIDAD DEL DISEÑO.

De lo antes expuesto podemos extraer las causas que conducen a un mal diseño, como lo son:

- a) Elección inadecuada de los materiales.
- b) Dimensionamiento deficiente.
- c) Consideración inadecuada de elementos no estructurales.
- d) Errores en los cálculos.
- e) Mala estimación de las cargas actuantes.
- f) Elección incompleta de las condiciones de carga.
- g) Uso de reglamentos que no responden a las condiciones locales. Como es el caso del reglamento de diseño de El Salvador, el cual fue elaborado en 1966, con carácter de emergencia y permaneció vigente hasta 1986; sin ser revisado y actualizado. Este reglamento fue modificado a raíz del terremoto del 10 de octubre de 1986, siendo siempre un reglamento de emergencia, que al igual al anterior es incompleto, dando lugar a incertidumbre en cuanto a los criterios de análisis.
- h) El desconocimiento del encargado del diseño, de aspectos constructivos. Es recomendable que un diseñador haya tenido experiencias como constructor y supervisor de obras.
- i) Adopción de configuración irregular tanto en planta como en elevación y una inadecuada distribución de masas y rigideces.
- j) Deficiencia en la elaboración de detalles constructivos, especificaciones técnicas, manual de supervisión, etc.

¹ Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios. Alma Morena Valladares Avilés. 1988

3.2-2.- CALIDAD DE LOS MATERIALES

Al elaborar un proyecto de construcción de una estructura, debe reconocerse que éste tiene que pasar por etapas importantes, una de las que requiere mayor prioridad es la obtención de materiales que cumplan con los requisitos establecidos por las normas. Por lo tanto deben establecerse controles para los materiales que constituyen el concreto y para otros materiales integrales de la estructura, para asegurar que los materiales se ajusten a los requisitos del proyecto de construcción. Los controles establecidos pueden incluir, una inspección al recibir los materiales, almacenamiento, manejo y evaluación de los mismos.

“El control de calidad tiene por objeto verificar que los requisitos especificados para cierto producto, se cumplan dentro de las tolerancias previamente establecidas” Para estructuras de concreto es necesario controlar tanto la calidad de los materiales como la ejecución de la obra, especialmente en lo que se refiere a dimensiones, recubrimiento, detalles del refuerzo, etc.

Para comprobar que lo especificado se cumpla, es necesario llevar a cabo un muestreo representativo. Estas muestras se someten a ensayos y medición, y los resultados deben analizarse estadísticamente. El decir, que requisitos debe reunir una muestra para que sea representativa, es un problema complejo que depende de la variabilidad del producto y de las condiciones de fabricación.

Antes de emplearse los materiales, deben plantearse controles de calidad de los materiales que permitan determinar si éstos cumplen con los requisitos establecidos.

Deben efectuarse pruebas específicas de campo como también informes de fábricas. El propósito de estas pruebas, es de proporcionar datos confiables al evaluarse la estructura. Los materiales ensayados con más frecuencia son el concreto y el acero. En el concreto la prueba más utilizada en nuestro medio es el control de consistencia del concreto o prueba de revenimiento, esta prueba se realiza en el campo, para evaluar la resistencia del concreto, se realiza en el laboratorio la prueba a la compresión. Si se obtuvieran resultados bajos en la resistencia, es recomendable la extracción de corazones.

Para el control del acero la prueba más utilizada es la de tensión. Todas estas pruebas están normadas por la ASTM. En el diseño es necesario especificar de alguna forma la calidad de los materiales. Es evidente que en nuestro medio, existe la falta de un organismo

que regule la fabricación y explotación de los materiales utilizados en la construcción, quedando a criterio del consultor y supervisor la utilización de materiales de mala calidad.

3.2-3.- CALIDAD DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.

Para asegurar la calidad en el proceso de construcción, es necesario poner atención en las siguientes actividades:

- a) La elaboración de elementos horizontales y verticales pudiendo quedar desnivelados o desplomados, respectivamente, o con dimensiones fuera de tolerancia.
- b) En cuanto al equipo, maquinaria y herramientas: mal calibrados incumplimiento de tolerancias.
- c) Incumplimiento de especificaciones, defectos de compactación, colocación y curado del concreto, mala colocación del refuerzo, retiro prematuro e inadecuado de los moldes.
- d) Falta de limpieza o un tratamiento adecuado (picado) en las juntas de colado.

3.3.- ZONAS CRÍTICAS EN LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES.¹

En los diferentes sistemas estructurales, su comportamiento ante cargas es variado, produciéndose zonas de mayor concentración de esfuerzos, volviendo puntos vulnerables en el sistema.

3.3-1.- ZONAS CRITICAS EN MARCOS RIGIDOS.

En el sistema de Marco rígido, los elementos de concreto reforzado sujetos a cargas gravitacionales producen las siguientes zonas críticas:

- a) Las columnas exteriores se ven sometidas a mayores solicitaciones de flexión con más importancia en los primeros entrepisos, dándose este mismo problema en columnas interiores en el último entrepiso (Ver Fig. 3.1).
- b) En vigas en los apoyos interiores son más solicitadas a momentos negativos, comparadas a los apoyos exteriores, debido a la continuidad de los claros (Ver Fig. 3.1).

CARGA GRAVITACIONAL

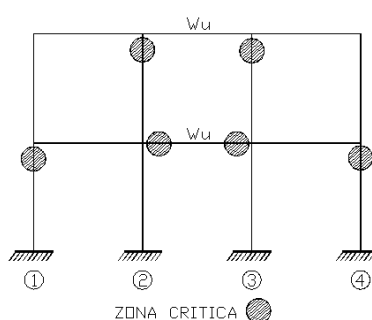


Figura N° 3.1: Carga Gravitacional en Zonas Críticas en Marcos

¹ Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios. Alma Morena Valladares Avilés. 1988

En Marcos rígidos, las zonas críticas debido a carga laterales son las siguientes:

- a) En columnas interiores con la misma rigidez absorben mayor fuerza cortante, generando zonas críticas en los primeros entrepisos (Ver Fig. 3.2).
- b) En vigas en los apoyos exteriores los momentos generados son mayores ante cargas laterales. (Ver Fig. 3.2).

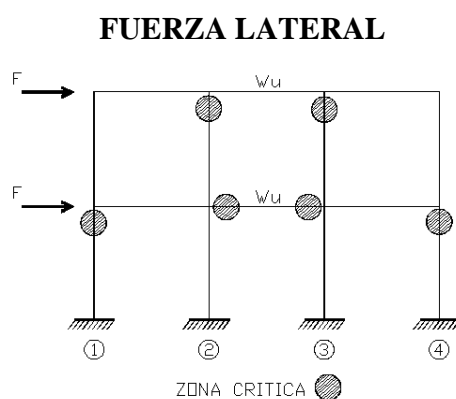


Figura N° 3.2: Fuerza Lateral en Zonas Críticas en Marcos

Al considerar la distribución de los marcos en planta, es evidente que debido a la excentricidad entre los centros de rigidez y cortante, los brazos de momentos son mayores en los marcos perimetrales por lo que están sometidos a fuerzas mayores por efecto de torsión (Ver Fig.3.3)

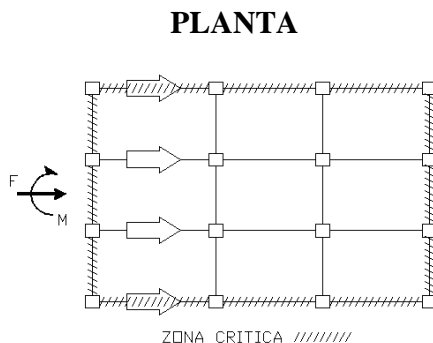


Figura N° 3.3: Momentos en la distribución de los marcos en planta.

3.3-2.- ZONAS CRÍTICAS EN SISTEMAS DE PAREDES.

El comportamiento y sus características son diferentes a los otros sistemas, estando expuesto a las fuerzas cortantes en paredes largas y por la flexión en paredes cortas. En paredes donde se introducen aberturas generan zonas críticas. (Ver Fig. 3.4).

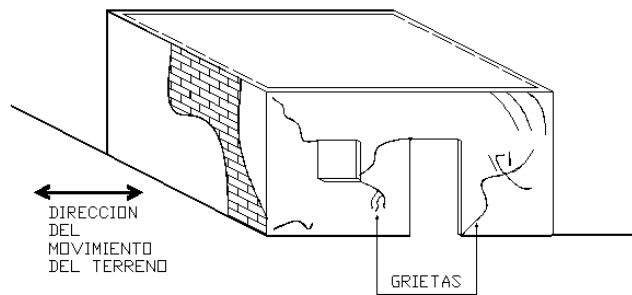


Figura N° 3.4: Agrietamiento en Muros de Cortante en las Esquinas de las Aberturas



Figura N° 3.4: Deformación de un Muro de Cortante

3.3-3.- ZONAS CRÍTICAS EN SISTEMA DE MARCO - PARED.

Con frecuencia los muros de rigidez están acoplados a marcos o a otros muros, un caso particular podría ser dos muros ligados entre sí por una hilera de vigas. Es en este momento cuando las cargas laterales generan en las vigas de enlace fuerzas cortantes y momentos flexionantes altos; originando zonas críticas en estos puntos. El modo clásico de falla de las vigas de acoplamiento debidas a sismo es el de tensión diagonal. (Ver Fig. 3.5).

MARCO PARED

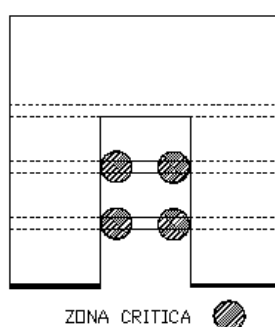


Figura N° 3.5: Modo Clásico de Falla de las Vigas de Acoplamiento debido a sismo.

3.4.- CONFIGURACION DEL EDIFICIO REGULAR E IRREGULAR¹

La configuración del edificio puede afectar notoriamente el comportamiento de la estructura durante un temblor fuerte, y por lo tanto ser posible causa de falla. La configuración se puede dividir en dos aspectos: configuración en planta y configuración vertical. Las disposiciones de diseño planteadas en los reglamentos se derivan principalmente para edificios de configuración regular. Sismos anteriores han demostrado que los edificios irregulares sufren más daños que los edificios aproximadamente simétricos. Esta situación se presenta inclusive con un buen diseño y construcción.

¹ Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios. Alma Morena Valladares Avilés. 1988

3.4 -1.- CONFIGURACION EN PLANTA

Un edificio que tenga planta cuadrada, circular o rectangular se puede considerar como regular. El tamaño de los voladizos y longitudes excesivas en caso de edificios rectangulares, va a determinar si es regular o irregular. Edificios en forma de cruz se comportan de una manera diferente que los rectangulares debido a que las alas producen fuerzas locales mayores que las que se obtendrían al aplicar las disposiciones de los reglamentos de una manera directa. Otras configuraciones como las formas en H que tienen una simetría geométrica se clasifican como irregulares debido a la respuesta de las alas.

La distribución de las masas, también es determinante en la definición de irregularidad. Un edificio puede tener una planta simétrica y ser clasificado como irregular, debido a la distribución de las masas o de los elementos de resistencia.

Los componentes de resistencia vertical pueden estar distribuidos de tal manera que el centroide de masa y de rigidez estén dentro de los límites mencionados en los reglamentos y aún tener problemas debido a la distribución de los cortantes generados por la torsión (Ver Fig. 3.6).

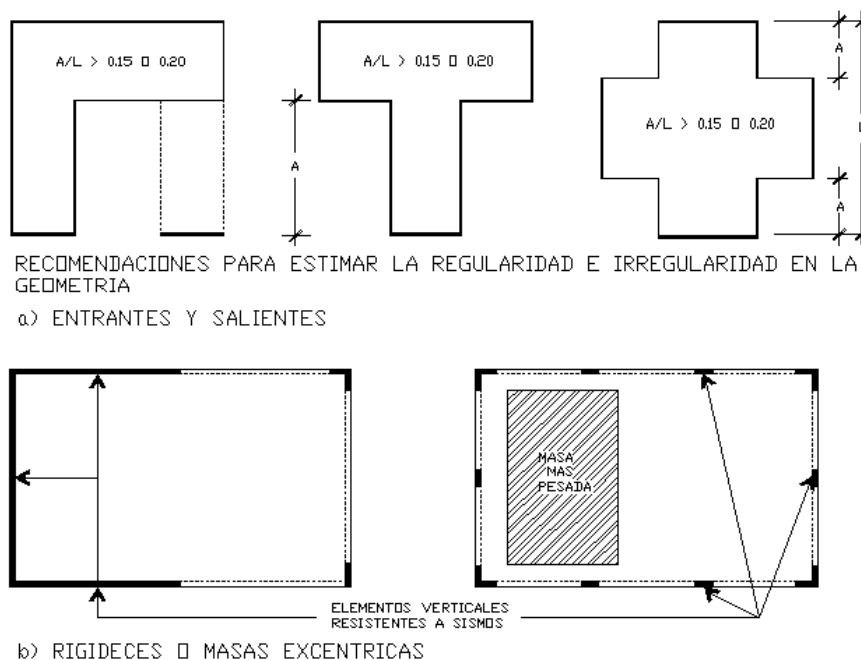


Figura N° 3.6: Regularidad e Irregularidad Geométrica en Planta.

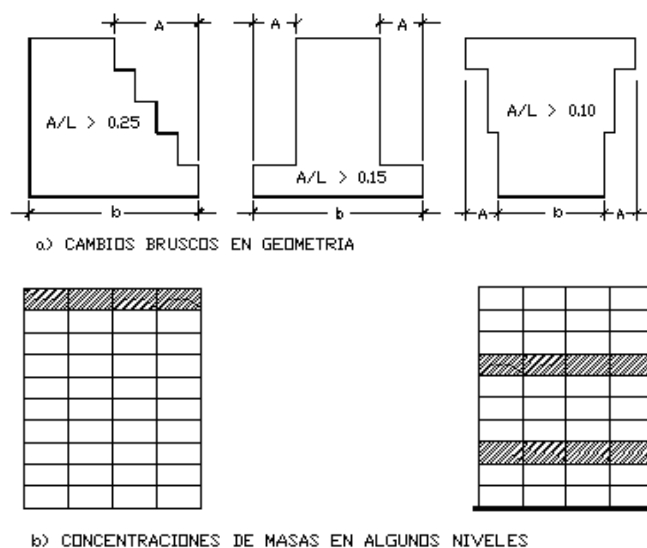
3.4 -2.- CONFIGURACION VERTICAL

La sencillez y simetría en elevación son deseables por los mismos motivos que lo son en planta. Además, en elevación es conveniente que no existan cambios bruscos en las dimensiones del edificio, ni en las distribuciones de masa, rigideces y resistencia, el principal objetivo es que no se produzcan concentraciones de esfuerzos en ciertos pisos que son débiles con respecto a los demás.

Los cambios bruscos en elevación hacen también que ciertas partes del edificio se comporten como apéndices, con el riesgo que se produzca el fenómeno de amplificación dinámica de fuerza (resonancia), conocido como efecto de látigo.

En cuanto a la relación entre la altura total y la dimensión mínima de la base del edificio, D.J. Dowrick sugiere que ésta no pase de 4, con el objeto de poder transmitir adecuadamente los momentos de volteo a los pisos inferiores y a la cimentación y, en particular, de reducir las fuerzas que estos momentos producen en las columnas exteriores de los primeros niveles.

Las irregularidades en edificios, tanto en planta como en elevación hacen que cambie la distribución de fuerzas verticales de la distribución que se obtiene al utilizar métodos simplificados como el método de la fuerza horizontal equivalente. (Ver Fig. 3.7)



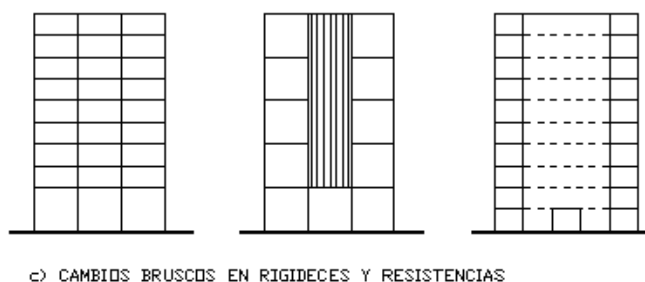


Figura N° 3.7: Configuración Vertical utilizando Método de la Fuerza Equivalente.

3.5.- UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCION DE RESISTENCIA, RIGIDEZ Y DUCTILIDAD.¹

Hay además algunas reglas de uniformidad que darán a la estructura mejores posibilidades de comportarse bien ante un sismo. Entre ellas están:

1. Que los elementos que soportan las cargas verticales (columnas y/o muros) estén distribuidos uniformemente y sean continuos desde la cimentación hasta el último nivel.
2. Que en lo posible los claros tengan dimensiones similares.
3. que las vigas y columnas estén en el mismo plano y que sus ejes se intercepten.
4. que las columnas y vigas contiguas sean de dimensiones regulares.

Es adicionalmente recomendable que ningún elemento estructural importante cambie bruscamente de dimensiones ni en la cantidad de refuerzo. El empleo de claros muy desiguales en un mismo marco ocasiona fuerzas cortantes y momentos flexionantes elevados en las vigas de los claros más cortos. En los casos que sea necesario afrontar un claro corto en uno o más marcos de un edificio alto, conviene disminuir la rigidez de las vigas que lo ligan, principalmente reduciendo su peralte (Ver Fig. 3.8)

Esta solución al producir cambios bruscos de sección, complica el detallado del acero de refuerzo y ocasiona concentraciones de esfuerzo en la zona.

¹ Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios. Alma Morena Valladares Avilés. 1988

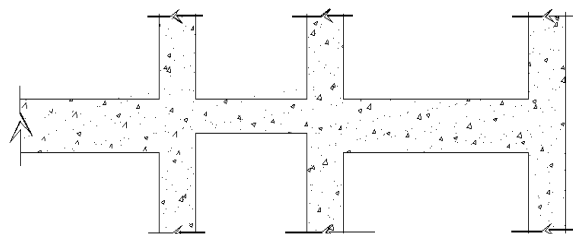


Figura N° 3.8: Reducción Del Peralte En Claro Corto Para Igualar Las Rigideces Relativas En Los Tres Claros De La Viga.

3.6.- FALLAS DE ESTRUCTURACION.¹

La mayoría de las fallas ocurridas por un sismo debidas a una estructuración deficiente, son notorias en los casos siguientes:

- a) **Plantas asimétricas o discontinuas.** El edificio se ve afectado por esta deficiencia, generando torsiones excesivas que en algunos casos son incapaces de actuar como diafragma rígido para distribuir las fuerzas horizontales.
- b) **Elevaciones asimétricas o discontinuas.** Uno de los principales problemas en estructuras irregulares en elevación es que generan o amplifican las torsiones, debido a cambios bruscos en el volumen y masa del edificio.
- c) **Cambios en estructuración.** El cambio brusco de una sección, la interrupción de algunos elementos estructurales, reducción en la cantidad de refuerzo longitudinal, dan origen a concentración de esfuerzos, ocasionando daños importantes en la estructura.

¹ Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios. Alma Morena Valladares Avilés. 1988

3.7.- RESISTENCIA DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LAS ESTRUCTURAS.¹

La determinación o evaluación de la resistencia de una estructura es un problema que se trata de resolver mediante procesos analíticos, el comportamiento de la estructura, para lo cual está determinado: por las diferencias existentes entre las dimensiones, las propiedades de los materiales especificados en el diseño, el grado de deterioro por el tiempo y además las solicitaciones o acciones a que va a estar sometida durante su vida útil, entre los cuales cabe mencionar las acciones accidentales permanentes y variables.

Es importante por todo lo anterior conocer el comportamiento de la estructura y los mecanismos de falla que la rige para lo cual se estudian los efectos que producen dicho comportamiento.

3.7 - 1.- COMPORTAMIENTO A FLEXOCOMPRESION.

El efecto de flexocompresión es de gran importancia en columnas (Ver Fig. 3.9). Una columna corta es aquella en que la carga última para una excentricidad dada esta solamente gobernada por la resistencia de los materiales y las dimensiones de la sección transversal. Una columna esbelta es aquella en que la carga última produce flexión adicional (pandeo) debido a las deformaciones transversales.

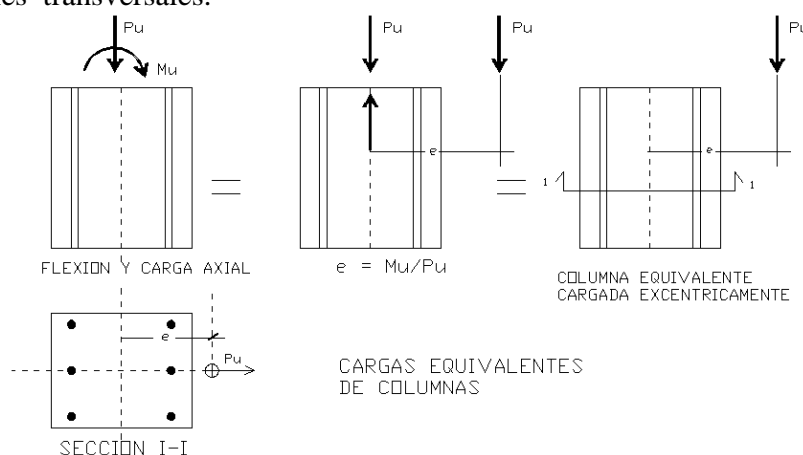


Figura N° 3.9: Efecto de Flexo compresión en Columnas.

¹ Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios. Alma Morena Valladares Avilés. 1988

Las columnas de concreto se refuerzan mediante acero longitudinal y transversal. Generalmente el refuerzo transversal en forma de estribos (o anillos) y espiral. Las columnas pueden ser de dos tipos:

- a) **Columna con estribos (o anillos);** Generalmente de secciones cuadradas, rectangulares o circulares (Ver Fig. 3.10 a).
- b) **Columna con espiral.** Generalmente de sección circular, en donde el refuerzo lateral esta dado por un espiral continuo a un paso entre 2.5 cm. y 7.5 cm. (ACI 318/83 Sec. 7.10.4.3) (Ver Fig. 3.10 b).

Las columnas con estribos y hélices se comportan casi idénticamente hasta la carga última (P_u). Una vez alcanzada la carga P_u una columna con estribos que no estén espaciados estrechamente falla de inmediato, acompañada de ruptura del concreto y pandeo de las varillas de acero longitudinal entre los estribos, debido a que la separación entre ellos es generalmente demasiado grande para impedir la falla general del concreto y el pandeo de las varillas.

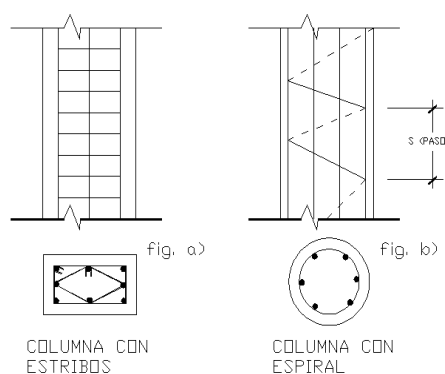


Figura N° 3.10: Columnas con Estribos y con Espiral.

Después de alcanzarse la carga P_u en una columna con hélice, se agrieta o destruye el recubrimiento fuera de la espiral. La capacidad de carga se reduce debido a la pérdida del área de concreto, pero generalmente el paso de la hélice de acero es lo suficientemente pequeño para impedir el pandeo de las varillas longitudinales entre las espirales.

El comportamiento de una columna reforzada transversalmente por medio de estribos puede ser mejorada confinando adecuadamente el núcleo de concreto, de una manera similar

al caso de refuerzo con espiral. Sin embargo, la efectividad de los estribos para confinar el núcleo del concreto, es menor que la del espiral. Estudios experimentales han demostrado que la efectividad puede estar en el orden del 75%.

3.7 - 1.1.- MODOS DE FALLA.

El tipo de espécimen usado en investigaciones de elementos sujetos a flexocompresión es semejante al que aparece en la Fig. 3.11, donde se indican esquemáticamente el refuerzo usual y una posible configuración de agrietamiento. Generalmente, la carga P se aplica a una excentricidad constante. Esto hace que toda la zona prismática del espécimen esté sujeta a una carga axial y a un momento flexionante que crecen en la misma porción, hasta el colapso.

Existen dos modos principales de falla de elementos sujetos a flexocompresión:

- a) Falla en Compresión
- b) Falla en Tensión.

El primer caso, la falla se produce por aplastamiento del concreto. El acero de la zona comprimida fluye, en tanto que el del lado opuesto no fluye a tensión.

El segundo modo de falla se produce cuando el acero de un lado fluye en tensión, antes de que se produzca el aplastamiento del concreto en el lado opuesto.

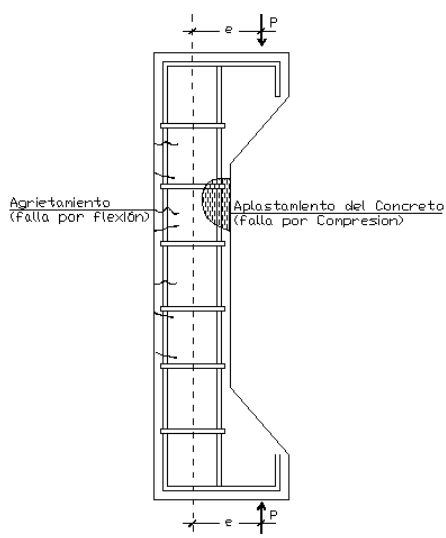


Figura N° 3.11: Especimen Para Ensayo En Flexocompresión Con Agrietamiento Típico

3.7 - 2.- COMPORTAMIENTO A TORSION.

En la mayoría de los miembros monolíticos de concreto reforzado sujetos a torsión, casi siempre se presenta en combinación con solicitaciones de flexión y fuerza cortante. En muchos casos, los efectos de la torsión son secundarios en comparación con los de las otras solicitaciones, y por esto suelen despreciarse en el diseño. Si los elementos de una estructura como una viga de soporte puede rotar, sólo se desarrollan pequeños esfuerzos de torsión. La torsión puede tener importancia en miembros aislados, vigas que soportan marquesinas, viga de borde de sistema de piso, vigas curvas, marco con vigas fuera del plano, vigas con muro colocado excéntricamente (Ver Fig.3.12)

Un miembro de concreto bajo torsión pura se agrieta y falla a lo largo de líneas espirales a 45°, como resultado de la tensión diagonal que corresponde a esfuerzos de torsión. Los esfuerzos son semejantes a los provocados por el cortante en vigas; sin embargo, los esfuerzos diagonales resultantes de la torsión ocurren en todas las caras de un miembro.

Los esfuerzos de torsión bajos no reducen apreciablemente la resistencia a flexión o a cortante de los miembros y pueden ser despreciados. Si los esfuerzos de cortante por torsión son elevados, se necesita refuerzo transversal o espiral para restringir las grietas por tensión diagonal e impedir la falla. Estos estribos deben ser cerrados, o sea que deben extenderse a través de todas las caras de la sección transversal.

El buen refuerzo por torsión incluye varillas longitudinales en cada esquina de los estribos, para formar una caja. Los requerimientos de los estribos y varillas longitudinales son adicionales a la cantidad de acero necesario por cortante y por flexión, aunque algunas varillas pueden realizar tareas dobles.

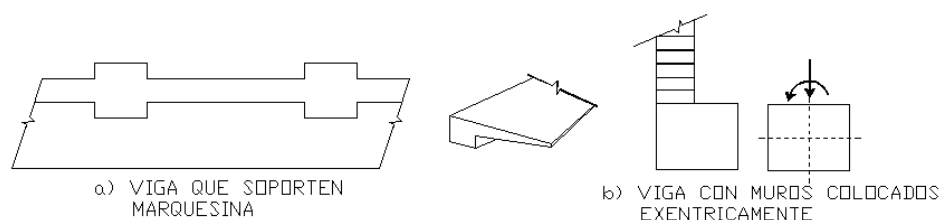


Figura N° 3.12: Elementos Estructurales Sujetos A Torsión

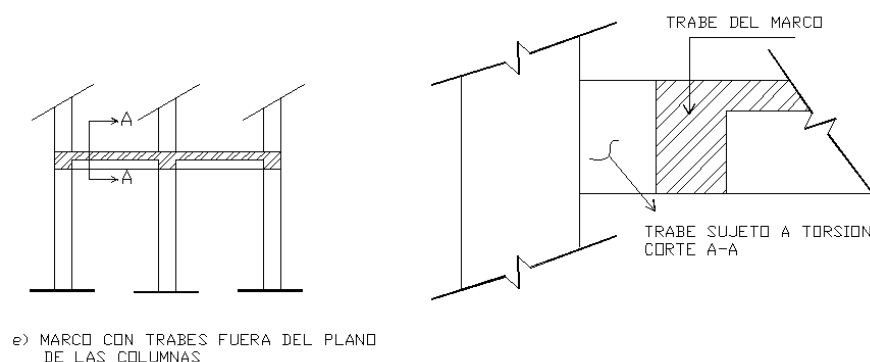
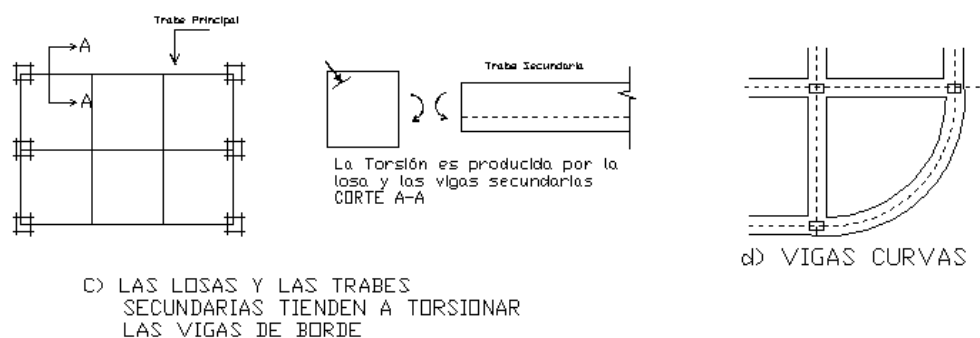


Figura N° 3.12: Elementos Estructurales Sujetos A Torsión

La analogía de la armadura tridimensional, que han introducido recientemente varios investigadores, proporciona un enfoque lógico al diseño del refuerzo por torsión. Da resultado consistente con la evidencia experimental y otros tipos de análisis. La “armadura” está compuesta de la caja de acero (Ver Fig. 3.13), y las paredes de concreto alrededor de la caja, que combinados forman un miembro tubular. La analogía se basa en dos suposiciones. Las grietas diagonales se forman a 45° y la caja de acero y la pared de concreto que le rodea proporcionan la resistencia del miembro a torsión. El concreto solo contribuye con la fuerza de compresión diagonal.

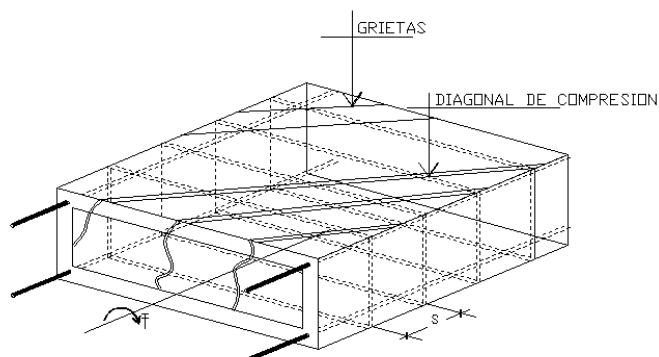


Figura N° 3.13: La Analogía Del Tubo Armadura A Torsión

3.7 - 3.- COMPORTAMIENTO A CORTANTE.

La gran mayoría de los miembros estructurales de concreto reforzado no pueden escapar de tener que resistir fuerzas cortantes. Estas fuerzas rara vez actúan por sí solas, sino en combinación con flexión, carga axial y quizás torsión. La transmisión de cortante en miembros de concreto reforzado se apoya fuertemente en la resistencia a tensión de acero y compresión del concreto. En consecuencia, no es de sorprender que una falla por cortante por lo general sea no dúctil.

3.7 - 3.1.- GRIETAS POR CORTANTE.

Los ensayos hechos sobre vigas rectangulares sometidas a cargas que producen fuerzas cortantes, muestra que a medida que se incrementa la carga, la fuerza cortante puede originar esfuerzos que excedan la resistencia a tensión del concreto, produciendo grietas inclinadas a una altura aproximada de medio peralte. Estas grietas pueden aparecer súbitamente en puntos donde no existe una grieta a flexión o, muy frecuente, pueden presentarse como una continuación de una grieta en flexión que gradualmente cambia de inclinación.

3.7 - 3.2.- TIPOS DE FALLA POR CORTANTE.

1. TENSIÓN DIAGONAL.

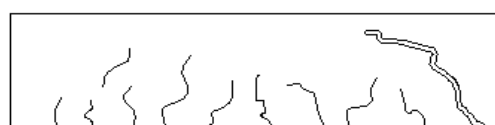
En miembros sujetos a compresión o tensión axial, las grietas inclinadas se forman a cargas mayores o menores, respectivamente, que la carga que produce el agrietamiento del mismo miembro que falle por flexión. La grieta inclinada puede aparecer súbitamente, sin señal previa, y extenderse inmediatamente hasta causar el colapso de la pieza (Ver Fig.3.14 (a)).

2. COMPRESIÓN POR CORTANTES

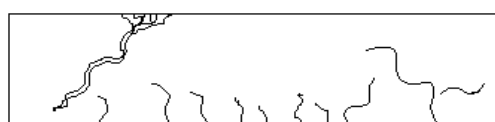
Puede suceder que el agrietamiento inclinado se desarrolle gradualmente y que el colapso de la pieza se produzca finalmente por aplastamiento de la zona de compresión en el extremo de la grieta inclinada. En este tipo de falla el elemento puede soportar cargas mayores que la que produce el agrietamiento inclinado, lo que ofrece una advertencia antes del colapso (Fig. 3.14 (b)).

3. ADHERENCIA POR CORTANTE.

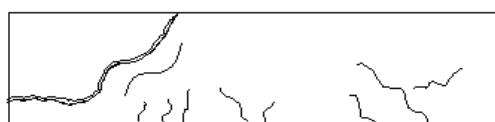
Este tipo se caracteriza porque la resistencia se alcanza cuando se presentan extensos agrietamientos longitudinales al nivel de acero de tensión, simultáneos con un aplastamiento ligero en la zona de compresión (Ver Fig.3.14 (c)).



a) FALLA POR TENSION DIAGONAL



b) FALLA POR COMPRESION POR CORTANTE



c) FALLA POR ADHERENCIA POR CORTANTE

Figura N° 3.14: Tipos de Fallas por Cortante.

Con el objeto de evitar estos tipos de fallas los reglamentos exigen que se proporcione refuerzo transversal de modo que la resistencia al cortante sea mayor que la resistencia a flexión o flexocompresión y que no se presente el colapso por efecto del cortante. Es importante tener en cuenta que para que el refuerzo transversal sea realmente efectivo, debe colocarse a espaciamiento tales, a lo largo del eje de la pieza, para que cualquier grieta inclinada potencial que pudiera formarse en el elemento sea cruzada cuando menos por una barra de refuerzo.

Si bien es cierto, no se cuenta con una teoría general que explique satisfactoriamente los efectos de la fuerza cortante en elementos de concreto, en la mayoría de los reglamentos, los efectos de las variables estudiadas se expresan por medio de fórmulas sencillas con ciertas limitaciones y restricciones (ACI-318-83 Capítulo 11 y Apéndice A).

3.7 - 4.- COMPORTAMIENTO A FLEXION

3.7 - 4.1.- COMPORTAMIENTO Y MODOS DE FALLAS EN VIGAS SUJETAS A FLEXION.

De acuerdo a experimentos realizados en vigas sometidas a flexión, al comenzar a cargar el elemento, el comportamiento de la pieza es esencialmente elástico y toda la sección contribuye a resistir el momento exterior (Ver Fig. 2.27). Cuando la tensión en la fibra más esforzada de alguna sección, exceda la resistencia del concreto a la tensión, comienza a aparecer grietas. A medida que se incrementa la carga, estas grietas aumentan en número, en longitud y en abertura. En las secciones agrietadas, el acero toma prácticamente la tensión, el esfuerzo en el acero aumenta y la zona de compresión se ve reducida.

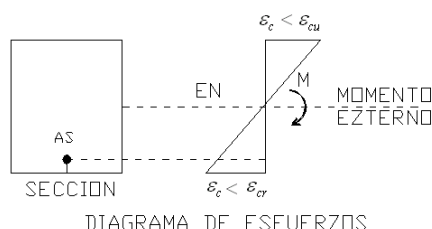


Figura N° 3.15: Comportamiento Elástico

3.7-4.2.- TIPOS DE FALLA.

1.- FALLA POR TENSIÓN.

Según la cantidad de acero longitudinal con que esta reforzada la pieza, este puede fluir antes que suceda el aplastamiento del concreto en la zona a compresión. Cuando esto sucede el comportamiento del elemento es dúctil; es decir, se producen deflexiones considerables antes del colapso final. A la secciones que fallan en esta forma se les denomina sobreforzadas (Ver Fig. 3.16 a).

2.- FALLA POR COMPRESIÓN.

Si la cantidad de acero longitudinal de tensión es grande, éste no fluye pues primero ocurre el aplastamiento del concreto. Se dice entonces que el elemento es sobreforzado, lo que produce una falla frágil ya que aun que la sección tenga acero longitudinal en la zona de compresión, éste se pandea súbitamente sin la presencia del concreto (Ver Fig. 3.16 (b)).

3.- FALLA BALANCEADA.

Puede suceder que el elemento alcance su aplastamiento en el concreto precisamente cuando el acero empieza a fluir. En este caso se dice que el elemento es balanceado (Ver Fig. 3.16 (c))

Es importante hacer notar que la falla por compresión no es deseable por ser frágil, por lo que los reglamentos tienen disposiciones con el fin de evitar esta situación (ACI—318—83, 10—3, A 5.1).

Basándose en las hipótesis establecidas, el Reglamento ACI-318-83, 10.2 propone la predicción de la resistencia de elementos sujetos a flexión.

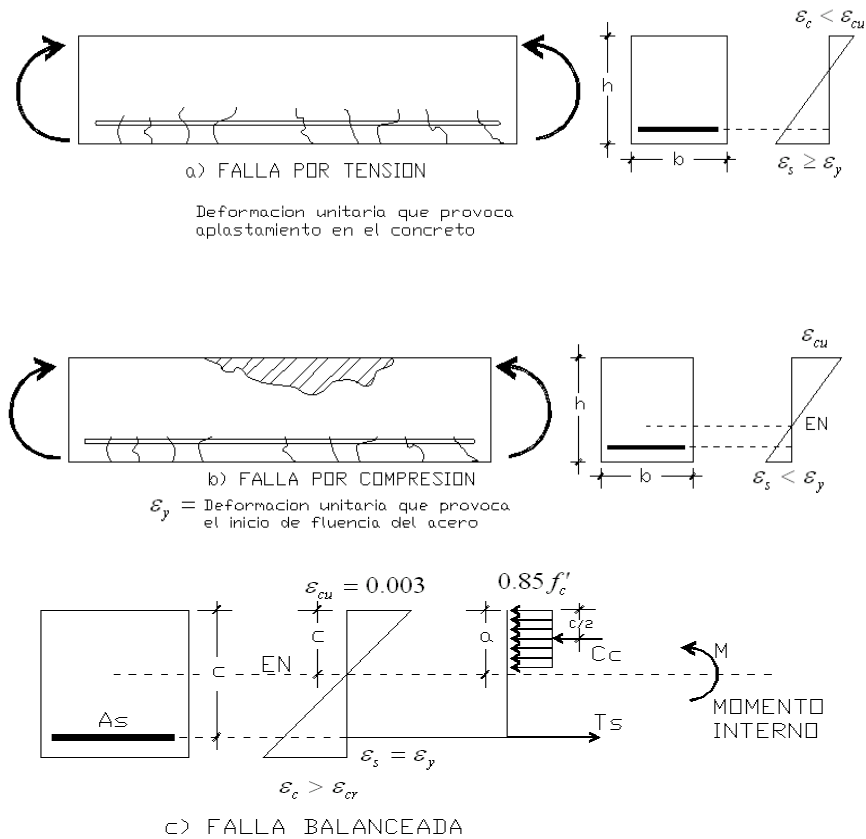


Figura N° 3.16: Diferentes Tipos de Fallas en Vigas sueltas a Tensión.

3.8.- DAÑOS MAS FRECUENTES QUE PRESENTAN LAS ESTRUCTURAS EN SUS ELEMENTOS.¹

Los daños y modos de falla que los distintos elementos componentes de una estructura pueden presentar, dependen directamente de las acciones a que estén sometidos y de su capacidad a resistirlos. Por lo tanto es de gran importancia comprender los efectos que los

¹ Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios. Alma Morena Valladares Avilés. 1988

elementos estructurales están soportando dependen de las condiciones de apoyo y de la forma en que las cargas actúan. A partir de un análisis pre-sismo se pueden establecer las causas que dieron origen a los daños visualizados.

3.8-1.- DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES.

3.8 - 1.1.- COLUMNA.

Las causas de daños más comunes, en este tipo de elemento son:

- a) **Cortante.**
- b) **Torsión.**
- c) **Flexo compresión.**

CORTANTE.

Estas fuerzas producen tensión diagonal, generalmente a 45° , lo cual ocasiona grietas inclinadas en el concreto, fallamiento del refuerzo transversal y pandeo del refuerzo longitudinal. (Ver Fig. 3.17 a).

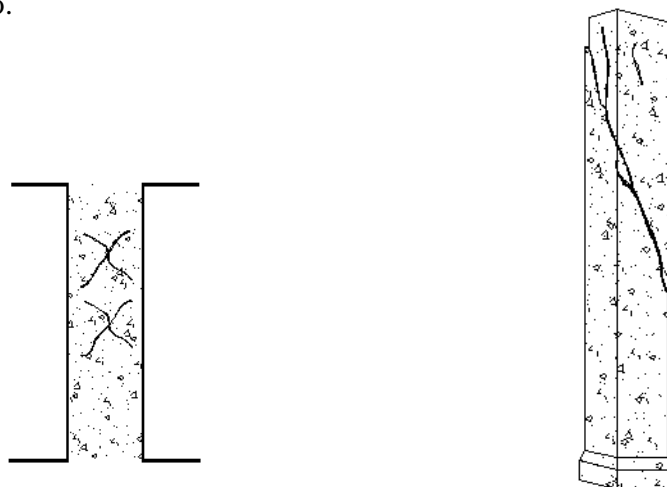
TORSIÓN.

Este efecto produce tensión diagonal, las grietas que presentan lo hacen a lo largo de líneas en espiral a 45° , los esfuerzos diagonales resultantes de la torsión ocurren en todas las caras del miembro. (Ver Fig. 3.17 b).

FLEXO COMPRESIÓN.

La falla que presenta un miembro sometido a flexo compresión es por aplastamiento del concreto, lo cual ocasiona que las barras longitudinales pandeen, apareciendo grietas

horizontales en la zona de tensión, además puede producir el desprendimiento del recubrimiento.



a) Grietas Diagonales por Cortante

b) Grietas en Espiral por Tensión

Figura N° 3. 17: Fallas en Columnas

3.8 - 1.2.- VIGAS.

Generalmente las vigas están sometidas a efectos de:

- a) **Cortante.**
- b) **Flexión.**
- c) **Torsión.**

CORTANTE.

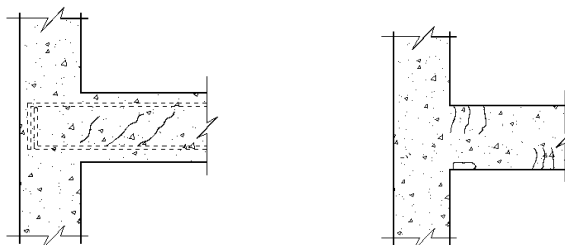
Las grietas por este efecto suceden en sus extremos, donde las fuerzas cortantes son mayores o secciones sometidas a cargas puntuales; estas grietas son diagonales y pueden ocasionar el rompimiento de los estribos, algunas veces produce aplastamiento en el concreto por debilitamiento en la zona de compresión. (Ver Fig. 3.18 a).

FLEXIÓN.

La flexión en vigas puede ocasionar grietas verticales en la zona de tensión, rotura del refuerzo longitudinal, aplastamiento del concreto. Estos efectos son producidos donde el momento es máximo (Ver Fig.3.18 b).

TORSIÓN.

No siempre se da este tipo de daños en vigas. Generalmente cuando se presenta produce grietas diagonales que se pueden confundir con las grietas de cortante.



a) Grietas Diagonales por Cortante

b) Grietas Verticales por Flexión

Figura N° 3.18: Fallas en Vigas

3.8 - 1.3.- UNION VIGA - COLUMNA.

Las causas de daños más comunes en esta zona son:

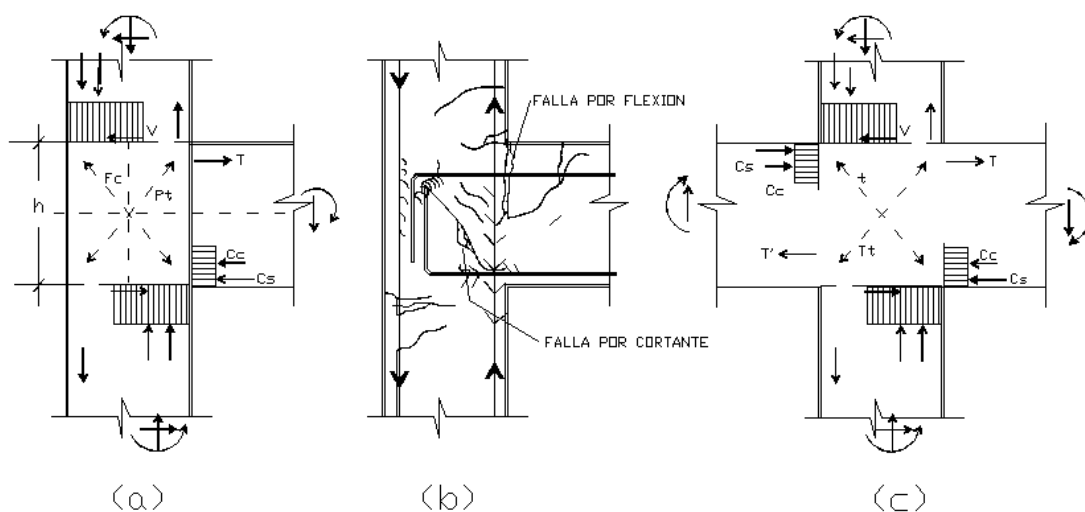
- a) **Cortante.**
- b) **Flexión.**

CORTANTE.

Este tipo de efecto se produce como grietas diagonales. Los ensayos han demostrado también que las grietas críticas de tensión diagonal corren entre las esquinas diagonalmente opuestas al núcleo de la junta. (Esto es paralelamente al puntal de compresión). (Ver Fig. 3.19).

FLEXIÓN.

Generalmente la flexión en esta zona ocasiona fallas por adherencia del refuerzo de la viga; esto es debido a la formación de grietas en las vigas cercana al rostro de la columna y por lo tanto todas las fuerzas en la viga se transfieren al núcleo del nudo a través del acero mediante fuerza de adherencia. (Ver Fig.3.19).



- a) Acción y Resultante de los esfuerzos en la junta exterior viga-columna.
- b) Configuración del agrietamiento y fuerza de adherencia en la junta exterior viga-columna
- c) Acción y Resultantes de los esfuerzos en una junta interior viga-columna

Figura N° 3.19: Juntas Viga-Columna del Marco con Carga Sísmica

3.8 - 1.4.- MUROS DE CONCRETO.

Para que un muro se considere como estructural debe ser capaz de resistir:

- a) Flexo compresión.
- b) Cortante.

FLEXO COMPRESIÓN.

La flexocompresión en muros se da, cuando éste tiene que absorber cargas gravitacionales excéntricas, combinación de cargas gravitacionales con laterales, el efecto de flexo compresión puede darse en la dirección normal a su plano, o en muros altos puede suceder en sentido paralelo a su plano; comportándose como viga en voladizo. Este efecto ocasiona grietas horizontales y aplastamiento del concreto. (Ver Fig.3.20 a)

CORTANTE.

Generalmente las fallas por cortante se da en muros de poca altura. Este efecto ocasiona grietas diagonales y esfuerzos de compresión diagonal. Esta compresión diagonal se apoya en la cimentación, por lo que puede inducir a fallas en la cimentación debidas a los momentos de volteo. (Ver Fig.3.20, b)

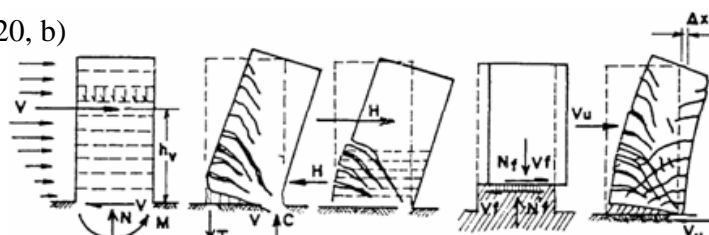


Figura N° 3.20, a: Modos de falla en un muro de cortante en voladizo, de concreto reforzado cargado lateralmente

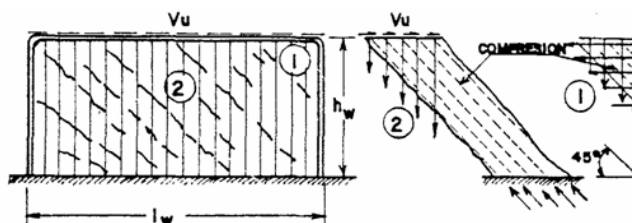


Figura N° 3.20, b: Resistencia al cortante de muros, cortante de poca altura

3.8 - 1.5.- SISTEMA DE PISOS.

Las cargas a que esta sometido un sistema de pisos son:

- a) Flexión.
- b) Cortante.

FLEXIÓN.

En losas sólidas la flexión genera grietas que se originan en el centro y se alargan hacia las esquinas, también pueden generarse grietas paralelas a las vigas de apoyo debido a momentos negativos. (Ver Fig. 3.21, a). En las losas nervadas el comportamiento a flexión es similar a las fallas producidas en vigas, ya que estas trabajan como vigas T.

CORTANTE.

Este efecto produce el agrietamiento del elemento debido a la concentración de estas fuerzas; el Comité ACI-ASCE 426 indica que la sección crítica para el cortante en las losas en dos direcciones sujetas a flexión sigue el perímetro de la zona de carga. Esta condición ocasiona comúnmente el fenómeno de la penetración de columnas en el caso de losas sin vigas.

El tipo de daño que ocasionan las fuerzas cortantes depende por lo tanto de las condiciones de apoyo y carga a que se somete la losa. (Ver Fig. 3.21,b).

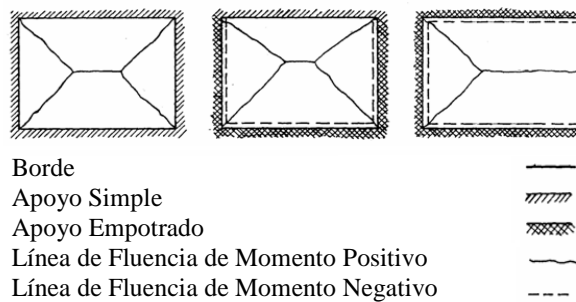


Figura N° 3.21, a: Mecanismo de colapso de placas rectangulares bajo carga uniforme, diferentes tipos de apoyo.

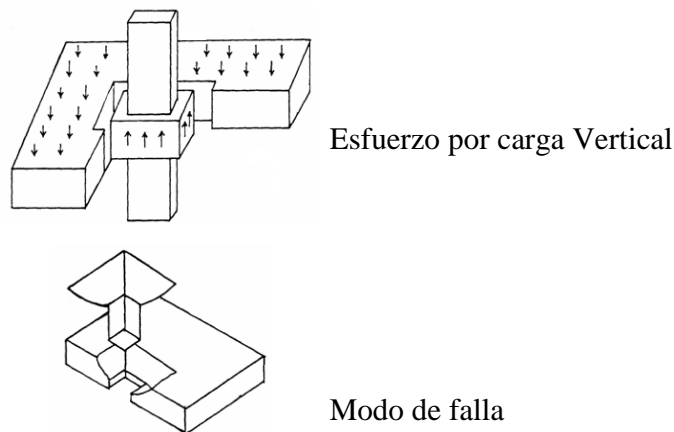


Figura N° 3.21, b: Falla por punzamiento de placas planas sobre apoyos puntuales¹

¹ “Diseño Estructural”. Roberto Melli Pirilla. México D.F. 1987

3.8 - 1.6.- MUROS DE MAMPOSTERIA.

Estos elementos estructurales deben ser capaces de resistir:

a) **Flexión.**

b) **Cortante.**

FLEXIÓN.

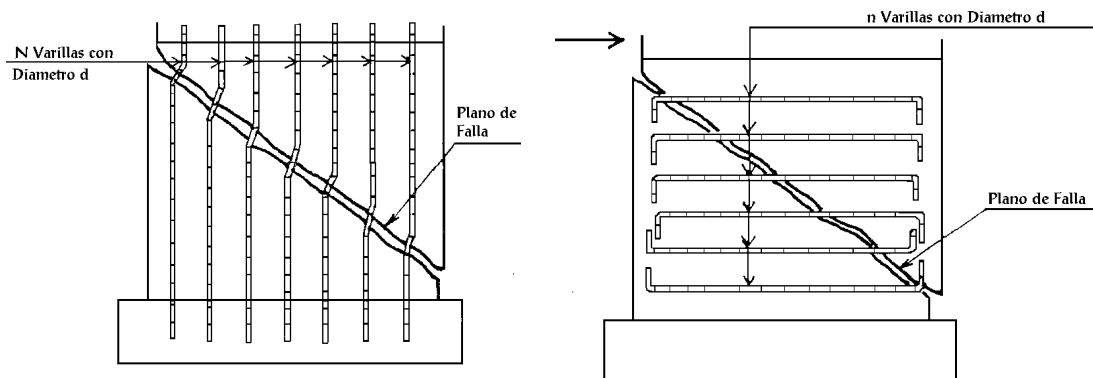
Un muro puede fallar por flexión cuando actúan en él fuerzas sísmicas en la dirección transversal a su plano. Las grietas de tensión se presentan verticales en el centro, los extremos y en las esquinas. A medida que es más largo el muro más importante es el daño. La flexión ocurre en muros altos donde éste se comporta como viga en voladizo. Además, este efecto ocurre en muros aislados, donde actúan fuerzas laterales en la dirección normal a su plano. Este fenómeno presenta grietas horizontales en la parte baja del muro. (Flexión).

CORTANTE.

La falla por cortante en muros está caracterizada por grietas diagonales, las cuales pueden deberse a la compresión o tensión diagonal. Estas fallas pueden presentarse diagonalmente a través de las piezas (Fig.3.22 a) o ya sea siguiendo la trayectoria de la sisa. (Ver Fig. 3.22 b).

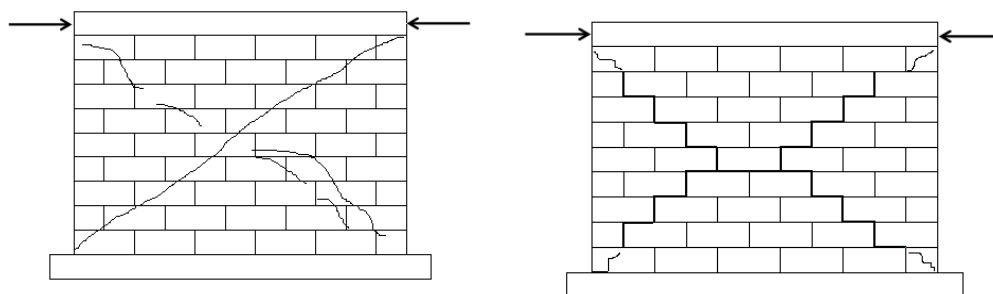
Cuando existen aberturas estas grietas se inician en las esquinas y algunas veces en el centro de los segmentos de muro. Ya que los efectos del sismo se presentan en ambas direcciones de un edificio simultáneamente, los efectos de la flexión y el cortante actúan juntos y los dos modos de falla a menudo se presentan combinados.

En muchas ocasiones los muros de mampostería se encuentran confinados por elementos de concreto reforzados, lo cual puede producir falla por aplastamiento de las esquinas o una falla por deslizamiento de las capas de mortero, generalmente a la media altura del muro o en su cercanía. (Ver Fig. 3.22, c).



*Figura N° 3.22-a: El Acero soporta el Cortante mediante Acción de Espiga
El Acero soporta la Carga mediante la Tensión.*

**EFICACIA RELATIVA DEL ACERO VERTICAL Y HORIZONTAL PARA
RESISTIR CORTANTE**



Agrietamiento a través de piezas y juntas Agrietamiento a través de las juntas

Figura N° 3.22-b

MURO CON ESFUERZO INTERIOR Y FALLA POR CORTANTE

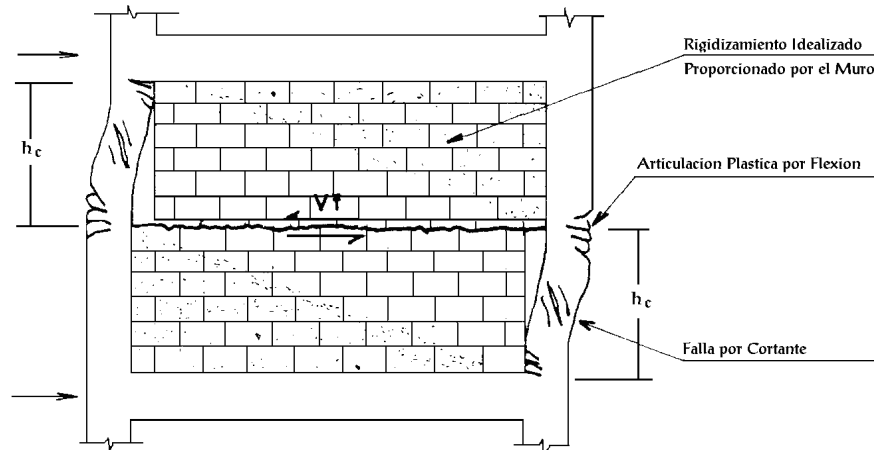


Figura N° 3.22- c: Concepto de Marco Rigidizado con contraviento para una falla de deslizamiento por cortante.

Los muros de mampostería son utilizados con mucha frecuencia para la construcción de edificaciones pequeñas de una a tres plantas, para viviendas o pequeños negocios; sin embargo, en nuestro medio no se acostumbra detallarlos mediante un análisis de diseño, sino que se hace mediante dimensiones adoptadas por tradición.

Los efectos que los sismos ocasionan en estas estructuras causan daños debidos generalmente a cortante, flexión. A continuación se ilustran mediante algunas figuras, el tipo de agrietamiento que una edificación de es te tipo puede presentar posterior a un sismo. (Ver Fig. 3.23 y Fig.3.24).

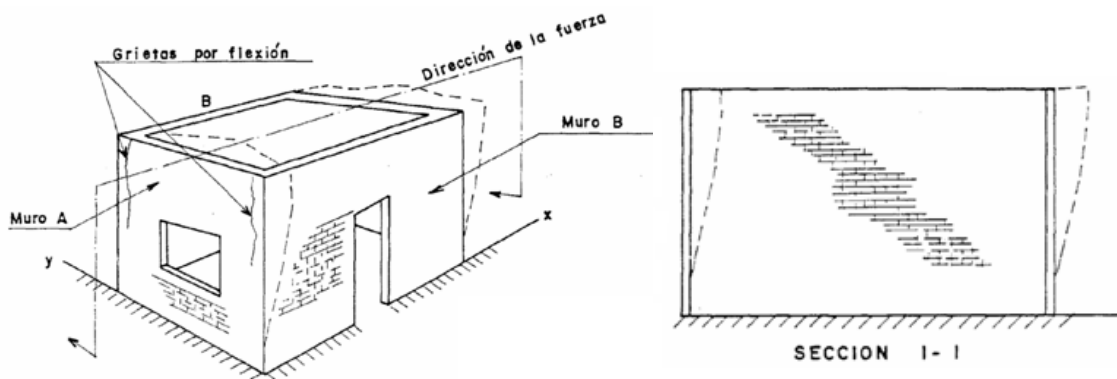
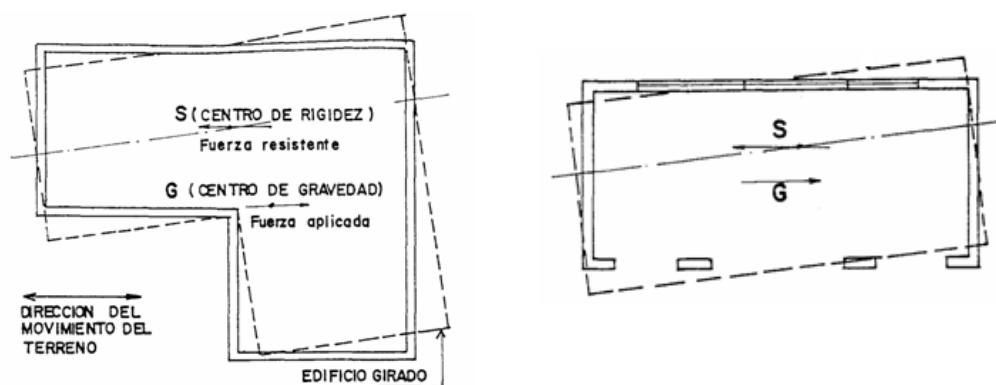


Figura N° 3.23: Muro Perimetral sin techo.



Torsión de Plantas Asimétricas

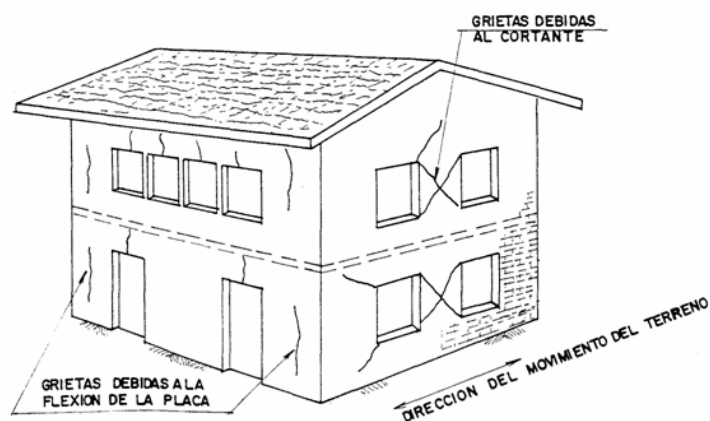


Figura N° 3.24: Agrietamiento en Muros de Carga debido a flexión y a Cortante.

3.8 -1.7.- CIMENTACIONES.

Se dice que la cimentación de una estructura ha fallado, cuando ha ocurrido un asentamiento apreciable en ella debido a la falla del suelo por cortante, por compresión, o cuando la cimentación propiamente dicha ha sufrido colapso.

Generalmente las fallas en la cimentación se manifiestan mediante daños en la superestructura los cuales pueden confundirse con fallas ocasionadas por deficiencias propias de ésta. La falla estructural de la cimentación ocurre cuando ésta no está diseñada y construida apropiadamente para soportar los esfuerzos impuestos sobre ella. Cuando las cimentaciones

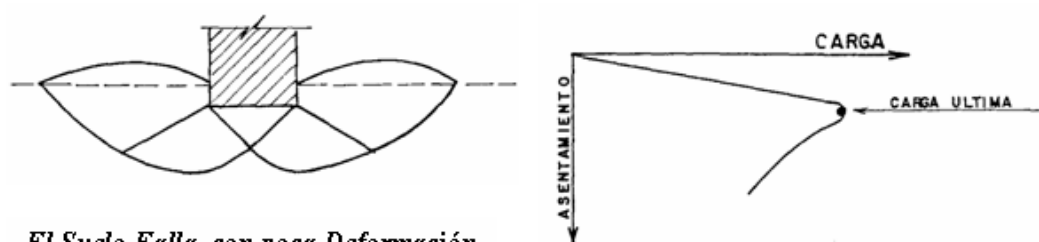
son de concreto reforzado, éstas pueden fallar por flexión, corte longitudinal o Punzonamiento.

La falla del suelo por capacidad soportante usualmente ocurre como una falla por corte del suelo bajo la cimentación. Los tres principales modos de falla por corte son:

- a) **Falla por Corte General**
- b) **Falla por Corte Local**
- c) **Falla por Corte de Punzonamiento.**

LA FALLA POR CORTE GENERAL:

Es la más fácil de reconocer por producirse la clásica superficie de falla desde un borde de la zapata hasta la superficie del terreno. (Fig. 3.25,a).



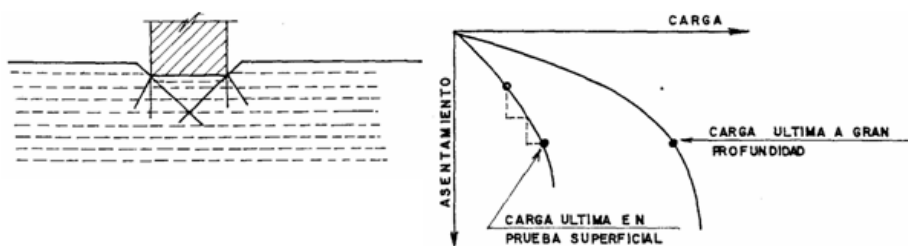
El Suelo Falla con poca Deformación Unitaria.

Falla de Capacidad soportante por Corte General.

Figura N° 3.25, a: Falla por Corte General.

LA FALLA POR PUNZONAMIENTO:

Puede ser debido al suelo o Punzonamiento de la columna en la zapata (Fig. 3.25,b).

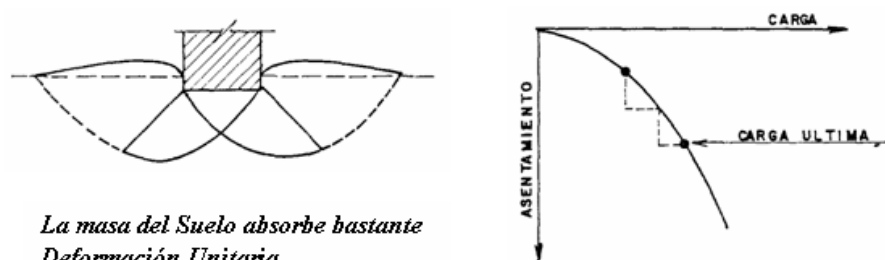


Falla de Capacidad soportante por Corte por Punzonamiento.

Figura N° 3.25, b: Falla por Punzonamiento

LA FALLA POR CORTE LOCAL

Es igual que la de Punzonamiento no presenta una superficie de falla visible bajo la cimentación. (Ver Fig.3.25, c).



La masa del Suelo absorbe bastante Deformación Unitaria.

Falla de Capacidad soportante por Corte Local.

Figura N° 3.25,c: Falla por Corte Local.

La manifestación de estas fallas produce en la estructura un asentamiento. En sí el asentamiento de una estructura no sería problema si fuese uniforme o de pequeña magnitud, de tal forma que no causa daño a instalaciones sanitarias, de drenajes, de agua potable u otras.

En algunos tipos de suelos compresibles, siempre existirán asentamientos diferenciales que producirán esfuerzos de tensión en las instalaciones o estructuras rígidas. Estos asentamientos dañan también las tuberías de cemento y algunas veces las juntas de tuberías de PVC. Estas, al romperse causan erosión y licuación del suelo, socavando el suelo bajo la cimentación, lo que produce asentamientos e hinchamiento de suelos expandibles (Ver Figura.3.25, d). En resumen los asentamientos diferenciales son dañinos para la estabilidad de las estructuras.

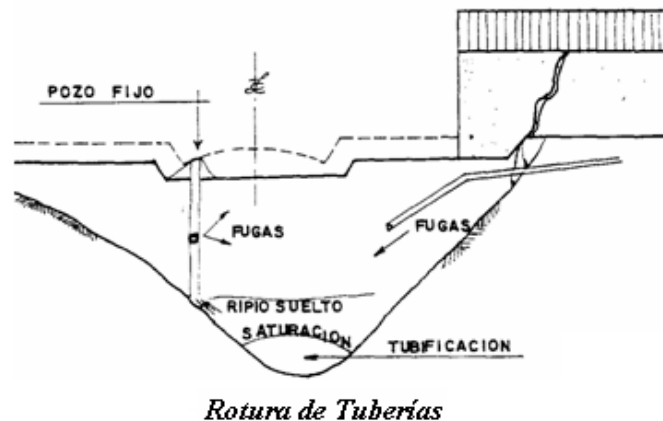


Figura 3.25, d Falla por asentamientos e hinchamiento de suelos expansibles

Las fallas en cimentaciones ocurren en gran número de ocasiones a causa de equivocaciones de personas.

Las equivocaciones pueden originarse de parte del propietario, del proyectista, del que realiza el estudio de suelos, del estructurista o del constructor.

En resumen podemos mencionar los siguientes aspectos.

a) INVESTIGACIÓN INSUFICIENTE DEL SUBSUELO.

Esta deficiencia se debe con frecuencia a que el propietario del proyecto y el proyectista pueden influir de alguna manera para que la investigación del subsuelo no sea lo suficientemente completa adjudicándolo a razones económicas, tiempo. Solicitando al laboratorio que el estudio sea el mínimo, éste efectúa dos o tres sondeos y elabora un perfil estratigráfico demasiado impreciso. Posteriormente el laboratorio recomienda que a la hora de efectuarse la excavación, se deberá verificar que el suelo sea de la misma clase que el asumido a encontrarse de acuerdo al perfil elaborado. Esta situación origina que puedan obtenerse resultados alejados de la realidad y el diseño de la cimentación no sea el adecuado y esto lleve a retrasos y trastornos en la construcción.

b) INTERPRETACIÓN ERRÓNEA DE LOS RESULTADOS.

El interpretar erróneamente los resultados obtenidos de una investigación del suelo realizada con pruebas de campo y/o laboratorio, puede deberse con descuido de la persona que

da la recomendación después de analizar los resultados, o simplemente por desconocimiento suficiente de la materia.

En algunas situaciones se dan recomendaciones tan vagas o generales que no ayudan suficientemente al proyectista. Este puede darle una interpretación errónea a la recomendación “vaga” indicada por el especialista. Como se puede observar, en este tipo de situación es difícil de señalar a los culpables.

Un caso frecuente es la no aclaración de lo que se entiende por capacidad soportante admisible del suelo. En muchos reportes de laboratorios, no se establece claramente si la capacidad soportante admisible indicada en dicho reporte es neta o total. El calculista puede asumir que la capacidad soportante admisible es neta. En caso de no ser así ocasionaría un sobre esfuerzo en el suelo.

c) MAL DISEÑO ESTRUCTURAL.

Este hecho causa que el elemento falle por no resistir las solicitaciones, ya sea por mala calidad de los materiales o dimensionamiento deficiente, y puede ocurrir por errores del calculista o constructor, algunas veces por no considerar sobrecargas provocadas por estructuras adyacentes.

d) FALTA DE MANTENIMIENTO O ACCIONES NO PREDECIBLES.

Existen en algunos casos, la necesidad de proporcionar programas de mantenimiento para contrarrestar los efectos de socavación, inundaciones u otras situaciones dañinas que a través del tiempo pueden causar la falla en la cimentación. Estos efectos pueden ser predecibles en algunas ocasiones, pero se dan muchos casos en que es imposible, como pueden ser: inundaciones, fallas tectónicas, sobrecargas por construcciones vecinas.

3.8 - 1.8.- ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.

Podemos considerar a un elemento como no estructural cuando no participa en la resistencia y rigidez global de la estructura.

En ellos pueden distinguirse, por una parte, los equipos e instalaciones alojados por la construcción y, por otra, los elementos arquitectónicos como paredes divisorias, puertas, ventanas, recubrimientos, fachadas, plafones en voladizo. Generalmente a los elementos no estructurales no se les da la importancia que merecen y, como resultado, se ha visto que en temblores de cierta magnitud estos presentan fallas. Las fallas que presentan estos elementos suelen ser costosas, debido a los acabados arquitectónicos, y en algunas ocasiones pueden ser un peligro para las personas que ocupan el inmueble.

Dentro de las fallas más comunes podemos mencionar las siguientes:

- Aplastamiento de las esquinas en paredes de relleno.
- Deformación de marcos de ventana y rompimiento de ventanearía.
- Pandeo de marcos de puerta.
- Caída de cielo falso o desprendimiento de las lámparas eléctricas.
- Rompimiento de tuberías.
- Rompimiento de ductos de ventilación.
- Ascensores fuera de sus guías.

3.8 - 1.9.- FALLAS POR DETALLADO DEFICIENTE.

En estructuras en regiones con algún riesgo sísmico no debe descuidarse aspectos de detallados para algunos miembros, particularmente en columnas, vigas, unión viga-columna para los requisitos siguientes:

a) TRASLAPES.

En cuanto a los traslapes ha sido costumbre en nuestro medio no detallarlo en los planos estructurales, dejando al constructor la decisión en dónde y cómo realizarlo, existiendo requisitos de longitud y ubicación de los mismos.

Preferiblemente los traslapes no deben hacerse en regiones de altos esfuerzos como en la vecindad de conexiones viga-columna, ya que el concreto puede agrietarse bajo grandes deformaciones destruyéndose la transferencia de esfuerzos por adherencia. En las regiones de

alto esfuerzo los traslapes deben ser considerados como un problema de anclaje debido a que no hay transferencia de una barra a otra.

b) ANCLAJE.

Puede lograrse un anclaje satisfactorio prolongando las barras con longitud recta, o usando dobleces de 90° y 180°, pero la eficiencia del anclaje debe ser regida principalmente por el estado de esfuerzo del concreto en la longitud de anclaje. El refuerzo de tensión no debe anclarse en zonas de tensión elevadas, debido a que produce fallas por adherencia.

En cuanto a los estribos, el anclaje inadecuado de éstos permite que suceda la falla frágil, debido a las combinaciones de compresión y tensión diagonal. En muchos casos ocurren dislocaciones en el concreto y pandeo del refuerzo longitudinal, estribos de columnas que no son anclados adecuadamente en el núcleo del concreto permiten la formación de agrietamientos y el pandeo del armado.

c) FALLAS POR ADHERENCIA.

Las fallas por adherencia se manifiestan por grietas a lo largo del refuerzo a tensión. Este tipo de falla depende de la longitud de anclaje y de la calidad del acero y concreto.

d) FALLAS POR CONFINAMIENTO.

Este tipo de fallas se presentan generalmente por la separación excesiva de estribos. En columnas, esto ocasiona que no se pueda alcanzar la carga última, será para la cual esta diseñada y también al igual que en las vigas no permite la ductilidad necesaria en las zonas confinadas, siendo en estas zonas donde se presentan los cortantes máximos.

3.8 - 1.10.- FALLAS POR CONSTRUCCION DEFICIENTE.

En cuanto a los defectos constructivos se han presentado de manera repetitiva, observándose las siguientes fallas:

- a) En edificios antiguos, el empleo de refuerzo liso en vigas y columnas.

- b) Estribos de columnas deficientes en diámetro y espaciamientos con ganchos a 90°.
- c) Falta de estribos en unión viga-columna.
- d) Fallas de los anclajes o traslapes de armaduras, particularmente en vigas y columnas.
- e) Falla de columna corta que corresponde a la rigidización de una o más columnas
- f) limitando su desplazamiento por el desarrollo de una junta inadecuada.

- g) Falla por defectos constructivos en las juntas de construcción, alojándose elementos extraños (madera, aserrín, papel) en la junta que dio origen a la existencia de un plano de falla bien definido.

- h) La mala colocación y curado del concreto, así como el retiro de los moldes en una forma inadecuada.

3.9.- CLASIFICACION DE FALLAS Y DAÑOS.¹

FALLA.

Es un efecto que produce en un elemento un daño que se manifiesta cuando éste es sometido a un sobre esfuerzo de su capacidad a resistir cargas.

Debido a que uno de los daños más visibles que presentan los elementos son las grietas, es conveniente clasificarlas de acuerdo a su espesor:

FISURAS:

Se considera daño ligero, su ancho es de 0.4 mm. Como máximo y en este caso el elemento no amerita reparación.

GRIETA:

Su espesor no sobrepasa de 1.0 mm. Se considera como daño moderado y el elemento puede ser reparado sin necesidad de reforzarlo.

¹ Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios. Alma Morena Valladares Avilés. 1988

FRACTURA:

Esta se considera daño fuerte. En este caso se hace necesaria la reparación y refuerzo del elemento, la grieta tiene un espesor máximo de 5.0 mm.

DISLOCACIÓN:

Se presenta cuando la grieta sobrepasa los 5.0 mm. de ancho: en este caso se requiere la demolición del elemento.

3.10.- METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS EN EDIFICIOS.¹

Debido a que las edificaciones se diseñan y construyen con criterios estructurales de acuerdo a las solicitaciones calculadas, y que posteriormente son usados y modificados sus componentes según nuevas necesidades de los propietarios, a la hora de ocurrir un sismo se comportan de distinta forma a como fue previsto, presentando muchas clases de daños. La evaluación de daños implica un registro detallado y una metodología general que defina los pasos mínimos necesarios para, proporcionar seguridad a los usuarios, realizando una recopilación de información completa que le permita conocer al especialista la severidad de los daños de tal forma que el dictamen que éste presente sea apegado al estado del edificio.

Una metodología general para la evaluación de daños; debe basarse en un diagnóstico de la estructura para identificar daños de una forma general, que permita una interpretación adecuada de éstos para analizar la factibilidad de rehabilitación o demolición de la estructura. a si como también en registrar la descripción detallada de cada elemento dañado y poder definir las posibles alternativas de solución.

El objetivo de la evaluación de Daños es determinar si la estructura dañada es reparable; esto es, si es posible recuperar parte de la inversión que representaba antes del sismo. En general esto será así cuando el costo de la reparación sea razonablemente menor del que implica demoler y volver a construir una estructura.

¹ Reparación de Estructuras de Concreto y Mampostería. José de la Cera.

La determinación de la importancia de los daños es la base para el planteamiento de la reparación, que podrá llevarse a cabo en dos niveles:

1. Restauración: Recuperación de la capacidad sismo-resistente original
2. Refuerzo: Incremento de la capacidad sismo-resistente original y mejoramiento de la estructuración.

El estudio de las alternativas de reparación y las limitaciones del caso, permitirá finalmente elegir la solución adecuada para proceder a su diseño y construcción.

3.10-1.- INSPECCION DETALLADA

La inspección detallada consiste en registrar la descripción del estado en que se encuentra cada elemento dañado. Para esto se recomienda el uso de formatos individuales que incluyan fotografías del elemento en cuestión. La información que así se recabe, deberá llevarse a copias reducidas de los planos para facilitar su manejo dentro del proyecto de reparación.

3.10-1.1.- EQUIPO MINIMO REQUERIDO PARA LA INSPECCION DETALLADA DE DAÑOS

- Cinta métrica.
- Plomada o Nivel.
- Martillo
- Cincel o Desarmador
- Linterna.
- Grietómetro para medir el ancho de grietas (figura 3.26).
- Cámaras fotográficas y binoculares.



Figura N° 3.26: Grietómetro para medir anchos de grietas.

3.10-1.2.- TOPICOS DE LA ORIENTACION DEL PERSONAL RESPONSABLE EN LA EVALUACIÓN

- Es importante que las personas que van a realizar la evaluación tengan conocimiento de algunos aspectos a los cuales se van a enfrentar en el campo, entre los que podemos mencionar: los diferentes sistemas sismo resistentes de la estructura ya que éstos en algún momento pueden causar confusión, tal es el caso cuando una junta no llena requisitos mínimos que definan un sistema estructural de otro.
- Otro aspecto que el perito debe tener conocimiento y no pasar desapercibido es en cuanto al uso del edificio, ya que modificaciones en esto puede ocasionar variación en las solicitaciones de algunos elementos, produciendo una disminución o incremento considerable en las cargas actuantes.
- A partir de la definición de los sistemas estructurales se identificarán los elementos estructurales y no estructurales pudiendo esto permitir la cuantificación de daños que presenten. Tal es el caso de paredes que se queden a media altura para sostener una ventanera, como el caso del cuerpo de escaleras y el cuerpo de ascensores.

- La definición de las condiciones de apoyo es importante a la hora de estar evaluando la transmisión de cargas, todo esto se referencia cuando se alojan en el interior de la estructura.
- Continuando con otro aspecto que es importante incluso para las posibles causas de daños que presentan los sistemas estructurales es la cimentación. Se hace necesario conocer las diferentes alteraciones que puede presentar, estas pueden ir desde grietas en aceras, asentamientos de la estructura, rompimiento en el piso y fractura de tuberías.
- No hay que olvidar además las deficiencias que se cometen en el proceso de construcción de la estructura, estos cobran importancia a la hora que ocurre un sismo, ya que éstos se vuelven puntos vulnerables. Entre los de fácil apreciación tenemos: una serie de columnas coladas a la misma altura, unión inadecuada de elementos de relleno con elementos estructurales.
- No debe descuidarse la revisión de la estructura por posibles modificaciones que se hayan dado en éstas como estructuras de protección, taludes de relleno alledaños. Como un último aspecto se debe incluir en la orientación del personal que integrará las brigadas, mencionando las posibles causas de daños en cuanto a:

a) Errores En El Diseño.

1. El tipo estructural no es el adecuado al tipo de suelo: cimentación mal diseñada.
2. Los materiales seleccionados no son adecuados: rigidez, durabilidad, peso, incompatibilidad de materiales.
3. Mal diseño de elementos estructurales: anclajes y juntas mal detalladas, cambios bruscos de sección, porcentajes de acero inadecuado.
4. Consideración inadecuada de elementos no estructurales: inestabilidad en paredes de relleno, colocación inadecuada de paredes.
5. Protección inadecuada de elementos estructurales: mal ubicados.

6. Errores en evaluación de esfuerzos: mala estimación de cargas.

b) Defectos De Mano De Obra

1. Aspectos geométricos: elementos horizontales y verticales desnivelados o desplomados, respectivamente, con dimensiones fuera de tolerancia.
2. Errores operacionales: incumplimiento de especificaciones, defectos de compactación y curado de concreto.

c) Uso Del Edificio.

1. Cambios hechos a la estructura: eliminación o adición de elementos, modificación de secciones, cambio de función, falta de mantenimiento.
2. Cambios en la colindancia de la estructura; excavaciones a edificios nuevos.

3.10-1.3.- DAÑOS ESTRUCTURALES

En la Tabla 3.1 se resumen los daños estructurales más comunes sobre los que se deberá hacer énfasis durante inspección. Los daños se han clasificado por tipo de elemento estructural, indicándose la causa principal de los mismos.

Elemento Estructural	Tipo de Daño	Causa
Columnas	Grietas Diagonales	Cortante o Torsión
	Grietas Verticales	Flexocompresión
	Desprendimiento del Recubrimiento	Flexocompresión
	Aplastamiento del Concreto y pandeo de barras	Flexocompresión
Vigas	Grietas Diagonales	Cortante o Torsión
	Rotura de Estribos	Cortante o Torsión
	Grietas Verticales	Flexión
	Rotura del Refuerzo	Flexión
	Aplastamiento del Concreto	Flexión
Unión Viga-Columna	Grietas Diagonales	Cortante
	Falla por adherencia del refuerzo vigas	Flexión
Sistemas de Piso	Grietas alrededor de Columnas en losas o placas planas	Penetración
	Grietas Longitudinales	Flexión
Muros de Concreto	Grietas Diagonales	Cortante
	Grietas Horizontales	Flexocompresión
	Aplastamiento del concreto y pandeo de barras	Flexocompresión
Muros de Mampostería	Grietas Diagonales	Cortante
	Grietas Verticales en las esquinas y centro	Flexión y volteo
	Grietas como placa perimetralmente apoyada	Flexión

Tabla N° 3.1: Daños Estructurales más comunes.

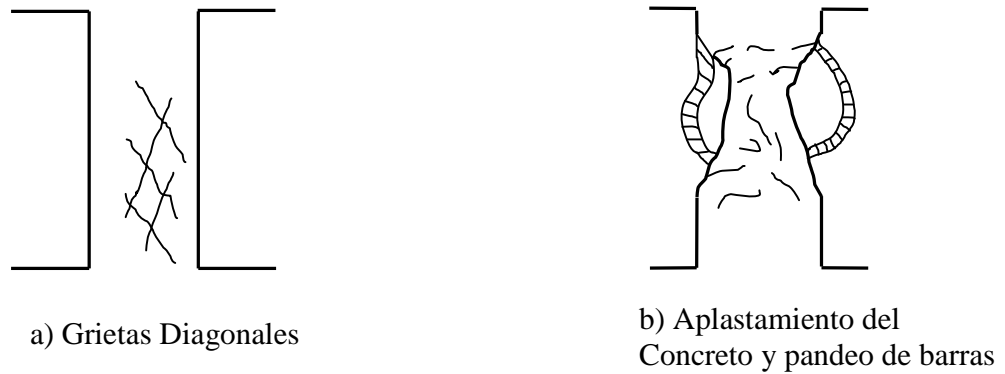


Figura N° 3.27: Daños en Columnas

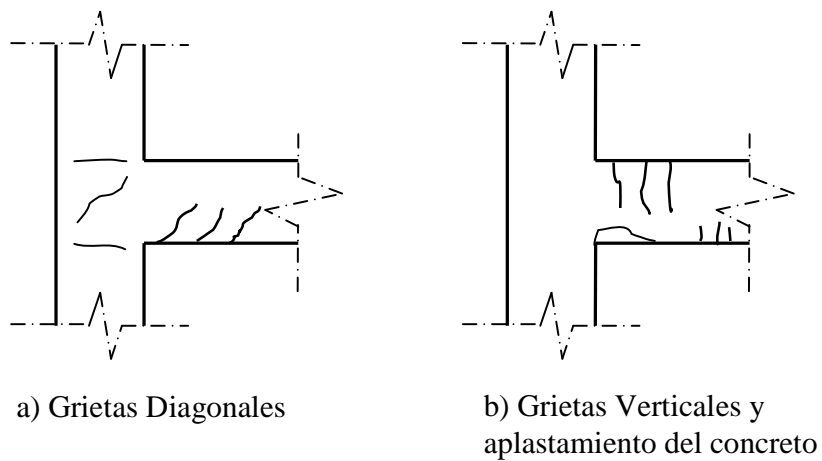


Figura N° 3.28: Daños en Vigas y Uniones

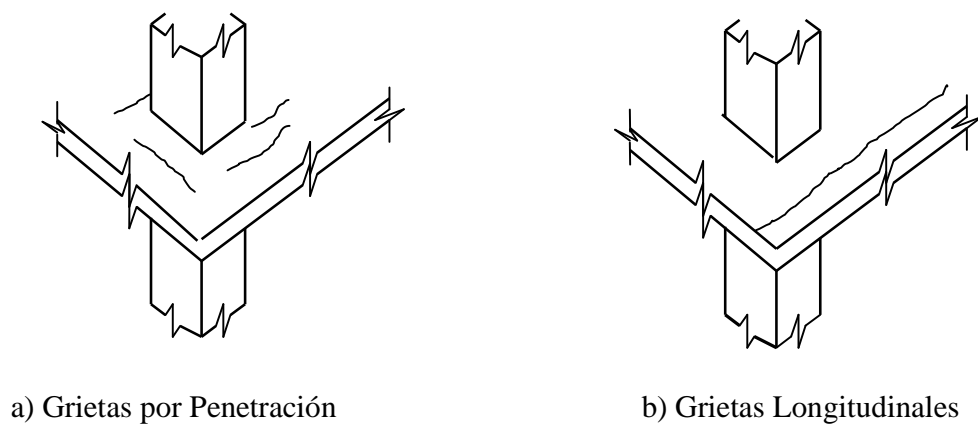
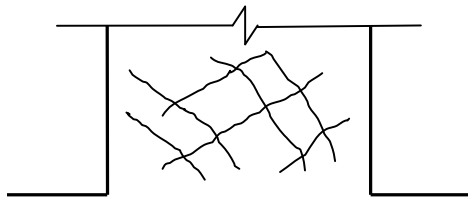
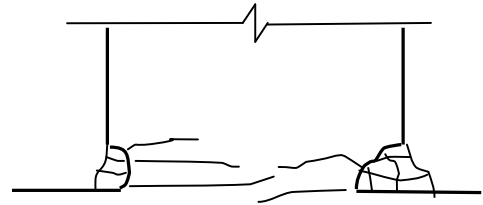


Figura N° 3.29: Daños en losas planas



a) Grietas Diagonales



b) Grietas horizontales, aplastamiento de concreto y pandeo de barras.

Figura N° 3.30: Daños en Muros de Concreto

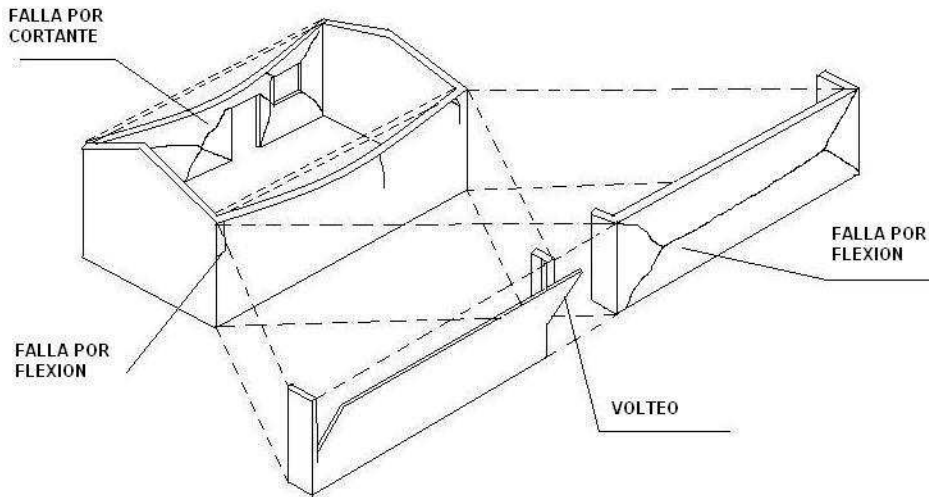


Figura N° 3.31: Daños en Muros de Mampostería

3.10-1.4.- DAÑOS NO ESTRUCTURALES

Generalmente los daños a elementos no estructurales se deben a la unión inadecuada de estos elementos con la estructura, o a una falta de rigidez de la misma.

Los daños más comunes son:

- a) Aplastamiento de las uniones entre la estructura y los elementos divisorios
- b) Agrietamiento de los elementos divisorios de mampostería
- c) Rotura de vidrios
- d) Desprendimiento de aplanados, recubrimientos y elementos de fachada
- e) Desprendimiento de plafones
- f) Rotura de tuberías e instalaciones diversas

3.10-1.5.- CLASIFICACION Y EVALUACION DE LOS DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES

En la tabla 3.2 se presentan algunos criterios recomendables para la clasificación y la evaluación de los daños en elemento estructurales y en la tabla 3.3 la clasificaron de los daños en elementos no estructurales de una estructura. Se sugieren también las medidas convenientes según los resultados de la evaluación.

La inspección de daños debe efectuarse de acuerdo con los criterios de la tabla 3.1 y 3.2.

Tipo de Daño	Descripción	Evaluación General De Daños
LD	Daños únicamente en elementos no estructurales.	No existe reducción en la capacidad sismo-resistente. No se requiere desocupar. La Reparación consistirá en la restauración de los elementos no estructurales.
MD1	Grietas de menos de 0.5 mm de ancho en elementos de concreto. Fisuras y caída de aplanados en paredes y techo. Grietas de menos de 3 mm de ancho en muros de mampostería.	No existe reducción en la capacidad sismo-resistente. No se requiere desocupar. La Reparación consistirá en la restauración de los elementos no estructurales.
FD1	Grietas de 0.5 a 1.0 mm de ancho en elementos de concreto. Grietas de 3 a 10 mm de ancho en muros de mampostería.	Existe una reducción importante en la capacidad sismo-resistente. Debe desocuparse y mantenerse solo acceso controlado, previa rehabilitación temporal. Es necesario realizar un proyecto de reparación para la restauración y el refuerzo de la estructura.
SD1	Grietas de más de 1 mm de ancho en elementos de concreto. Desprendimiento del recubrimiento en columnas. Aplastamiento del concreto, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en columnas y muros de concreto. Agrietamiento de losas planas alrededor de las columnas. Aberturas en columnas de más de 1:100 de su altura. Desplome del edificio de más de 1:100 de altura.	Existe una reducción importante en la capacidad sismo-resistente. Debe desocuparse y suprimirse el acceso y la circulación en la vecindad. Es necesario proteger la calle y los edificios vecinos mediante la rehabilitación temporal, o proceder a la demolición urgente. De ser posible deberá recurrirse a una evaluación definitiva que permita decidir si procede la demolición o bien el refuerzo generalizado de la estructura.

Tabla N° 32: Clasificación y Evaluación Preliminar de Daños en Elementos Estructurales.

Tipo de Daño	Descripción
MD2	Grietas de menos de 0.5 mm de ancho en elementos no estructurales.
FD2	Grietas de 0.5 a 1.0 mm de ancho en elementos de no estructurales.
SD2	Grietas de más de 1 mm de ancho en elementos de no estructurales.

Tabla N° 3.3: Clasificación de Daños en Elementos no Estructurales.

Donde:

- LD:** Ligeramente Dañado
- MD1:** Moderadamente Dañado, en elementos estructurales
- FD1:** Fuertemente Dañado, en elementos estructurales
- SD1:** Severamente Dañado, en elementos estructurales
- MD2:** Moderadamente Dañado, en elementos no estructurales
- FD2:** Fuertemente Dañado, en elementos no estructurales
- SD2:** Severamente Dañado, en elementos no estructurales

3.10-2.- INFORMACION COMPLEMENTARIA

Para realizar la evaluación de Daños de la estructura y el proyecto de reparación, además de la identificación de los daños, conviene contar con información adicional sobre el diseño original del edificio, su proceso de construcción, el uso y adaptaciones que haya tenido durante su vida útil. Esta información se puede agrupar en los siguientes conceptos.

- a. Planos estructurales
- b. Planos arquitectónicos
- c. Planos de instalaciones
- d. Memorias de cálculo
- e. Estudio de mecánica de suelos
- f. Normas de diseño utilizadas

- g. Normas de diseño vigentes para la reparación
- h. Bitácora de la construcción
- i. Informes del control de calidad de los materiales empleados
- j. Uso actual de la estructura
- k. Remodelaciones o reparaciones previas

Cuando no se tenga disponible la información anterior, sobre todo la correspondiente a los puntos a, b, c y e, será necesario reconstruirla a partir de la propia estructura. Para este objeto, se puede hacer uso de los métodos de verificación de información que se describen en el siguiente inciso.

3.10-3.- VERIFICACION DE LA INFORMACION

Es indispensable verificar la validez de la información disponible, pues tanto la estructuración como las propiedades de los materiales de una construcción pueden haber sufrido cambios con el tiempo, o cabe la posibilidad de que no se hayan cumplido las especificaciones del proyecto desde un principio.

Los principales conceptos que requieren ser verificados son los siguientes:

3.10-3.1.- Planos Estructurales, Arquitectónicos y de Instalaciones.

Deberá revisarse la coincidencia entre los planos y la estructura en cuanto a:

- a. Existencia y ubicación de los elementos estructurales
- b. Dimensiones y armado de los elementos estructurales

- c. Existencia, ubicación y tipo de los elementos divisorios
- d. Existencia y ubicación de aberturas
- e. Tipos de acabados y elementos de fachada
- f. Rellenos en azoteas
- g. Uso actual de la estructura
- h. Existencia y ubicación de ductos

Para la localización del refuerzo o de ductos de acero en elementos de concreto, así como para la verificación de sus dimensiones, se puede recurrir al uso de los siguientes sistemas de detección:

- a. **Sistemas electromagnéticos.** Estos sistemas utilizan un instrumento que genera un campo electromagnético y que registra las alteraciones que éste sufre en presencia de cualquier objeto que contenga hierro. Además de detectar la posición del refuerzo en elementos de concreto, este procedimiento permite determinar el diámetro de las barras cuando se conoce su recubrimiento.
- b. **Radiografías.** Una alternativa menos práctica y más costosa que la anterior, consiste en la toma de radiografías de los elementos de concreto.

3.10-3.2.- Características de los Materiales

Para la verificación de las características mecánicas de los materiales se puede hacer uso de los siguientes equipos:

- a. **Extractor de corazones:** La extracción y prueba de corazones permite estimar la resistencia del concreto en la estructura y su módulo de elasticidad; también aporta

información sobre su composición granulométrica, densidad aparente y estado de carbonatación.

- b. Equipo de ultrasonido:** este sistema de verificación se basa en el uso de un instrumento que registra la velocidad de un pulso ultrasónico a través del concreto, la que depende de la densidad del mismo. Con esta técnica se pueden hacer estimaciones de la resistencia del concreto y de su módulo de elasticidad, así como del estado de agrietamiento interno.
- c. Esclerómetro:** es un dispositivo que mide el rebote de un sistema masa-resorte contra la superficie de un elemento de concreto. Con base en relaciones empíricas se puede estimar la resistencia del concreto en función de la lectura del índice de rebote. Estas relaciones deberán corresponder al tipo de curado y a la clase de agregados del elemento en cuestión.
- d. Pistola de Windsor:** Con este instrumento se puede estimar la resistencia del concreto a partir de la penetración de un dardo metálico en un elemento particular. También en esta prueba se recurre al uso de relaciones empíricas penetración - resistencia, que deberán corresponder al mismo tipo de agregados usado en el elemento en estudio.
- e. Extracción y prueba a la tensión de Varillas de Acero:** Para verificar la calidad del acero empleado se puede recurrir a la extracción de algunas muestras y a su prueba estándar a tensión.

3.10-4.- NIVELACIÓN Y MECÁNICA DE SUELOS

Cuando se tengan indicios de desplomes o hundimientos, será necesario efectuar una nivelación general de la estructura, e incluso se deberán hacer nuevos sondeos y pruebas de laboratorio para la verificación de las características del suelo. Es aconsejable determinar un

perfil que muestre la variación de Los desplazamientos laterales del edificio con su altura, realizar nivelaciones periódicas hasta cerciorarse de que y no hay movimientos significativos.

3.11.- REPARACIÓN DE ELEMENTOS DAÑADOS¹

1. Rehabilitación Temporal
2. Materiales De Reparación
3. Restauración Y Refuerzo De Elementos Estructurales.
4. Restauración Y Refuerzo De Elementos No Estructurales.
5. Supervisión Y Verificación De La Reparación

3.11-1.- REHABILITACION TEMPORAL

Mientras se lleven a acabo las obras de refuerzo y reparación los edificios dañados deben estar apuntalados de manera que garanticen la estabilidad de la estructura para las cargas verticales estimadas y 25 por ciento de las laterales estimadas que se obtendrían aplicando las cargas vivas previstas durante la ejecución de la obra.

Podrá prescindirse de los soportes o apuntalamientos laterales en aquellos casos en que los daños a reparar sean locales y se considere evidente que la estabilidad general de la estructura es adecuada.

3.11-1.1.- APUNTALAMIENTO VERTICAL

El proporcionar apoyo vertical auxiliar a las columnas y muros de carga seriamente dañados es la primera medida a tomar al instalar un sistema de protección temporal.

Evidentemente se requiere apoyo vertical en piso correspondiente al elemento dañado. En algunas situaciones es posible limitar el apuntalamiento a un solo piso como se muestra en la fig. 3.32 en tales casos debe revisarse la resistencia a cortante en las secciones t-t de la fig. 3.32 para garantizar que el apuntalamiento vertical sea efectivo.

¹ Reparación de Estructuras de Concreto y Mampostería. José de la Cera.

Una alternativa más confiable consiste en proporcionar soporte provisional a todos los niveles además del correspondiente al elemento dañado, como se ilustra en la fig. 3.33.

De esta manera se reducen considerablemente las fuerzas cortantes en las secciones t-t a ambos lados del elemento vertical dañado. Cuando los elementos de soporte provisional se apoyan sobre losas debe cuidarse que no se presenten problemas de penetración. Para evitar esto, los elementos de soporte deben apoyarse sobre piezas horizontales, que pueden ser tablonos y vigas de madera acostados, que distribuyan la carga. Estas piezas pueden combinarse con placas de acero para casos de cargas grandes o sistemas de piso débiles. Debe procurarse que los puntales sean colineales en todos los niveles. Generalmente es necesario transmitir cargas hasta la cimentación e incluso puede requerirse la construcción de un cimiento provisional para llevarlas hasta el suelo.

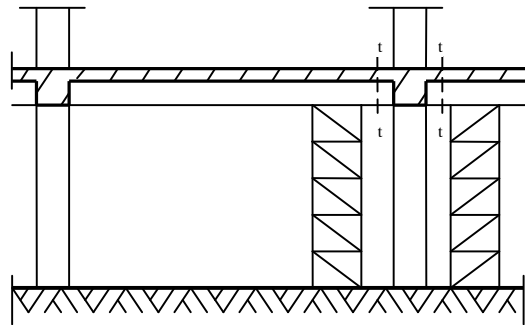


Figura N° 3.32: Apuntalamiento Vertical en un Piso

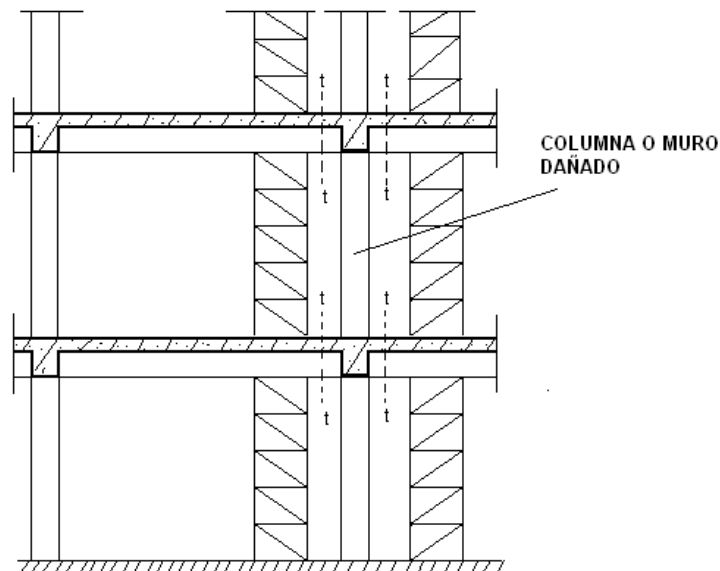


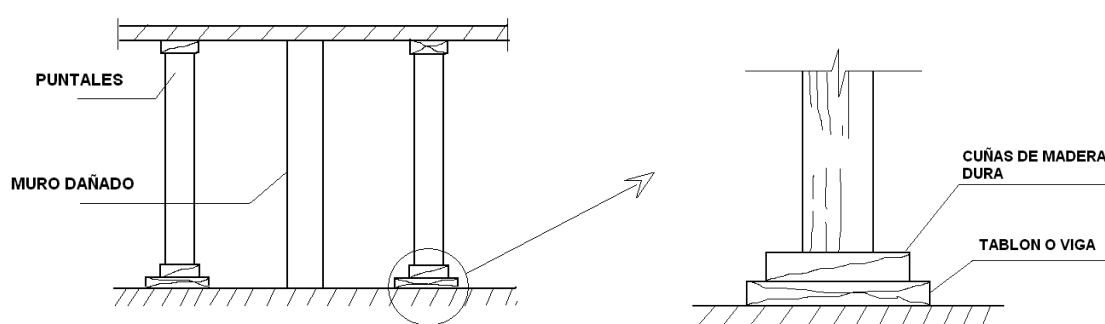
Figura N° 3.33: Apuntalamiento en Varios Pisos

3.11-1.1-1.- Soportes de Madera

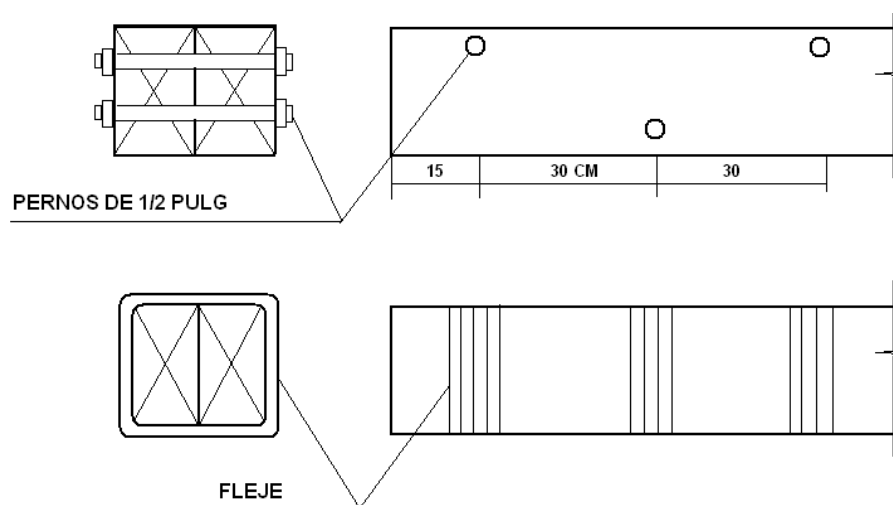
La madera es quizá el material para apuntalamiento vertical más fácil de conseguir, puesto que es el generalmente utilizado en las obras falsas y cimbras requeridas para la construcción de estructuras de concreto. Las secciones más comunes son el polín de 4 x 4 pulg., la viga de 4 x 8 pulg., el tablón de 2 pulg., de grosor y las tablas o duelas de 3/4 pulg. a 1 1/2 pulg. Estas medidas son nominales; las medidas reales suelen ser algo menores. Los tabloncillos y tablas se consiguen en varios anchos. Pueden también aprovecharse los postes comúnmente utilizados en líneas de transmisión de energía eléctrica. La madera generalmente asequible es pino. En el apéndice A se proporcionan valores de esfuerzos permisibles conservadores para madera de pino y se sugieren métodos simplificados para dimensionar elementos de madera sujetos esencialmente a cargas axiales de compresión, que son las predominantes en elementos de soporte verticales.

Las secciones o escuadras mencionadas pueden combinarse de diversas formas para soportar cargas de alguna importancia.

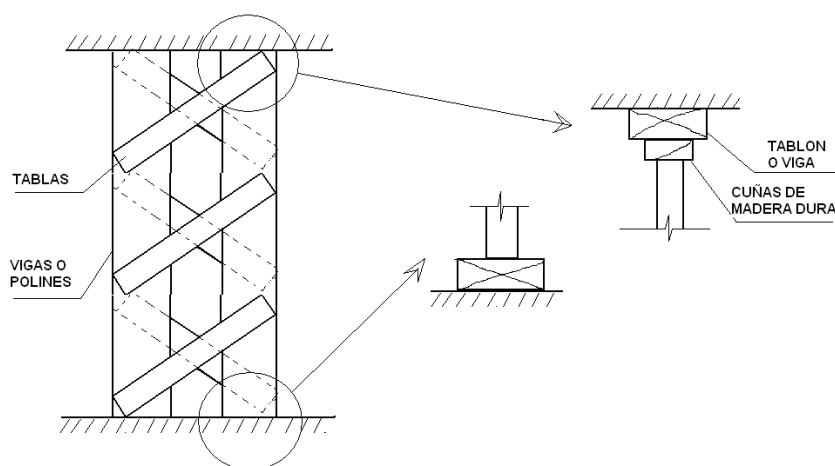
Con cargas ligeras pueden utilizarse polines o vigas sin arriostrar. Para repartir la carga y evitar los problemas de penetración mencionados anteriormente es necesario colocar en los apoyos tabloncillos o vigas acostados. En uno de los extremos deberán colocarse cuñas en la forma indicada en la figura 3.34a.



a) Puntales Simples



b) Puntales formados por dos vigas



c) Puntales Arriostrados

Figura N° 3.34: Apuntalamiento Vertical con Piezas de Madera

Pueden formarse elementos compuestos compactos uniendo dos vigas por medio de clavos, perno o flejes como se indica en la fig. 3.34b.

La eficiencia de los miembros aislados puede incrementarse por medio de arrostramientos triangulares que disminuyan las longitudes efectivas de pandeo como se muestra en la fig. 3.34c. El arrostramiento puede hacerse únicamente en el sentido desfavorable en caso de secciones rectangulares como las vigas en caso de secciones cuadradas como los polines, el arrostramiento deberá hacerse en ambos sentidos para que sea efectivo. Las piezas para arriostrar deben tener un grosor mínimo de una pulgada y un ancho

mínimo de 10 cm. Deben clavarse con clavos de 2½ pulg. El número de clavos en cada unión debe ser el máximo posible en el espacio disponible, sin que se excedan los espaciamientos que establecen las normas los detalles de apoyo deben ser semejantes a los mencionados para miembros simples aislados.

Cuando las porciones de muros entre aberturas se han agrietado de manera que su capacidad de carga y su estabilidad lateral son dudosas, puede recurrirse a refuerzos con piezas de madera como los mostrados en la fig. 3.35 Una solución semejante es apropiada cuando se han presentado daños en los dinteles y muros sobre aberturas.

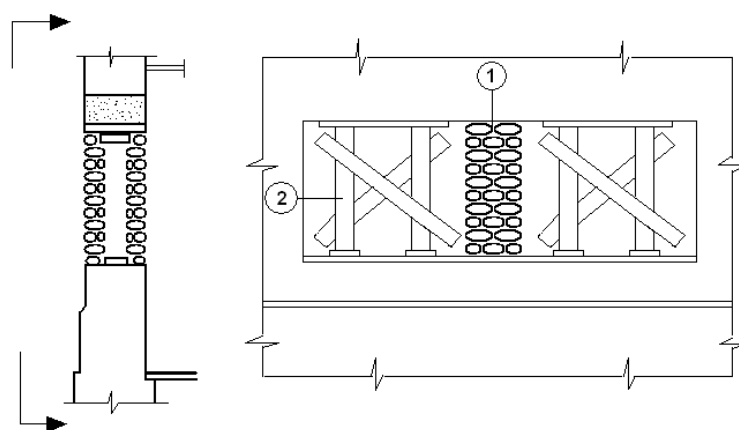


Figura N° 3.35: Apuntalamiento de Aberturas

3.11-1.1-2.- Perfiles de Acero

Cuando las cargas que deben soportarse son grandes debe recurrirse al empleo de perfiles simples de acero o a combinaciones de ellos para formar diferentes tipos de secciones compuestas. Tanto los perfiles simples como las secciones compuestas deben estar provistos de placas de apoyo. Deben acunarse debidamente, en forma semejante a la utilizada para los elementos de soporte de madera. El dimensionamiento se lleva a cabo por los procedimientos usuales. Una alternativa interesante consiste en un refuerzo formado por ángulos colocados en las esquinas de la columna dañada y unidos por placas de metal como se muestra en la fig. 3.35. . En los extremos de los ángulos deben colocarse placas de acero con el fin de garantizar un apoyo adecuado. Los huecos entre los ángulos y la superficie de la columna por reforzar deben rellenarse con un mortero con aditivos expansores.

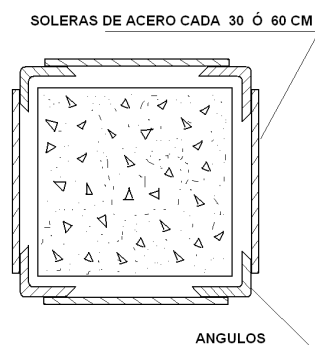


Figura N° 3.36: Apuntalamiento con ángulos y soleras de acero

3.11-1.1-3.- Puntales Telescópicos y elementos tubulares diversos

Existen diversos elementos estándar producidos industrialmente para ser usados en cimbras y obras falsas para la construcción de estructuras de concreto que pueden aprovecharse para apuntalar. Para cargas muy ligeras pueden utilizarse soportes telescópicos independientes como el mostrado en la fig. 3.37a. La capacidad de estos elementos es del orden de dos toneladas y su altura máxima es de aproximadamente tres metros. La altura puede ajustarse por medio de un dispositivo a base de rosca. Están provistos de placas de apoyo en los extremos, pero en caso de que los esfuerzos de penetración sean excesivos, deberán disponerse tablonos o vigas adicionales en ambos extremos para lograr una mejor repartición de la carga.

Para soportar sistemas de piso o techos ligeros que hayan sufrido daños, puede recurrirse a combinaciones de elementos tubulares como en el caso ilustrado en la fig. 3.37 b. La altura de estos elementos puede ajustarse por medio de dispositivos de rosca como el de la fig. 3.37 c. Al igual que en el caso de los soportes telescópicos independientes deben cuidarse los detalles de apoyo en ambos extremos.

Los datos sobre capacidad útil de los elementos estándar descritos deben obtenerse de los fabricantes.

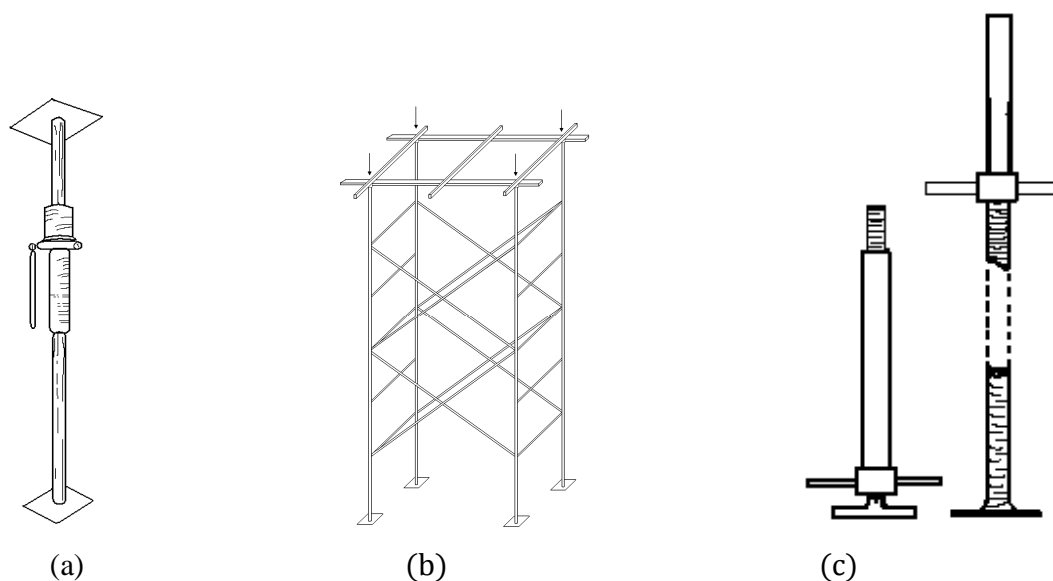


Figura N° 3.37: Puntales Telescópicos y elementos tubulares diversos.

3.11-1. 2.- SOPORTE LATERAL

La determinación de la capacidad y la distribución de los soportes laterales es uno de los aspectos más difíciles del diseño de sistemas de protección temporal. Entre otros factores es necesario considerar la resistencia y localización de las porciones de la estructura original que no hayan sufrido daños graves. Además debe procurarse que el sistema de apuntalamiento estorbe lo menos posible, tanto el uso normal del edificio como los trabajos de la reparación definitiva.

El soporte lateral puede lograrse con puntales encunados y con sistemas de contraviento de diversos tipos.

3.11-1. 2-1.- Soporte Lateral de Muros

Debe proporcionarse soporte lateral a los muro de carga de mampostería o concreto a fin de que no caigan hacia afuera debido a posibles réplicas del sismo o a otras acciones horizontales, lo que ocasionaría el derrumbe de los pisos o te cha.; que sostienen. Esto puede hacerse mediante un apuntalamiento exterior semejante al ilustrado en la fig. 3.38. Los puntales pueden estar formados por dos Vigas unidas por pernos o flejes, colocadas a

distancias convenientes según las fuerzas que se estima que deben resistir. Deber apoyarse a la altura de los pisos sobre piezas verticales de madera, unidas al muro por elementos de conexión adecuados para resistir la componente vertical del puntal inclinado. El extremo inferior debe tener apoyo, empotrándolo o por algún otro procedimiento para que resista fuerzas laterales. La inclinación de los puntales con respecto a la horizontal no debe ser superior a 45° y preferiblemente debe ser de aproximadamente 25° . El apoyo sobre suelo sucio debe ser adecuado. Para su ajuste suelen disponerse cuñas en el extremo inferior. El apuntalamiento puede hacerse también con perfiles laminados o con tubos de acero.

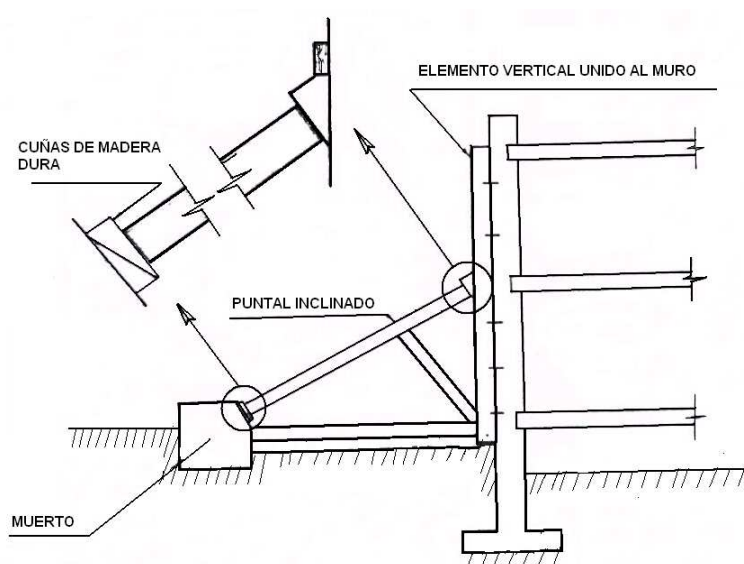


Figura N° 3.38: Apuntalamiento Exterior

Cuando no se dispone de espacio suficiente para colocar puntal o tensores inclinados exteriores, pueden utilizarse tirantes de acero que unan los muros exteriores con los interiores perpendiculares a ellos. También se pueden ligar los muros exteriores a elementos del sistema de piso como en la fig. 3.39 ó colocar tirantes de muro a muro como en la fig. 3.40.

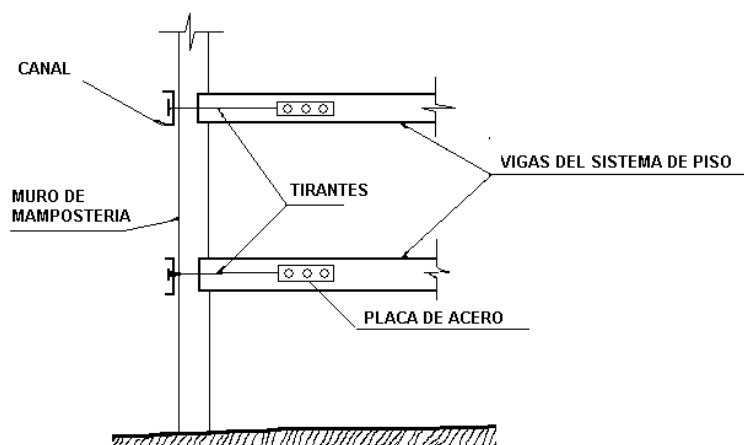


Figura N° 3.39: Anclaje de Muro Exterior a Vigas de los Sistemas de piso.

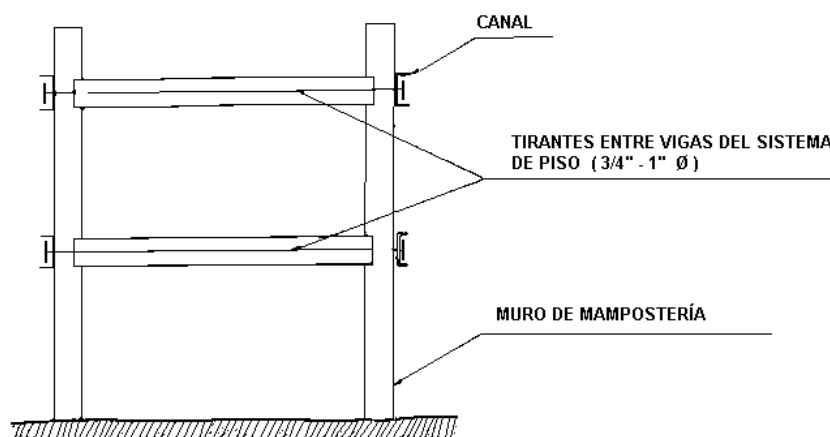


Figura N° 3.40: Anclaje de Muro a Muro.

Debe observarse que no siempre estos sistemas de soporte de los muros exteriores son suficientes para garantizar la estabilidad general de una estructura. Así en algunas situaciones deben complementarse con contravientos semejantes a los que se describen en el siguiente inciso.

3.11-1. 2-2.- Contraventeo de Marcos

Los edificios a base de marcos pueden rigidizarse por medio de contraventeos formados por miembros diagonales de madera o de acero que trabajen en compresión, dispuestos en la forma indicada en la fig. 3.41. Para que sean efectivos deben acunarse adecuadamente en ambos extremos. Debe también revisarse que la resistencia a cortante tanto de la viga como de la columna en los apoyos de los puntales inclinados sea suficiente para resistir las componentes debidas a dichos elementos rigidizantes. Si las columnas no son capaces de resistir las componentes Verticales introducidas por el contraventeo, será necesario completarlo con elementos adicionales verticales. Una forma de lograr lo anterior se muestra en la alternativa de contraventeo de la fig. 3.42.

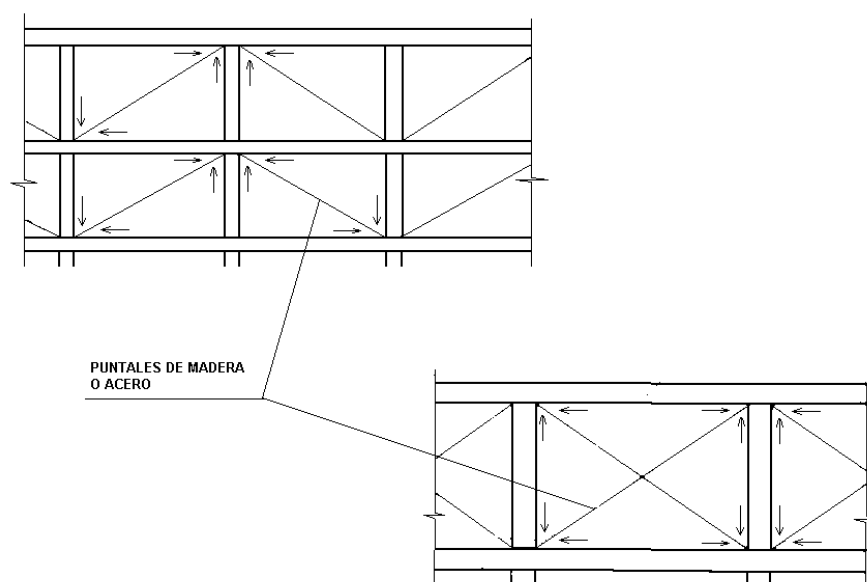


Figura N° 3.41: Contraventeo con Puntales en Compresión

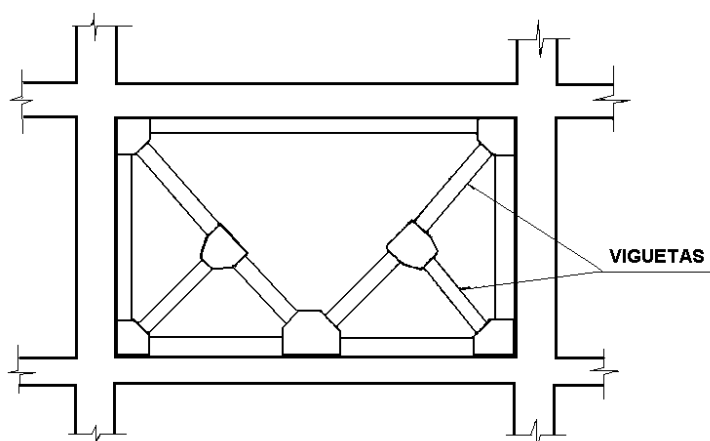


Figura N° 3.42: Alternativa de Contraventeo con Perfiles Metálicos.

El contraventeo puede también realizarse con miembros sujetos a tensión como se indica esquemáticamente en la fig. 3.43. Los miembros pueden consistir en cables o en perfiles laminados de acero. La ventaja de este tipo de contraventeo es que los miembros no están expuestos a pandeo. Los perfiles laminados se dimensionan por los métodos usuales de esfuerzos permisibles o de resistencia última. Los cables suelen dimensionarse por resistencia última ya que el dato que acostumbran dar los fabricantes es la carga de rotura. Un factor de seguridad de tres parece razonable. Para que sean efectivos los cables deben estar ligeramente tensados con templadores. Como en el caso de los elementos rigidizantes en compresión, deben revisarse los efectos que los tirantes producen en las vigas y columnas. Los detalles de unión de los tirantes a la estructura en proceso de reparación deben estudiarse cuidadosamente. En el caso de cables deben tenerse en cuenta las recomendaciones de los fabricantes.

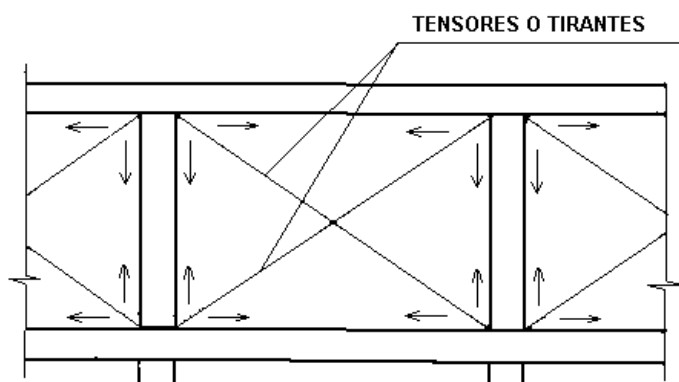


Figura N° 3.43: Contraventeo con Tensores o Tirantes.

En algunas situaciones puede resultar conveniente proporcionar a una estructura por medio de tirantes exteriores en la firma ilustrada en la figura 3.44. En tales casos es necesario diseñar un muerto de anclaje apropiado. El diseño de seguridad mínimo de 1.5 para las siguientes condiciones:

1. El Peso del muerto debe ser superior a la componente vertical del tirante.
2. La Superficie del muerto que actúa sobre el suelo debe ser lo suficientemente grande para que el empuje pasivo sea superior a la componente horizontal del tirante.
3. La Localización del Anclaje del tirante debe ser tal que no ocasione el volteo del muerto.

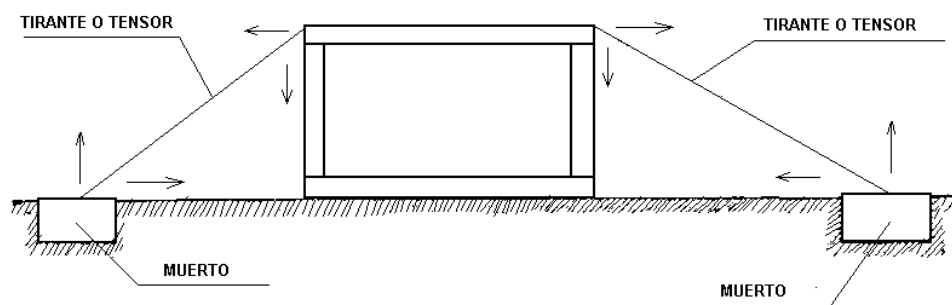


Figura N° 3.44: Soporte Lateral con Tirantes o Tensores Exteriores.

3.11-1.3.- Métodos de acuar

Para transferir cargas de los elementos estructura les dañados al sistema de soporte temporal es necesario acuar adecuadamente los miembros del sistema que trabajan en compresión. Esto puede hacerse por medio de diversos dispositivos: cunas de madera; gatos mecánicos; gatos hidráulicos ordinarios y gatos hidráulicos planos.

Las cuñas de madera deben fabricarse de madera dura, seca y libre de nudos. Las fibras deben quedar orientadas como se muestra en la fig. 3.45 Una vez ajustadas deben evitarse posibles movimientos clavándolas (fig. 3.46a). No deben usarse cuñas sueltas como en la fig.3.46b.

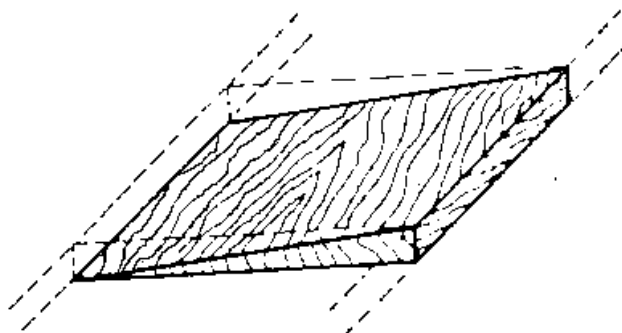


Figura N° 3.45: Orientación de las fibras en cuñas de madera.

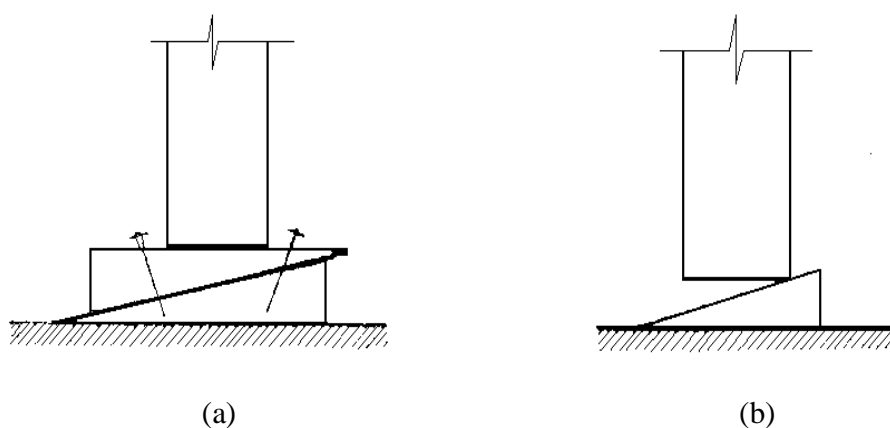


Figura N° 3.46: Uso de Cuñas de Madera

Los gatos mecánicos deben tener una superficie de apoyo proporcional a la carga que transmiten, de manera que no haya problemas de penetración excesiva, además dicha superficie debe estar en relación con la altura del gato de manera que no haya riesgo de volteo. Como regla general se sugiere que se cuente con 50 cm² de apoyo por cada tonelada de carga. Varios gatos hidráulicos pueden conectarse de manera que apliquen igual carga simultáneamente en varios elementos del sistema de apoyo. Los gatos hidráulicos deben estar calibrados de manera que el operador pueda relacionar la presión del aceite con la carga aplicada. Una ventaja de los gatos hidrúlicos es que pueden manejarse a distancia, sin que los operarios corran peligro durante el acuñaado.

Cuando la base de los gatos no proporciona un apoyo adecuado puede intercalarse una pieza de madera o una placa de acero entre la base y la superficie de apoyo para lograr una mejor repartición de la carga.

Los gatos planos constituyen un medio eficaz de acuñar y pueden operarse a distancia al igual que los gatos hidráulicos ordinarios. Generalmente funcionan inyectándoles agua o aceite. Si se desea hacer permanente la deformación del gato pueden inyectarse lechada de cemento; la presión de inyección deberá mantenerse mientras la lechada endurece. Los gatos planos suelen ser de forma circular aunque también se fabrican con otras formas. En la fig. 3.47a se muestra un gato plano antes y después de la inyección de líquido. A veces es conveniente colocar lechada, madera dura o placas de plomo entre la estructura soportada y el gato plano para mejorar las condiciones de apoyo (fig. 3.47b). Una vez terminada la operación de gateo es conveniente instalar cuñas de madera como medida de seguridad en caso de una pérdida de presión. (fig. 3.47c).

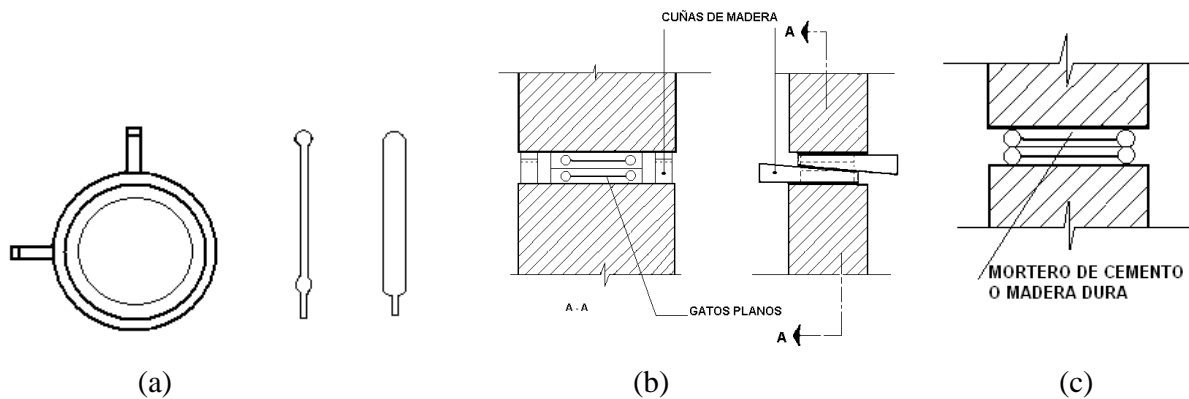


Figura N° 3.47: Gatos Planos

3.11-2.- MATERIALES DE REPARACION

La reparación de estructuras de concreto y mampostería necesita materiales adecuados para el resane de grietas y la sustitución de morteros y concretos dañados, que sean capaces de alcanzar rápidamente su resistencia y mantener su adherencia indefinidamente. En combinación, también se requiere acero de refuerzo, placas y perfiles metálico, soldadura y conectores mecánicos.

Algunos productos se comercializan ya dosificados y con instrucciones precisas para su aplicación. Cuando no sea así, ser necesario respaldar su uso con pruebas de laboratorio.

En la elección de los materiales de una reparación, debe procurarse que exista compatibilidad entre su resistencia y rigidez y la de los materiales originales.

3.11-2-1.- Resinas

Las resinas se emplean por lo general en la inyección de grietas en concreto de menos de 0.5 mm de ancho, o bien como pegamento para unir elementos metálicos al concreto.

Estos materiales son por lo general sistemas compuestos por una resina (epoxi, poliéster, acrílico, etc.) y su endurecedor. Ambos se pueden conseguir en forma líquida o sólida. Una vez mezclados, el endurecimiento se produce después de unos cuantos minutos, lapso que debe ser aprovechado para su aplicación. La resistencia final se alcanza en unas cuantas horas. Para la preparación y el empleo de las resinas debe seguirse las instrucciones especificadas por el fabricante.

Las propiedades más relevantes de las resinas son:

Excelente capacidad adhesiva; alta resistencia y dureza; resistencia a los ácidos, álcalis y solventes; baja contracción y gran durabilidad. Su principal inconveniente es su baja resistencia al calor, pues pierden su resistencia a temperaturas por encima de los 1000 C.

3.11-2-2.- Lechadas y Morteros

La lechada de cemento es una mezcla muy fluida de agua y cemento, que se puede emplear en la inyección de grietas menores de 0.5 mm de ancho en elementos de concreto o mampostería y en la preparación de la superficie de contacto entre concreto nuevo y viejo para mejorar la adherencia. En grietas de más de 0.5 mm de ancho es preferible recurrir al uso de lechadas de morteros de cemento-arena. Para reducir la contracción y aumentar la fluidez de la lechada, es recomendable utilizarla en combinación con aditivos extensores y plastificantes.

Existen en el mercado productos especiales (‘grouts’) a base de cemento, aditivos y arenas seleccionadas, que se distribuyen en dosificaciones específicas para lograr lechadas de baja contracción que desarrollan altas resistencias a edad temprana. Estos materiales son muy útiles para el anclaje de conectores metálicos en el concreto.

Para el resane de huecos, tanto en concreto como en mampostería, es conveniente recurrir al uso de morteros de cemento-arena en combinación con aditivos expansores que minimice la contracción. Asimismo, se pueden emplear morteros epóxicos a base de resinas, de gran adherencia, alta resistencia y baja contracción, que también proporcionan excelentes resultados en el anclaje de conectores metálicos en el concreto.

3.11-2-3.- Concretos

Los principales obstáculos que enfrenta el uso del concreto colado in situ en reparaciones son la contracción y la falta de adherencia que producen la pérdida de contacto con el concreto viejo. Para evitar la contracción se puede recurrir al uso de algún aditivo estabilizador, y para mejorar la adherencia, a la preparación de la superficie de contacto con lechada o con algún adhesivo.

Es posible acelerar el fraguado y mejorar la trabajabilidad del concreto por medio de aditivos acelerantes y plastificantes. El colado debe efectuarse por capas de menos de 2 cm., compactadas con vibrador. Un buen curado es importante para minimizar las contracciones. Para efectuarlo pueden utilizarse membranas de curado.

3.11-2-4.- Concretos Lanzado

El concreto lanzado presenta muchas ventajas como material de reparación, sobre todo para muros de concreto o mampostería buena adherencia; alta resistencia y necesidades mínimas de cimbra.

El equipo utilizado mezcla neumáticamente la arena y el cemento con el agua en el momento de la expulsión y proporciona la cantidad mínima necesaria para la hidratación, logrando así altas resistencias.

Para minimizar la contracción es necesario efectuar un curado apropiado. El uso de aditivos acelerante permite alcanzar la resistencia especificada con rapidez.

3.11-2-5.- Concretos a Base de Resinas

Este material se obtiene al sustituir el cemento por resinas (epoxi, poliéster, acrílico, metacriliato, etc.) en la fabricación de concreto. Resulta útil para reemplazar pequeños volúmenes de concreto dañado, por su gran adherencia, alta resistencia y baja contracción.

Además de su baja resistencia al calor, los concretos base de resinas tienen el inconveniente de tener un módulo de elasticidad mucho menor que los concretos de cemento Portland.

3.11-2-6.- Soldadura y Anclajes Mecánicos

La reparación de elementos de concreto y mampostería requiere con frecuencia la adición de acero de refuerzo y la fijación de conectores metálicos.

Debido a las altas temperaturas que genera, el uso de soldadura para unir el acero de refuerzo nuevo con el viejo puede producir cambios en sus características mecánicas. Por esta razón, se debe efectuar la soldadura de acuerdo con las normas, poniendo especial atención en precalentar el acero y en evitar su enfriamiento rápido. Una alternativa para la unión de barras son los sistemas de extrusión.

La necesidad de anclar elementos conectores metálicos en el concreto se puede resolver ahogándolos con lechadas o morteros. Otra opción consiste en recurrir a anclajes mecánicos como los clavos o pernos hincados por disparo; las barrenanclas y los taquetes.

3.11-3.- RESTAURACION Y REFUERZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

En el proyecto de reparación se podrá optar por intentar restaurar la resistencia original de los elementos estructurales, o bien por reforzarlos después de su restauración inicial. En ambos casos es conveniente aumentar la ductilidad.

Se debe poner especial cuidado al modelar para su análisis el tipo de refuerzo utilizado, pues si éste es sólo para fuerza cortante, la rigidez por flexión seguirá siendo la del elemento original. Igualmente habrá que tener en cuenta la historia de carga, considerando en general

que las cargas muertas son tomadas por los elementos originales, mientras que las cargas vivas y las de sismo son resistidas por el elemento y su refuerzo.

El refuerzo de elementos provoca cambios importantes en su rigidez, que incide en la magnitud de las fuerzas sísmicas y en su distribución en la estructura. Para evaluar estos efectos, basta en la mayoría de los casos con efectuar un análisis estructural que suponga el comportamiento monolítico del elemento original y su refuerzo. Será necesario revisar la relación de resistencia y rigidez entre vigas y columnas después del refuerzo, para comprobar que la aparición de articulaciones plásticas ocurra en las vigas antes que en las columnas.

3.11-3-1.- Restauración

3.11-3-1.1.- Inyección de Grietas

La inyección de resinas o lechadas en las grietas es un procedimiento adecuado para a restauración de elementos de concreto o mampostería con daños no muy severos.

Con este procedimiento se puede llegar a recuperar la resistencia original, pero solamente del 70% al 80% de la rigidez, debido a la imposibilidad de inyectar la totalidad de las grietas en elementos de concreto se recurre a la inyección de de; grietas cuando no se ha producido el aplastamiento del concreto y son pequeñas. En grietas de 0.5 mm de ancho se emplea la inyección de resinas. Para grietas de 0.5 a 5 mm de ancho es necesario mezclar las resinas con algún agregado.

Para efectuar la inyección se deberá proceder a limpiar de polvo las grietas con chorro de aire y a sellarlas superficialmente con yeso o cinta adhesiva, dejando ahogadas boquillas metálicas de 1 cm., de diámetro espaciadas de 20 a 50 cm. (Fig. 3.48)

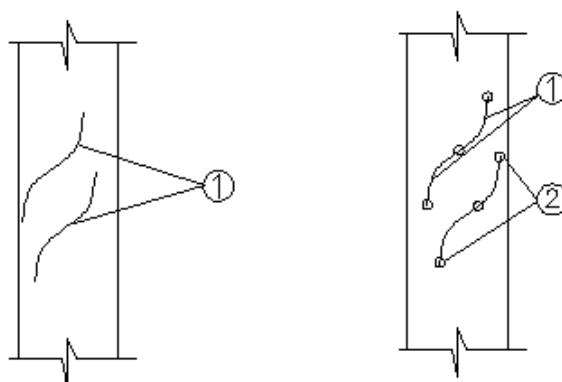


Figura N° 3.48: Inyección de Grietas en Columnas

Las resinas se introducen a presión principiando por la boquilla más baja y avanzando hacia arriba. La presión necesaria depende del ancho de la grieta y de la viscosidad del producto. Para grietas de más de 0.5 mm de ancho se puede intentar la inyección por gravedad.

El equipo de inyección puede ser tan simple como una pistola de calafateo, o tan complejo como un sistema que efectúe la dosificación y la mezcla de los componentes de la resma en forma automática en el momento de la inyección.

En muros de mampostería con grietas entre 0.5 y 3 mm de ancho se puede recurrir a la inyección de resinas, aun que resulta más práctico el uso de una lechada de mortero de cemento-arena. Para grietas de 3 a 10 mm de ancho será necesario emplear algún aditivo expansor con la lechada.

El procedimiento de inyección es semejante al descrito para elementos de concreto (fig. 3.49).

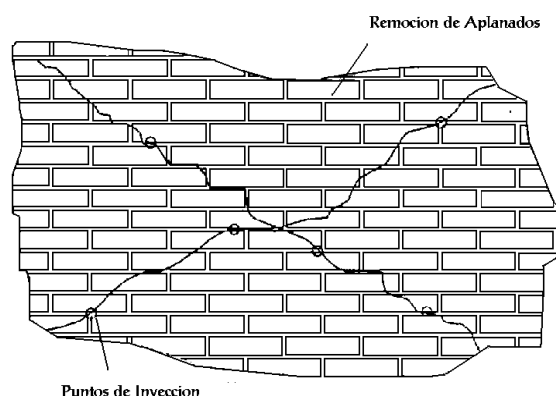


Figura N° 3.49: Inyección de Grietas en muros de mampostería

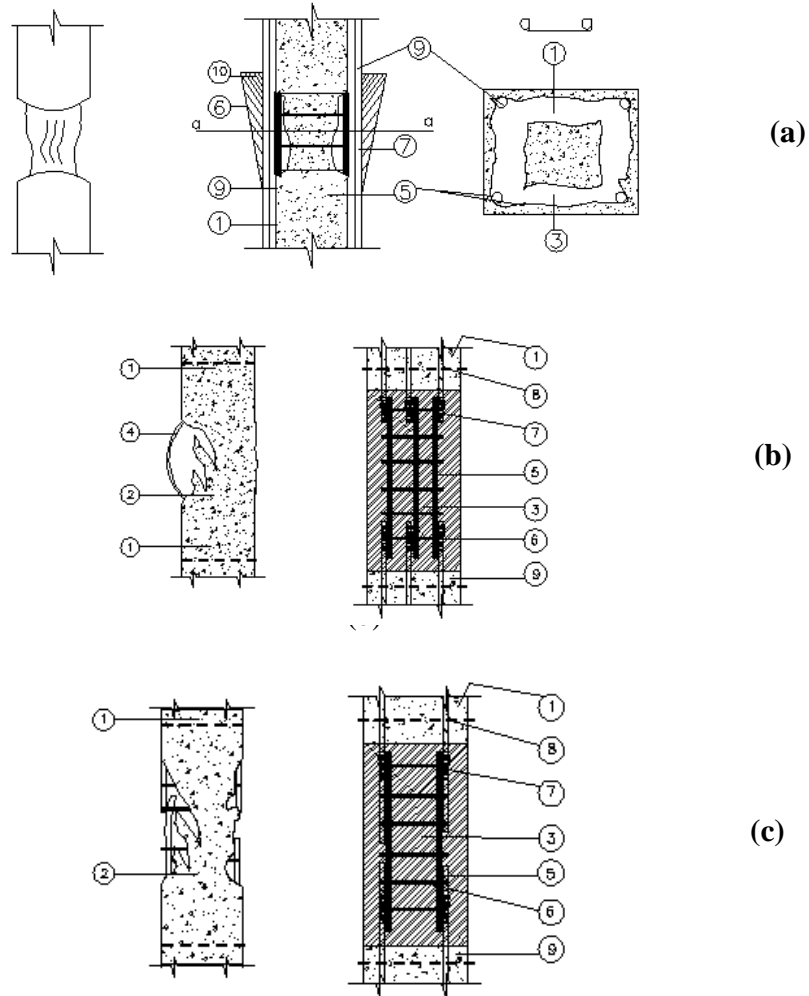
3.11-3-1.2.- Sustitución de Materiales

Esta técnica de restauración se recomienda cuando se tienen daños severos. Consiste en la reconstrucción del elemento, reemplazando los materiales dañados por otros en buen estado. Para lograr lo anterior, será indispensable liberar de carga al elemento en reparación mediante apuntalamiento.

La preparación de las superficies de unión entre los materiales viejos y los nuevos requiere de una limpieza previa mediante chorro de arena o en su defecto con cepillo de alambre y chorro de aire, a continuación de la cual, será necesaria la saturación con agua o la aplicación de lechada o de algún adhesivo a base de resinas.

En elementos de concreto se recurre a este método cuando se ha producido el aplastamiento del concreto o el pandeo del refuerzo. Se deberá proceder a remover el concreto dañado dejando una superficie rugosa, y en caso de que se requiera, se sustituirán los tramos de refuerzo pandeados por otros en buen estado, mediante su traslape con el refuerzo viejo, o con ayuda de soldadura o algún otro sistema de unión. En el colado se utilizará concreto con aditivos expansores, procurando usar una cimbra holgada que facilite la colocación del concreto, aunque queden sobrantes que haya que recortar posteriormente (fig. 3.50a).

Las figuras 3.50 a 3.53 ilustran algunas aplicaciones de esta técnica en columnas, vigas, uniones y muros de Concreto.



- 1. Concreto original sano; 2. Concreto dañado; 3. Concreto nuevo;
- 4. Refuerzo original; 5. Refuerzo nuevo; 6. Estribos adicionales;
- 7. soldadura; 8. Estribos existentes; 9. Refuerzo existente; 10. Cimbra.

Figura N° 3.50: Sustitución de Materiales en Columnas

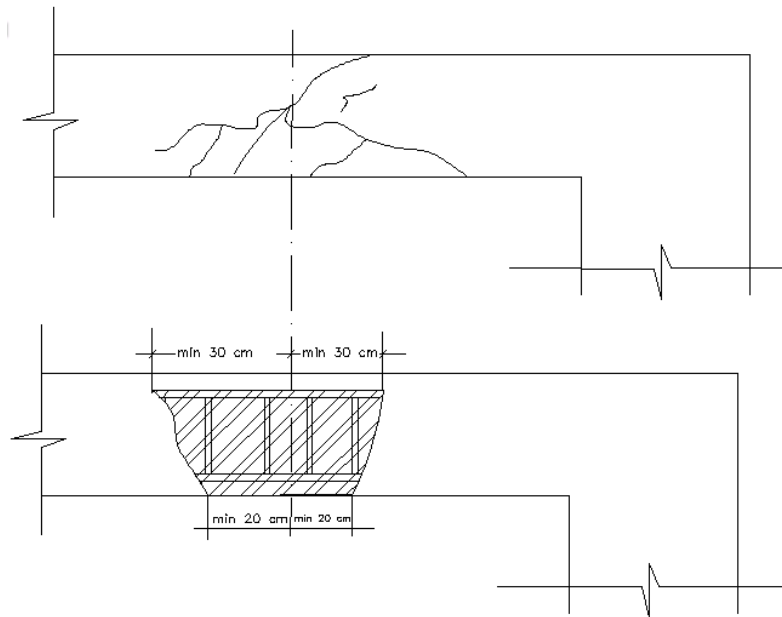


Figura N° 3.51: Sustitución de Materiales en Vigas

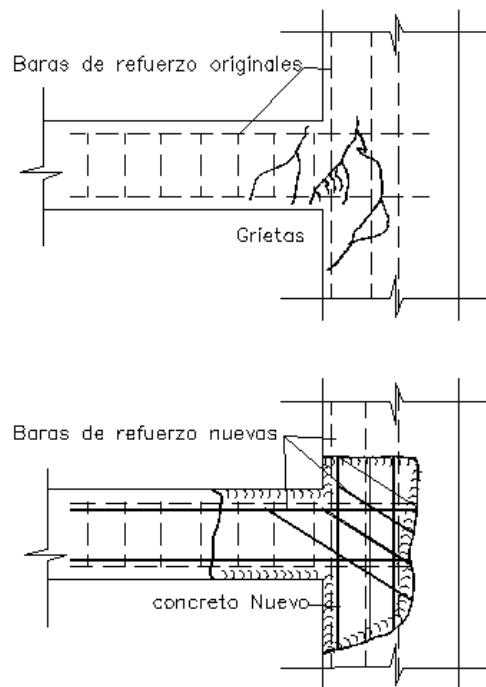


Figura N° 3.52: Sustitución de materiales en uniones

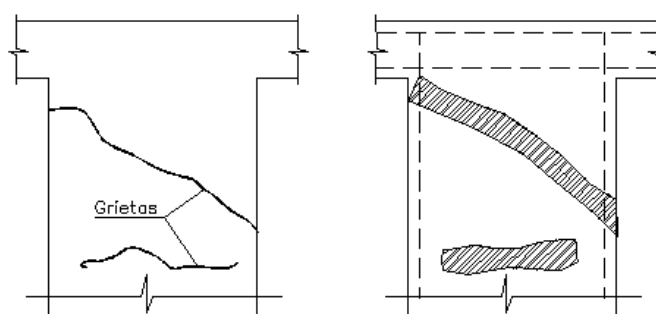


Figura N° 3.53: Sustitución de materiales en muros de concreto

También en elementos de mampostería con grieta de mas de 10 mm de ancho resulta recomendable proceder al reemplazo de las piezas dañadas usando un mortero rico en cemento. Una alternativa puede ser el sustituirlas por un castillo. (fig. 3.54).

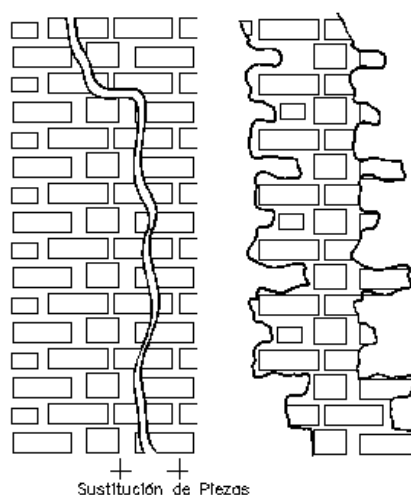


Figura N° 3.54: Sustitución de materiales en muros de mampostería

3.11-3-1.3.- Refuerzo de Columnas

3.11-3-1.3-1.- Encamisado a base de concreto reforzado

Este procedimiento de refuerzo de columnas consiste en envolverlas con barras y estribos adicionales o malla electro soldada y añadir un nuevo recubrimiento de concreto lanzado o colado in situ.

Si sólo se encamina la columna en el entrepiso se obtiene un incremento en su resistencia ante carga axial y fuerza cortante, así como un comportamiento más dúctil, pero no se altera la resistencia a flexión original. Mejorar esta última implica extender el encamisado a través de la losa, prolongando el acero longitudinal por orificios que también faciliten el colado y añadiendo algunos estribos que atraviesen las almas de las vigas

El encamisado más común es el que se efectúa alrededor de la columna. Si la columna es de sección rectangular el refuerzo se concentra cerca de las esquinas para permitir su confinamiento con estribos, o bien se reparte de manera más uniforme uniéndose el refuerzo nuevo al viejo mediante conectores soldados.

Cuando existen restricciones de espacio, es posible encamisar por 1, 2 o 3 lados únicamente. En tal caso se puede recurrir al uso de ganchos, estribos soldados o conectores entre el refuerzo longitudinal para conseguir el monolitismo en el elemento.

3.11-3-1.3-2.- Encamisado Metálico

El encamisado metálico se puede efectuar mediante un esqueleto de perfiles unidos entre sí con soleras o varillas soldadas, o bien, con el recubrimiento total de la columna a base de placas.

En ambos casos se requiere especial atención para el diseño de la unión con las losas, que puede resolverse mediante un collar de ángulos. El espacio entre la camisa y la columna se debe rellenar con un mortero con aditivo expansivo o a base de resinas.

El recubrimiento final a base de concreto reforzado y malla electro soldada otorga cierta protección contra la corrosión y el fuego y constituye un buen acabado.

3.11-3-1.4.- Refuerzo en Vigas

3.11-3-1.4-1.- Encamisado de Concreto Reforzado

De manera similar a lo descrito para columnas, también se pueden reforzar las vigas con un encamisado de concreto teniendo las mismas precauciones que en el caso mencionado.

Si solamente se requiere reforzar la resistencia a flexión, se puede recurrir al encamisado de la cara inferior, usando conectores soldados para unir el nuevo refuerzo al viejo, así como estribos adicionales que también serán soldados a los originales. Para proporcionar el anclaje adecuado en los extremos, se puede recurrir a un collar de ángulos alrededor del extremo de la columna.

Cuando se requiere reforzar tanto para flexión como para cortante, el encamisado se puede efectuar en 3 caras o todo alrededor de las vigas; en este último caso resulta factible añadir refuerzo por momento negativo. La perforación de la losa es necesaria tanto para pasar los estribos como para facilitar el colado.

3.11-3-1.4-2.- Encamisado Metálico

Para el refuerzo de vigas por flexión o cortante, se puede hacer uso de placas metálicas adheridas con resinas epóxicas y conectores mecánicos a las caras del elemento. Otra alternativa de refuerzo la constituye el empleo de estribos post tensados exteriores que aumenten la capacidad a cortante y la ductilidad de la viga.

3.11-3-1.5.- Refuerzo de uniones viga-columna

3.11-3-1.5-1.- Encamisado de concreto reforzado

Con las mismas recomendaciones establecidas para el encamisado de columnas, se puede usar esta técnica en el refuerzo de las uniones viga-columna.

El encamisado se puede efectuar localmente en el nudo, o bien en combinación con el encamisado de vigas y columnas.

3.11-3-1.5-2.- Encamisado Metálico

En estructuras con marcos en una sola dirección, como es el caso de algunos edificios industriales, es posible reforzar las uniones con placas metálicas adheridas con resinas epóxicas y conectores mecánicos.

3.11-3-1.6.- Refuerzo de Muros de Concreto

3.11-3-1.6-1.- Incremento de Secciones

El aumento en el espesor de un muro de concreto significa un incremento en su resistencia al corte. Si además se requiere reforzar su capacidad para resistir la flexión, se debe aumentar particularmente la sección de sus extremos, concentrando en ellos buena parte del refuerzo adicional.

El concreto nuevo deberá anclarse al viejo mediante conectores ahogados en éste con morteros epóxicos, o que atraviesen el muro si el refuerzo se tiene en ambas caras. La preparación de las superficies. Es preferible usar concreto lanzado que colado in situ.

Para transmitir las fuerzas cortantes entre los muros y las losas, así como para lograr la continuidad necesaria para el trabajo a flexión, se puede recurrir a perforaciones en las losas que permitan el paso del refuerzo y faciliten el colado

3.11-3-1.7.- Refuerzo de Muros de Mampostería

3.11-3-1.7-1.- Recubrimiento con Mortero Perforado

Este tipo de refuerzo se efectúa recubriendo el muro con malla electro soldada o malla de alambre y un aplanado de mortero. La malla deberá unirse al muro mediante conectores distanciados de 50 a 60 cm. en ambas direcciones. Aunque se puede trabajar en una sola cara,

los mejores resultados se obtienen cuando el recubrimiento se coloca en las dos y los conectores atraviesan el muro. (Fig. 3.55).

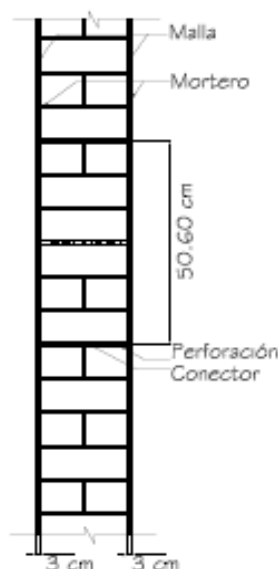


Figura N° 3.55: Recubrimiento de muros de mampostería con mortero reforzado.

Para restaurar tan sólo la resistencia original en muros de tabique rojo o de tabicón, se puede recurrir a eliminar el aplanado original 0.5m a ambos lados de la zona agrietada y después de resanar las grietas, colocar una capa de malla de alambre de tejido rectangular unida al muro con taquetes, aplanados nuevamente con mortero de cemento.

3.11-3-1.7-2.- Refuerzo de Uniones

La mampostería sin confinamiento tiene la tendencia al volteo e sus muros por efecto del sismo, debido a la precaria unión entre ellos. La introducción de un sistema de liga constituye un buen refuerzo para este tipo de estructuras, cuyo representante más típico son las casas de adobe. El uso de tirantes horizontales, además de servir de liga entre los elementos de la estructura contribuye a mejorar su resistencia al corte (fig. 3.59).

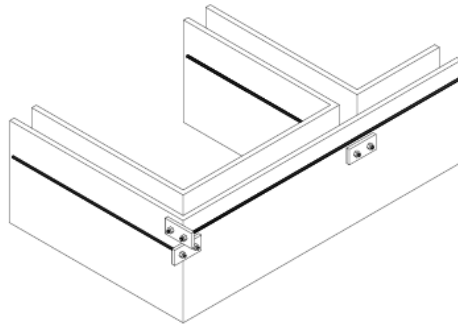
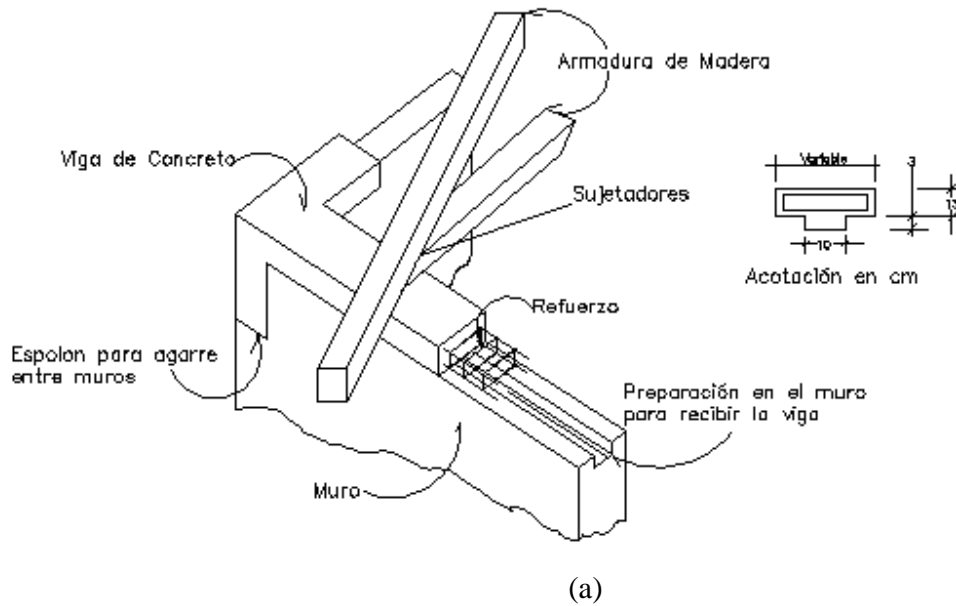
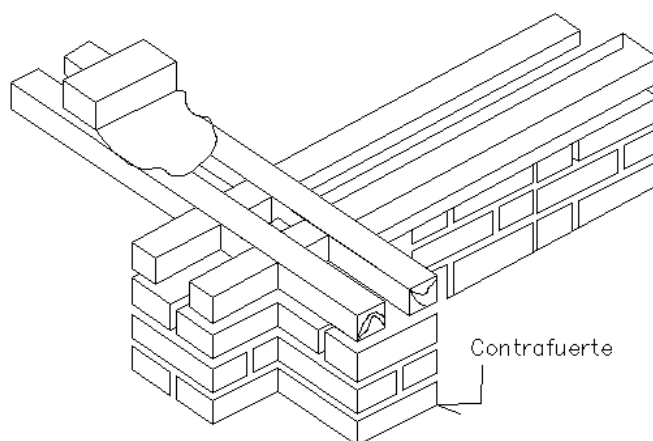


Figura N° 3.56: Refuerzo con tirantes de muros de mampostería

Otro procedimiento de refuerzo consiste en el uso de cadenas perimetrales de concreto (fig. 3.57a) de madera, con o sin contrafuertes adicionales (fig. 3.57b).





(b)

Figura N° 3.57: Confinamiento de muros de mampostería con cadena perimetral.

En estructuras de mampostería con techos de armaduras de madera o acero, es posible reforzar la liga entre el techo y los muros para evitar su volteo, rigidizando el techo mediante contraventeo en su plano y reforzando su anclaje a los muros (fig. 3.58).

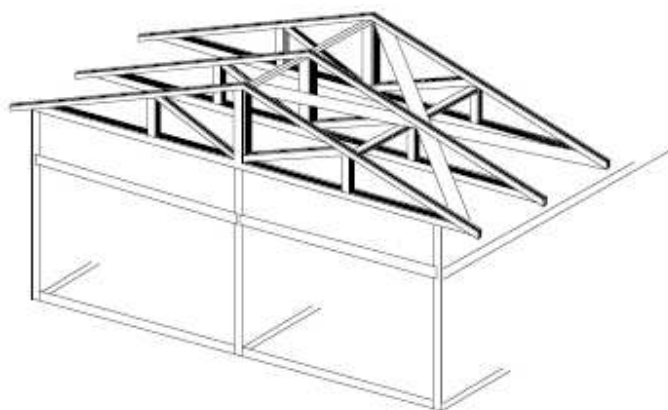


Figura N° 3.58: Rigidización de Techos de Armaduras.

También se puede recurrir a fajas de mortero reforzado similares en su fabricación al recubrimiento descrito en el inciso anterior, cuidando de mantener la continuidad de la malla de alambre en las esquinas (fig. 3.59).

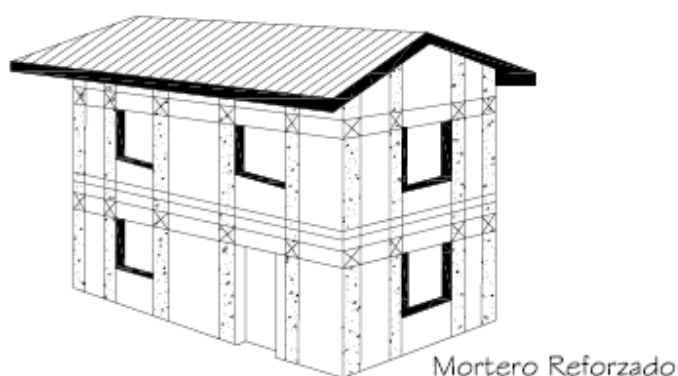


Figura N° 3.59: Confinamiento de muros de mampostería con fajas de mortero reforzado.

3.11-4.- RESTAURACION Y REFUERZO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.

Los elementos no estructurales están constituidos por el equipo y las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la construcción, así como por los elementos arquitectónicos.

La reparación de estos elementos implica en la mayoría de los casos la restauración y el refuerzo de sí mismos y de sus uniones con la estructura, teniendo en cuenta su interacción con ésta última. Si se ha optado por desligar dichas uniones, de manera tal que el movimiento de la estructura no introduzca distorsiones en los elementos no estructurales, deberán restaurarse las juntas manteniendo holguras adecuadas a los desplazamientos esperados y además será necesario revisar estabilidad de los elementos ante el sismo para restaurar y reforzar sus anclajes. Si por el contrario, la solución consiste en integrar los elementos no estructurales a la estructura, estos deberán tenerse en cuenta para el análisis de la distribución de las fuerzas, de donde deberán obtenerse los elementos mecánicos para plantear su restauración y refuerzo.

La gran diversidad de elementos no estructurales hace difícil detallar cada caso en particular. A continuación se presentan recomendaciones para los principales elementos arquitectónicos.

3.11-4-1.- Muros Divisorios

El tipo más común de elementos divisorios en nuestro medio lo constituyen los muros de mampostería; éstos en general son elementos muy rígidos, que tienden a trabajar estructuralmente absorbiendo buena parte de las fuerzas sísmicas cuando se encuentran ligados a la estructura; sin embargo, son también muy frágiles y sufren daños ante deformaciones pequeñas. Por esta razón, no conviene integrarlos a la estructura, a menos que también ella sea muy rígida (marcos robustos de poca altura o estructuras a base de muros de concreto).

Debe tenerse especial cuidado en evitar ligar a la estructura muros que no cubran toda la altura y que propicien la falla de las columnas como “columnas cortas”. Asimismo, debe evitarse que la ubicación de los muros que se liquen origine excentricidades importantes, como es el caso con los muros de colindancia en edificios en esquina.

Si el problema se presentó en la unión con la estructura en muros desligados, o bien el criterio de reparación exige el desligue de algunos muros, debe proporcionarse una separación mínima de 2 cm., respecto a las columnas y a la losa superior, cuidando de garantizar la estabilidad de muro contra el volteo. Las holguras en los extremos de los muros se deben rellenar con algún material flexible y aislante como la espuma de poliestireno o el celotex.

Cuando los elementos divisorios son productos comerciales el tipo de los constituidos por un armazón de madera o metálico con recubrimientos de madera o yeso, se tienen muros más flexibles, que de todas formas conviene desligar de la estructura mediante detalles que dependen de cada producto en particular.

3.11-4-2.- Recubrimientos

Los recubrimientos pétreos dañados, deberán ser reemplazados cuidando de proporcionar algún anclaje mecánico con la estructura.

En el caso de recubrimientos prefabricados, además de detallar los anclajes, será necesario proveer las holguras necesarias entre ellos para evitar que los afecten los movimientos laterales de la construcción. Deberá tenerse en cuenta que dependiendo del tipo

de anclaje, estos elementos pueden introducir modificaciones importantes en la rigidez de la estructura.

3.11-4-3.- Ventanas

Para la reparación de la ventanearía, además de sustituir los vidrios rotos, debe verificarse que exista una holgura entre los marcos de las ventanas y la estructura o entre ellos y los vidrios. Esta holgura debe rellenarse con un sellador que permanezca flexible con el tiempo.

Se recomienda que la holgura mínima sea:

$$c = \frac{\Phi b}{2(1 + b/h)} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde c es la holgura mínima (cm.), Φ es la distorsión de entrepiso admisible b y h son el ancho y el alto del vidrio (cm.).

3.11-4-4.- Plafones

La reparación de plafones implica: reemplazar las piezas dañadas; restaurar y reforzar los anclajes al techo incluyendo contraventeo para evitar el balanceo, y garantizar una holgura perimetral que evite la interacción con la estructura.

3.11-5.- SUPERVISION Y VERIFICACION DE LA REPARACION

3.11-5-1.- Objetivos

La reparación de una estructura implica el empleo de materiales, técnicas y soluciones estructurales poco comunes en la práctica cotidiana. Por esta causa, resulta necesario implantar

procedimientos de supervisión, tanto al nivel del proyecto como de la construcción, cuyo objetivo sea la correcta ejecución de un trabajo muy especializado.

3.11-5-2.- Supervisión del Proyecto

Es conveniente que los grupos de diseño recurran a la asesoría y supervisión de ingenieros independientes, para proyectos de la importancia que puede tener la reparación de una estructura. En una primera etapa, esta relación puede establecerse a través del estudio de las alternativas de solución, posteriormente, el supervisor deberá revisar los criterios de diseño, comprobar la exactitud de los cálculos y verificar que los planos y las especificaciones transmitan la solución de manera clara y precisa al constructor.

3.11-5-3.- Supervisión de la Construcción

La supervisión del proceso constructivo por personal independiente del contratista es un procedimiento comúnmente aceptado. La principal diferencia que presenta la supervisión de una obra de reparación respecto a una construcción nueva, estriba en el manejo de materiales novedosos como concreto lanzado y las resinas, y en la necesidad de adaptar las soluciones del proyecto a las condiciones ya existentes en la estructura, manteniendo un control riguroso de la ejecución de todos los detalles.

La supervisión de calidad en el concreto lanzado, requiere de la inspección continua de los materiales, el equipo y el procedimiento de aplicación. Debe intentarse detectar huecos a golpe de martillo y apoyar la supervisión con la prueba de paneles de muestra y con la extracción de corazones.

El control de calidad por el uso de resinas implica la supervisión del proporcionamiento y del procedimiento de mezclado de los componentes, así como la inspección del proceso de aplicación, cuidando que ésta se lleve a cabo en el tiempo especificado a partir de la mezcla. La extracción y prueba de corazones en grietas inyectadas con resinas, permite verificar la calidad de la inyección y la del comportamiento de la resina. También puede usarse para este objetivo el análisis con ultrasonido del elemento reparado.

3.11-5-4.- Verificación de la Reparación

Las pruebas de carga como método de verificación de la eficiencia de la reparación, se encuentran limitadas por las posibilidades de aplicar cargas laterales, pues no es posible evaluar la capacidad resistente ante sismo de una estructura a partir de una prueba de carga vertical.

Una buena alternativa consiste en la medición del periodo fundamental de la estructura antes y después de la reparación. Si ésta se ha efectuado con éxito, el aumento en la rigidez de la estructura se debe reflejar en una disminución del periodo, que debe coincidir en su valor con el obtenido del modelo dinámico usado para el análisis de dicha reparación. La determinación del periodo se deriva del análisis de las vibraciones de la estructura debidas al ruido ambiental, a la imposición de condiciones iniciales de velocidad o deformación, o a un equipo excitador. Usualmente se colocan los sensores en los ejes principales del edificio y se efectúan las mediciones en dos direcciones ortogonales y en varios niveles intermedios.

INTRODUCCION

En este capítulo se aplica la metodología para la evaluación de edificios a la Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz, con el propósito de proporcionar la información necesaria con la que se debe contar para cuantificar y calificar los daños en dicho edificio. La cuantificación y calificación de daños, permitirá determinar la necesidad de realizar un proyecto de reparación o de reforzamiento.

Para ello se dividió la evaluación en dos etapas: evaluación de daños estructurales y evaluación de daños no estructurales. Para la primera etapa se elaboró una guía de clasificación de daños en elemento estructurales; tomando como parámetro los daños más comunes observados en la inspección visual primaria del edificio, para la realización de esta etapa se hizo la utilización de formatos los cuales facilitaron el registro de los daños, además de pruebas para determinar la calidad de los materiales utilizados en la construcción de la edificación. La segunda etapa comprende la evaluación de daños en elemento no estructurales, es importante mencionar que además se efectuó; un análisis de los posibles riesgos que presentan los elementos decorativos religiosos; tomando en cuenta su posición o lugar que ocupan dentro de un ambiente en la estructura, elaborando para ello una guía de evaluación de riesgos ante un movimiento sísmico, con el objetivo de mejorar la seguridad de la personas que visitan la Basílica.



Aplicación de la Metodología de Evaluación de Daños de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz

4.1 METODOLOGIA DE EVALUACION DE DAÑOS APLICADA EN CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.¹

- Identificación de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
 - a) Descripción Histórica General del inmueble
 - b) Descripción Estructural del inmueble.

- Información Complementaria
 - a) Levantamiento Planimétrico y Altimétrico de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
 - Planos Arquitectónicos

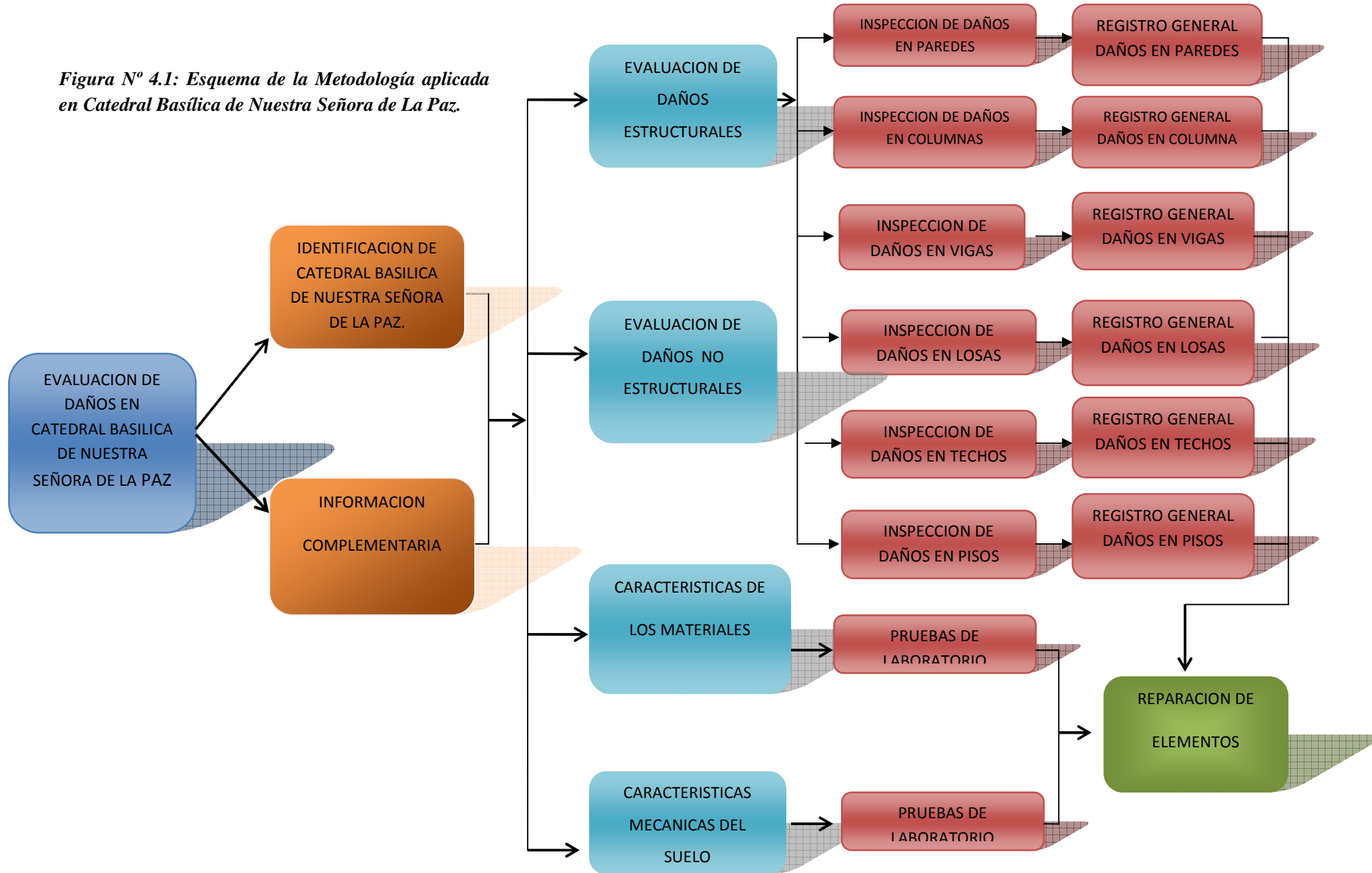
- Levantamiento de Daños de Elementos Estructurales
 - a) Inspección Preliminar y Definitiva de Daños
 - Inspección de Daños en Paredes.
 - Inspección de Daños en Columnas.
 - Inspección de Daños en Vigas.
 - Inspección de Daños en Losas.
 - Inspección de Daños en Techos.
 - Inspección de Grietas en Piso.

 - b) Registro General de Daños
 - Registro General de Daños en Paredes.
 - Registro General de Daños en Columnas.
 - Registro General de Daños en Vigas.
 - Registro General de Daños en Losas.
 - Registro General de Daños en Techos.
 - Registro General de Grietas en Piso.

¹ Metodología Elaborada por el grupo de Trabajo de Graduación

- c) Daños más Importantes
- d) Posibles Causas de Daños
- Levantamiento de Daños de Elementos No Estructurales
 - a) Evaluación de Riesgo de Accidentes por Elementos No Estructurales e Imágenes Religiosas en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
 - Verificación de Daños No Estructurales por Ambiente.
- Características de los Materiales
 - a) Inspección de la Calidad de los Materiales
 - b) Análisis de Resultados
- Características Mecánicas del Suelo
 - a) Inspección de la Resistencia del Suelo.
 - b) Análisis de Resultados

Figura N° 4.1: Esquema de la Metodología aplicada en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.



4.2 IDENTIFICACION DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.

4.2.-1 Descripción Histórica General del Inmueble

La Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, esta ubicada entre la cuarta calle oriente, sexta avenida norte, segunda calle oriente y cuarta avenida norte del Barrio el Centro de la Ciudad de San Miguel. Dicho edificio fue inaugurado en el año de 1962, y es propiedad de la Diócesis de San Miguel, posee un área total construida de 2,464.20 m² y un área total del terreno de 3,687.47 m². Actualmente el edificio sirve como templo religioso y alberga cada año a miles de feligreses.

4.2.-1.1 Información General

El 19 de Marzo de 1862 se colocó la primera piedra que daría inicio a la construcción gracias al dinamismo y al empeño puesto por el Capitán General Gerardo Barrios. Su construcción estuvo bajo la dirección del constructor Francés Eugenio Crepiat, dicha edificación fue en ese tiempo la innovación puesto que es el primer edificio construido en El Salvador utilizando estructuras de acero.

Su primera modificación fue realizada por el Padre Fernández, quien modificó las columnas que sostienen la cúpula y gran parte de la estructura metálica. Realmente no se conoce quien diseñó los planos originales de la Basílica, pero los primeros estudios afirman que fueron realizados por el ingeniero Kirt. En 1921 el Ingeniero italiano J. Ivernizzio realizó modificaciones a los planos originales, cambiándolos por los planos que fueron utilizados para terminar la construcción del edificio.

Algunos de los materiales que se ocuparon en la construcción fueron importados, la cubierta de techo compuesta por tejas de barro cocido se importaron de Bélgica, las campanas que forman el campanario ubicado en la torre derecha se importaron de Alemania, los vitrales

de imágenes bíblicas que adornan las ventanas fueron manufacturados en México, y el altar mayor ubicado en la nave principal bajo la cúpula y que alberga a la Virgen de La paz, fue elaborado en mármol y traído de Italia, la estatua que adorna la fachada principal de la Catedral es una imagen hecha en bronce que representa a Cristo Rey.

Su última modificación fue realizada en el año 2000, y en la cual se construyo en la parte ubicada sobre la cuarta calle poniente un edificio de dos niveles el cual actualmente se utiliza como librería.

4.2.-2 Descripción Estructural del Inmueble.

El sistema Estructural de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, es un sistema estructural combinado (marcos-paredes de carga), dicho sistema esta constituido por perfiles de acero y paredes de mampostería de barro y piedra, cada una de las paredes que forman la edificación esta recubierta con una capa de mortero de 0.07 cm. de espesor, las columnas ubicadas en el exterior del edificio están elaboradas en concreto reforzado y las columnas que están ubicadas en su interior y que en sus totalidad forman veintiséis y poseen una altura de quince metros, están elaboras en perfiles de acero y recubiertas con mampostería de barro, cabe mencionar que cada columna se encuentra unida a otra mediante vigas transversales y longitudinales, las que se observan en la parte interior del edificio, dichas vigas están elaboradas con concreto reforzado. La Nave principal la cual posee una longitud de 36 metros y las naves de los extremos así como también, la Cúpula ubicada sobre el altar mayor están constituidas en su totalidad por una estructura de acero recubierta de concreto reforzado con una malla y una rejilla de acero liso de No 3/8”@ 0.25cm . La Losa que se encuentra por debajo de la nave principal y de las naves ubicadas a los extremos posee un espesor de 10 cm. y se encuentra a una altura de 20 metros y esta construida en concreto reforzado, y con platinas longitudinales y transversales de acero.

Además se pueden observar en su exterior elementos como:

- Muro de contención elaborado en mampostería de piedra, ubicado a los alrededores del terreno, con el propósito de mantener unido el material de relleno utilizado, para la edificación de los cimientos del inmueble.
- Azoteas, las que se encuentran ubicadas en los extremos del inmueble, dichas azoteas están elaboradas de concreto reforzado y poseen un espesor de 15 cm. y una altura de 7.85 metros, estas funcionan como techo para las siguientes capillas: Capilla a la Reyna de La Paz y Capilla a la Virgen de Guadalupe.
- Dos Torres, las cuales poseen un sistema estructural de marcos con paredes de relleno, elaboradas en mampostería de barro, dichas torres tienen una altura total de 21 metros a partir de la losa, culminadas en su máxima elevación con una cruz de 1.75 metros de altura elaborada con concreto reforzado. Cabe mencionar que en la parte interior de cada torre se encuentra una losa, con un espesor de 35 cm. y edificada con concreto reforzado.
- El techo, el cual esta compuesto por estructuras metálicas y recubiertas con tejas de concreto y de diferentes tipos y tamaño

4.3 IDENTIFICACION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

✦ Clasificación del sistema estructural

Para la edificación de La Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz se utilizaron diversos sistemas estructurales para solventar las necesidades de cargas gravitacionales y sísmicas.

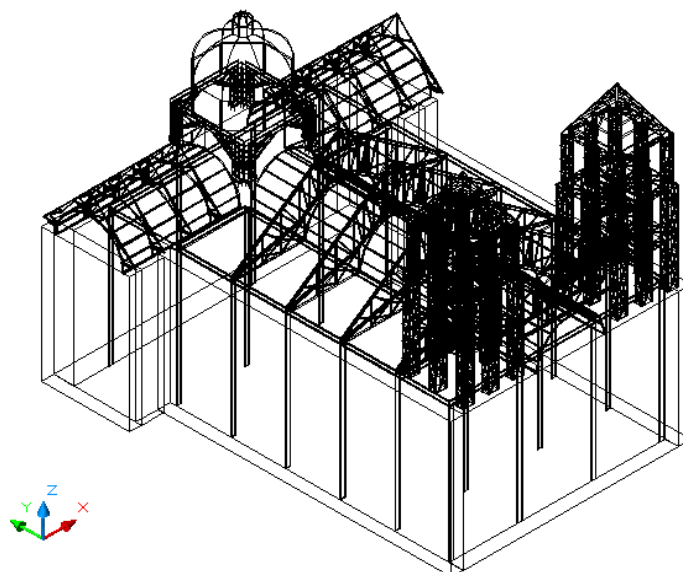
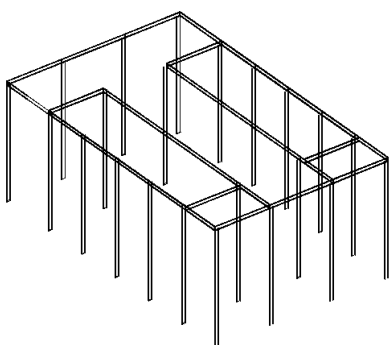
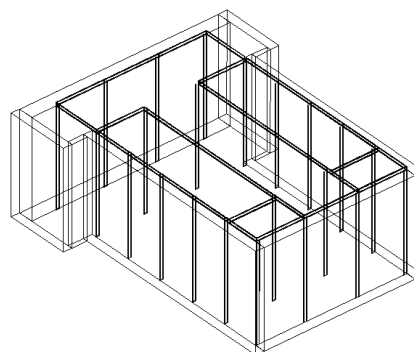


Figura N° 4.2: Vista de tridimensional de la estructura utilizada en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

En un nivel inferior esta formada por sistema estructural combinado entre marcos de acero y muros de mampostería de barro.



Sistema Combinado de marco y muro



Marco de acero compuesto por columnas y vigas

Figura N° 4.3: Sistemas Estructurales aplicados en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

Las columnas transmiten el peso del techo a las cimentaciones, reciben la carga en dirección de su eje principal. Los muros además de ayudar a soportar el peso del techo son diseñados para dar mayor rigidez y así absorber los empujes laterales debido al coceo de arcos y bóvedas, y al efecto de sismo.

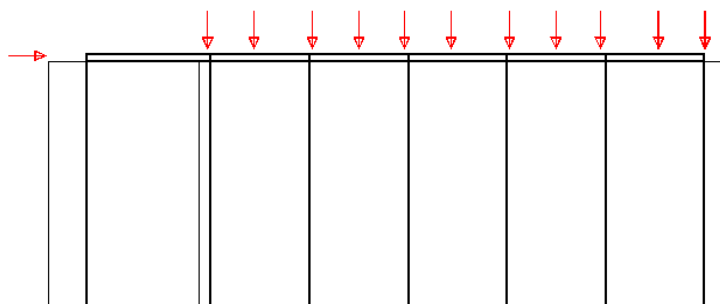


Figura N° 4.4: Distribución de Cargas en Paredes

En su fachada principal posee las dos grandes torres que identifican el edificio, son **armaduras verticales** de acero elevadas en tres niveles. Entre cada nivel se encuentran elementos tensores que mantienen sujeto el conjunto de columnas de las torres, cuyas dimensiones geométricas disminuyen en el tercer nivel.

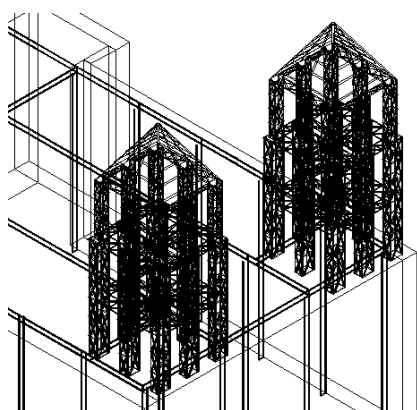


Figura N° 4.5: Vista tridimensional de las Torres.

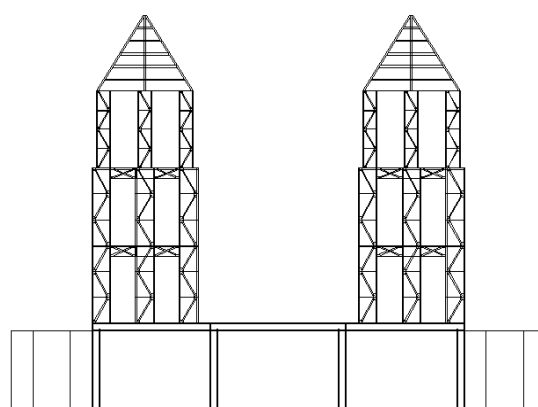


Figura N° 4.6: Vista frontal de las Torres.

Las losas que cubren el pasillo principal y las naves laterales de la Catedral son las **Bóvedas de Cañón Corrido** formadas por perfiles de acero en ambas direcciones, que refuerzan al concreto, y que puede visualizarse como una sucesión de arcos adosados.

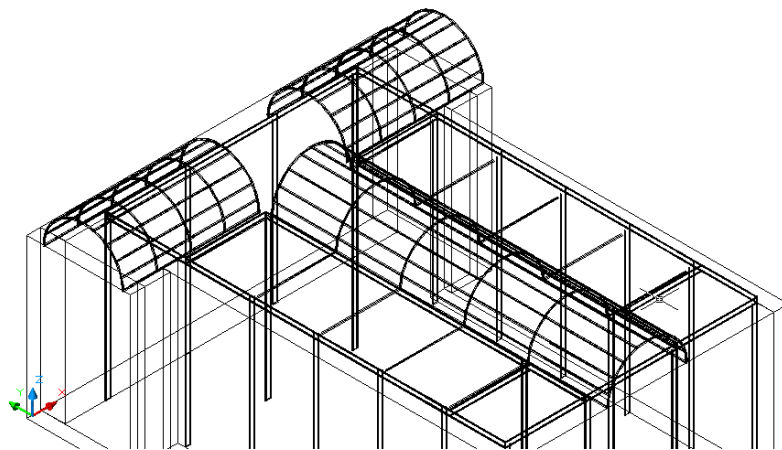


Figura N° 4.7: Vista Tridimensional de Bóvedas de Cañón Corrido

Para sostener la carga del techo y simultáneamente el peso de las bóvedas de cañón corrido la edificación esta compuesta por una imponente serie de **armaduras** utilizando diversos elementos de acero como perfiles 'I', perfiles 'C', ángulos y placas de acero que actúan a tensión y compresión.

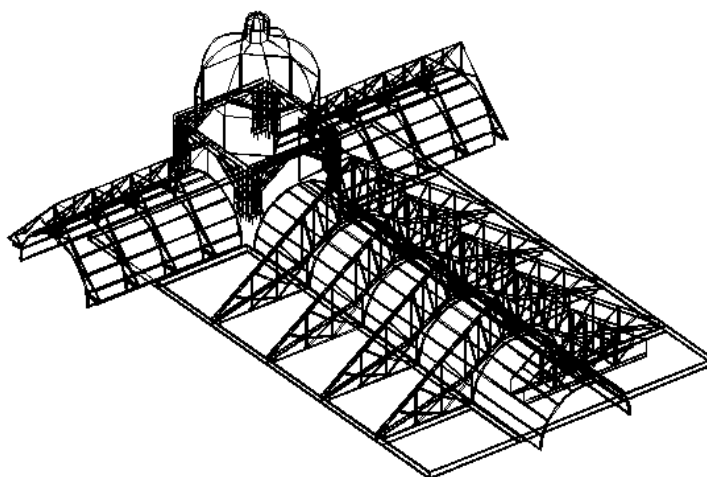


Figura N° 4.8: Vista Tridimensional de las Armaduras

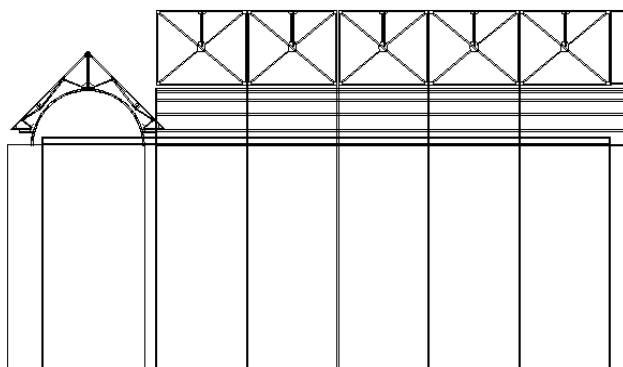


Figura N° 4.9: Vista de Perfil de las Armaduras

Las cargas que soportan las armaduras luego son transmitidas a los muros de mampostería y a las columnas.

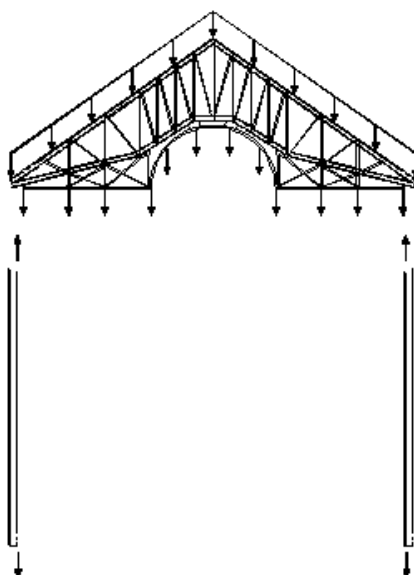


Figura N° 4.10: Transmisión de Cargas de las armaduras a muros de mampostería y columnas.

Entre las bóvedas de cañón corrido esta ubicada la **Cúpula esférica**. Una superficie de este tipo se puede visualizar por meridianos que transmiten por compresión las cargas, debidas sobre todo a su propio peso, hacia los apoyos y por paralelos que restringen la deformación transversal de los meridianos, trabajando a tensión en algunas zonas y a compresión en otras.

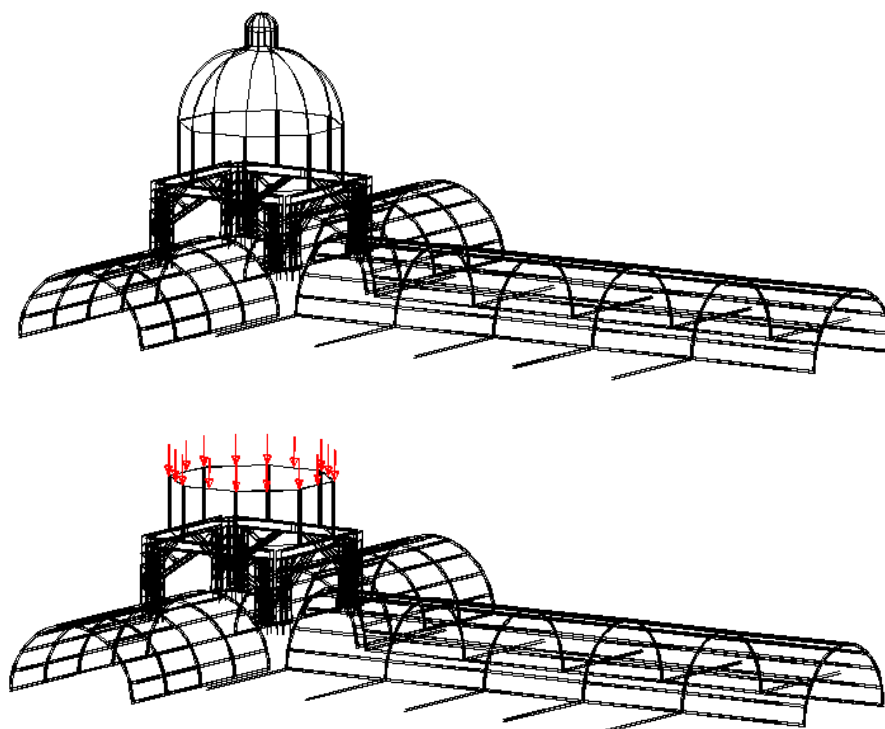


Figura N° 4.11: Cargas sísmicas aplicadas a los diversos elementos de la estructura en ambas direcciones.

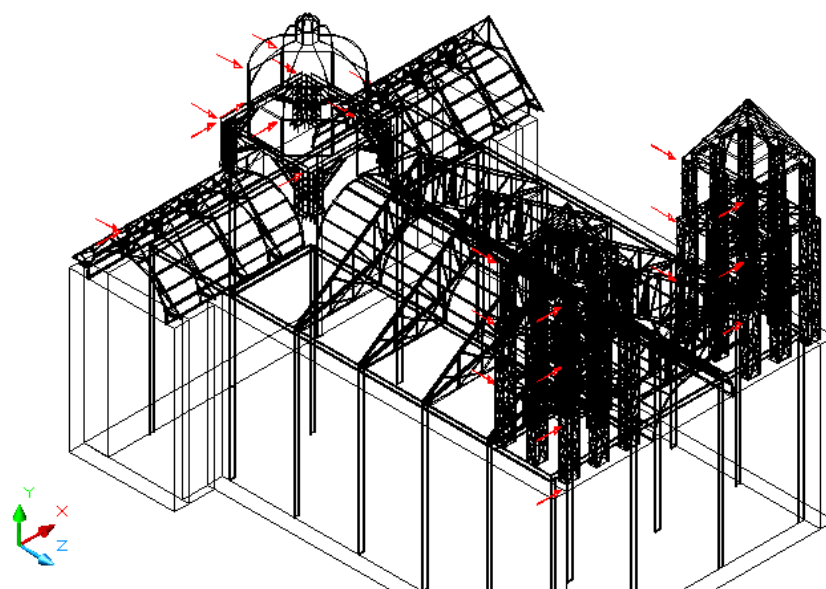


Figura N° 4.12: Vista Tridimensional de las diferentes cargas aplicadas en los elementos estructurales de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

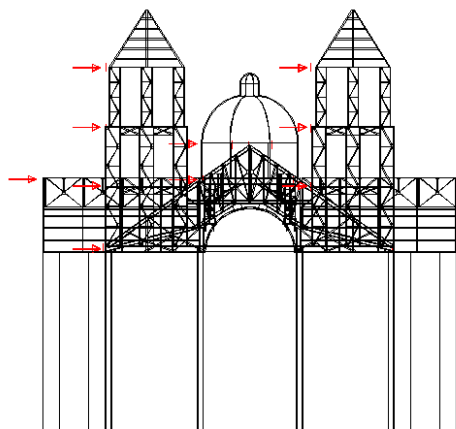


Figura N° 4.13: Vista Frontal de las diferentes cargas aplicadas en los elementos estructurales de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

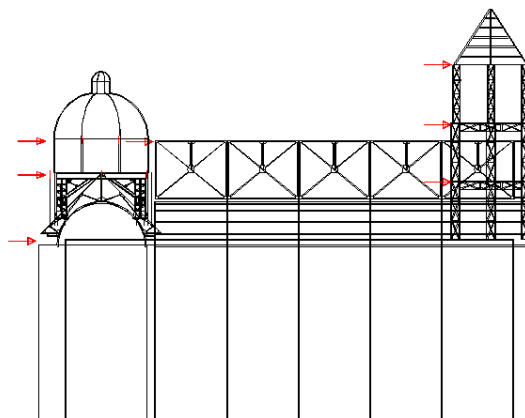


Figura N° 4.14: Vista Lateral de las diferentes cargas aplicadas en los elementos estructurales de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

4.4 INFORMACION COMPLEMENTARIA

Debido a que el edificio en estudio posee más de cien años, no fue posible obtener: planos estructurales, arquitectónicos, de instalaciones, memorias de cálculo, normas de diseño utilizadas, normas de diseño vigentes para la reparación, bitácoras de la construcción, informes del control de calidad de los materiales empleados para su construcción.

Por tal razón el equipo de tesis como objetivo realizo un levantamiento planimétrico y altimétrico, utilizando una estación total con el propósito de la elaboración de los planos arquitectónicos. Ver Anexo 1.

4.5 IDENTIFICACIÓN DE DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.

Es primordial hacer énfasis en la importancia, que tiene la realización de la inspección de daños en elementos estructurales en edificios históricos como lo es; la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, debido a que está con el paso del tiempo, y los agentes ambientales, así como también de los movimientos sísmicos ha sufrido daños, los cuales se ven reflejados desde pequeñas grietas de 0.02 mm de espesor hasta acero expuesto en columnas exteriores, dichos daños atentan contra la seguridad de las personas que utilizan dicha edificación.

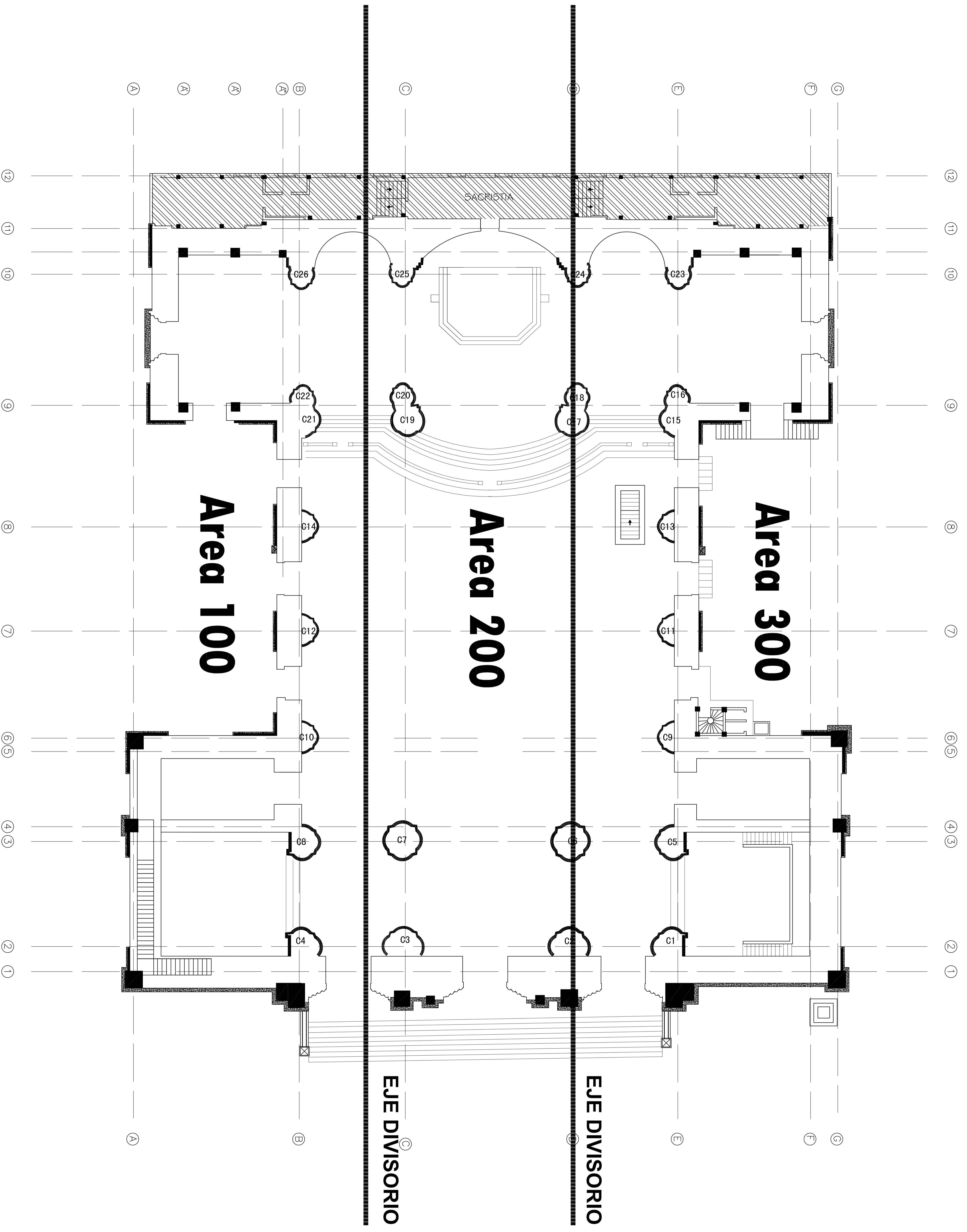
Para la ubicación específica de los daños se hizo necesario dividir la planta del edificio en estudio en tres áreas, (ver plano N° 1)

- **Área 100;** entre ejes verticales 1-12, y ejes horizontales A-C
- **Área 200;** entre ejes verticales 1-12, y ejes horizontales C-D
- **Área 300;** entre ejes verticales 1-12, y ejes horizontales D-G

Esto con el objetivo de tener un mejor control al momento de ubicar los daños en los formatos utilizados para la evaluación, es importante mencionar que cada área abarca tanto la parte interior, exterior, así como también las torres.

A continuación se presenta la guía utilizada para la clasificación de daños, así como también la metodología a seguir para llenar los formatos antes expuestos en el capítulo 3. Además se realiza una presentación de los daños más sobresalientes y sus posibles causas, además de las pruebas realizadas para determinar propiedades de los materiales utilizados en la construcción de la Basílica como lo son:

- Prueba de Tensión del Acero,
- Prueba a la Compresión y Absorción de Ladrillos de Barro,
- Prueba de Penetración Estándar.



PROYECTO:
**EVALUACION FISICA
 DE LA CATEDRAL BASILICA DE
 NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

UBICACION:
CENTRO DE SAN MIGUEL

PROPIETARIO:
DIOCESIS DE SAN MIGUEL

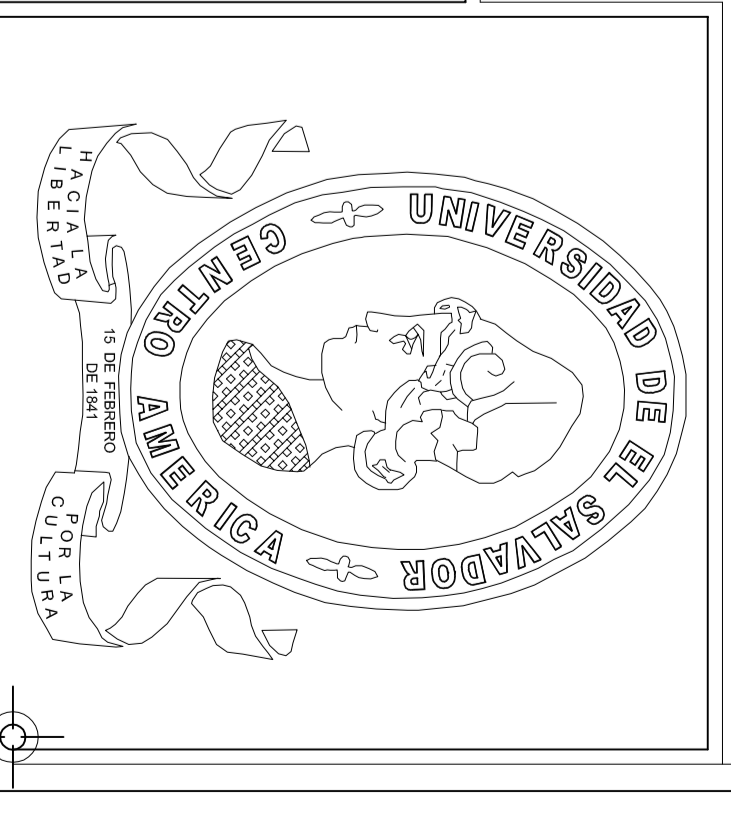
ESCALA:
SIN ESCALA

FECHA:
JUNIO - 2007

CONTENIDO:
**DIBUJO EN PLANTA
 DIVISION EN AREAS PARA EVALUACION**

HOLA:
1/1

PRESENTAN:
 BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
 BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
 BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ




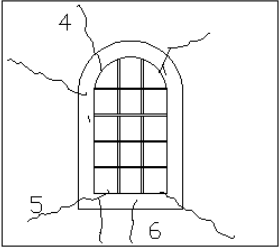
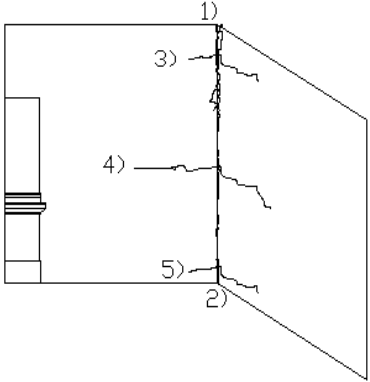


4.5.1 Guía Para La Evaluación De Daños Y Clasificación De Grietas En Elementos Estructurales en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.¹

CLASIFICACION DE GRIETAS Y DAÑOS EN PAREDES

Tipo	Descripción	Esquema
P1: Grietas Horizontales en Paredes		
P1-1	Grieta horizontal en parte Superior y, de longitud menor a la longitud horizontal total de la pared	
P1-2	Grieta horizontal a media altura y, de longitud menor a la longitud horizontal total de la pared	
P1-3	Grieta horizontal en parte inferior o base de la pared y de longitud menor a la longitud horizontal total de la pared	
P1-4	Grieta horizontal en parte superior y en toda la longitud horizontal de la pared	
P1-5	Grieta horizontal a media altura y en toda la longitud horizontal de la pared	
P1-6	Grieta horizontal en parte inferior o base y en toda la longitud horizontal de la pared	
P2: Grietas Verticales en Paredes		
P2-1	Grieta vertical al centro y a lo largo de toda la altura de la pared	
P2-2	Grieta vertical en los extremos a lo largo de toda la altura de la pared	
P2-3	Grieta vertical en parte Superior y, de longitud menor a la altura total de la pared	
P2-4	Grieta vertical en parte Media y, de longitud menor a la altura total de la pared	
P2-5	Grieta vertical en parte inferior y, de longitud menor a la altura total de la pared	
P2-6	Grieta Vertical en huecos de puertas o ventanas y Se extienden hacia la parte inferior de la pared	

¹ Guía para la Evaluación de Daños elaborada por el Grupo de Trabajo de Tesis.

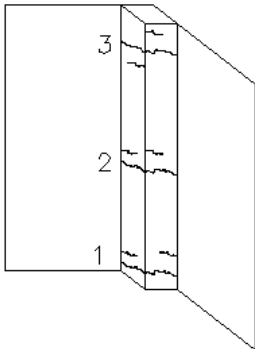
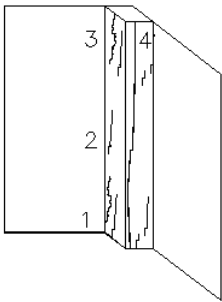
Tipo	Descripción	Esquema
P3: Grietas Diagonales en Paredes		
P3-1	Grieta diagonal en parte superior de la pared	1) 
P3-2	Grieta diagonal a media altura de la pared	2) 
P3-3	Grieta diagonal en parte inferior o base de la pared	3) 
P3-4	Grieta diagonal en huecos de puertas o ventanas y Se extienden hacia la parte superior de la pared	
P3-5	Grieta diagonal en huecos de puertas o ventanas y Se extienden hacia la parte inferior de la pared	
Grietas en Uniones de Paredes con otros Elementos Estructurales		
P4: Unión Pared-Pared		
P4-1	Grieta vertical en unión de paredes, de longitud Menor a la altura total de las paredes	
P4-2	Grieta vertical en unión de paredes a lo largo De toda la altura	
P4-3	Grieta Horizontal en parte superior, en unión de paredes	
P4-4	Grieta Horizontal en altura media, en unión de paredes	
P4-5	Grieta Horizontal en parte inferior, en unión de paredes	

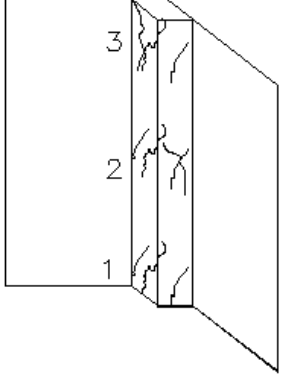
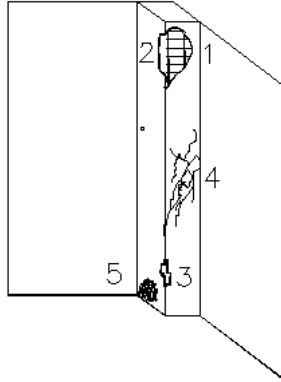
P5: Unión Pared Columna		
Tipo	Descripción	Esquema
P5-1	Grieta vertical en parte superior unión de pared-columna, de longitud Menor a la altura total de la pared	
P5-2	Grieta vertical en unión de pared - columna a lo largo de toda la altura	
P5-3	Grieta vertical en parte inferior en unión pared - columna, De longitud menor a la altura total de la pared	
P7: Daños en Acabados (Desprendimiento de Mortero en paredes)		
P7-1	Área de Desprendimiento de mortero o repellado En la pared	
P7-2	Área Agrietada con posible mortero desligado de la Mampostería	
P7-3	Área agrietada por introducción de tuberías de Aguas lluvias en pared	

Tipo	Descripción	Esquema
C1: Grietas Horizontales en Columnas		
C1-1	Grieta horizontal en base de columna	
C1-2	Grieta horizontal en altura media de columna	
C1-3	Grieta horizontal en parte superior de columna	

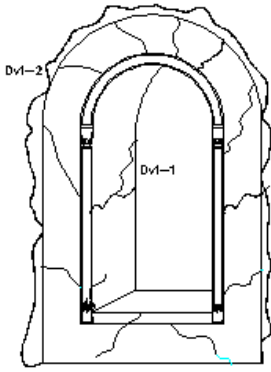
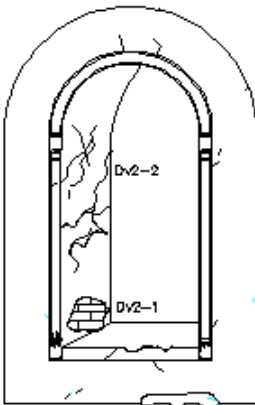
C2: Grietas Verticales en Columnas		
Tipo	Descripción	Esquema
C2-1	Grieta vertical en base de columna de longitud menor a la altura total de la columna	
C2-2	Grieta vertical en altura media de columna de longitud menor a la altura total de la columna	
C2-3	Grieta vertical en parte superior de columna de longitud menor a la altura total de la columna	
C2-4	Grieta Vertical a lo largo de la altura total de la columna	
C3: Grietas Diagonales en Columnas		
C3-1	Grieta diagonal en base de columna	
C3-2	Grieta diagonal en altura media de columna	
C3-3	Grieta diagonal en parte superior de columna	
C4: Daños en Recubrimientos en Columnas		
C4-1	Área de Caída del Recubrimiento en columna	
C4-2	Caída del Recubrimiento y acero expuesto En columna	
C4-3	Caída del Recubrimiento en Aristas De columna	
C4-4	Área agrietada posible desprendimiento De recubrimiento en columna	
C4-5	Fenómeno de Colmena en columna	

CLASIFICACIÓN DE GRIETAS Y DAÑOS EN COLUMNAS

Tipo	Descripción	Esquema
C1: Grietas Horizontales en Columnas		
C1-1	Grieta horizontal en base de columna	
C1-2	Grieta horizontal en altura media de columna	
C1-3	Grieta horizontal en parte superior de columna	
C2: Grietas Verticales en Columnas		
C2-1	Grieta vertical en base de columna de longitud menor a la altura total de la columna	
C2-2	Grieta vertical en altura media de columna de longitud menor a la altura total de la columna	
C2-3	Grieta vertical en parte superior de columna de longitud menor a la altura total de la columna	
C2-4	Grieta Vertical a lo largo de la altura total de la columna	

Tipo	Descripción	Esquema
C3: Grietas Diagonales en Columnas		
C3-1	Grieta diagonal en base de columna	
C3-2	Grieta diagonal en altura media de columna	
C3-3	Grieta diagonal en parte superior de columna	
C4: Daños en Recubrimientos en Columnas		
C4-1	Área de Caída del Recubrimiento en columna	
C4-2	Caída del Recubrimiento y acero expuesto En columna	
C4-3	Caída del Recubrimiento en Aristas De columna	
C4-4	Área agrietada posible desprendimiento De recubrimiento en columna	
C4-5	Fenómeno de Colmena en columna	

CLASIFICACIÓN DE GRIETAS Y DAÑOS EN MARCOS DE VENTANAS Y PUERTAS

Tipo	Descripción	Esquema
Dv1: GRIETAS EN MARCOS DE VENTANA		
Dv1-1	Agrietamiento en Marco de ventana	
Dv1-2	Grieta que rodea todo el marco de Ventana	
Tipo	Descripción	Esquema
Dv2: Daños en Acabado en Marcos y Huecos de Ventana		
Dv2-1	Desprendimiento en áreas de repellido En huecos de ventana	
Dv2-2	Área Agrietada con posible desligue de Mortero a pared	

Dv3: Daño en Paredes entre Huecos de Ventanas		
Dv3-1	Grieta horizontal entre huecos de ventanas	
Dv3-2	Grieta Diagonal entre huecos de ventanas	
Dp1: Daños en Marcos de Puertas		
Dp1-1	Agrietamiento en marco de puerta (diferentes tipos de grietas)	
Dp1-2	Grieta alrededor de marco de puerta o sobre cargadero	
Dp2: Desprendimiento de Repellado		
Dp2-1	Áreas de desprendimiento del repellado en Marcos de puertas	

CLASIFICACIÓN DE GRIETAS Y DAÑOS EN LOSAS

Tipo	Descripción	Esquema
L1	Desprendimiento de recubrimiento, y áreas agrietadas	
L2	Desprendimiento de Recubrimiento con acero Visto en losas	
L3	Grietas Diagonales en losas	
L4	Grietas longitudinales en losas	
L5	Grietas Transversales en losas	

CLASIFICACIÓN DE GRIETAS Y DAÑOS EN PISOS

Tipo	Descripción	Esquema
Lp1	Unidad de ladrillo de piso agrietada	
Lp2	Unidad de ladrillo de piso incompleto Con desprendimiento de trozos	
Lp3	Juntas entre ladrillos de piso Abiertas o sin relleno.	

Clasificación De Grietas y Daños en Vigas

Tipo	Descripción	Esquema
V1-1	Grietas Diagonales en vigas	
V1-2	Grietas Verticales o transversales en vigas	
V1-3	Grietas horizontales o longitudinales en vigas	
Grietas en Uniones Viga-Viga y Viga-Columna		
V2-1	Grieta en intersección de vigas	
V2-2	Grietas Diagonales en uniones de vigas y columnas	

CLASIFICACIÓN DE DAÑOS EN TECHOS

Tipos diferentes de Elementos Estructurales y de cubiertas de techo

Símbolo	Elementos Estructurales de Techo
VM	Viga Macomber
PD	Polín Doble
PA	Polín Sencillo
PS	Polín Espacial
T	Tensor
EEM	Estructura Metálica especial (formados de placas de acero y emperrados o soldados para formar esbeltas vigas y columnas de soporte)
Símbolo	Cubiertas de Techo
TB	Tejas de Barro
TC	Tejas de Concreto
LC	Lamina Canal
TO	Otros (especificar tipo y materiales)

Tipo	Descripción
Daños en Elementos metálicos	
T1	Áreas de Oxidación / corrosión de elementos metálicos
T2	Elemento pandeado / averiado / cortado
T3	Falta de pernos de sujeción
Daños en Cubiertas de Techo	
T4	Elementos Agrietados o con trozos faltantes
T5	Unidades Faltantes

4.5.2 Clasificación y Evaluación de Daños en Elementos Estructurales²

Tipo de Daño	Descripción	Evaluación General De Daños
LD	Daños únicamente en elementos no estructurales.	No existe reducción en la capacidad sismo-resistente. No se requiere desocupar. La Reparación consistirá en la restauración de los elementos no estructurales.
MD1	Grietas de menos de 0.5 mm de ancho en elementos de concreto. Fisuras y caída de aplanados en paredes y techo. Grietas de menos de 3 mm de ancho en muros de mampostería.	No existe reducción en la capacidad sismo-resistente. No se requiere desocupar. La Reparación consistirá en la restauración de los elementos no estructurales.
FD1	Grietas de 0.5 a 1.0 mm de ancho en elementos de concreto. Grietas de 3 a 10 mm de ancho en muros de mampostería.	Existe una reducción importante en la capacidad sismo-resistente. Debe desocuparse y mantenerse solo acceso controlado, previa rehabilitación temporal. Es necesario realizar un proyecto de reparación para la restauración y el refuerzo de la estructura.
SD1	Grietas de más de 1 mm de ancho en elementos de concreto. Desprendimiento del recubrimiento en columnas. Aplastamiento del concreto, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en columnas y muros de concreto. Agrietamiento de losas planas alrededor de las columnas. Aberturas en columnas de más de 1:100 de su altura. Desplome del edificio de más de 1:100 de altura.	Existe una reducción importante en la capacidad sismo-resistente. Debe desocuparse y suprimirse el acceso y la circulación en la vecindad. Es necesario proteger la calle y los edificios vecinos mediante la rehabilitación temporal, o proceder a la demolición urgente. De ser posible deberá recurrirse a una evaluación definitiva que permita decidir si procede la demolición o bien el refuerzo generalizado de la estructura.

Tabla N° 4.1: Clasificación de Daños en Elementos Estructurales

Donde:

LD: Ligeramente Dañado

MD1: Moderadamente Dañado, en elementos estructurales

FD1: Fuertemente Dañado, en elementos estructurales

SD1: Severamente Dañado, en elementos estructurales

² Clasificación Tomada de Reparación de Estructuras de Concreto y Mampostería, autor José de la Cera.

4.5.3 Clasificación y Evaluación Preliminar de Daños en Elementos No Estructurales³.

Tipo de Daño	Descripción
MD2	Grietas de menos de 0.5 mm de ancho en elementos no estructurales.
FD2	Grietas de 0.5 a 1.0 mm de ancho en elementos de no estructurales.
SD2	Grietas de más de 1 mm de ancho en elementos de no estructurales.

Tabla N° 4.2: Clasificación de Daños en Elementos Estructurales

Donde:

MD2: Moderadamente Dañado, en elementos no estructurales

FD2: Fuertemente Dañado, en elementos no estructurales

SD2: Severamente Dañado, en elementos no estructurales

³ Clasificación tomada del Trabajo de Graduación denominado Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios.

4.5.4 Inspección de Grietas

Para la recopilación de la información de la inspección de daños se utilizaron los siguientes formatos.

FORMATOS PARA LA EVALUACION DE DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES⁴

a) INSPECCION DE EMERGENCIA (F – 1)

El objetivo de este formato es que, partiendo de una inspección realizada inmediata a la ocurrencia de un sismo, se puedan establecer las condiciones de seguridad, basadas en la estabilidad que presenta la estructura y su comportamiento ante réplicas posteriores al sismo principal.

Es recomendable que dicha inspección sea realizada por un especialista en estructura; dado que en la forma visual y rápida es imprescindible que el dictamen sea acertado, y las consecuencias posteriores puedan ocasionar daños irreparables como pérdida de vidas humanas.

b) EVALUACION DETALLADA DE DAÑOS (F - 2)

Este formato tiene por finalidad recoger las características generales de la construcción, así como la gravedad de los daños que presente la estructura para establecer si se amerita una evaluación más detallada o demolición. Se pretende hacer una clasificación general de los daños y una cuantificación global de los elementos dañados.

El formato contiene un espacio para esquematizar la planta y elevación del edificio y construcciones colindantes que en un momento dado pueden presentar peligro al edificio en estudio.

c) EVALUACION DE DAÑOS EN PAREDES (F – 3).

⁴Formatos elaborados por el Grupo de Trabajo de Graduación

Con este formato se espera realizar un registro de todos los daños encontrados en paredes, este contiene; la ubicación, longitud, espesor de grieta u otro tipo de daño, junto a una clasificación, y tipificación del mismo. La pared registrada deberá ser ubicada en el plano, facilitando de esta forma la localización de la misma.

d) EVALUACION DE DAÑOS EN COLUMNAS (F – 4).

Con este formato se espera realizar un registro de todos los daños encontrados en columnas, este contiene; la ubicación, longitud, espesor de grieta u otro tipo de daño, junto a una clasificación, y tipificación del mismo. La columna registrada deberá ser enumerada de acuerdo a los ejes que pasan por ella, para la fácil ubicación en el plano.

e) EVALUACION DE DAÑOS EN VIGAS PRINCIPALES (F – 5).

Con este formato se espera realizar un registro de todos los daños encontrados en vigas principales, este contiene; la ubicación, longitud, espesor de grieta u otro tipo de daño, junto a una clasificación, y tipificación del mismo. La viga registrada deberá ser enumerada de acuerdo a los ejes que pasen por ella, para la fácil ubicación en el plano.

f) EVALUACION DE DAÑOS EN VIGAS SECUNDARIAS (F – 6).

Con este formato se espera realizar un registro de todos los daños encontrados en vigas secundarias, este contiene; la ubicación, longitud, espesor de grieta u otro tipo de daño, junto a una clasificación, y tipificación del mismo. La viga secundaria registrada deberá ser enumerada de acuerdo a los ejes que pasen por ella, para la fácil ubicación en el plano.

g) EVALUACION DE DAÑOS EN LOSAS (F – 7).

Con este formato se espera realizar un registro de todos los daños encontrados en losas, este contiene; la ubicación, longitud, espesor de grieta u otro tipo de daño, junto a una

clasificación, y tipificación del mismo. La losa registrada deberá ser enumerada de acuerdo a los ejes que pasen por ella, para la fácil ubicación en el plano.

h) EVALUACION DE DAÑOS EN TECHOS (F – 8).

Con este formato se espera realizar un registro de todos los daños encontrados en techos, este contiene; el tipo de daño, el elemento que presenta el daño junto a una clasificación, y tipificación del mismo. El techo registrado deberá ser ubicado de acuerdo a los ejes que pasen por el.

i) EVALUACION DE DAÑOS EN PISOS (F – 9).

Con este formato se espera realizar un registro de todos los daños encontrados en pisos, este contiene; el tipo de daño, el elemento que presenta el daño junto a una clasificación, y tipificación del mismo. El piso inspeccionado deberá ser enumerado de acuerdo a los ejes que pasen por el.

j) EVALUACION DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES (F – 10).

Con este formato se espera realizar un registro de todos los daños no estructurales encontrados en el edificio, dichos daños son clasificados por ambiente, este formato contienen; las dimensiones, la ubicación y el estado del elemento, así como el nivel de riesgo que presenta.

k) EVALUACION EN LA CIMENTACION (F - 11)

En este formato se pretende determinar la existencia de asentamientos o fallas en la cimentación y las condiciones del subsuelo. Para obtener un registro detallado puede ser necesario excavar pozos a cielo abierto y realizar pruebas de suelo, también se espera obtener un diagrama que muestre el tipo de cimentación con sus dimensiones, así como su ubicación en planta.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

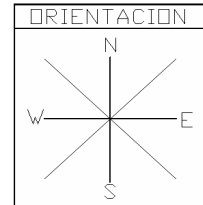
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACION DE EMERGENCIA

FECHA:		FORMATO	F-1
EDIFICIO:		HOJA N°	
DIRECCIÓN			
RESPONSABLE:			

- 1.- N° DE PLANTAS _____
- 2.- USO _____
- 3.- MATERIALES _____
- 4.- DAÑOS _____



COMENTARIOS

COLINDANCIA _____
 ESTRUCTURALES _____
 NO ESTRUCTURALES _____

RECOMENDACIONES PARA MEDIDAS URGENTES

- NO HAY _____
- ELIMINACION DEL PELIGRO LOCAL _____
- APUNTALAMIENTO _____
- PROTECCION DE ACCESO Y COLINDANCIA _____
- DEMOLICION INMEDIATA _____

DICTAMEN

COLOR DE BANDERA

- VERDE _____ NO PRESENTA PELIGRO
- AMARILLO _____ DAÑO LIGERO
- NARANJA _____ NECESITA PROTECCION
- ROJO _____ DEMOLICION

DESCRIPCION GENERAL DEL ESTADO DE DAÑOS _____

EQUIPO DE INSPECCIÓN _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:		FORMATO	F-2
EDIFICIO:		HOJA N°	
RESPONSABLE:			
ELEMENTO:			

	UBICACIÓN DE DAÑO
	AREA _____
	TRAMO _____ EJE _____
	MATERIALES: _____
	DIMENSIONES: _____
	REFUERZO
	Transversal _____
	Longitudinal _____
	CLASIFICACIÓN
	LD <input type="checkbox"/> MD2 <input type="checkbox"/>

DESCRIPCION DE DAÑO: _____

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: _____

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:		FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:			HOJA N°	
EDIFICIO:				
AREA:				

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias					
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)	
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
Total:														
Reparación:														



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:		FORMATO DE VERIFICACION DE GRIETAS EN COLUMNAS	FORMATO:	F-4
RESPONSABLE:			HOJA N°	
EDIFICIO:				
AREA:				

COLUMNA	DESCRIPCION										
	tipo	cantidad de grietas	espesor (mm)	Long (m) / Area (m2) / Vol (m3)	Foto	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Vol (m3)
							Longitudes (m)				
							e<0.5mm	0.5<e<1.00mm	e>1.00mm		
TOTALES:											
REPARACIÓN:											



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:		FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS	FORMATO:	F-6
RESPONSABLE:			EN VIGAS SECUNDARIAS	HOJA N°:
EDIFICIO:				
AREA:				

EJE	TRAMO	DESCRIPCION										
		tipo	cantidad de grietas	espesor (mm)	Long (m) / Area (m2) / Vol (m3)	Foto	Clasificacion de Daños	Sumatorias			Area (m2)	Vol (m3)
								Longitudes (m)				
								e<0.5mm	0.5<e<1.00mm	e>1.00mm		
TOTALES:								0.00				
REPARACIÓN:								0.00				



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:		FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN LOSAS	FORMATO:	F-7
RESPONSABLE:			HOJA N°:	
EDIFICIO:				
AREA:				

LOSA	ENTRE EJES	DESCRIPCIÓN									
		TIPO	CANTIDAD DE GRIETAS	ESPESOR (mm)	LONG (m) / AREA (m2) / VOL (m3)	FOTO	CLASIFICACION DE DAÑOS	SUMATORIAS			Area (m2)
								Longitudes (m)			
								e<0.5mm	0.5<e<1.00mm	e>1.00mm	
TOTALES:											
REPARACIÓN:											



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:		FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS	FORMATO:	F-9	
RESPONSABLE:			HOJA N°		
EDIFICIO:			EN PISOS		
AREA:					

PISO	ENTRE EJES	DESCRIPCIÓN					
		TIPO	TIPO Y DIMENSION DEL PISO	CANTIDAD DE UNIDADES	LONG. JUNTAS ABIERTAS	FOTO	CLASIFICACION DE DAÑOS
TOTALES							



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN CIMENTACIONES

FECHA:		FORMATO	F-11
EDIFICIO:		HOJA N°	
RESPONSABLE:			

TIPO DE CIMENTACION :

LOSA DE FUNDACION:

ZAPATA COMBINADA:

ZAPATA CORRIDA:

ZAPATA AISLADA:

VERIFICACION DEL TIPO DE CIMENTACION (pozo a cielo abierto)

SI : No

DIMENSIONES : (BxL y hf,d): _____

DESCRIPCION DE DAÑOS EN LA CIMENTACION

ESTADO DEL SUELO BAJO LA CIMENTACION :

COMPACTO

SUELTO

HUMEDO

SUELO CEMENTO

OBSERVACIONES : _____

CROQUIS Y DETALLE DE CIMENTACIÓN INVESTIGADA

PLANTA	ELEVACIÓN
--------	-----------

A continuación se presenta la metodología empleada para la utilización de los formatos de evaluación de daños y posteriormente la información recopilada utilizando los dichos formatos.

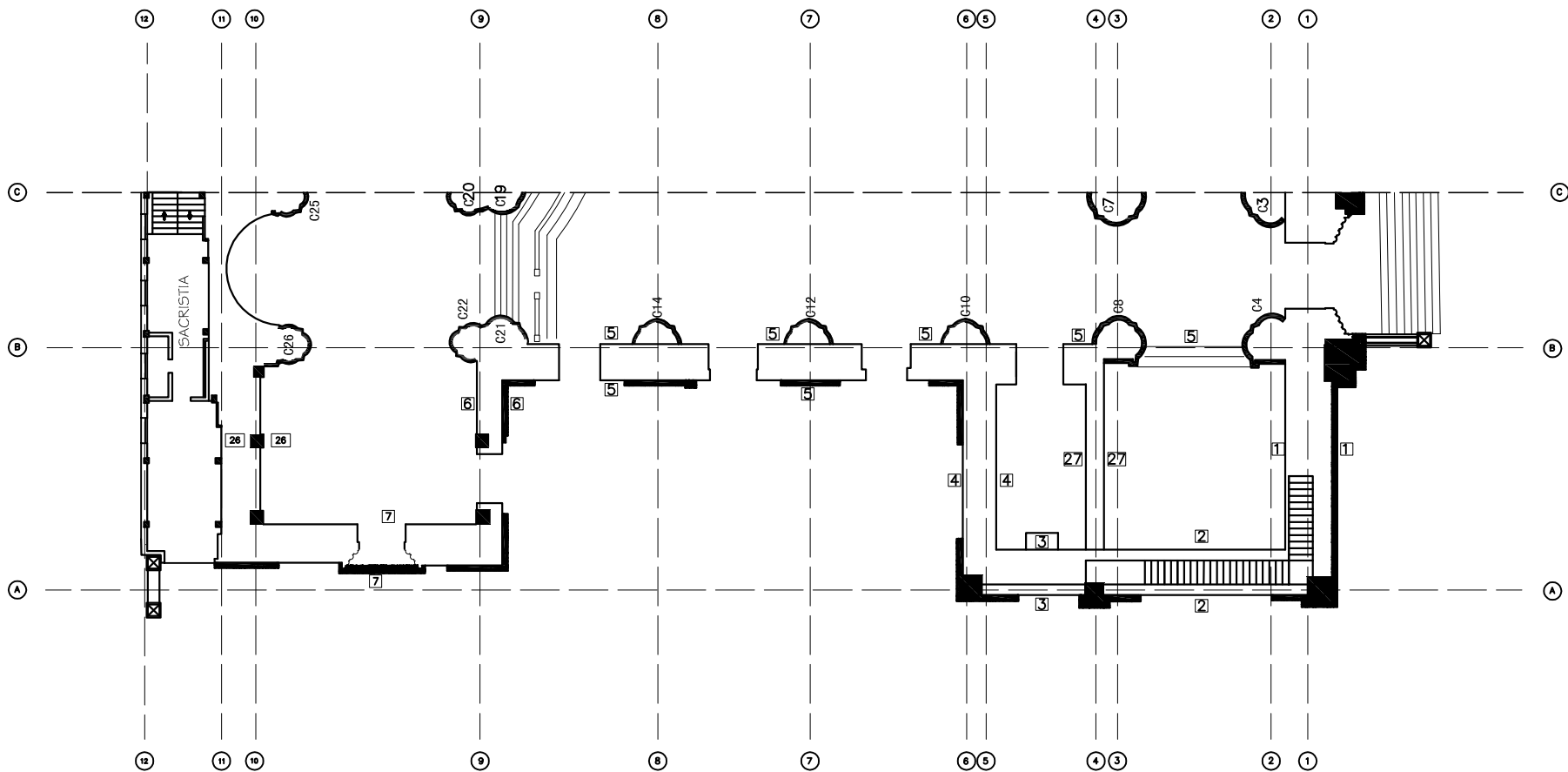
4.5.4.1 Metodología¹

1. Identificar el tipo de elemento estructural a revisarse.
2. Identificar el tipo de material con el cual ha sido elaborado el elemento a revisarse.
3. Ubicar el elemento a revisarse en los planos.
4. Identificar el tipo de grieta, utilizando la guía de clasificación de grietas de acuerdo al elemento.
5. Medir con el Grietómetro el espesor de la grieta encontrada en elemento que se revisa.
6. Medir con cinta métrica la longitud total de la grieta que se encuentra en el elemento.
7. Dependiendo del tipo y del espesor del daño tomar una foto si el daño es realmente significativo.
8. Haciendo uso de la tabla 4.1 y 4.2, determinar si el daño es ligero, moderado, fuerte o severo.
9. Apuntar todos los anteriores en los formularios dependiendo del tipo de elemento.

¹ Metodología elaborada por el Grupo de Trabajo de Graduación

Inspección Detallada de Daños

Evaluación de Daños Estructurales en Area 100



Area 100

PROYECTO: **EVALUACION FISICA DE LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

UBICACION: **CENTRO DE SAN MIGUEL**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

ESCALA: **SIN ESCALA**

FECHA: **JUNIO - 2007**

CONTENIDO: **AREA 100**

NUMERACION DE PAREDES Y COLUMNAS

HOJA: **1/3**

PRESENTAN: **BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS**
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	1
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	100			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias					
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)	
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
1	MB	1	A-B	P1-3	1	0.05	6.30	MD1	6.30					
1	MB	1	A-B	P7-2	1			MD1				5.00		
1	MB	1	A-B	P7-1	1			MD1				1.00		
1	MB	1	A-B	P3-4	1	0.10	1.00	MD1	1.00					
1	MB	1	A-B	P2-4	1	0.10	1.00	MD1	1.00					
1	MB	1	A-B	P3-1	1	0.15	3.00	MD1	3.00					
2	MB	A	1-4	P7-1	1			MD1				1.05		
2	MB	A	1-4	P2-4	1	0.30	2.00	MD1	2.00					
2	MB	A	1-4	P1-1	1	0.41	2.00	MD1	2.00					
2	MB	A	1-4	P7-2	1			MD1				6.00		
3	MB	A	4-6	P3-3	2	0.51	1.20	MD1	2.40					
3	MB	A	4-6	P3-3	1	0.05	0.25	MD1	0.25					
3	MB	A	4-6	P1-3	1	0.10	0.80	MD1	0.80					
4	MB	6	A-B	P3-5	1	0.41	2.00	MD1	2.00					
Total:									20.75			13.05		
Reparación:									20.75			13.05		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	2
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	100			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias					
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)	
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
4	MB	6	A-B	P7-1	1			MD1					0.90	
4	MB	6	A-B	P3-4	1	0.10	0.25	MD1	0.25					
5	MB	B	6-6'	P6-1	1	0.76	0.50	MD1	0.50					
5	MB	B	6-6'	P7-1	1			MD1					4.00	
5	MB	B	7-8	DV2-1	1			MD1					0.15	
5	MB	B	7-8	DV1-1	1			MD1						0.25
5	MB	B	7-8	P7-2	1	0.76	0.75	MD1	0.75					
5	MB	B	7-8	P7-1	1			MD1					4.00	
5	MB	B	8-9	DV2-1	1			MD1						0.25
5	MB	B	8-9	P3-1	1	0.25	2.50	MD1	2.50					
5	MB	B	8-9	P1-2	1	0.20	2.00	MD1	2.00					
5	MB	B	8-9	P1-2	1	0.30	1.50	MD1	1.50					
5	MB	B	8-9	P2-4	1	0.25	4.50	MD1	4.50					
5	MB	B	8-9	P4-1	1	0.41	5.00	MD1	5.00					
5	MB	8'	A-B	DV1-1	1	0.41	1.00	MD1	5.00					
Total:									22.00				9.05	0.50
Reparación:									22.00				9.05	0.50



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	3
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	100			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Volumen (m3)	
									Longitudes grietas (m)					
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
6	MB	8'	A-B	P3-1	1	0.41	1.25	MD1	1.25					
6	MB	8'	A-B	DP1-1	3	0.10	0.30	MD1	0.90					
7	MB	A	9-10	DV2-1	1	0.66	5.00	MD1	5.00					
7	MB	A	9-10	P1-2	1	0.05	2.00	MD1	2.00					
7	MB	A	9-10	P3-1	1	0.30	1.00	MD1	1.00					
7	MB	A	9-10	DV1-1	3	0.30	0.70	MD1	2.10					
7	MB	A	9-10	DV1-1	3	0.05	0.50	MD1	1.50					
7	MB	A	9-10	P2-4	1	0.76	3.00	MD1	3.00					
7	MB	A	9-10	DP1-1	1	1.02	1.00	MD1	1.00					
7	MB	A	9-10	DP1-2	2	1.02	1.00	MD1	2.00					
7	MB	A	9-10	P1-3	1	0.41	2.50	MD1	2.50					
7	MB	A	9-10	P7-2	1			MD1				10.00		
7	MB	A	9-10	P3-1	1	0.76	3.00	MD1	3.00					
7	MB	A	9-10	P3-4	1	0.41	1.50	MD1	1.50					
Total:									26.75			10.00		
Reparación:									26.75			10.00		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	11/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	4
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	100			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Volumen (m3)	
									Longitudes grietas (m)					
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
18	MB	2	A-B	P2-3	7	0.51	1.20	MD1	8.40					
19	MB	A	1-6	P2-3	9	0.41	1.40	MD1	12.60					
19	MB	A	1-6	P2-3	1	0.41	1.70	MD1	1.70					
20	MB	5	A-B	P2-3	10	0.05	1.60	MD1	16.00					
20	MB	5	A-B	P3-1	1	1.27	2.00	MD1	2.00					
21	MB	B	4-5	P7-3	1	0.51	0.50	MD1	0.50					
21	MB	B	4-5	P3-2	1	1.27	0.70	MD1	0.70					
21	MB	B	4-5	P4-2	1	1.52	5.00	MD1	5.00					
Total:									46.90					
Reparación:									46.90					



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	09/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	5
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	100			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias					
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)	
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
1 I	MB	1	A-B	P5-1	1	1.02	3.00	MD1	3.00					
1 I	MB	1	A-B	P5-1	1	0.76	2.00	MD1	2.00					
1 I	MB	1	A-B	P2-6	1	0.20	4.00	MD1	4.00					
2 I	MB	A	1-3	P3-2	1	0.20	2.00	MD1	2.00					
2 I	MB	A	1-3	P2-3	1	0.15	1.50	MD1	1.50					
2 I	MB	A	1-3	P3-2	1	0.20	2.00	MD1	2.00					
2 I	MB	A	1-3	P1-2	1	0.41	1.50	MD1	1.50					
2 I	MB	A	1-3	DV1-2	1	0.25	1.00	MD1	1.00					
27 I	MB	3	A-B	P7-2	1			MD1				1.00		
27 I	MB	3	A-B	P4-3	1	0.66	2.00	MD1	2.00					
27 I	MB	3	A-B	P2-4	1	0.51	2.00	MD1	2.00					
27 I	MB	3	A-B	P2-4	1	0.66	2.00	MD1	2.00					
4 I	MB	6	A-B	DV1-2	1	0.05	0.50	MD1	0.50					
4 I	MB	6	A-B	P3-1	1	0.51	4.00	MD1	0.51					
Total:									24.01			1.00		
Reparación:									24.01			1.00		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	09/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	6
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	100			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias					
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)	
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
5 I	MB	B	6-3	P2-3	1	0.30	2.00	MD1	2.00					
7 I	MB	A'	9-10	DV1-2	1	0.30	3.00	MD1	3.00					
7 I	MB	A'	9-10	P2-4	1	0.30	2.00	MD1	2.00					
7 I	MB	A'	9-10	P2-6	1	0.30	0.75	MD1	0.75					
7 I	MB	A'	9-10	P2-6	1	0.20	5.00	MD1	5.00					
7 I	MB	A'	9-10	P2-4	1	0.30	0.75	MD1	0.75					
7 I	MB	A'	9-10	P2-6	1	0.41	5.00	MD1	5.00					
26 I	MB	11	A-B	P3-2	3	0.51	0.75	MD1	2.25					
26 I	MB	11	A-B	P3-4	1	0.41	0.75	MD1	0.75					
26 I	MB	11	A-B	P3-2	1	0.20	0.80	MD1	0.80					
6 I	MB	9	A-B	P3-2	1	0.51	2.00	MD1	2.00					
6 I	MB	9	A-B	P3-2	1	0.41	1.50	MD1	1.50					
6 I	MB	9	A-B	P3-4	1	0.41	1.25	MD1	1.25					
Total:									27.05					
Reparación:									27.05					



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	10/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	7
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	100			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Volumen (m3)	
									Longitudes grietas (m)					
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
5 I	MB	B	7-8	P1-2	1	0.30	2.00	MD1	2.00					
5 I	MB	B	7-8	P3-2	1	0.30	0.75	MD1	0.75					
5 I	MB	B	3-4	P3-5	1	0.41	2.00	MD1	2.00					
1	MB	11	C-B	P2-6	1	0.41	3.00	MD1	3.00					
1	MB	11	C-B	P3-4	1	0.25	2.00	MD1	2.00					
26 E	MB	11	A-C	P3-3	1	0.76	2.50	MD1	2.50					
26 E	MB	11	A-C	P2-5	1	0.51	2.00	MD1	2.00					
26 E	MB	11	A-C	P2-5	1	0.05	2.00	MD1	2.00					
26 E	MB	11	A-C	P7-2	1			MD1				0.10		
26 E	MB	11	A-C	P2-3	1	0.76	0.50	MD1	0.50					
26 E	MB	11	A-C	P2-3	3	0.41	1.00	MD1	3.00					
26 E	MB	11	A-C	P1-3	1	0.41	2.00	MD1	2.00					
26 E	MB	11	A-C	P7-2	1			MD1				0.50		
26 E	MB	11	A-C	P7-2	1			MD1				2.50		
26 E	MB	11	A-C	P3-4	1	0.51	0.75	MD1	0.75					
Total:									22.50			3.10		
Reparación:									22.50			3.10		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	10/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	8
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	100			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION									
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Volumen (m3)
									Longitudes grietas (m)				
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm		
26 E	MB	11	A-C	P7-1	1			MD1				2.00	
26 E	MB	11	A-C	P1-2	1	0.66	1.25	MD1	1.25				
26 E	MB	11	A-C	P1-2	1	0.51	1.00	MD1	1.00				
26 E	MB	11	A-C	P2-4	1	0.25	3.00	MD1	3.00				
26 E	MB	11	A-C	P3-2	2	0.41	3.50	MD1	7.00				
26 E	MB	11	A-C	P7-2	1							10.00	
26 E	MB	11	A-C	P3-1	1	0.41	3.00	MD1	3.00				
26 E	MB	11	A-C	P2-4	1	0.51	2.00	MD1	2.00				
26 E	MB	11	A-C	P7-2	1			MD1				1.25	
26 E	MB	11	A-C	P3-2	1	0.51	1.50	MD1	1.50				
Total:									18.75			13.25	
Reparación:									18.75			13.25	



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	9
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	100			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION											
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias					Area (m2)	Volumen (m3)
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)		
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm				
1	MB	1	B-C	VT1-4	1	1.02	1.00	SD1	1.00						
1	MB	1	B-C	DV1-1	1	1.02	1.25	SD1	1.25						
1	MB	1	B-C	DV1-1	1	0.76	0.75	FD1	0.75						
1	MB	1	B-C	P2-5	1	0.51	1.00	FD1	1.00						
1	MB	1	B-C	P2-5	3	0.10	1.50	MD1	4.50						
1	MB	1	B-C	DV1-1	1	0.41	0.50	MD1	0.50						
1	MB	1	B-C	TV2-1	1							0.02			
6	MB	2'	B-C	P2-4	1	1.02	2.00	SD1	2.00						
7	MB	B	1-2'	P7-2	1			MD1				4.00			
7	MB	B	1-2'	P1-3	1	0.51	2.00	FD1	2.00						
7	MB	B	1-2'	P1-2	1	1.02	3.00	SD1	3.00						
7	MB	B	1-2'	P2-4	1	0.76	3.00	FD1	3.00						
7	MB	B	1-2'	P3-3	1	0.76	0.50	FD1	0.50						
7	MB	B	1-2'	DP1-1	1	0.15	0.50	MD1	0.50						
7	MB	B	1-2'	P2-5	1	0.41	1.00	MD1	1.00						
Total:									21.00			4.02			
Reparación:									21.00			4.02			



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE GRIETAS EN COLUMNAS	FORMATO:	F-4
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	1
EDIFICIO:	Catedral Basílica San Miguel			
AREA:	100			

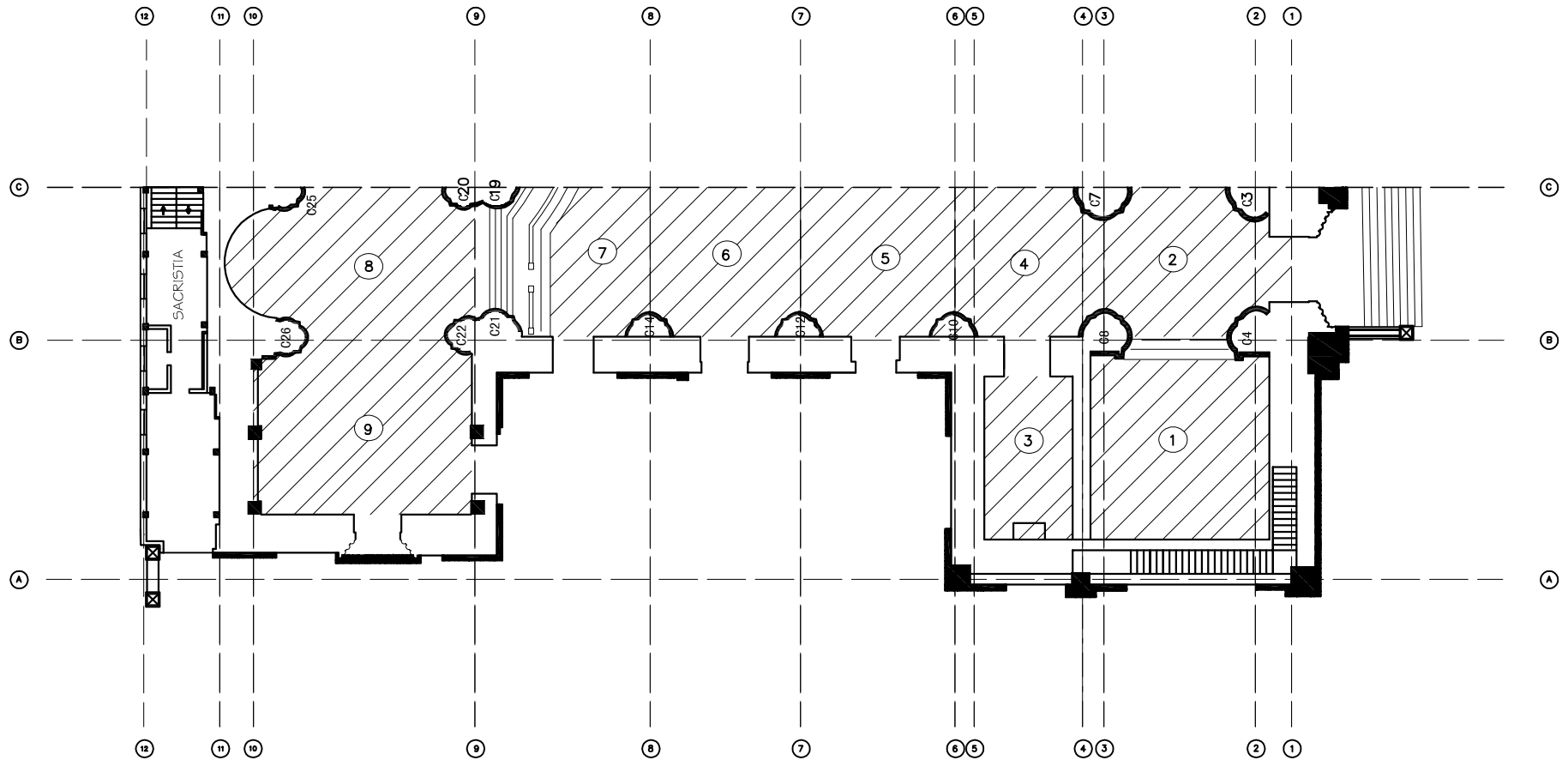
COLUMNA	DESCRIPCION										
	tipo	cantidad de grietas	espesor (mm)	Long (m) / Area (m2) / Vol (m3)	Foto	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Vol (m3)
							Longitudes (m)				
							e<0.5mm	0.5<e<1.00mm	e>1.00mm		
B-1	C1-1	1	0.05	0.90		MD1	0.90				
B-1	C4-1	1				MD1				0.45	
B-1	C1-2	2	0.05	0.50		MD1	1.00				
B-1	C3-1	1	0.05	0.50		MD1	0.50				
B-1	C4-1									0.25	
B-1	C1-1	1	1.52	1.00		FD1			1.00		
A-1	C1-1	1	0.41	0.40		MD1	0.40				
A-1	C4-3					MD1				0.102	
A-1	C4-3					MD1				1.125	
A-4	C1-1	2	0.05	1.00		MD1	2.00				
A-4	C3-1	1	0.05	0.40		MD1	0.40				
A-4	C1-1	1	0.25	0.35		MD1	0.35				
A-4	C4-3	1				MD1				0.015	
A-4	C1-1	1				MD1				0.003	
A-4	C4-3	1				MD1				0.18	
TOTALES:							5.55		1.00	2.12	
REPARACIÓN:							5.55		1.00		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:		FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS	FORMATO:	F-5	
RESPONSABLE:			EN VIGAS PRINCIPALES	HOJA N°:	
EDIFICIO:					
AREA:					

EJE	TRAMO	DESCRIPCION										
		tipo	cantidad de grietas	espesor (mm)	Long (m) / Area (m2) / Vol (m3)	Foto	Clasificacion de Daños	Sumatorias			Area (m2)	Vol (m3)
								Longitudes (m)				
								e<0.5mm	0.5<e<1.00mm	e>1.00mm		
Area 1010												
A''	9-11	V2-1	2	0.41	2.00		FD1	4.00				
Area 300												
E	9-10	V2-1	2	0.41	2.00		FD1	2.00				
TOTALES:								6.00				
REPARACIÓN:								6.00				



Area 100

PROYECTO: **EVALUACION FISICA
DE LA CATEDRAL BASILICA DE
NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

CONTENIDO:

AREA 100

HOJA:

2/3

PRESENTAN:

BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ

UBICACION: **CENTRO DE SAN MIGUEL**

ESCALA: **SIN ESCALA**

NUMERACION DE LOSAS

FECHA: **JUNIO - 2007**





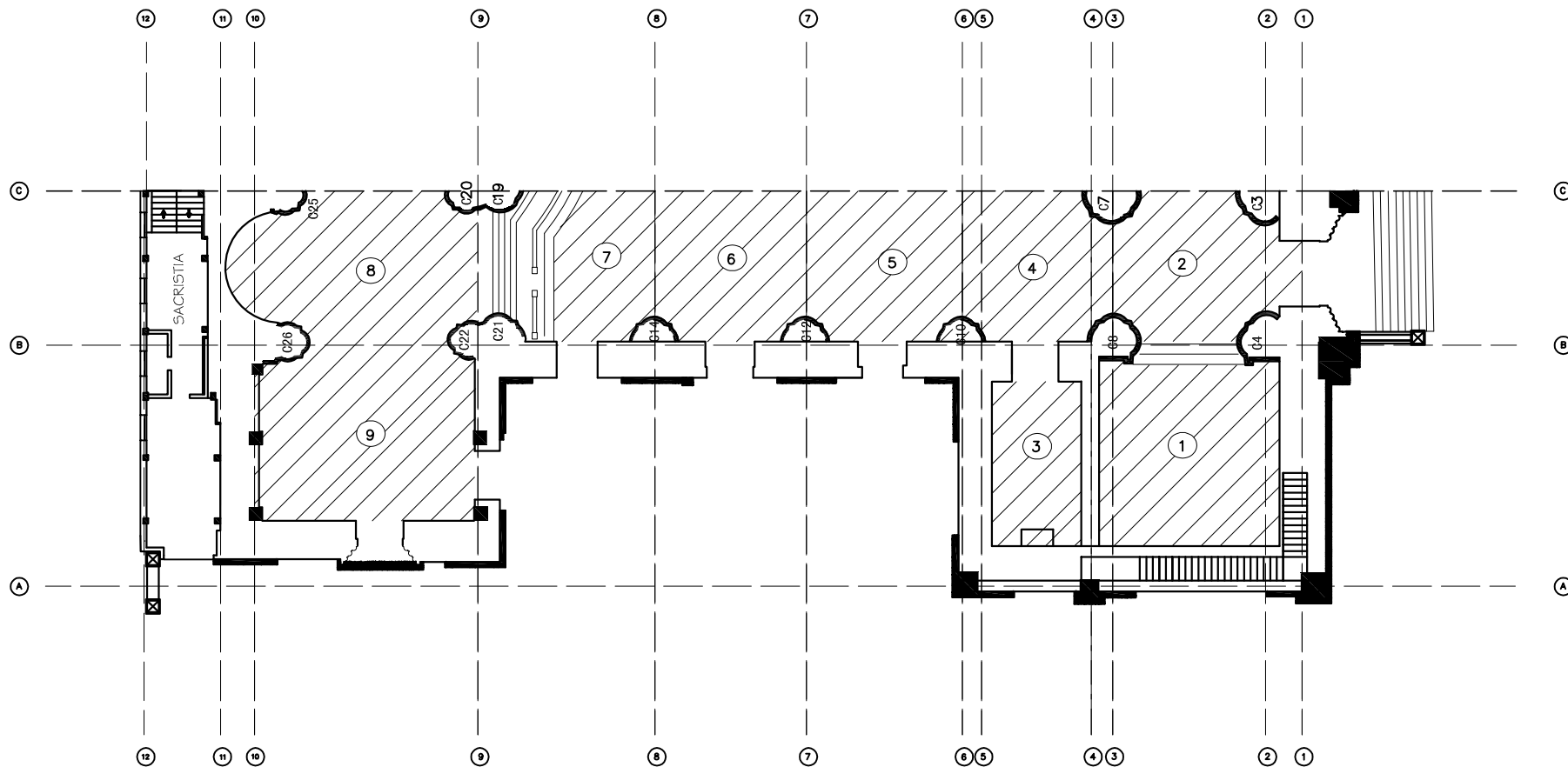
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	09/05/2007
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis
EDIFICIO:	Catedral Basílica
AREA:	100

FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN LOSAS

FORMATO:	F-7
HOJA N°:	1

LOSA	ENTRE EJES		DESCRIPCIÓN									
			TIPO	CANTIDAD DE GRIETAS	ESPESOR (mm)	LONG (m) / AREA (m2) / VOL (m3)	FOTO	CLASIFICACION DE DAÑOS	SUMATORIAS			Area (m3)
									Longitudes (m)			
									e<0.5mm	0.5<e<1.00mm	e>1.00mm	
1	1-4	A-B	L5	1	1.02	4.00		FD1			4.00	
5	5-7	B-C	L5	1	0.41	4.00		MD1	4.00			
6	7-8	B-C	L5	1	0.20	4.00		MD1	4.00			
7	8-9	B-C	L5	1	0.25	4.00		MD1	4.00			
9	9-10'	A-B	DV1-2	1	0.25	4.00		MD1	4.00			
9	9-10'	A-B	L5	1	0.30	4.00		MD1	4.00			
AZOTEA												
1	1-4	A-B	L4	1	0.41	1.13		MD1	1.13			
1	1-4	A-B	L1			4.54		MD1				
TOTALES:									21.13		4.00	
REPARACIÓN:									21.13		4.00	



Area 100

PROYECTO: **EVALUACION FISICA DE LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

UBICACION: **CENTRO DE SAN MIGUEL**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

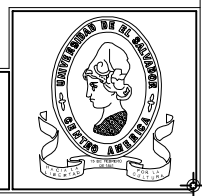
ESCALA: **SIN ESCALA**

FECHA: **JUNIO - 2007**

CONTENIDO: **AREA 100
NUMERACION DE PISOS**

HOJA: **3/3**

PRESENTAN: **BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	09/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS	FORMATO:	F-9	
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		EN PISOS	HOJA N°	1
EDIFICIO:	Catedral Basílica				
AREA:	100				

PISO	ENTRE EJES		DESCRIPCIÓN					
			TIPO	TIPO Y DIMENSION DEL PISO	CANTIDAD DE UNIDADES	LONG. SISAS ABIERTAS	FOTO	CLASIFICACION DE DAÑOS
1	1-4	A-B	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 1.0 X 0.50 M	7			MD1
1	1-4	A-B	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 1.0 X 0.50 M		6.00		MD1
1	1-4	A-B	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	16			MD1
3	4-5	A-B	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.25 X 0.25 M	7			MD1
3	4-5	A-B	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 1.0 X 0.50 M	1			MD1
4	3-6	B-C	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M		3.00		MD1
5	6-7	B-C	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M		2.00		MD1
6	7-8	B-C	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	1			MD1
7	8-9	B-C	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 1.0 X 0.50 M		2.00		MD1
TOTALES:					32	13		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	09/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PISOS	FORMATO:	F-9
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	2
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	100			

PISO	ENTRE EJES		DESCRIPCIÓN					
			TIPO	TIPO Y DIMENSION DEL PISO	CANTIDAD DE UNIDADES	LONG. SISAS ABIERTAS	FOTO	CLASIFICACION DE DAÑOS
6	7-8	E-D	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	3			MD1
6	7-9	E-D	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M		3.00		MD1
7	8-9	E-D	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	9			MD1
7	8-10	E-D	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M		4.00		MD1
8	9-10	E-G	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.25 X 0.25 M	1			MD1
9	9-10	E-D	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.25 X 0.25 M	10			MD1
TOTALES:					23	7		

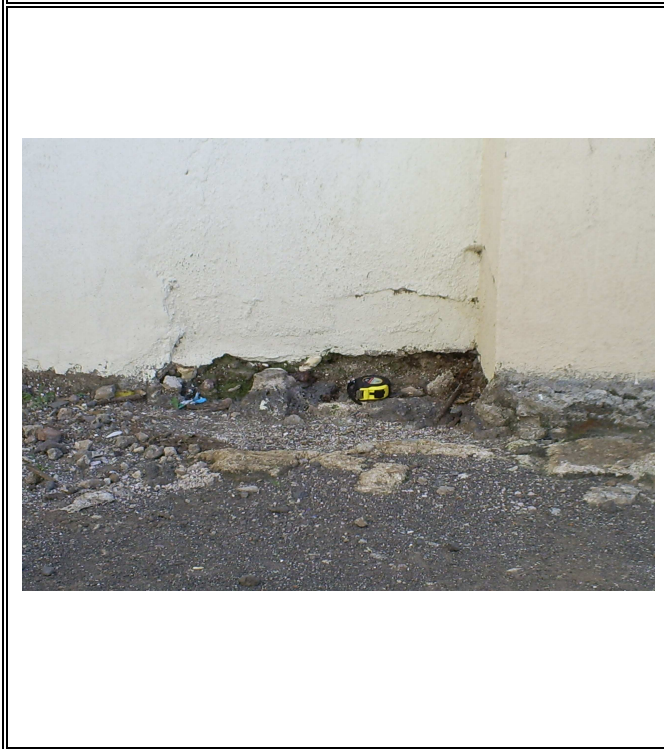


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	1
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 100

TRAMO A - B **EJE** 6

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Desprendimiento de mortero de 0.9 m². Ubicada en la parte inferior de la pared.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante

OBSERVACIONES: En toda la pared exterior de la catedral basílica. Se observa repello desprendido en la parte inferior. Dejando descubierta la mampostería de barro.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	2
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 100

TRAMO 9 - 10 **EJE** A

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta vertical ubicada en parte mediana de pared exterior con una longitud de 3.0 mts y un espesor de 0.76 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión

OBSERVACIONES: _____



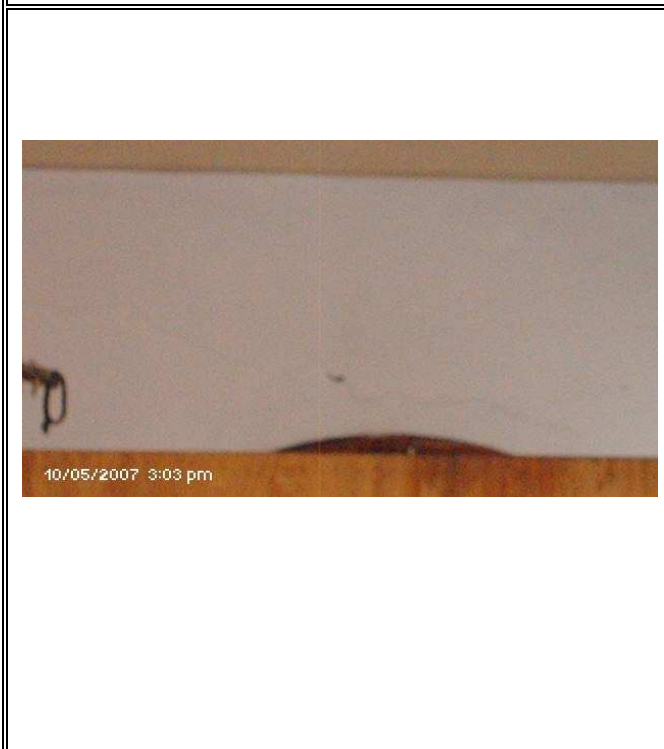
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	10/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	3
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 100

TRAMO 9 - 10 **EJE** A

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta diagonal en parte superior de pared interior con una longitud de 2.5 mts. y un espesor de 0.41 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	4
ELEMENTO:	Columna		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 100

TRAMO 1 - 6 EJE A

MATERIALES: Concreto Reforzado

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Caída de recubrimiento en aristas en columna exterior.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexocompresión

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	5
ELEMENTO:	Columna		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 100

TRAMO 1 - 6 **EJE** A

MATERIALES: Concreto Reforzado

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Caida de recubrimiento en aristas en columna exterior.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexocompresión

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	6
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 100

TRAMO A - B EJE 9

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta Diagonal Ubicada en parte superior de pared, con una longitud de 1.0m y un espesor de 0.30mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión

OBSERVACIONES: _____



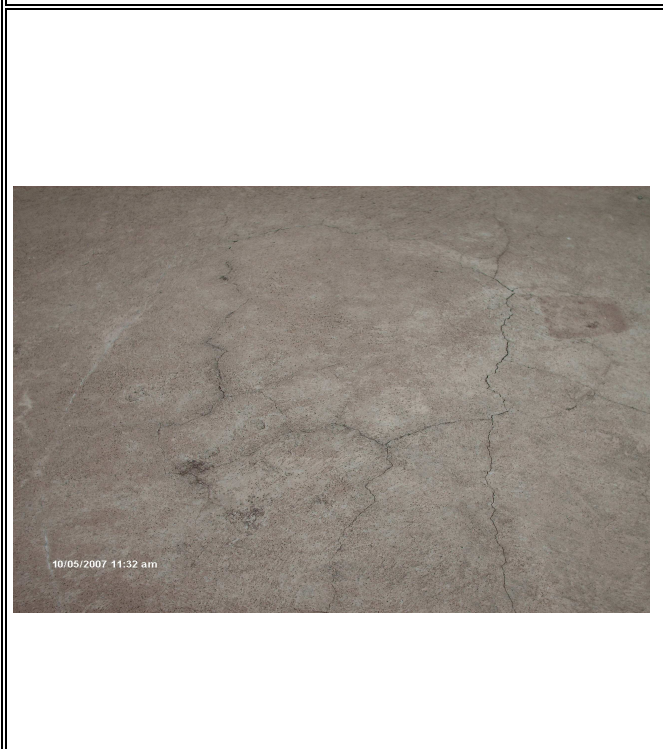
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	10/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	7
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Losa		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 100

TRAMO A - B EJE 1 - 4

MATERIALES: Concreto Reforzado

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Area agrietada en losa exterior, con un area de 4.54 m²

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	8
ELEMENTO:	Pisos		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 100

TRAMO A - B **EJE** 4 - 5

MATERIALES: Ladrillo ceramico decorativo

DIMENSIONES: 0.5 x 0.5 mts.

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Unidades de piso quebradas.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: _____

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	9
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pisos		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 100

TRAMO B - C EJE 7 - 8

MATERIALES: Ladrillo ceramico decorativo

DIMENSIONES: 0.5 x 0.5 mts.

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Sisas entre ladrillo vacias.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: _____

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	10
ELEMENTO:	Estructura de Techo		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 100

TRAMO 1 - 9 **EJE** A - C

MATERIALES: Perfiles de Acero

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Corrosión en elemento estructural metálico, con un área de 0.5 m²

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Infiltración de agua.

OBSERVACIONES: Toda la estructura metalica del techo esta cubierta de Guano, excremento de palomas y restos de comida de murcielagos y aves.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	11
ELEMENTO:	Cubierta de Techo		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA _____ 100 _____

TRAMO _____ A - C _____ **EJE** _____ 1 - 9 _____

MATERIALES: _____ Tejas de barro _____

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Tejas de barro quebradas y faltantes.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: _____

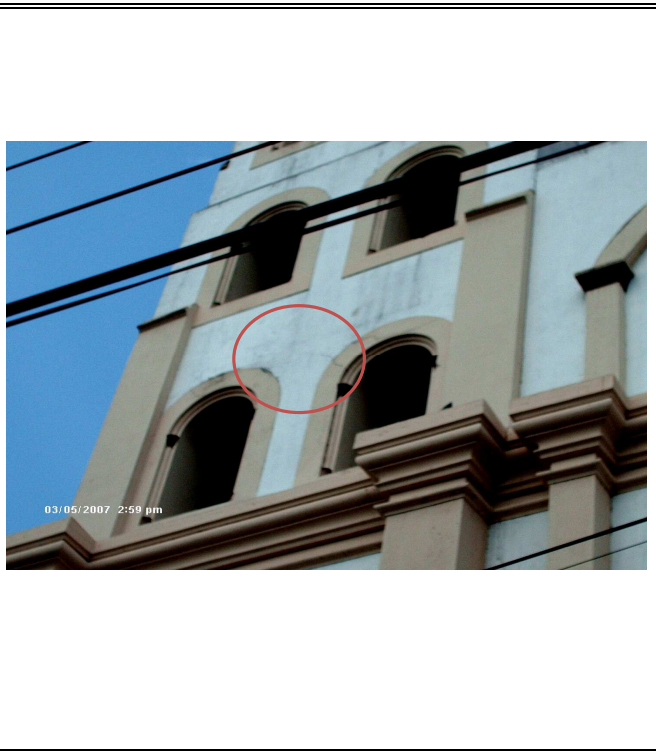
OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	12
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA _____ 100 _____

TRAMO _____ B - C _____ **EJE** _____ 1 _____

MATERIALES: _____ Mamposteria de Barro. _____

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: _____ Grieta en marco de ventana con una longitud de 1.25 m y un espesor de 1.02 mm. _____

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: _____ Cortante. _____

OBSERVACIONES: _____

Evaluación de Daños Estructurales en Area 200

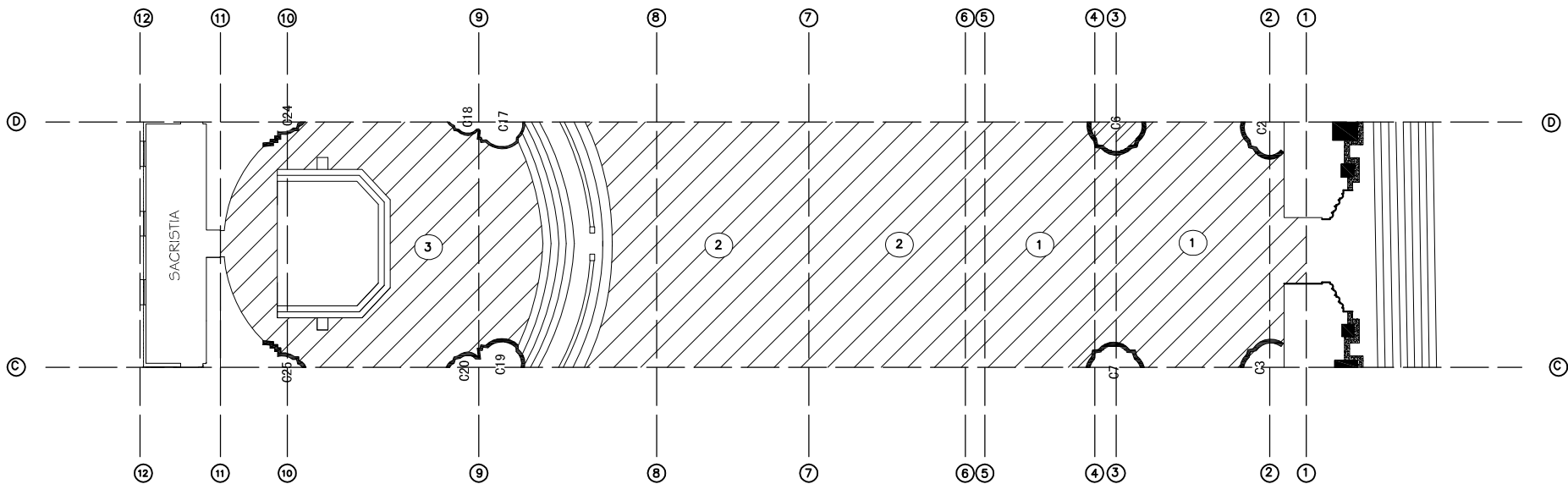


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	10
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	200			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION									
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias				
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm		
Paredes bajo Cupula													
1	MB	a	1-2	P4-1	1	0.41	2.0	MD1	2.00				
1	MB	1	C-D	P5-2	2	0.76	4.00	FD1	8.00				
2	MB	b	2-3	P4-1	1	0.25	1.0	MD1	1.00				
3	MB	11	C-D	P3-1	1	0.76	6.0	MD1	6.00				
3	MB	11	C-D	P2-3	1	0.41	4.0	MD1	4.00				
3	MB	11	C-D	P7-2	1							2.00	
26 E	MB	11	CD	P3-2	1	0.508	3.0	MD1	3.00				
26 E	MB	11	CD	P2-4	1	0.508	4.0	MD1	4.00				
26 E	MB	11	CD	P2-4	1	0.508	5.0	MD1	5.00				
26 E	MB	11	CD	P2-3	2	0.25	1.50	MD1	1.50			1.80	
Total:									34.50			3.80	
Reparación:									34.50			3.80	



Area 200

PROYECTO: **EVALUACION FISICA
DE LA CATEDRAL BASILICA DE
NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

UBICACION: **CENTRO DE SAN MIGUEL**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

ESCALA: **SIN ESCALA**

FECHA: **JUNIO - 2007**

CONTENIDO:

**AREA 200
NUMERACION DE LOSAS**

HOJA:

1/2

PRESENTAN:

**BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**





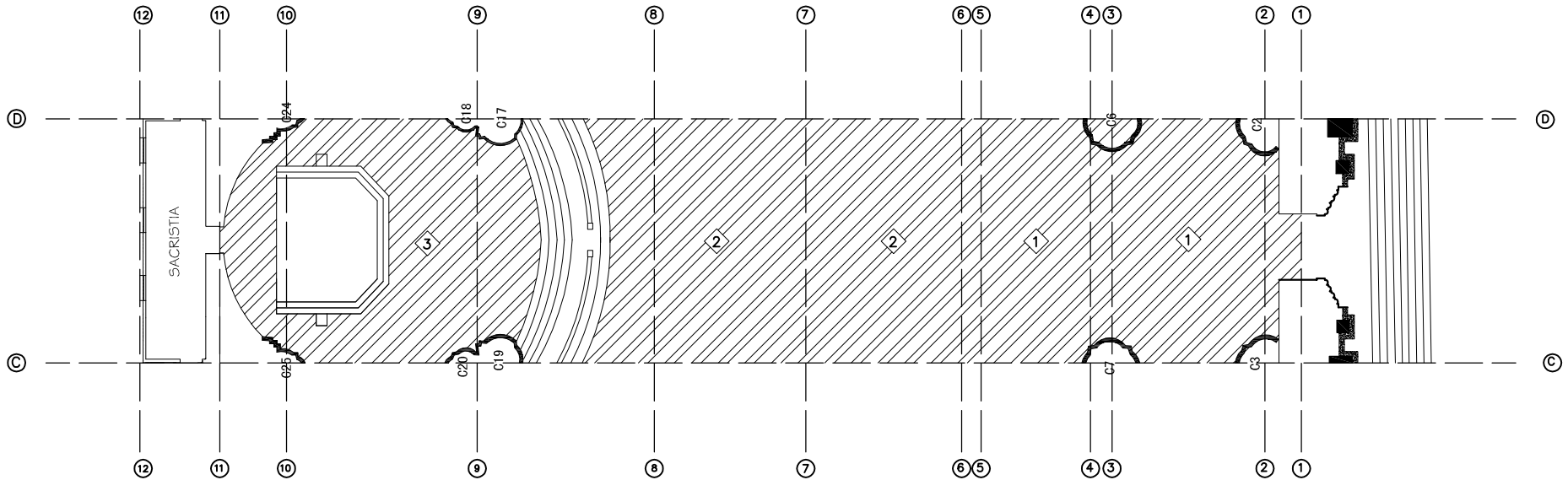
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	09/05/2007
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis
EDIFICIO:	Catedral Basílica
AREA:	200

FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN LOSAS

FORMATO:	F-7
HOJA N°:	2

LOSA	ENTRE EJES		DESCRIPCIÓN									
			TIPO	CANTIDAD DE GRIETAS	ESPESOR (mm)	LONG (m) / AREA (m2) / VOL (m3)	FOTO	CLASIFICACION DE DAÑOS	SUMATORIAS			
									Longitudes (m)			Area (m2)
									e<0.5mm	0.5<e<1.00mm	e>1.00mm	
1	C-D	1-4	L5	4	0.41	7.00		MD1	7.00			
2	C-D	4-9	L5	9	0.41	7.00		MD1	7.00			
TOTALES:									14.00			
REPARACIÓN:									14.00			



Area 200

PROYECTO: **EVALUACION FISICA
DE LA CATEDRAL BASILICA DE
NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

CONTENIDO:

**AREA 200
NUMERACION DE PISOS**

HOJA:

2/2

PRESENTAN:

**BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**

UBICACION: **CENTRO DE SAN MIGUEL**

ESCALA: **SIN ESCALA**

FECHA: **JUNIO - 2007**





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	09/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PISOS	FORMATO:	F-9
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	3
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	200			

PISO	ENTRE EJES		DESCRIPCIÓN					
			TIPO	TIPO Y DIMENSION DEL PISO	CANTIDAD DE UNIDADES	LONG. SISAS ABIERTAS	FOTO	CLASIFICACION DE DAÑOS
1	C-D	1-4	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	15			MD1
1	C-D	1-5	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M		2.00		MD1
2	C-D	4-9	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	45			MD1
2	C-D	4-10	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M		10.00		MD1
3	C-D	6-11	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.25 X 0.25 M	18			MD1
TOTALES:					78	12		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	13
ELEMENTO:	Pared		

UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 200

TRAMO 1 - 2 **EJE** A

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1



DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta vertical ubicada entre unión de paredes, con una longitud de 2.0 m y un espesor de 0.41 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión y volteo.

OBSERVACIONES: _____



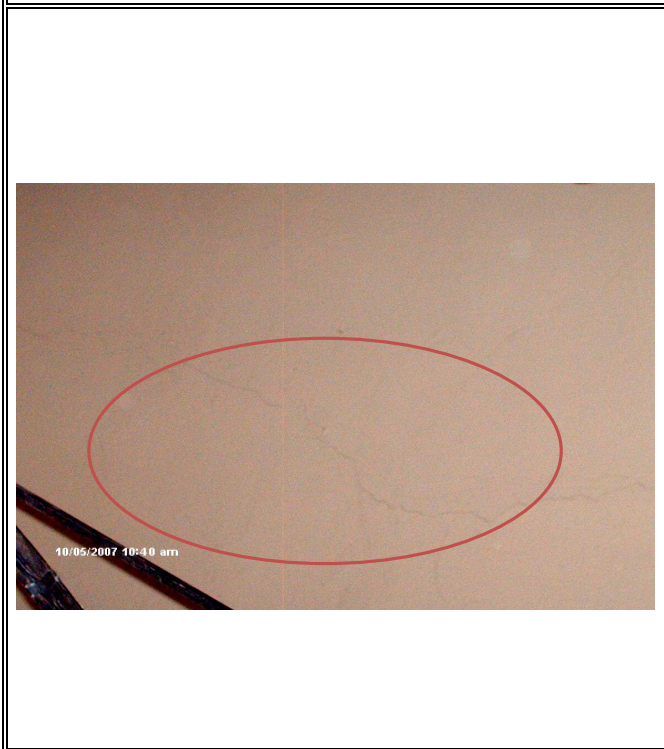
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	14
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA _____ 200 _____

TRAMO _____ C - D _____ **EJE** _____ 12 _____

MATERIALES: _____ Mampostería de barro _____

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta diagonal en parte superior de pared interior, con una longitud de 6.0 m y un espesor de 0.76 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante.

OBSERVACIONES: _____



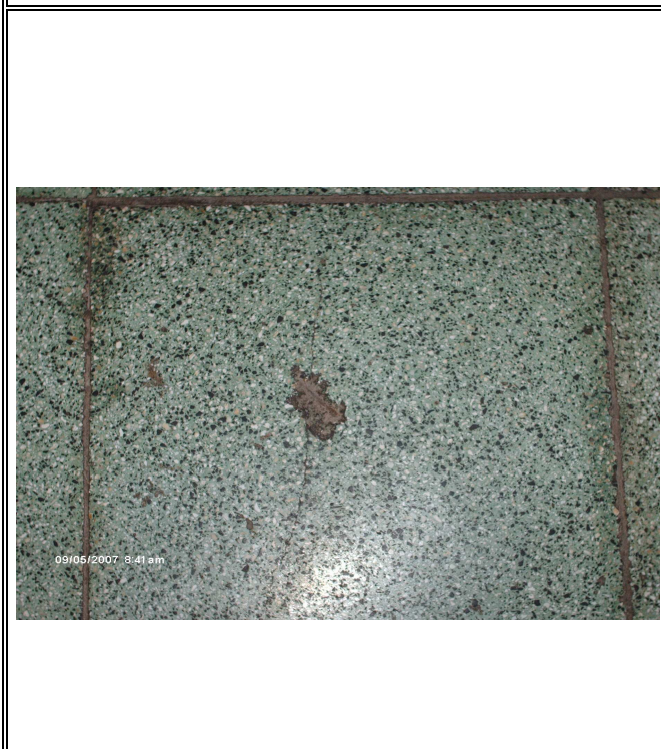
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	15
ELEMENTO:	Pisos		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA _____ 200 _____

TRAMO _____ 1 - 4 _____ **EJE** _____ C - D _____

MATERIALES: _____ Ladrillo de piso decorativo _____

DIMENSIONES: _____ 0.5 x 0.5 mts. _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: _____ Ladrillo de piso agrietado e incompleto. _____

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: _____

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	16
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pisos		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 200

TRAMO 4 - 9 EJE C - D

MATERIALES: Ladrillo de piso decorativo

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Juntas entre ladrillo de piso separadas o vacias.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: _____

OBSERVACIONES: _____



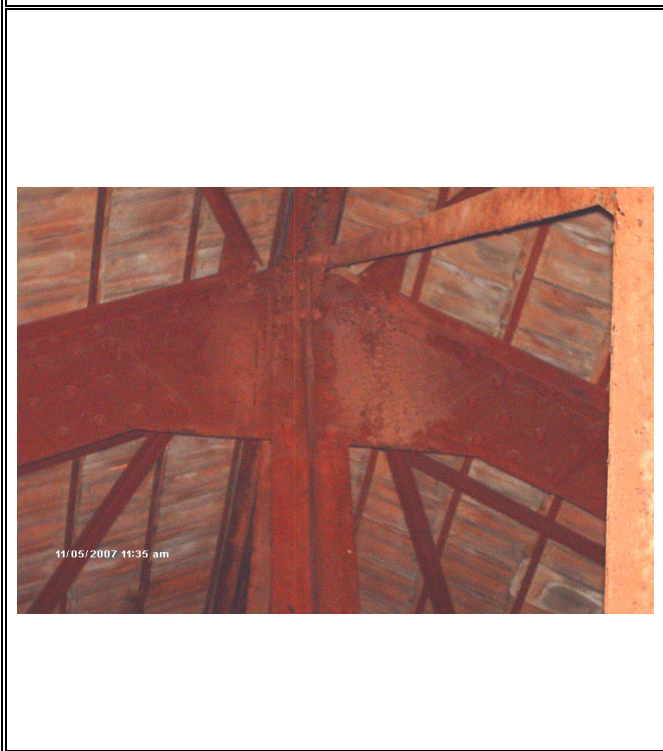
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	17
ELEMENTO:	Estructura de Techo		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 200

TRAMO 9 - 10 **EJE** C - D

MATERIALES: Elemento Estructural Metálico

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

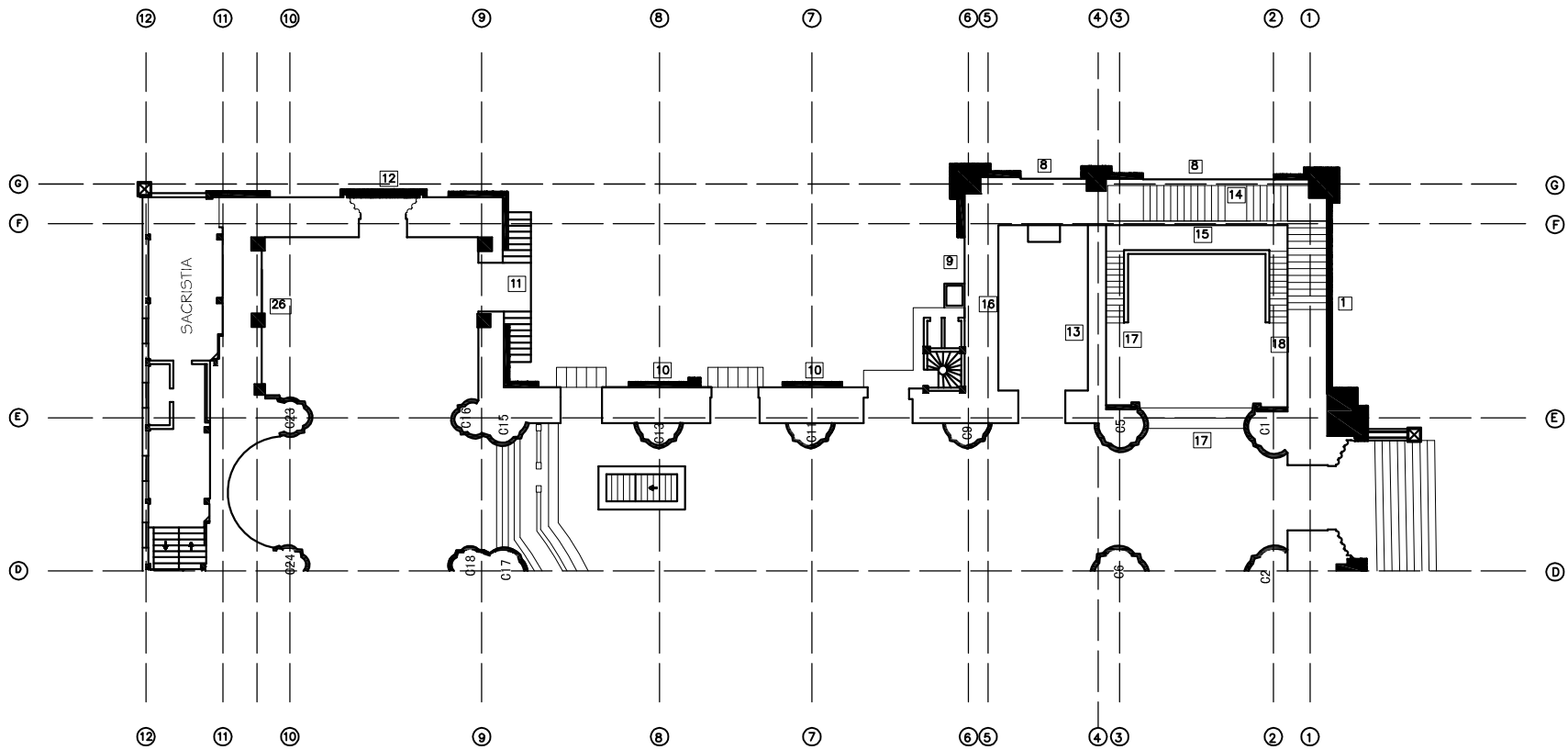
SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Corrosión en elemento estructural metálica, con un area de 5.0 m²

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Infiltración de agua.

OBSERVACIONES: Toda la estructura metálica del techo esta cubierta de Guano, excremento de palomas y restos de comida de murcielagos y aves.

Evaluación de Daños Estructurales en Area 300



Area 300

PROYECTO: **EVALUACION FISICA
DE LA CATEDRAL BASILICA DE
NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

UBICACION: **CENTRO DE SAN MIGUEL**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

ESCALA: **SIN ESCALA**

FECHA: **JUNIO - 2007**

CONTENIDO:

**AREA 300
NUMERACION DE PAREDES Y COLUMNAS**

HOJA:

1/3

PRESENTAN:

**BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	11
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	300			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION									
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias				
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm		
1	MB	1	E'-G	P2-3	1	1.524	5.0	MD1			5.00		
1	MB	1	E'-G	P2-3	2	0.762	2	MD1	4.00				
1	MB	1	E'-G	P3-2	2	0.762	2	MD1	4.00				
1	MB	1	E'-G	P3-5	1	0.660	1	MD1	1.00				
1	MB	1	E'-G	P1-3	2	0.508	3	MD1	6.00				
1	MB	1	E'-G	P2-4	1	0.762	1	MD1	1.00				
1	MB	1	E'-G	P7-1				MD1					0.0081
1	MB	1	E'-G	P7-1				MD1					0.0029
1	MB	1	E'-G	P2-5	1	0.432	3.0	MD1	3.00				
1	MB	1	E'-G	P3-1	1	0.660	2.0	MD1	2.00				
1	MB	1	E'-G	P7-1	1			MD1					0.0014
									5.00				
8	MB	G	2-3	P2-3	1	0.508	5.0	MD1					
8	MB	G	2-3	P1-2	1	0.305	2.5	MD1	2.50				
8	MB	G	2-3	P3-2	1	0.406	1.0	MD2	1.00				
8	MB	G	2-3	P2-3	1	0.508	2.0	MD3	2.00				
8	MB	G	2-3	P3-2	2	0.660	1.5	MD4	3.00				
Total:									34.50		5.00		0.01
Reparación:									34.50		5.00		0.01



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	12
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	300			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION									
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Volumen (m3)
									Longitudes grietas (m)				
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm		
8	MB	G	2-3	P7-2				MD1				30.6	
8	MB	G	2-3	P7-1				MD1					0.10
8	MB	G	2-3	P1-1	1	0.76	3.0	MD1	3.00				
8	MB	G	4-5	P3-2	2	0.660	3	MD1	6.00				
8	MB	G	4-5	P2-3	1	0.508	1	MD1	1.00				
8	MB	G	4-5	P1-3	1	0.305	2	MD1	2.00				
8	MB	G	4-5	P7-2				MD1				13.2	
9	MB	6	F-E	P1-1	1	0.406	0.50	MD1	0.50				
9	MB	6	F-E	P3-1	1	0.508	1.00	MD1	1.00				
9	MB	6	F-E	P2-4	3	0.406	0.50	MD1	1.50				
9	MB	6	F-E	P3-3	3	0.051	0.30	MD1	0.90				
9	MB	6	F-E	P3-5	1	0.406	0.40	MD1	0.40				
9	MB	6	F-E	P7-1	1			MD1	0.60			0.00875	
C.E	MB		F'-F''	V1-1	1	0.254	0.5	MD1	0.50				
Total:									17.40			43.81	0.10
Reparación:									17.40			43.81	0.10



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	13
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	300			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias					
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)	
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
C.E (cubo de escaleras)	MB		F'-F''	V1-1	4	0.254	0.250	MD1	1.00					
C.E	MB		6-7'	V1-1	4	0.051	0.250	MD1	1.00					
10	MB	E	6-7	P1-2	1	0.508	2.500	MD1	2.50					
10	MB	E	6-7	P3-2	1	0.051	2.500	MD1	2.50					
10	MB	E	6-7	P2-5	1	0.406	1.750	MD1	1.75					
10	MB	E	6-7	DV2-1	1			MD1				0.015		
10	MB	E	6-7	P7-3	1			MD1				0.620		
10	MB	E	6-7	DP1-2	1	0.051	0.500	MD1	0.50					
10	MB	E	6-7	P4-4	1	0.203	1.000	MD1	1.00					
10	MB	E	6-7	DP1-1	1	0.203	2.000	MD1	2.00					
10	MB	E	7-8	P7-1	1			MD1					0.004	
10	MB	E	7-8	P1-2	1	0.406	1.0	MD1	1.00					
10	MB	E	7-8	P3-2	1	0.20	2.0	MD1	2.00					
Total:									15.25			0.64	0.004	
Reparación:									15.25			0.64	0.004	



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	14
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	300			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION									
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Volumen (m3)
									Longitudes grietas (m)				
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm		
10	MB	E	7-8	DP1-2	1			MD1				1.00	
11	MB	9	F-E	P3-4	1	0.508	2.00	MD1	2.00				
11	MB	9	F-E	P3-5	1	0.203	1.50	MD1	1.50				
11	MB	9	F-E	P3-4	1	0.508	2.00	MD1	2.00				
11	MB	9	F-E	P4-1	1	0.102	3.00	MD1	3.00				
10	MB	E	8-9	P1-2	2	0.20	2.00	MD1	4.00				
10	MB	E	8-9	P3-2	1	0.20	2.00	MD1	2.00				
10	MB	E	4-5	P3-5	1	0.41	1.80	MD1	1.80				
10	MB	E	4-5	P3-5	1	0.15	1.40	MD1	1.40				
10	MB	E	4-5	DV1-1	5	0.51	0.40	MD1	2.00				
10	MB	E	4-5	P3-5	1	0.41	1.80	MD1	2.55				
10	MB	E	4-5	P7-1	1							0.85	
10	MB	E	4-5	P4-1	1	1.27	3.00	MD1	3.00				
10	MB	E	4-5	P4-1	1	1.52	1.50	MD1	1.50				
Total:									26.75			1.85	
Reparación:									26.75			1.85	



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	15
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	300			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION									
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificación de Daño	Sumatorias			Area (m ²)	Volumen (m ³)
									Longitudes grietas (m)				
									e < 3.0 mm	3.0 < e < 10mm	e > 10mm		
11	MB	9	F-E	P7-1	1			MD1				4.80	
12	MB	G	9-11	P6-1	1	0.15	1.5	MD1	1.50				
12	MB	G	9-11	P7-1	1			MD1					0.063
12	MB	G	9-11	DP1-1	1			MD1				3.00	
13	MB	A	E-F	P3-3	1	0.30	1.10	MD1	1.10				
13	MB	A	E-F	P3-3	6	2.03	0.60	MD1	2.03				
13	MB	A	E-F	P7-1	1			MD1				0.30	
14	MB	G	1-4	P7-1	1								0.30
				P3-1	2	0.51	1.10	MD1	2.20				
16	MB	5	E-G	P2-3	7	0.25	0.90	MD1	6.30				
				DP1-2	1	0.66	0.50	MD1	0.50				
Total:									13.63			8.10	0.363
Reparación:									13.63			8.10	0.363



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	16
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	300			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Volumen (m3)	
									Longitudes grietas (m)					
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
14	MB	G	1-4	P1-2	1	0.30	1.50	MD1	1.50					
14	MB	G	1-4	P2-3	9	0.30	1.20	MD1	10.80					
17	MB	3	E-F	P2-3	8	0.05	1.20	MD1	9.60					
17	MB	3	E-F	P7-1	1			MD1				1.08		
17	MB	3	E-F	P3-1	1	0.51	0.80	FD1	0.80					
18	MB	2	E-F	P2-3	8	0.30	1.20	MD1	9.60					
Total:									32.30			1.08		
Reparación:									32.30			1.08		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	17
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	300			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias					
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)	
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
18 I	MB	2	G-E	P2-4	1	1.524	3.00	MD1	3.00					
18 I	MB	2	G-E	P2-5	1	1.524	1.90	MD1	1.90					
18 I	MB	2	G-E	P3-2	1	0.762	1.50	MD1	1.50					
18 I	MB	2	G-E	P3-1	1	0.254	1.10	MD1	1.10					
18 I	MB	2	G-E	P3-5	1	1.524	2.00	MD1	2.00					
18 I	MB	2	G-E	P3-5	1	0.203	0.25	MD1	0.25					
18 I	MB	2	G-E	P3-2	2	0.254	0.80	MD1	1.60					
18 I	MB	2	G-E	P2-5	1	0.254	0.80	MD1	0.80					
17 I	MB	3	E-G	P5-1	1	1.524	8.00	MD1	8.00					
17 I	MB	3	E-G	P3-3	1	0.660	0.64	MD1	0.64					
17 I	MB	3	E-G	P3-3	1	0.051	0.20	MD1	0.20					
1 I	MB	1	D-E	DP2-1	1			MD1						0.0060
25 I	MB	E	1-4	P5-1	1	0.406	3.00	MD1	3.00					
25 I	MB	E	1-4	DV2-1	1			MD1					0.005	
Total:									23.99				0.01	0.0060
Reparación:									23.99				0.01	0.0060



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	18
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	300			

Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias					
									Longitudes grietas (m)			Area (m2)	Volumen (m3)	
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
13 I	MB	4	E-G	P2-5	1	0.254	1.50	MD1	2.00					
13 I	MB	4	E-G	P2-5	1	0.508	0.70	MD1	1.00					
15 I	MB	F	3-6	DV1-2	1	0.660	5.00	MD1	5.00					
15 I	MB	F	3-6	DV1-2	1	0.051	2.00	MD1	2.00					
11 I	MB	9	E-G	P2-5	1	0.508	3.00	MD1	3.00					
11 I	MB	9	E-G	P4-3	1	1.524	2.50	MD1	2.50					
11 I	MB	9	E-G	P4-3	1	1.52	0.70	MD1	0.70					
11 I	MB	9	E-G	P3-4	1	0.508	3.00	MD1	3.00					
11 I	MB	9	E-G	P3-2	1	0.508	2.00	MD1	2.00					
11 I	MB	9	E-G	P7-2	1							2.00		
11 I	MB	9	E-G	P3-4	1	0.41	1.00	MD1	1.00					
11 I	MB	9	E-G	DV1-1	1	0.41	0.50	MD1	0.50					
12 I	MB	F	9-10	P3-5	1	0.41	2.50	MD1	2.50					
12 I	MB	F	9-10	P3-5	1	0.51	1.00	FD1	1.00					
Total:									26.20			2.00		
Reparación:									26.20			2.00		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PAREDES	FORMATO:	F-3
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	19
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	300			

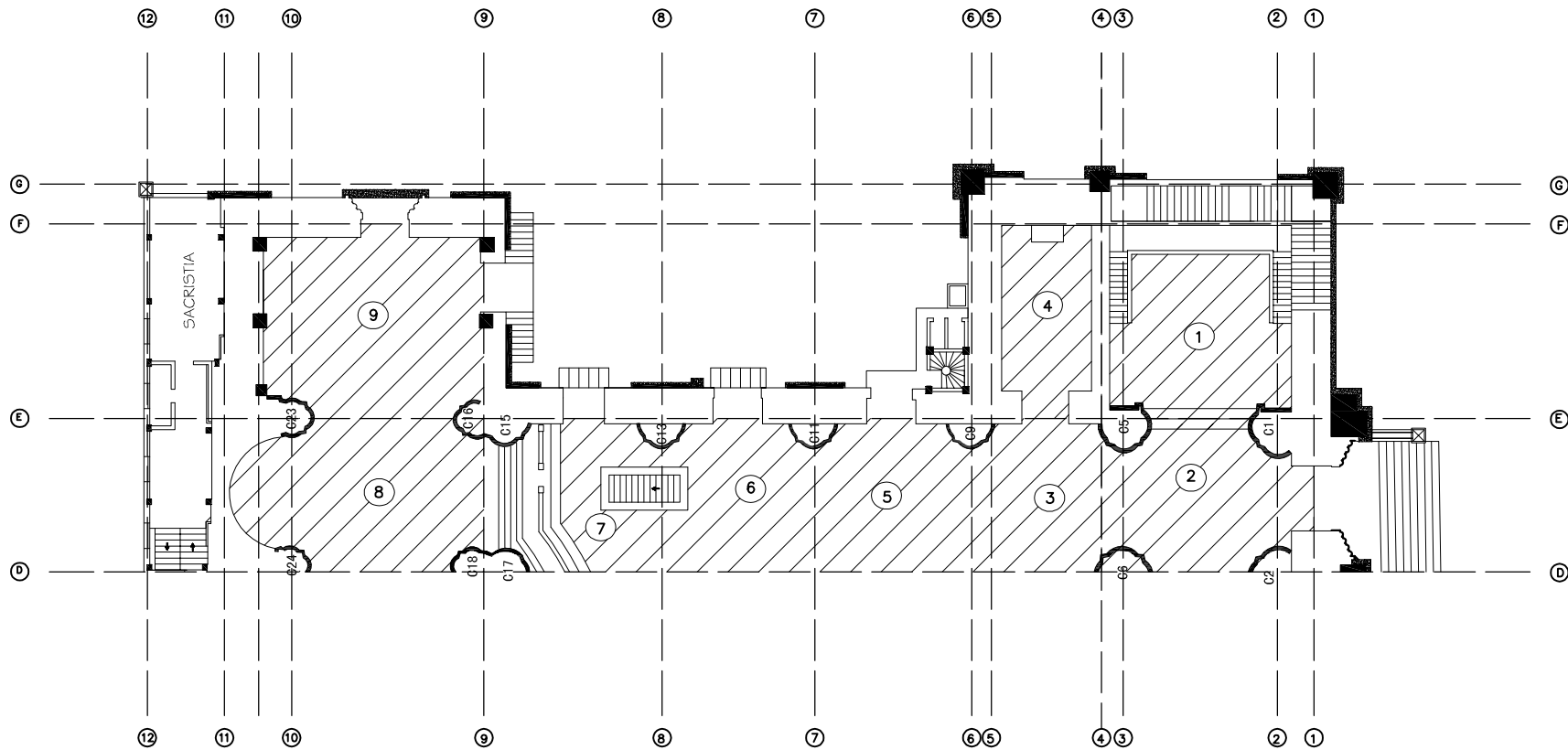
Paredes (I: interior) (E: exterior)	Material	Eje	Tramo	DESCRIPCION										
				Tipo	Cantidad	Espesor (mm)	Long (m)	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Volumen (m3)	
									Longitudes grietas (m)					
									e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm			
1	MB	1	D-E	TV1-1	2	0.20	0.50	MD1	1.00					
1	MB	1	D-E	P3-4	1	0.51	2.00	MD1	2.00					
1	MB	1	D-E	P2-4	2	0.41	2.00	MD1	4.00					
1	MB	1	D-E	P2-3	4	0.76	0.50	MD1	2.00					
1	MB	1	D-E	P2-2	1	0.76	3.00	MD1	3.00					
1	MB	1	D-E	P3-1	2	0.76	2.00	MD1	4.00					
1	MB	1	D-E	DV2-1	1			MD1				0.20		
2	MB	E	1-2'	P7-2	1			MD1				25.00		
2	MB	E	1-2'	P2-5	3	0.20	2.00	MD1	6.00					
2	MB	E	1-2'	DP1-2	7	0.05	0.50	MD1	3.50					
2	MB	E	1-2'	DV1-3	5	0.15	1.00	MD1	5.00					
2	MB	E	1-2'	P3-4	2	0.20	1.00	MD1	2.00					
2	MB	E	1-2'	DV3-1	2	0.25	1.50	MD1	3.00					
2	MB	E	1-2'	DV3-2	2	0.20	1.20	MD1	2.40					
2	MB	E	1-2'	P1-2	1	0.05	1.20	MD1	1.20					
3	MB	2'	D-E	P2-4	1	1.02	2.00	MD1	2.00					
Total:									41.10			25.20		
Reparación:									41.10			25.20		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	03/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE GRIETAS EN COLUMNAS	FORMATO:	F-4
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	2
EDIFICIO:	Catedral Basílica San Miguel			
AREA:	300			

COLUMNA	DESCRIPCION										
	tipo	cantidad de grietas	espesor (mm)	Long (m) / Area (m2) / Vol (m3)	Foto	Clasificacion de Daño	Sumatorias			Area (m2)	Vol (m3)
							Longitudes (m)				
							e<0.5mm	0.5<e<1.00mm	e>1.00mm		
E-1	C4-3	1				MD1				0.02	
G-4	P4-5	1	0.76	6.00		FD1		6.00			
G-6	C4-2					MD1				0.400	
G-6	C1-3	1	0.76	2.48		FD1		2.48			
G-6	C2-2	1	1.52	2.00		FD1	2.00		2.00		
E1	C4-1	1				MD1				0.001	
10'-F	C2-1	1	0.10	1.50		MD1	1.50				
	C2-1	1	1.27	1.00		FD1			1.00		
10'-F"	C2-1	1	0.51	0.80		FD1		0.80			
10'-F"	C2-1	1	1.52	1.00		FD1			1.00		
10'-F"	C3-1	1	0.05	0.40		MD1	0.40				
10'-F"	C2-1	1	0.05	0.50		MD1	0.50				
C23	C1-2	1	0.41	1.50		MD1	0.41				
C24	C1-2	1	0.41	2.5		MD1	2.50				
TOTALES:							7.31	9.28	4.00	0.42	0.00



Area 300

PROYECTO: **EVALUACION FISICA
DE LA CATEDRAL BASILICA DE
NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

UBICACION: **CENTRO DE SAN MIGUEL**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

ESCALA: **SIN ESCALA**

FECHA: **JUNIO - 2007**

CONTENIDO:
**AREA 300
NUMERACION DE LOSAS**

HOJA:
2/3

PRESENTAN:
BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	09/05/2007
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis
EDIFICIO:	Catedral Basílica
AREA:	300

FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN LOSAS

FORMATO:	F-7
HOJA N°:	3

LOSA	ENTRE EJES		DESCRIPCIÓN									
			TIPO	CANTIDAD DE GRIETAS	ESPESOR (mm)	LONG (m) / AREA (m2) / VOL (m3)	FOTO	CLASIFICACION DE DAÑOS	SUMATORIAS			Area (m3)
									Longitudes (m)			
		e<0.5mm	0.5<e<1.00mm	e>1.00mm								
1	1-4	E-G	L1	1		1.125		MD1				1.125
1	1-4	E-G	L3	1	0.508	0.75		FD1		0.75		
2	1-4	E-D	L4	1	0.406	3.00		MD1	3.00			
3	3-6	E-D	L5	3	0.660	4.00		FD1		12.00		
3	3-6	E-D	L4	1	0.508	6.00		FD1		6.00		
5	6-7	E-D	L5	2	0.508	4.00		FD1		8.00		
6	7-8	E-D	L5	2	0.4064	4.00		MD1	8.00			
7	8-9	E-D	L5	2	0.508	4.00		FD1		8.00		
8	9-10	E-G	L5	2	0.508	5.00		FD1		10.00		
9	9-10	E-D	L5	2	0.508	6.00		FD1		12.00		
TOTALES:									11.00	56.75		1.13
REPARACIÓN:									11.00	56.75		1.13



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

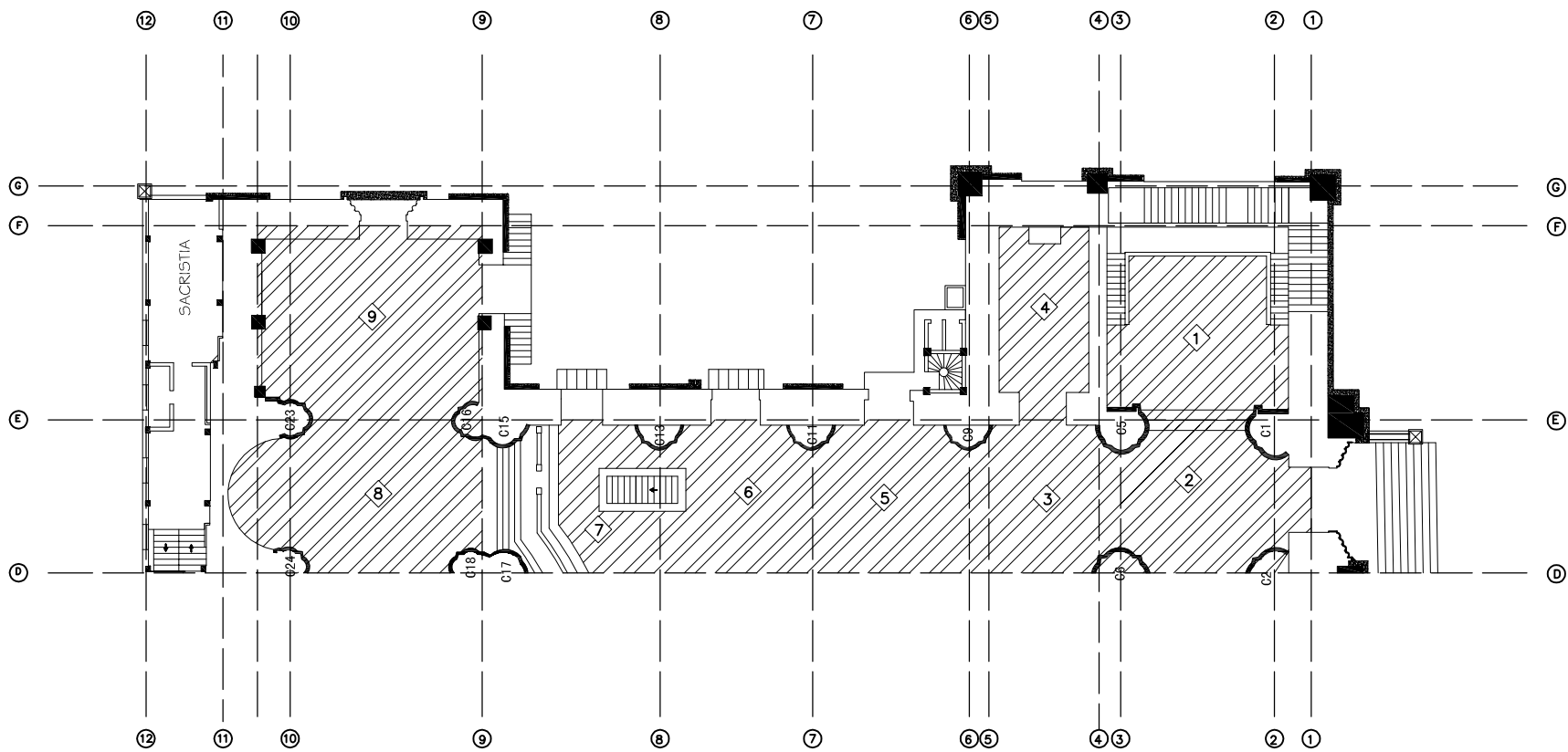
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACION

FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN TECHOS

FECHA:	11/05/2007	FORMATO	F-8
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz	HOJA N°	3
AREA:	300		

ELEMENTO	ENTRE EJES		DAÑOS			
			TIPO	CANTIDAD	AREA M2	FOTOGRAFIA
ELE. ESTRC. MET.	9-10	D-G	T1		0.50	
CUBIERTA TECHO	9-10	D-G	T4	3.00		
ELE. ESTRC. MET.	9-10	D-G	T1		1.68	
ELE. ESTRC. MET.	9-10	D-G	T1		2.00	
ELE. ESTRC. MET.	9-10	D-G	T1		2.00	
ELE. ESTRC. MET.	9-10	D-G	T1		1.50	
ELE. ESTRC. MET.	9-10	D-G	T1		1.88	
CUBIERTA TECHO	9-10	D-G	T4	6.00		
POLIN C	1-9	D-G	T1		0.75	
ELE. ESTRC. MET.	1-9	D-G	T1		12.00	
CUBIERTA TECHO	1-9	D-G	T4	26.00		
TOTALES					35.00	22.31



Area 300

PROYECTO: **EVALUACION FISICA DE LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

PROPIETARIO: **DIOSCESIS DE SAN MIGUEL**

CONTENIDO: **AREA 300**

FUOJA: **3/3**

PRESENTAN: **BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**

UBICACION: **CENTRO DE SAN MIGUEL**

ESCALA: **SIN ESCALA**

FECHA: **JUNIO - 2007**

NUMERACION DE PISOS





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	09/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS EN PISOS	FORMATO:	F-9
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		HOJA N°	4
EDIFICIO:	Catedral Basílica			
AREA:	300			

PISO	ENTRE EJES		DESCRIPCIÓN					
			TIPO	TIPO Y DIMENSION DEL PISO	CANTIDAD DE UNIDADES	LONG. SISAS ABIERTAS	FOTO	CLASIFICACION DE DAÑOS
1	1-4	E-G	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 1.0 X 0.50 M	1			MD1
1	1-4	E-G	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 1.0 X 0.50 M	1			MD1
1	1-4	E-G	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	2			MD1
1	1-4	E-G	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	1			MD1
1	1-4	E-G	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	1			MD1
1	1-4	E-G	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	1			MD1
1	1-4	E-G	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	1			MD1
1	1-4	E-G	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	1	12		MD1
1	1-4	E-G	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	1			MD1
2	1-4	E-D	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	3			MD1
2	1-4	E-D	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	4			MD1
2	1-4	E-D	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	18			MD1
2	1-4	E-D	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M		37		MD1
4	E-F	4-6	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.25 X 0.25 M	3			MD1
5	6-7	E-D	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.25 X 0.25 M	1			MD1
TOTALES:					38	49		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

FECHA:	09/05/2007	FORMATO DE VERIFICACION DE DAÑOS	FORMATO:	F-9	
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		EN PISOS	HOJA N°	5
EDIFICIO:	Catedral Basílica				
AREA:	300				

PISO	ENTRE EJES		DESCRIPCIÓN					
			TIPO	TIPO Y DIMENSION DEL PISO	CANTIDAD DE UNIDADES	LONG. SISAS ABIERTAS	FOTO	CLASIFICACION DE DAÑOS
6	7-8	E-D	LP1	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	3			MD1
6	7-8	E-D	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M		3		MD1
7	8-9	E-D	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M	9			MD1
7	8-9	E-D	LP3	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.50 X 0.50 M		4		MD1
8	9-10	E-G	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.25 X 0.25 M	1			MD1
9	9-10	E-D	LP2	LADRILLO DE PISO DECORATIVO DE 0.25 X 0.25 M	10			MD1
TOTALES:					23	7		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	18
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO 2 - 2' EJE G

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Desprendimiento de repello ubicado en parte inferior de exterior, con un area de 1,42 m² y un volumen de 0.10.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: _____

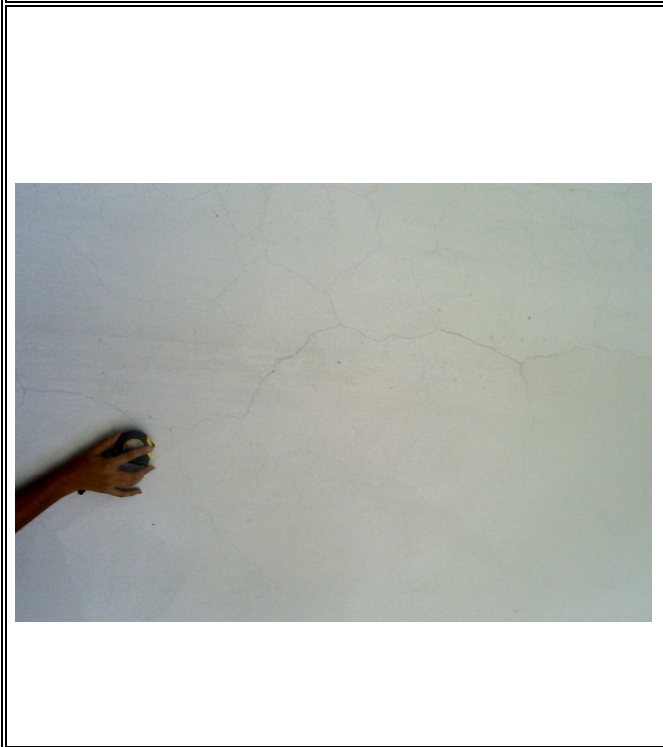
OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	19
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO 2 - 2' EJE G

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Agrietamiento de repello con posible desligamiento del mortero de la pared ubicado en parte media de pared exterior, con un área de 30.60 m²

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	20
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO F - F EJE 6

MATERIALES: _____

DIMENSIONES: Mampostería de Barro

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta horizontal ubicada en parte superior de pared exterior, con una longitud de 3.0 mts. Y un espesor de 0.76 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante.

OBSERVACIONES: _____



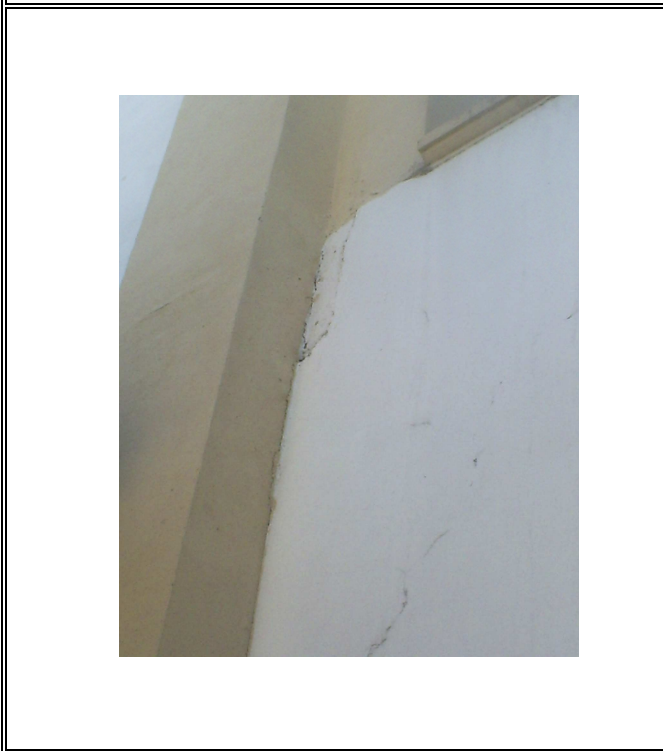
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	21
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO 4 - 5 EJE G

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta diagonal ubicada a media altura de pared exterior, con una longitud de 3.0 mts. Y un espesor de 0.66 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	22
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO 4 - 5 **EJE** G

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta vertical ubicada en parte inferior de pared exterior, con una longitud de 1.0 mt. Y con un espesor de 0.51 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante,

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	23
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO 6 - 7 EJE E

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Desprendimiento de repello en marco de ventana, con un area de 0.015 m²

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	24
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO 6 - 7 EJE E

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta diagonal ubicada a media altura de pared exterior, con una longitud de 2.50 mts. Y un espesor de 0.51 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante.

OBSERVACIONES: _____




UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	25
ELEMENTO:	Pared		

	UBICACIÓN DE DAÑO	
	AREA _____	300
	TRAMO _____	6 - 7
	EJE _____	E
	MATERIALES: _____	Mampostería de Barro
	DIMENSIONES: _____	
REFUERZO		
Transversal _____		
Longitudinal _____		
CLASIFICACIÓN		
LD <input type="checkbox"/>	MD2 <input type="checkbox"/>	
MD1 <input checked="" type="checkbox"/>	FD2 <input type="checkbox"/>	
FD1 <input type="checkbox"/>	SD2 <input type="checkbox"/>	
SD1 <input type="checkbox"/>		

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Agrietamiento en pared por introducción de tubería para agua lluvia con un área de 0.60 m²

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: _____

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	26
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO 7 - 8 EJE E

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Desprendimiento de repello en parte inferior de pared exterior con un área de 0.05 m² y un volumen de 0 004 m³

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	27
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO 7 - 8 EJE E

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta diagonal ubicada a media altura de pared exterior, con una longitud de 2.0 mts. Y un espesor de 0.20 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	28
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO F - E EJE 9

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta diagonal en marco de ventana extendiéndose hacia parte inferior de pared exterior con una longitud de 1.5 mts. Y un espesor de 0.20 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	29
ELEMENTO:	Gradas		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO F - E **EJE** 9

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Desprendimiento de repello ubicado en gradas con un área de 4.5 m².

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	30
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO E-G EJE 3

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta vertical en parte inferior de catedral basílica, con una longitud de 3 mts. y un espesor de 1.5 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: cortante.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	31
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO G - E EJE 2

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta diagonal ubicada en pared interior, dicha grieta se extiende hacia la parte inferior de la pared, y posee una longitud de 2.0 mts. Y un espesor de 0.51 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante.

OBSERVACIONES: _____



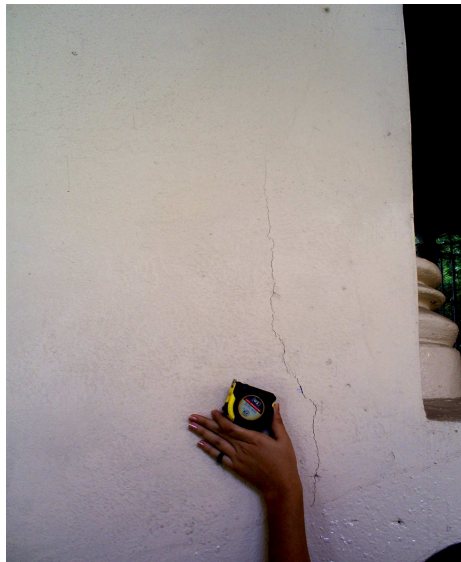
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	32
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO G - E EJE 2

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta diagonal en pared interior, dicha grieta empieza en marco de ventana y se extiende hacia la parte interior de la pared, longitud es de 0.25 mts. Y posee un espesor de 0.20 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	33
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO E - G EJE 4

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD	<input type="checkbox"/>	MD2	<input type="checkbox"/>
MD1	<input checked="" type="checkbox"/>	FD2	<input type="checkbox"/>
FD1	<input type="checkbox"/>	SD2	<input type="checkbox"/>
SD1	<input type="checkbox"/>		

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta vertical ubicada en parte inferior de pared interior, con una longitud de 1.5 mts. y un espesor de 0.25 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	34
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Pared		

UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO E - G EJE 9

MATERIALES: Mampostería de Barro

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1



DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta vertical en unión de paredes, ubicadas en pared interior con una longitud de 0.70 mts. Y un espesor de 1.52 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión y volteo.

OBSERVACIONES: _____



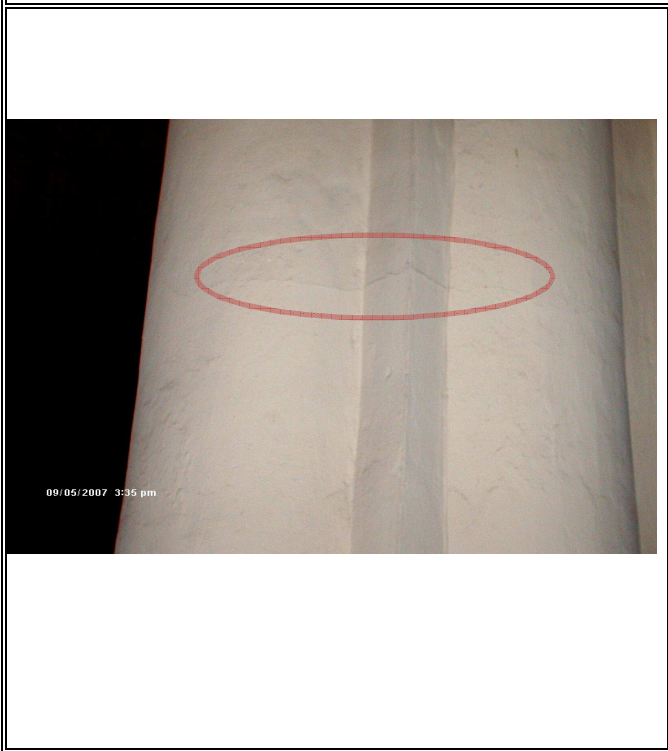
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	03/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	35
ELEMENTO:	Columna		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO C24 EJE _____

MATERIALES: Concreto Reforzado

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grieta horizontal ubicada en parte media de columna, con una longitud de 2.5 mts. Y un espesor de 0.41 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Torsión.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	36
ELEMENTO:	Losa		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO E - G **EJE** 1 - 4

MATERIALES: Concreto Reforzado

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD **MD2**

MD1 **FD2**

FD1 **SD2**

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Desprendimiento de recubrimiento ubicado en losa de capilla del entierro con un área de 1.13 m².

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	37
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Losa		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO E - D EJE 1 - 4

MATERIALES: Concreto Reforzado

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grietas longitudinales, en parte interior de la losa con una longitud de 3.0 mts. y un espesor de 0.41 mm cada una.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	38
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Losa		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO E - G EJE 1 - 4

MATERIALES: Concreto Reforzado

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grietas transversales en parte exterior de losa ubicada sobre la capilla del santo entierro, con una longitud de 2.68 mts. Y un espesor de 0.51 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: flexión.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz	HOJA N°	39
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis		
ELEMENTO:	Losa		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300

TRAMO E - G EJE 1 - 4

MATERIALES: Concreto Reforzado

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD MD2

MD1 FD2

FD1 SD2

SD1

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Desprendimiento de recubrimiento en parte exterior de losa ubicada sobre capilla del santo entierro, con área de 29.79 m².

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Flexión.

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN DETALLADA DE DAÑOS

FECHA:	09/05/2007	FORMATO	F-2
EDIFICIO:	Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz		
RESPONSABLE:	Equipo de Tesis	HOJA N°	40
ELEMENTO:	Losa		



UBICACIÓN DE DAÑO

AREA 300
TRAMO E - G **EJE** 1 - 4

MATERIALES: Concreto Reforzado

DIMENSIONES: _____

REFUERZO

Transversal _____

Longitudinal _____

CLASIFICACIÓN

LD	<input type="checkbox"/>	MD2	<input type="checkbox"/>
MD1	<input type="checkbox"/>	FD2	<input type="checkbox"/>
FD1	<input type="checkbox"/>	SD2	<input type="checkbox"/>
SD1	<input checked="" type="checkbox"/>		

DESCRIPCIÓN DE DAÑO: Grietas transversales en parte exterior de losa ubicada sobre capilla del santo entierro, con una longitud de 1.75 mts. Y un espesor de 1.27 mm.

POSIBLE CAUSA DE DAÑO: Cortante.

OBSERVACIONES: _____

Registro General de Daños en Elementos Estructurales



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

REGISTRO GENERAL DE DAÑOS EN PAREDES

HOJA N°	AREA	Sumatorias				
		Longitudes grietas (m)			Recubrimiento	
		e< 3.0 mm	3.0<e<10mm	e>10mm	Area (m ²)	Volumen (m ³)
1	100	20.75			13.05	
2	100	22.00			9.05	0.50
3	100	26.75			10.00	
4	100	46.90				
5	100	24.01			1.00	
6	100	27.05				
7	100	22.50			3.10	
8	100	18.75			13.25	
9	100	21.00			4.02	
Total Reparacion Area 100:		229.71			53.47	0.50
10	200	34.50			3.80	
Total Reparacion Area 200:		34.50			3.80	
11	300	37.40				0.01
12	300	17.40			43.81	0.10
13	300	15.25			0.64	0.00
14	300	26.75			1.85	
15	300	13.63			8.10	0.36
16	300	32.30			1.08	
17	300	23.99			0.01	0.01
18	300	26.20			2.00	
19	300	41.10			25.20	
Total Reparacion Area 300:		234.02			82.69	0.48
Total a Reparar:		498.23			139.96	0.98

4.5.5 Daños más Importantes

A continuación se describen los daños más significativos encontrados en las diferentes áreas de, Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

- **AREA 100**

Los daños sobresalientes en el exterior del área cien, se encuentran principalmente en los ejes 6, tramo A-B, eje A, tramo 1-4, eje A, tramo 9-10, eje 11, tramo C-D, es importante mencionar que la mayoría de los daños encontrados en estos ejes son grietas ubicadas en paredes exteriores, dichas grietas poseen espesores menores de 3.0 mm de acuerdo con lo establecido en el capítulo 3, estas presentan longitudes variables de 3.0 a 5.0 metros, otro daño importante que se encuentra ubicado exactamente en el eje A tramo 1-4, es el desprendimiento considerable del recubrimiento en la parte inferior de la pared, dejando ver a simple vista la mampostería utilizada en la construcción de Catedral Basílica. Las paredes interiores no presentan ningún tipo de daño.

La parte exterior de la losa que se ubica en el área cien, no presenta grietas considerables, el daño más significativo es el agrietamiento del concreto por la infiltración del agua lluvia, cabe mencionar que dicha losa en su parte interior presenta grietas transversales con un espesor de 0.41 mm y una longitud de 5.0 metros, dichas grietas no traspasan al otro lado de la losa.

- **AREA 200**

En el área doscientos no se observan una gran cantidad de daños, los más importantes se encuentran ubicados en las paredes interior que forman la cúpula, ubicada sobre el altar mayor, dichas paredes tienen grietas con un espesor de 0.41 mm y una longitud de 2.0 metros, además las paredes exterior ubicada en el eje 1 tramo A-B no presentan daños significativos.

La Losa ubicada sobre el área doscientos, presentan grietas transversales con un espesor de 0.51 mm y una longitud de 7.0 metros, dichas grietas no sobre pasan hacia la parte exterior de la losa.

- **AREA 300**

El área trescientos, es el área más dañada de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, debido al gran número de grietas que se encontraron cuando se realizó la inspección de daños, las grietas más importantes están ubicadas; la primera en el eje 1, tramo G-E, en pared exterior e interior, dicha grieta posee un espesor de 1.52 mm y una longitud, de 1.10 metros. La segunda ubicada en el eje E, tramo 1-5 en pared exterior e interior de la Capilla de La Virgen María dicha grieta posee un espesor de 1.75 mm, y una longitud de 2.50 metros, esta grieta al igual que la primera pasa al otro lado de la pared, permitiendo la infiltración del agua, cuando llueve.

Otro daño importante es el observado en pared exterior ubicada en el eje G, tramo 2-2', en la cual se ha desprendido el recubrimiento de la mampostería, dejando ver esta, alcanzando una longitud de 10 metros, además en el mismo eje se puede observar el acero expuesto, en columna ubicada en la esquina del tramo 3-4, dicho acero presenta inicios de corrosión.

En la parte superior del área trescientos, específicamente en las losa ubicada sobre la Capilla del Santo Entierro, se puede observar agrietamiento del recubrimiento del concreto, debido a la caída de una de las cruces ubicadas en la parte más alta de las torre, grieta transversal con un espesor de 0.51 mm y una longitud de 2.68 metros.

En los elementos estructurales metálicos, que conforman la estructura de techo, se observan inicios de corrosión debido a los agentes ambientales, así como por el paso del tiempo.

En la parte interior del área trescientos, no se observan daños en paredes, solo se observan daños en losa, los cuales son grietas de 0.51 mm de espesor con una longitud de 5.0 metros, es importante mencionar que estas grietas no traspasan la losa.

4.5.6 Posibles Causas de los Daños

Las grietas horizontales encontradas en paredes de mampostería ubicadas en las áreas (100, 200, 300) ubicadas en la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, son

ocasionadas por cortante, las grietas verticales se dan debido a flexión, y el desprendimiento del recubrimiento en paredes exteriores es producido por flexo-compresión, los daños en elementos de concreto como losas, han sido ocasionados por infiltración de agua lluvia, así como también por flexión, el desprendimiento del concreto en columnas se da debido a flexo compresión. Es importante recordar que la mayoría de los daños encontrados en el edificio en estudio son moderados.

4.6 EVALUACION DE RIESGO DE ACCIDENTES POR ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES E IMÁGENES RELIGIOSAS EN CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.

San Miguel por encontrarse ubicada en una zona altamente sísmica, esta expuesta a constantes movimientos telúricos, los cuales ponen en peligro la vida de sus habitantes, La Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, es visitada por centenares de fieles católicos los cuales al encontrarse en el interior de la iglesia están expuestos a sufrir daños que pueden ir desde leves hasta perder la vida, por el comportamiento que pudieran tener los elementos no estructurales y estructurales al momento de un sismo.

Se consideran elementos no estructurales, aquellos elementos que no reciben ningún tipo de carga de la estructura del edificio, pero debido a su posición de objeto decorativo se encuentra unido a elementos estructurales.

La Basílica por ser un edificio histórico religioso posee en su interior diversos elementos considerados no estructurales que van desde; cuadros situados en paredes, imágenes religiosas ubicadas a alturas considerables sobre repisas decorativas, candelabros anclados a las losas de la basílica, entre otros elementos que por sus posiciones puedan obstaculizar el paso, al momento de evacuar el edificio durante un sismo, entre las que podemos mencionar: mesas utilizadas para la colocación de velas, candeleros y sillas, por mencionar algunos.

Es por estas razones que es importante la realización de un Levantamiento de Daños no Estructurales con el objetivo de realizar una inspección del estado físico actual de los

elementos, su ubicación en cada ambiente dentro del edificio y los métodos utilizados para sujeción de los mismos. Con la finalidad de mejorar la seguridad de los feligreses.

La evaluación de daños a elementos no estructurales que se le hará a la Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz, esta enfocada en evaluar riesgos por sismos futuros, en los que se verían envueltas las personas que visitan el edificio, ya que no existen daños significativos en los elementos no estructurales, evaluando el estado actual de elementos por ambiente, es decir en su ubicación e instalación e imaginándose el comportamiento de estos en la ocurrencia del sismo, su ubicación y la cercanía de los fieles antes de evacuar el edificio; es de vital importancia incluirla en esta evaluación para salvaguardar la vida de los fieles católicos y generar una evacuación rápida del edificio

Los aspectos a tomar en cuenta en el formato de evaluación son:

- Elemento no estructural
- Cantidad
- Ubicación
- Dimensiones
- Elemento de apoyo
- Nivel de Riesgo
- Estado del Elemento
- Fotografía
- Observaciones

Elemento No Estructural:

Con el objeto de definir el elemento en estudio, nombrando el elemento para poder ser identificado de entre todos los elementos que se encuentra en el espacio o habitación para el caso de la catedral en las diferentes capillas.

Cantidad:

Es necesario definir el número de los elementos no estructurales que se repiten dentro del espacio.

Ambiente:

Se refiere a la ubicación del elemento sobre el cual se apoya, sujeta o ubica identificando 3 ambientes; Suelo, Pared o elemento estructural, y techo que puede ser losa o estructura de techo

Dimensiones:

Establecer las dimensiones del elemento.

Estado de Elemento:

Evaluando visualmente el estado físico actual del elemento, con la siguiente clasificación:

Excelente	E
Muy Bueno	MB
Bueno	B
Malo	M
Defectuoso	D

Tabla N 4.3: Clasificación de Estado Físico del Elemento¹

Elemento de Apoyo:

Describe el elemento estructural o no estructural, que sirve de base al elemento evaluado entre los que figuran podemos mencionar: pisos, paredes, techo, repisas, etc.

Fotografía:

¹ Clasificación elaborada por el Grupo de Trabajo de Graduación.

Es importante tomar una fotografía del elemento para tener información verídica del estado de este.

Observaciones:

Orientado a describir de manera breve el material que compone el elemento, y el estado actual del mismo como también concluir cualquier aspecto importante que queda fuera de la descripción total del mismo.

Nivel de Riesgo:

Orientado a describir el nivel de riesgo en relación con la cercanía a los fieles y en la obstrucción al paso de evacuación de los mismos, al momento de un sismo. Dicho nivel de Riesgo se clasifica de la siguiente manera:

NIVEL DE RIESGO	SÍMBOLO	DETALLE
Alto	RA	Elemento no estructural de dimensiones grandes, y peso considerable, no sujeto a su base, que al caer pueda perjudicar la vida de las personas en su alrededor y obstaculice el paso de salida de emergencia del lugar, por sismo.
Medio	RM	Elemento no Estructural de dimensiones y peso considerable, bien Sujetado en lugar de ubicación, y que al caer pueda perjudicar la vida de las personas en su alrededor y obstaculice el paso de salida de emergencia del lugar por sismo.
Bajo	RB	Elemento no Estructural de dimensiones pequeñas o grandes y peso considerable que su ubicación no es opción de peligro y no obstaculiza la salida de emergencia en caso de sismo

Tabla N 4.4: Clasificación del nivel de Riesgo²

² Clasificación realizada por el Grupo de Trabajo de Graduación

Evaluación de Daños No Estructurales en Area 100







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	1
Ambiente:	Capilla Sagrado Corazon de Jesús			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Defensa	1	4X4	pared	RM	MB		Defensa de aluminio y malla, soldada con pines a la pared en hueco de ventana
Sillas	3	2X0.70	piso	RB	B		Sillas de Madera y plywood, ubicadas al centro de la capilla, en buen estado
Mesa	3	1X0.80X1.0	piso	RB	B		Mesas metálicas utilizada para colocar velas
Pilares	4	0.25X0.25X1.40	piso	RB	MB		Pilares decorativos de madera para colocar floreros




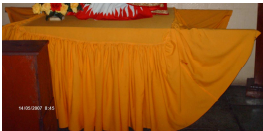


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	2
Ambiente:	Capilla Sagrado Corazon de Jesús			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Estante	1.00	0.40X0.40X1.40	piso	RB	MB		Estante de madera y vidrio en su interior contiene una imagen de 1 mt. De altura
Mesa	1.00	2.0X1.0X1.25	piso	RB	MB		Mesa de madera
Imagen	1.00	1.75	mesa	RA	MB		Imagen de Jesús elaborada en yeso de gran peso y no sujeta en su base, alto riesgo al caerse
Urna	1.00	2.10X1.10X2	piso	RM	MB		Urna metalica y de vidrio, colocada en extremo de capilla







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	3
Ambiente:	Capilla Sagrado Corazon de Jesús			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Imagen	1.00	1.25	mesa	RB	E		Imagen de San Judas Tadeo elaborada en yeso
Lampara	2.00	1.00	pared	RB	B		Lamparas de 2 tubos sujeta a pared con pernos, a una altura de 3 mts.
Alcancía	1.00	0.4X0.4X1.0	piso	RB	MB		Alcancia metalica
Mesa	1.00	2X0.5X1.50	piso	RB	MB		Mesa de madera, metal y plywood




UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	4
Ambiente:	Capilla Sagrado Corazon de Jesús			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Cuadro	1.00	0.30X0.45	pared	RB	MB		Cuadro decorativo representación del viacrucis, sujetado a pared







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	5
Ambiente:	Area de Feliogrecia, Espacio para escuchar misa			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Puerta	1.00	5.54X3.19	pared	RM	MB		Puertas de madera, fijadas a la pared y en buen estado
Puerta	1.00	radio = 1.50	pared	RM	MB		Cemi circulo de madera decorado situado sobre puerta de acceso principal derecho
Lamparas	4.00	0.50X0.50	Techo	RM	MB		Lamparas cuadradas de techo empernadas en losa
Bocinas	4.00	0.40X0.60X0.50	pared	RB	E		Bocinas, sujetas a elemento metalico empotrado en pared






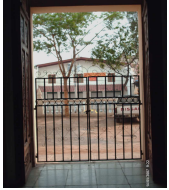
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	6
Ambiente:	Area de Feliogrecia, Espacio para escuchar misa			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Sillas	53.00	2X0.70X1.00	piso	RB	MB		Sillas de Madera y plywood, ubicadas en dos lineas a separaciones de 0.50 mts
Confesionario	2.00	1.00X0.70X1.88	Piso	RB	MB		Confesionarios elaborados en madera y plywood ubicados en extremos
Puerta	3.00	5.20X2.0	pared	RM	MB		Puertas de madera, fijadas a la pared y en buen estado
Barandal	3.00	2.2X2.2	Pared	RM	MB		Baranda metálica ubicada en puertas permanecen cerradas, tubo industrial cuadrado



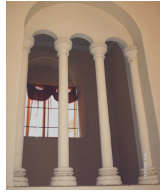



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	8
Ambiente:	Capilla A Virgen de Guadalupe			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Cuadros	2.00	1.30X2.0	Pared	RB	E		Cuadros con imágenes religiosas en madera y vidrio enpernado en pared
Reflectores	2.00	0.30X0.20	pared	RB	B		Reflectores pequeños para iluminación de capilla
Prefabricado	2.00	3.00	pared	RB	MB		Elemento prefabricado decorativo en hueco de ventanas
Sillas	2.00	2.0X0.70	Piso	RB	MB		Sillas elaboradas en madera y plywood







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	9
Ambiente:	Capilla A Virgen de Guadalupe			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Mesa	1.00	0.60X0.50X1.00	Piso	RB	MB		Mesa metalica sirve para colocar velas
Alcancia	1.00	0.50X0.50X1.00	Piso	RB	MB		Alcancilla metalica para recibir ofrenda
Mesa	1.00	3.00X1.00X1.50	Piso	RB	MB		Mesa para altar de madera plywood y vidrio
Candeleros	2.00	1.75	Piso	RB	MB		Candelero metalico



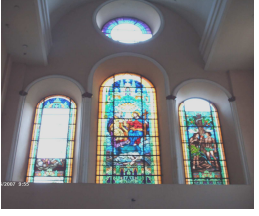


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	11
Ambiente:	Capilla A Santicimo, lado Derecho Altar Mayor			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Barandal	1.00	4.60X0.25X0.75	Piso	RB	MB		Barandal elaborado en marmol divide acceso a Altar mayor
Puerta	1.00	0.85X0.3	Piso	RB	MB		Puerta metalica, pequena divide acceso a altar mayor
Vitrales	1.00	r=1.55	Pared	RM	B		Vitral circular, con piezas faltantes, y con defensa metalica
Vitrales	4.00	2.25X4.50	Pared	RM	B		Vitrales con piezas faltantes soldados a pared y con defensa metalica






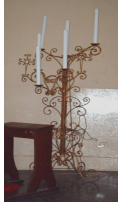
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	12
Ambiente:	Capilla A Santicimo, lado Derecho Altar Mayor			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Vitrales	2.00	2.25X3.70	Pared	RM	B		Vitrales con piezas faltantes soldados a pared y con defensa metálica
Repisa	1.00	2.0X0.80X1.25	Pared	RM	E		Repisa de concreto Reforzado, empotrada a pared
Imagen	1.00	2.00	Repisa	RA	E		Imagen de Arcángel en yeso, no sujeta en base se detiene en posición solo con su peso
Candeleros	2.00	2.00	Piso	RB	MB		Candelabros para iluminar altar







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	13
Ambiente:	Capilla A Santicimo, lado Derecho Altar Mayor			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Mesa	1.00	1.25X0.75X0.80	Piso	RB	MB		Mesa metálica para colocar velas
Reclinatorio	2.00	0.50X0.25XX0.75	Piso	RB	MB		Reclinatorio de madera
Reflectores	2.00	0.30X0.20	Pared	RB	MB		Reflectores pequeños para iluminar altar
Bocina	1.00	0.40X0.60X0.50	Pared	RB	MB		Bocinas, sujetas a elemento metalico


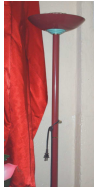




UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	14
Ambiente:	Capilla A Santicimo, lado Derecho Altar Mayor			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Cuadro	1.00	1.50X2.50	Mesa	RB	MB		Cuadro, Jesús Confío en Ti en materiales de medera y vidrio amarrado con alambre y clavos
Lampara	2.00	2.00	Piso	RB	MB		Lampara metalica para decoración
Mesa	1.00	2X0.75X0.75	Piso	RB	MB		Mesa de madera sirve de base al cuadro
Mesa	1.00	1.25X0.75X0.80	Piso	RB	MB		Mesa metálica par acolorar velas







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	15
Ambiente:	Capilla A Santicimo, lado Derecho Altar Mayor			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Alcancia	1.00	0.75X0.50X1.0	Piso	RB	MB		Alcancia de madera para ofrenda
sillas	8.00	2X0.75	Piso	RB	MB		Sillas de Madera y plywood, ubicadas separaciones de 0.50 mts
Candeleros	2.00	2.00	Piso	RB	MB		Candelabro metálico y electrico ecorativo
Imagen	2.00	1.50	Piso	RB	MB		Imágenes de Angeles elaborada en yeso



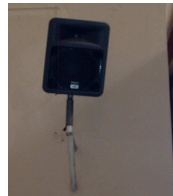

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	17/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	100		HOJA N°	16
Ambiente:	Capilla A Santicimo, lado Derecho Altar Mayor			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Bocina	1.00	0.40X0.60X0.50	Pared	RB	MB		Bocinas, sujetas a elemento metalico empotrado en pared
Puerta	2.00	5.20X2.0	Pared	RB	MB		Puertas de 2 hojas elaboradas en madera

Evaluación de Daños No Estructurales en Area 200







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	17
Ambiente:	Altar a Reyna de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Lugar de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Altar	1.00	4X4X10	piso	RM	E		Altar Elaborado en Marmol, empotrado al suelo sobre base de concreto, con columna en la parte de atrás, y anclado a la pared a través de estructuras metalicas
Candeleros	4.00	2.50	Piso	RB	MB		Candeleros metalicos y electricos
Imagen	2.00	0.50X0.50X3.0	Piso	RB	MB		Imágenes de Angeles de yeso sobre base cuadrada de marmol y concreto empotrada en piso
Floreros	4.00	1.50	Piso	RB	MB		Floreros Metalicos, solo se colocan en ocasiones



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	18
Ambiente:	Altar a Reyna de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Lugar de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
sillas	2.00	0.60X0.60X1.50	Piso	RB	E		Sillas de madera y plywood
mesa	1.00	2X1.0X1.20	Piso	RB	MB		Mesa para omilias, elaborada en madera y plywood
mesa	1.00	0.90X0.65X0.75	Piso	RB	MB		Mesa de madera y plywood
Bosinas	2.00	0.50X0.50X0.60	Piso	RB	MB		Bosinas , elaboradas en madera







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	19
Ambiente:	Altar a Reyna de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Lugar de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Ambones	2.00	1.0X1.25X1.50	piso	RB	MB		Ambon en Madera y Plywood, para lecturas
Cirio	1.00	r=0.12, alto=1.75	Piso	RB	MB		Cirio con base metalica
Asta	2.00	4.00	Piso	RB	MB		Astas con banderas a los extremos de altar
Alcancia	2.00	0.25X0.50X1.00	Piso	RB	MB		Alcancia en madera

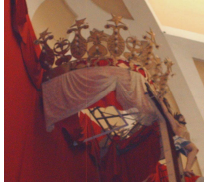
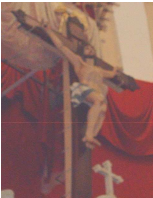


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	20
Ambiente:	Altar a Reyna de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Corona	1.00	2.25X2.0X2.0	Pared	RM	B		Elemento decorativo metálico situado a una altura de 10.mts anclado a la pared
Candeleros	6.00	1.25	Altar	RM	MB		Elemento metalicos de gran peso solo colocados y sostenidos con su peso a una altura de 2.50 mts
Imagen	1.00	1.80	Altar	RB	E		Imagen de La Virgen, sujeta en su base atravez de pernos
Crucifijo	1.00	5.00	Altar	RM	E		Crucifijo en parte superior de altar de madera y yeso bien sujeto en base






UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	21
Ambiente:	Altar a Reyna de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Ventanas	12.00	0.70X1.00	Pared	RM	B		Ventanas de vidrio y aluminio en paredes de cupula , 11 de ellas en buen estado, una esta fuera de su lugar
Lampara	1.00	0.50X0.50	Cupula	RM	B		Lámpara cuadrada amarrada en lucernario bien sujeta funcionando bien
Lampara	2.00	2.00	Columna	RB	B		Lamparas de 2 tubos ancladas en columna
Reflectores	4.00	0.30X0.20	Columna	RB	MB		Reflectores pequeños para iluminar altar




UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	22
Ambiente:	Altar a Reyna de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Puerta	1.00	1.25X2.10	Pared	RB	MB		Puerta metálica de acceso a sacristia



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	23
Ambiente:	Sacristía			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Mesa	1.00	2.0X0.75X1.0	Piso	RB	MB		Mesa de madera con gavetas
Closet	1.00	1.50X0.50X2.00	Piso	RB	MB		Closet de madera no representa riesgo
Closet	2.00	2.00X0.50X3.00	Piso	RB	MB		Closet de madera de gran tamaño no representa riesgo
Estante	1.00	2.00X0.50X1.00	Pared	RM	MB		Estante de madera anclado en pared


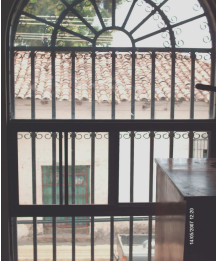


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	24
Ambiente:	Sacristía			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo, ancho, alto) mts.					
División	1.00	1.75X0.50X1.80	Piso	RB	MB		División de madera y plywood pequeña, sin daño alguno
Ventanas	3.00	1.0X3.00	Pared	RM	MB		Ventanas de vidrio y aluminio de gran tamaño empernadas a pared
Defensas	3.00	1.25X3.25	Pared	RB	MB		Defensa metálica decorativa de tubo estructural cuadrado en ventanas

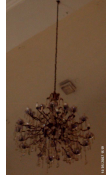


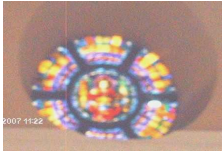


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	25
Ambiente:	Area de Feliogrecia, Espacio para escuchar misa			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Candelabros	6.00	1.50X1.50X1.50	Techo	RM	MB		Candelabros (arañas), metálicas y de cristal estan sujetas mediante una cadena a la estructura de la viga
Lamparas	5.00	0.50X0.50	Techo	RM	MB		Lamparas emperradas a losa (nave central)
Crucifijo	1.00	2.50	Pared	RM	MB		Crucifijo emperrado a pared de dimensiones grandes forjado en madera y yeso
Vitral	1.00	r =1.90	Pared	RM	MB		Vitral decorativo con defenza de aluminio en buen estado







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	26
Ambiente:	Area de Feliogrecia, Espacio para escuchar misa			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Puerta	1.00	3.10X5.45	Pared	RM	MB		Puerta de madera de 2 hojas
sillas	102.00	2X0.75	Piso	RB	MB		Sillas de Madera y plywood, ubicadas separaciones de 0.50 mts
Bocina	2.00	0.60X0.60X0.75	Piso	RB	MB		Bocinas, frente a altar con base metalica
Floreros	2.00	0.50X0.50X1.10	Piso	RB	MB		Floreros en ceramica







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	200		HOJA N°	27
Ambiente:	Area de Feliogrecia, Espacio para escuchar misa			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Puerta	1.00	1.75X0.75	Piso	RB	MB		Puerta Metálica de división feligresía altar
Barandal	1.00	20X0.25X0.75	Piso	RB	MB		Barandal divisorio elaborado de marmol
Puerta	1.00	2.16X4.35	Pisot	RB	B		Puerta Metalica de Acceso a Cripta
Placa	2.00	1.00X1.25	Pared	RB	MB		Placas empotradas en paredes

Evaluación de Daños No Estructurales en Area 300




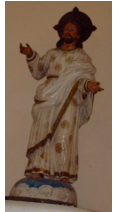
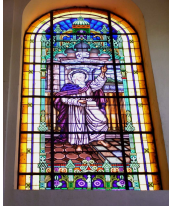
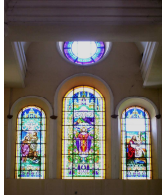
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	28
Ambiente:	Capilla Lado Izquierdo de Altar Reyna de La Paz			
Responsable:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo, ancho, alto) mts.					
Repisa	1.00	2.0X0.80X1.25	Pared	RM	MB		Repisa decorativa elaborada en concreto y empotrada a pared
Imagen	1.00	2.00	Repisa	RA	MB		Imagen de Jesús elaborada en yeso de peso considerable solo colocada sobre repisa sin ningún metodo de sujeción
Vitrales	1.00	r=1.55	Pared	RM	B		Vitral circular, con piezas faltantes, y con defensa metalica
Vitrales	4.00	2.25X4.50	Pared	RM	B		Vitrales con piezas faltantes soldados a pared y con defensa metalica

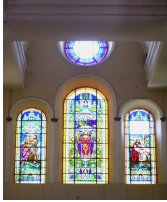

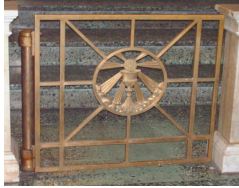



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	29
Ambiente:	Capilla Lado Izquierdo de Altar Reyna de La Paz			
Responsable:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Vitrales	2.00	2.25X3.70	Pared	RM	B		Vitrales con piezas faltantes soldados a pared y con defensa metálica
Barandal	1.00	4.60X0.25X0.75	Piso	RB	MB		Barandal elaborado en mármol divide acceso a Altar mayor
Puerta	1.00	0.85X0.3	Piso	RB	MB		Puerta metálica, pequeña divide acceso a altar mayor
Puerta	2.00	5.20X2.0	Pared	RB	MB		Puertas de 2 hojas elaboradas en madera

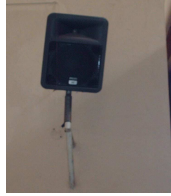





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	30
Ambiente:	Capilla Lado Izquierdo de Altar Reyna de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Bocina	1.00	0.40X0.60X0.50	Pared	RB	MB		Bocinas, sujetas a elemento metalico emperrado en columna
Imagen	1.00	1.70	Repisa	RA	E		Imagen de Pio X, solo colocada en su lugar sin sujeción alguna
Repisa	1.00	1.5X1.0X1.0	Pared	RB	E		Repisa tipo mesa elaborada en concreto y empotrada en pared
Sillas	34.00	0.75X0.80X1.00	Piso	RB	MB		Sillas Plasticas







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	31
Ambiente:	Capilla Lado Izquierdo de Altar Reyna de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Tarima	1.00	3.25X2.50	Piso	RB	MB		Tarima de madera se utiliza para el coro
Piezas de Marmol	8.00	0.5X3.0	Piso	RB	B		Piezas de marmol de diferentes tamaños colocadas a un extremo sin causar obstrucción alguna
Defensa	2.00	2.25X5.20	Pared	RB	MB		Defensas en puertas elaboradas con tubo estructural cuadrado
Piano	1.00	1.30X1.50X1.75	Piso	RB	MB		Piano Elaborado en Madera






UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	32
Ambiente:	Capilla Lado Izquierdo de Altar Reyna de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Reflectores	2.00	0.30X0.20	Columna	RB	MB		Reflectores pequeños para iluminar altar
Escalera	1.00	1.00X1.50	Piso	RB	MB		Escalera Metalica
Caja Metalica	1.00	0.85X0.60	Columna	RB	MB		Caja metalica empotrada a columna







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	33
Ambiente:	Area de Feligrecia, Espacio para escuchar misa			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Puerta	3.00	5.20X2.0	pared	RM	MB		Puertas de madera, fijadas a la pared y en buen estado
Lamparas	3.00	0.50X0.50	Techo	RM	MB		Lamparas cuadradas de techo empennadas en losa
Bocinas	3.00	0.40X0.60X0.50	pared	RB	E		Bocinas, sujetas a elemento metalico empotrado en pared
Sillas	53.00	2X0.70X1.00	piso	RB	MB		Sillas de Madera y plywood, ubicadas en dos lineas a separaciones de 0.50 mts



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	34
Ambiente:	Area de Feligrecia, Espacio para escuchar misa			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Confesionario	2.00	1.00X0.70X1.88	Piso	RB	MB		Confesionarios elaborados en madera y plywood ubicados en extremos
Barandal	3.00	2.2X2.2	Pared	RM	MB		Baranda metálica ubicada en puertas permanecen cerradas, tubo industrial cuadrado
lamparas	3.00	1.00	pared	RB	MB		Lamparas de dos tubos empennada en pared
Vitrales	4.00	4.25X2.25	Pared	RM	MB		Vitrales decorativos en ventanas






UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	35
Ambiente:	Capilla Virgen de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Mesa	1.00	1.0X0.50X1.0	Piso	RB	MB		Mesa de madera
Cuadro	2.00	0.50X0.75	mesa	RB	MB		Cuadro de tres divinas personas metal y vidrio
mesa	2.00	1.75X1.0X1.0	Piso	RB	B		Mesas metalicas para colocar velas
Mesa	2.00	0.75X0.50X1.25	Piso	RB	B		Mesa de madera







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	36
Ambiente:	Capilla Virgen de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Alcancía	2.00	0.75X0.40X0.80	Piso	RB	B		Alcancías metalicas
mesa	2.00	1.0X1.0X1.0	Piso	RB	B		Mesas metalicas para colocar velas
Repisa	1.00	2.0X0.80X2.0	Pared	RB	MB		Repisa decorativa de concreto, tipo mesa empotrada en pared
Crucifijo	1.00	2.0X1.5X1.0	Pared	RB	E		Crucifijo Cristo Negro Empernado en pared






UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	37
Ambiente:	Capilla Virgen de La Paz			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Imagen	1.00	2.00	Repisa	RA	E		Imagen de la Reyna de La Paz sin sujección alguna en la base se sostiene con peso
Lamparas	2.00	1.00	Pared	RB	MB		Lamparas de un tubo emperradas en pared
Lamparas	2.00	1.00	Techo	RB	D		Base de lamparas en losa sin funcionar







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	38
Ambiente:	Ccapilla A Santo Entierro			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Reclinatorio	2.00	2.50X0.50X0.80	Piso	RM	MB		Reclinatorio de madera y plywood obstaculiza el paso libre de capilla
Alcancía	1.00	0.50X0.50X0.90	Piso	RB	MB		Alcancía metálica para recibir ofrenda
Prefabricado	1.00	6.0X3.0X3.25	Piso	RM	MB		Altar Prefabricado en marmol empotrado en piso de piezas monolíticas
Imagen	1.00	1.80	Altar	RB	E		Imagen de Cristo en urna con ventanas de vidrio bien sujeta a su base



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	39
Ambiente:	Ccapilla A Santo Entierro			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Pasamano		Long = 22.0	Piso	RB	MB		Barandilla de concreto como pasamano
Imagen	1.00	2.80	Piso	RA	E		Imagen sobre base de madera no esta sujeta en su base
Cruz	1.00	6.00	Piso	RM	MB		Cruz de madera grande sujeta con una cadena a la pared
Escaleras	2.00	5.00	Piso	RM	MB		Escaleras metálicas sujetas a cruz con una cadena







UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Fecha:	18/05/2007	FORMATO DE VERIFICACIÓN DE DAÑOS NO ESTRUCTURALES POR AMBIENTE	FORMATO:	F-10
Area:	300		HOJA N°	40
Ambiente:	Ccapilla A Santo Entierro			
Responsables:	Equipo de Tesis			

Elemento	Cantidad	Dimensiones	Elemento de Apoyo	Nivel de Riesgo	Estado del Elemento	Fotografía	Observaciones
		(largo, ancho),(alto) mts. (largo,ancho,alto)mts.					
Lamparas	2.00	1.00	Pared	RB	MB		Lamparas de 1 tubo empennada en pared
Reflectores	2.00	0.30X0.20	Columna	RB	MB		Reflectores pequeños para iluminar capilla
Cuadro	1.00	0.30X0.45	Columna	RB	MB		Cuadro decorativo representación del viacrucis, sujetado a pared
Puerta	1.00	3.10X5.45	Pared	RM	MB		Puerta de madera de 2 hojas

4.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

En muchas ocasiones, las consecuencias de los daños en estructuras después de un sismo puede ser debido a la mala calidad de los materiales empleados en la construcción, por lo que en todo estudio de evaluación de daños en estructuras se ha necesario, realizar una serie de pruebas para determinar las características mecánicas de los mismos.

4.7.1 PRUEBA DE TENSION DEL ACERO (ASTM A-615)¹

4.7.1.1 OBJETIVO

Conocer de la prueba de tensión del acero el esfuerzo de tensión a la rotura (resistencia), esfuerzo de fluencia y elongación (ductilidad); del acero utilizado en la construcción de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, para compararlos con los parámetros de resistencia que establece la norma A 615 y saber así; si puede ser utilizado como refuerzo en una estructura.

4.7.1.2 DESCRIPCION GENERAL DE LA PRUEBA

Las varillas de acero deformadas son extensamente usadas en la construcción de concreto reforzado. El propósito es obtener una combinación favorable de acero y concreto que nos provea una sección con mejores características que el concreto solo.

Para poder el acero cumplir con las necesidades de la sección tiene que satisfacer unos requisitos de diseño. Especificamos en el diseño el punto de fluencia mínimo del acero, pues es el dato más significativo para balancear la sección en tensión y compresión.

El A.S.T.M. regula las propiedades y características que dicho acero debe tener en adición del mencionado punto de fluencia, en su norma A 615 en la cual especifica la capacidad última de resistencia a tensión antes de romper, así como la elongación mínima permanente que necesitamos para asegurar ductilidad en la sección y las deformaciones necesarias para afianzarse al concreto, (ver tablas 4.5 y 4.6). Las fracturas por tensión pueden clasificarse en cuanto a forma, textura y color. Los tipos de fractura, en lo respectivo a la forma, son simétricos: cono y cráter,

¹ Tomado del Trabajo de Graduación denominado Implementación del Laboratorio de Suelos y Materiales en la Facultad Multidisciplinaria Oriental, realizado por Milagro Guardado.

planos e irregulares. Varias descripciones de la textura son: sedosa, grano fino, grano grueso o granular, fibrosa o astillable, cristalina, vidriosa y mate.

El acero de refuerzo se fabrica en diámetros de 3/8 de pulgada a 1^{1/8} de pulgada en incrementos de 1/8" conocidas estas varillas como #3 a #11, indicando el diámetro correspondiente en octavos de pulgada. También se fabrican varillas #14 y #18 principalmente para casos especiales.

Para determinar si una varilla cumple con los requisitos mínimos de diseño debemos cotejar su diámetro, peso por unidad de largo, tamaño y relieve de las deformaciones, capacidad máxima en tensión, punto de fluencia y elongación permanente.

En el laboratorio determinaremos también el módulo de elasticidad de la varilla midiendo la elongación elástica según se aplica carga en tensión.

Tabla N° 4.5: Números designados para barras, Pesos Nominales, Dimensiones Nominales y Requisitos de Deformación.

Tamaño de Barras (B)	Peso Nominal Kg./cm.	Dimensiones Nominales (A)				Requisitos de deformación, Cms.		
		Diámetro Cms.	Área Cms. ²	Perímetro Cms.	Espaciamiento Máximo Promedio	Altura Mínima Promedio	Garganta Máxima (cuerda de 12 ½% del perímetro nominal)	
3	0.561	0.953	0.71	2.992	0.665	0.038	0.363	
4	0.996	1.270	1.29	3.990	0.889	0.051	0.485	
5	1.555	1.588	2.00	4.986	1.110	0.071	0.607	
6	2.240	1.905	2.84	5.984	1.334	0.097	0.726	
7	3.048	2.223	3.87	6.982	1.554	0.112	0.848	
8	3.982	2.540	5.10	7.981	1.778	0.127	0.973	
9	5.070	2.865	6.45	9.002	2.007	0.142	1.095	
10	6.417	3.226	8.19	1.135	2.258	0.163	1.237	
11	7.923	3.581	10.06	11.252	2.507	0.180	1.372	
14	11.408	4.300	14.52	13.513	3.010	0.216	1.646	
18	20.282	5.733	25.81	18.009	4.013	0.259	2.195	

Fuente: Norma A.S.T.M A 615

(A): Las dimensiones nominales de una barra corrugada son equivalentes a aquellas barras lisas que tengan el mismo peso por unidad de longitud que la barra corrugada.

(B): Los números de las barras están basados en el número de octavos de pulgadas en el diámetro nominal de las barras.

Tabla N° 4.6: Requisitos de Tensión

<i>Grado 60</i>	
<i>Resistencia Mínima a la Tensión, Kg./cm²</i>	<i>5600</i>
<i>Resistencia Mínima a la Fluencia Kg./ cm²</i>	<i>4200</i>
<i>Elongación Mínima en 8 pulgadas %</i>	
<i>Número de Barras</i>	<i>%</i>
<i>3, 4, 5 y 6</i>	<i>14</i>
<i>7, 8, 9, 10, y 11</i>	<i>12</i>
<i>14 y 18</i>	<i>10</i>

Fuente: Norma A.S.T.M A 615

La resistencia a la Tensión no debe ser mayor de 1.25 veces la resistencia real a la fluencia.

4.7.1.3 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO

- Varillas de acero de 60 cm. de longitud.
- Pie de rey
- Cinta Métrica
- Balanza de 1 gr. de precisión
- Marcador
- Martillo
- Yeso
- Extensómetro de Moore.

- Maquina Universal

4.7.1.4 PROCEDIMIENTO

1. Tomar dimensiones de la varilla, diámetro y longitud, anotar estos en hoja 1
2. Pesar la varilla, en kg.
3. Ubicar el centro del espécimen de tal forma que coincida con el pin central del marcador (las marcas se realizan sobre la barra, generalmente en una de sus venas longitudinales o en la superficie de la barra entre resaltes.); Posteriormente se procederá a golpear cada uno de los pines del marcador, teniendo cuidado de que las marcas no sean muy profundas, pues unas marcas muy acentuadas indentan gravemente la barra y pueden afectar los resultados del ensayo.
4. Se coloca en la varilla el extensómetro de Moore, el cual servirá para leer las lecturas de deformación que presentará la varilla al ser sometido a tensión.
5. Seguidamente, asegúrese el extremo superior de la probeta en el cabezal fijo de a maquina de ensaye. Colóquese la probeta de tal modo que las marcas queden hacia el frente de la maquina, luego asegúrese la varilla en la parte móvil de la maquina, hecho esto ajuste el deformímetro para que indique cero.
6. Elíjanse incrementos de carga adecuados para obtener cuando menos 15 lecturas debajo del limite proporcional probable. Aplíquese la carga a baja velocidad, tomando valores de carga y deformación; la velocidad caria de la prueba será tal que se puedan tomar las lecturas necesarias durante el desarrollo de la prueba, pero no mayor, de 100 kip/pul²/minuto
7. Una vez tomada la lectura de fluencia, se procederá a tomar dos lecturas adicionales, luego se retira el extensómetro para protección del mismo, posteriormente se lleva la varilla hasta la ruptura; se tomará la carga máxima y de ruptura de la probeta.
8. Terminado el ensayo se retira la varilla de la maquina se revisa el tipo de falla de la probeta y se medirá la longitud final de esta (lo que se elongó en el tramo de calibración de 8 pulg.). Para medir la longitud final de la probeta se unen las das partes de esta y se verifica la zona donde se dio la falla.

9. Luego se mide con ayuda del Vernier (pie de rey) el diámetro final de la probeta en la zona de estricción.

10. Anotar el tipo de fractura que haya tenido la probeta, ésta puede ser según las ilustraciones de la figura 4.16

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD FINAL PARA RUPTURAS DENTRO Y FUERA DEL TRAMO DE CALIBRACIÓN EN EL ENSAYO DE TENSIÓN DE VARILLAS.

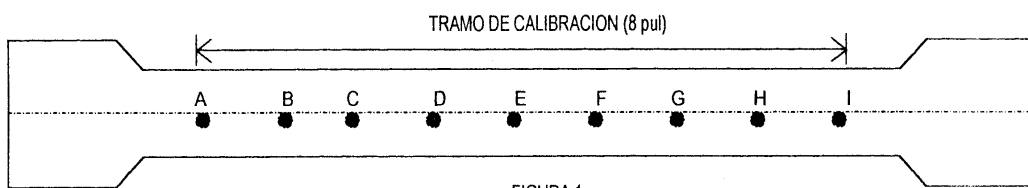


FIGURA 1

Figura N° 4.15

RUPTURAS ENTRE LOS PUNTOS	LONGITUD FINAL
C Y G	LF= AI
A Y C PERO MAS CERCANA AB QUE A	LF= AC + 2CF
MEDIA DIVISION DE A	LF= 2AE
FUERA DEL TRAMO DE CALIBRACION	LONGITUD TOTAL FINAL – LONGITUD TOTAL INICIAL

Fuente: Norma A.S.T.M A 615

Tabla N° 4.7

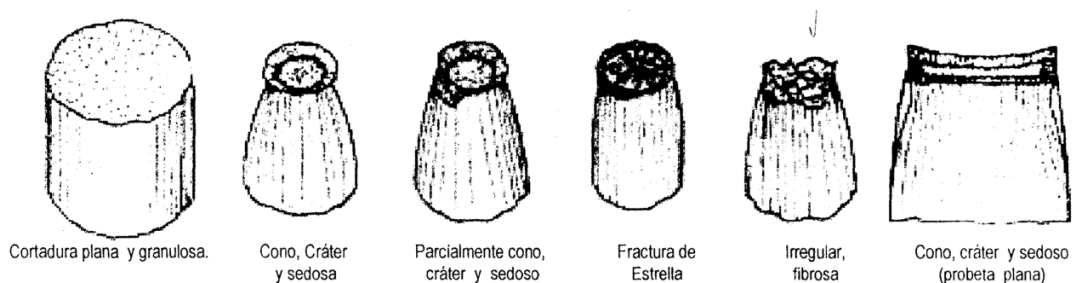


Figura N° 4.16: Fracturas Típicas por Tensión

4.7.1.5 EXTRACCION Y DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

La extracción de las muestras se debe hacer en zonas donde la estructura no haya sufrido daños fuertes, pues las muestras a ensayar no deben haber iniciado el estado de Fluencia, todo para poder someterlas a la Prueba Estándar de Tensión. Como la prueba lo exige es necesario extraer muestras con una longitud de 60 cms., por cada diámetro de varilla existente en la estructura.

Las varillas de acero ensayadas, fueron extraídas de elementos estructurales ubicados en la parte superior del área trescientos, de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, dichas muestras eran de acero liso con diámetros de 1/2 y 3/8, a continuación se presentan las características generales de cada probeta.

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
DIAMETRO NOMINAL (Designación en pulgadas)	1/2	1/2	3/8	3/8	3/8
DIAMETRO NOMINAL (pulg.)	0.500	0.500	0.375	0.375	0.375
LONGITUD DE LA MUESTRA (cm.)	60.20	60.20	59.80	60.00	60.30
PESO DE LA MUESTRA (kg.)	0.590	0.588	0.408	0.410	0.336
PESO/METRO LINEAL (kg./m)	0.980	0.977	0.682	0.683	0.557
PESO / METRO LINEAL NOMINAL (kg./m)	0.994	0.994	0.560	0.560	0.560

Tabla N° 4.8: Presentación de Información General de Probetas extraídas para el ensayo de Tensión del Acero²

4.7.1.6 RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se presentan los Resultados obtenidos por el Laboratorio de la Universidad de El Salvador, después de haberse realizado la prueba de tensión del acero, a las probetas extraídas de Catedral Basílica.

² Datos obtenidos por el Grupo de Trabajo de Graduación.



**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA**



PRUEBA DE VARILLAS A TENSION

Reporte No: Ac-76-2007

Hoja No: 1/2

SOLICITA: **KARLA ESMERALDA GUARDADO**

PROYECTO: **EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE LA CATEDRAL BASILICA DE
NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.**

Laboratorista: Emiliano Espinoza

Elaboró: Raquel Martínez

Fabrica:

Fecha de
solicitud:

7 de Mayo de 2007.

Fecha
recepción:

7 de Mayo de 2007.

Fecha de
ensayo:

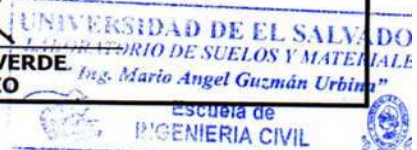
9 de Mayo de 2007.

MUESTRA No.	No 1	No 2	No 3	No 4
DESCRIPCION:				
DIAMETRO NOMINAL (Designación en ")	1/2	1/2	3/8	3/8
DIAMETRO NOMINAL (pulg)	0.500	0.500	0.375	0.375
LONGITUD DE MUESTRA (cm)	60.2	60.2	59.8	60.0
PESO DE MUESTRA (kg)	0.590	0.588	0.408	0.410
PESO / METRO LINEAL (kg/m)	0.980	0.977	0.682	0.683
PESO / METRO LINEAL NOMINAL (kg/m)	0.994	0.994	0.560	0.560
% VARIACION DE PESO	-1.40	-1.74	21.83	22.02
DIAMETRO INICIAL Do (cm)	1.260	1.260	1.080	1.100
DIAMETRO FINAL (cm)	0.740	0.730	0.580	0.570
AREA NOMINAL (cm ²)	1.267	1.267	0.713	0.713
AREA EFECTIVA (cm ²)	1.245	1.240	0.866	0.868
% VARIACION DE AREA	-1.74	-2.08	21.60	21.79
% REDUCCION DE AREA	65.51	66.43	71.16	73.15
LONGITUD INICIAL Lo (cm)	20.0	20.0	20.0	20.0
LONGITUD FINAL Lf (cm)	24.8	24.9	23.9	24.1
% DE ELONGACION	24.0	24.5	19.5	20.5
CARGA DE FLUENCIA (kg)	4,055	3,954	2,427	2,582
ESFUERZO DE FLUENCIA (kg/cm ²)	3,201.2	3,121.2	3,406.2	3,623.6
CARGA MAXIMA (kg)	6,286	6,133	3,447	3,548
ESFUERZO ULTIMO (kg/cm ²)	4,961.9	4,842	4,837	4,980
ESFUERZO DE FLUENCIA (PSI)	45,438	44,302	48,347	51,433
ESFUERZO ULTIMO (PSI)	70,429	68,725	68,662	70,681
RANGO DE CARGA	40000	40000	40000	40000
TIPO DE FRACTURA	C.C.P.	C.C.P.	C.C.P.	C.C.P.

OBSERVACIONES: El muestreo del Acero lo realizo el interesado.

Barras lisas, extraidas de la Catedral de San Miguel.

**ING. JOSE MIGUEL LANDAVERDE
JEFE DEL LABORATORIO**





FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 " ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 PRUEBA DE VARILLAS A TENSION



Reporte No: Ac-76-2007

Hoja No: 2/2

SOLICITA: KARLA ESMERALDA GUARDADO

PROYECTO: EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE LA CATEDRAL BASILICA DE
 NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.

Laboratorista: Emiliano Espinoza

Elaboró: Raquel Martínez

Fabrica: _____
 Fecha de
 solicitud: 7 de Mayo de 2007.

Fecha de
 recepción: 7 de Mayo de 2007.

Fecha de
 ensayo: 9 de Mayo de 2007.

MUESTRA No.	No	No	No	No
(DESCRIPCION)	5			
DIAMETRO NOMINAL (Designación en ")	3/8			
DIAMETRO NOMINAL (pulg)	0.375			
LONGITUD DE MUESTRA (cm)	60.3			
PESO DE MUESTRA (kg)	0.336			
PESO / METRO LINEAL (kg/m)	0.557			
PESO / METRO LINEAL NOMINAL (kg/m)	0.560			
% VARIACION DE PESO	-0.50			
DIAMETRO INICIAL Do (cm)	0.940			
DIAMETRO FINAL (cm)	0.430			
AREA NOMINAL (cm ²)	0.713			
AREA EFECTIVA (cm ²)	0.708			
% VARIACION DE AREA	-0.7			
% REDUCCION DE AREA	79.1			
LONGITUD INICIAL Lo (cm)	20.0			
LONGITUD FINAL Lf (cm)	24.6			
% DE ELONGACION	23.0			
CARGA DE FLUENCIA (kg)	1910.68			
ESFUERZO DE FLUENCIA (kg/cm ²)	2,681.4			
CARGA MAXIMA (kg)	2,685			
ESFUERZO ULTIMO (kg/cm ²)	3,768.5			
ESFUERZO DE FLUENCIA (PSI)	38,060			
ESFUERZO ULTIMO (PSI)	53,490			
RANGO DE CARGA	40000			
TIPO DE FRACTURA	C.C.P.			

OBSERVACIONES: El muestreo del Acero lo realizo el interesado.

Barras lisas, extraidas de la Catedral de San Miguel.


 ING. JOSE MIGUEL LANDAVERDE
 JEFE DEL LABORATORIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

" Ing. Mario Angel Guzmán Urbina "

Escuela de
 INGENIERIA CIVIL



4.7.1.7 ANALISIS DE RESULTADOS

Las varillas extraídas de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, de elementos estructurales ubicados en el área trescientos a las cuales se les realizo el ensayo de tensión son; varillas grado 40, estas varillas presentan un esfuerzo de fluencia y un esfuerzo ultimo mayor que el esfuerzo mínimo establecido por la norma ASTM, a pesar del tiempo que tienen dichas varillas de estar en la Basílica, ya esta tiene mas de cien años. Las varillas no presentan inicio de corrosión, poseen un porcentaje de elongación mínimo de 19.5 % y un porcentaje máximo de 24.50 %.

Las propiedades estructurales que presentan las varillas tanto de ½ pulg., como las varillas de 3/8, son buenas a pesar que estas fueron elaboradas hace más de un siglo, con otros estándares de calidad, y sin contar con una norma Técnica que regulara el uso de acero en elementos de concreto.

4.7.2 PRUEBA DE CALIDAD DEL CONCRETO

A.S.T.M 805

4.7.2.1 OBJETIVO

Conocer la calidad del concreto de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, utilizando un método no destructivo.

4.7.2.2 DESCRIPCION GENERAL DE LA PRUEBA

Esclerómetro o Martillo Schmidt (Método no Destructivo)

La evaluación de las estructuras de concreto en sitio, además de los métodos de extracción de testigos y pruebas de carga, se puede realizar mediante ensayos no destructivos, que tienen la ventaja de permitir el control de toda la estructura y sin afectarla en forma rápida.

Dentro de los métodos no destructivos, los de dureza superficial son los más generalizados, por su economía y facilidad de ejecución, entre ellos el método del esclerómetro es empleado por el mayor número de países.

Previo a analizar los resultados obtenidos con el esclerómetro, es importante aclarar que este es un procedimiento indirecto de la medición de resistencia de un concreto, tiene la limitación de que representa la dureza de los primeros tres centímetros de la masa de concreto contra la que rebota el pistón. Su principal ventaja radica en que aporta suficiente información para dar un criterio preliminar de la calidad del concreto ensayado, sin tener la precisión de un ensayo a compresión, permite tener una idea clara de un concreto aceptable o no aceptable.

Esclerómetro es un instrumento de medición empleado, generalmente, para la determinación de la resistencia a compresión en concreto ya sea en pilares, muros, pavimentos, etc.

Norma ASTM C 805-85 “Rebound Number on Hardened concrete” (Número de Rebotes en concreto endurecido), fue desarrollado por Ernest Schmidt y tiene la ventaja de que las pruebas se realizan en el lugar.

Principio de la Prueba: “El rebote de una masa elástica dependerá de la Dureza de las Superficie sobre la que golpea la Masa”.

a. Campo de aplicación

Originalmente, fue propuesto como un método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto, estableciendo curvas de correlación en laboratorio. Sin embargo, por los diferentes factores que afectan los resultados y la dispersión que se encuentra, en la actualidad se le emplea mayormente en los siguientes casos:

- Evaluar la uniformidad del concreto en una obra.
- Delimitar zonas de baja resistencia en las estructuras.
- Informar sobre la oportunidad para desencofrar elementos de concreto.
- Apreciar, cuando se cuenta con antecedentes, la evolución de la resistencia de estructuras.
- Determinar niveles de calidad resistente, cuando no se cuente con información al respecto.
- Contribuir, conjuntamente con otros métodos no destructivos a la evaluación de las estructuras.

b. Descripción del aparato y del método

Un esquema del aparato está dado en la figura N° 4.17, según la información del fabricante, en el que se singulariza los siguientes elementos:

1. Percutor
2. Concreto
3. Cuerpo exterior
4. Aguja
5. Escala
6. Martillo
7. Botón de fijación de lectura
8. Resorte
9. Resorte
10. Seguro.

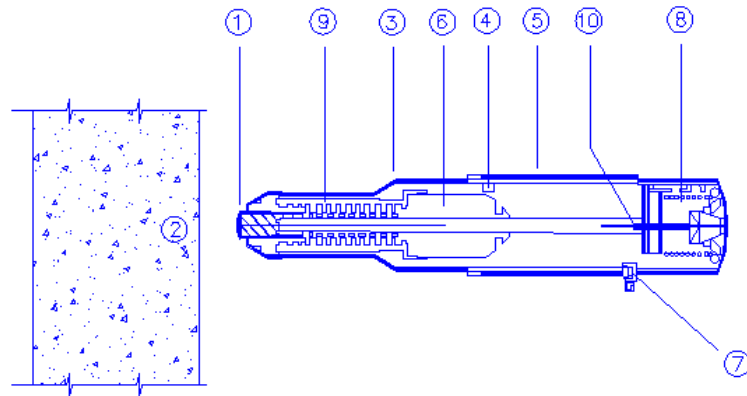


Figura N° 4.17: Esquema de Esclerómetro

El ensayo se efectúa apretando el percutor contra la superficie a examinar, hasta que el martillo, impulsado por un resorte, se descargue sobre el percutor. Después del golpe, el martillo rebota una cierta distancia, la cual se indica por una aguja en una escala graduada. La lectura de la posición de la aguja representa la medida del retroceso en porcentaje del avance del martillo.

Básicamente el proceso está constituido por una masa móvil, con una cierta energía inicial, que impacta la superficie de una masa de concreto, produciendo una redistribución de la energía cinética inicial. Parte de la energía es absorbida como fricción mecánica en el instrumento y otra parte como energía de deformación plástica del concreto. La parte restante es restituida a la masa móvil en proporción a la energía disponible. Para tal distribución de energía es condición básica que la masa de concreto sea prácticamente infinita con relación a la masa del percutor del aparato, lo que se da en la mayoría de las estructuras. En consecuencia, el rebote del esclerómetro es un indicador de las propiedades del concreto, con relación a su resistencia y grado de rigidez.

c. Factores que inciden en la prueba

Además de los factores intrínsecos, los resultados de los ensayos reciben la influencia de los siguientes parámetros:

- Textura superficial del concreto.
- Medida, forma y rigidez del elemento constructivo.
- Edad del concreto.
- Condiciones de humedad interna.
- Tipo de agregado.
- Tipo de cemento.
- Tipo de encofrado.
- Grado de carbonatación de la superficie.
- Acabado.
- Temperatura superficial del concreto y la temperatura del instrumento.

d. Procedimiento de ensayo

Para obtener resultados válidos y reproducibles conviene tener en cuenta las siguientes disposiciones:

- El elemento concreto sometido a prueba está fijo en la estructura, teniendo como mínima dimensión 100 mm, de espesor. Los especímenes más pequeños deberán ser sujetados rígidamente. En el caso de probetas. se aconseja fijarlas entre los cabezales de la máquina de compresión. .
- El área en la cual se podrá efectuar una determinación, por el promedio de una serie de pruebas comprenderá aproximadamente una circunferencia de 150 mm de diámetro.
- Deberá efectuarse el pulido superficial en la zona de prueba de los especímenes, hasta una profundidad de 5 mm, en los concretos de más de 6 meses de edad, en texturas rugosas, en las húmedas y cuando se encuentran en proceso de carbonatación. Al efecto se utilizará una piedra abrasiva de carburo de silicio, o material equivalente, con textura de grano medio. Aditamento que forma parte del equipo provisto por el fabricante.

- La posición del aparato, en casos de 4 ensayos comparativos, deberá tener la misma dirección. a posición normal del aparato es horizontal. De actuar verticalmente incide la acción de la gravedad, dando resultados de rebotes más altos actuando hacia abajo y más bajos hacia arriba. El accionar angular dará resultados intermedios.
- Para efectuar el ensayo se apoya firmemente el instrumento, con el émbolo perpendicular a la superficie, incrementando gradualmente la presión hasta que el martillo impacte y se tome la lectura.
- Los impactos deben efectuarse a por lo menos 2.5 cm de distancia.
- Se tomarán 10 lecturas para obtener el promedio. En el caso de que una o dos lecturas difieran en más de 7 unidades del promedio, serán descartadas. Si fueran más las que difieren se anulará la prueba. Los ensayos son influenciados por la característica del concreto en la zona de impacto, los vacíos o la presencia de agregado grueso, disminuyen o incrementan los valores. Esto ocurre a menudo en concretos con agregado mayor de 2" o con resistencia menor a 140 kg/cm², en los cuales el método no es apropiado.

El coeficiente de variación del número de rebote decrece con el incremento de la resistencia del concreto.

4.7.2.3 RESULTADOS OBTENIDOS

Los elementos Ensayados fueron elegidos de acuerdo a los siguientes criterios:

- En elementos que presentaban daños visibles
- Muestras Representativas del Área que presenta mas daños
- En elementos donde se necesario colocar concreto nuevo.

En base a estos criterios, se ensayaron los siguientes elementos:

a) Columnas Ensayadas

AREA	COLUMNA
300	G/6
300	G/1
300	E/1

Tabla N° 4.9: Columnas Ensayadas

b) Losas Ensayadas

AREA	LOSA Entre Ejes
300	E-G y 1-4
300	E-G y 3-6
300	D-E y 1-4

Tabla N° 4.10: Losas Ensayadas

Las zonas ensayadas por elemento fueron tres, así:

- Columnas: Parte Superior, Parte Media y Parte Inferior
- Losas: Extremo Izquierdo, Extremo Medio y Extremo Derecho.

A continuación se presentan los resultados obtenidos:

a) Columnas Ensayadas

Ubicación	Columna			Promedio (Kg/cm ²)
	G/6	G/1	E/1	
Parte Superior	345	260	315	306.67
Parte Media	280	373	415	356.0
Parte Inferior	317	290	345	317.0

Tabla N° 4.11: Presentación de Resultados Obtenidos con el esclerómetro.

b) Losas Ensayadas

Ubicación	Losas			Promedio (Kg/cm ²)
	E-G y 1-4	E-G y 3-6	D-E y 1-4	
Extremo Izquierdo	350	380	370	366
Extremo Medio	320	347	385	350.7
Extremo Derecho	371	331	300	334

Tabla N° 4.12: Presentación de Resultados Obtenidos con el esclerómetro.

4.7.2.3 ANALISIS DE RESULTADOS

Debido a que la prueba realizada con el esclerómetro solo determina la dureza superficial del concreto utilizado en los elementos ensayados, y no proporcionan con exactitud la resistencia a la compresión del concreto utilizado cuando se coló el elemento, podemos suponer entonces que las columnas ensayadas tienen una diferencia significativa en altura ya que se ensayaron en su parte inferior, media y superior, Lo que conlleva a señalar que no existió un colado monolítico del elemento si no en partes, hasta obtener su altura máxima; el concreto que se encuentra superficialmente posee una resistencia a la compresión mayor de doscientos ochenta kilogramos sobre centímetros cuadrados. De la misma manera las Losas ensayadas presentan una resistencia a la compresión mayor de de doscientos ochenta kilogramos sobre centímetros cuadrados, hasta resistencias promedio de trescientos sesenta y seis, kilogramos sobre centímetros cuadrados, ambos resultados se pueden analizar con un crecimiento en la resistencia que a sido proporcional a la vida útil que a prestado el edificio.

4.7.3 PRUEBA DE A LA COMPRESION Y ABSORCION DE LADRILLOS DE BARRO A.S.T.M C-97¹

4.7.3.1 OBJETIVO

Conocer la calidad de los Ladrillos de Barro utilizados en la construcción de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, en base a su resistencia a la compresión y absorción.

4.7.3.2 DESCRIPCION GENERAL DE LA PRUEBA

La mampostería usando ladrillos de arcilla cocidos ha sido empleada en El Salvador ampliamente. El término ladrillos de obra ha sido aplicado a unidades de arcilla cocida que tienen las dimensiones de 7 X 14 X 28 cm. (en El Salvador). Las unidades mayores o unidades con huecos se describen a veces como ladrillo estructural. La materia prima que se utiliza para la elaboración de este material son una gran variedad de arcillas y pizarras; la arcilla debe ser plástica, poseer poca contracción y ser fusible a temperatura relativamente baja.

El ensayo de compresión, que indica la resistencia de las unidades de ladrillo de barro sometidas a cargas verticales; y se realiza ensayando medio ladrillo acostado, además el ladrillo debe estar completamente seco, para que la humedad no afecte la resistencia. Los rangos de resistencia a la compresión son muy grandes pero la mayoría de ladrillos bien quemado estará entre 210 kg. /cm² y 600 kg. /cm².

Designación	Resistencia Mínima a la Compresión	
	f' u (kg/cm ²) por Área Bruta	
Grado	Promedio de 5 ladrillos	Individual
SW	210	175
MW	175	154
NW*	105	87.50

*NW válido sólo para ladrillo sólido

Tabla N° 4.13: Requisitos de Resistencia para Ladrillos de Barro Huecos y Sólidos.²

¹ Tomado del Trabajo de Graduación denominado Implementación del Laboratorio de Suelos y Materiales en la Facultad Multidisciplinaria Oriental, realizado por Milagro Guardado.

² Tabla tomada de la Norma Técnica para diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería.

4.7.3.3 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO

- Ladrillos de Barros de Catedral Basílica
- Cinta Métrica
- Regla
- Crayón
- Cortadora Eléctrica
- Balanza de 1 gr. de precisión
- Máquina Universal Tinius Olsen

4.7.3.4 PROCEDIMIENTO

1. ENSAYO DE COMPRESIÓN

- Marcar cada uno de los especímenes.
- Medir las dimensiones de cada uno de los especímenes.
- Pesar cada uno de los especímenes.
- Cortar los especímenes a la mitad, para ensayar una mitad a la compresión y la otra se usara para obtener la absorción.
- Tomar las dimensiones de los especímenes que se ensayaran a la compresión.
- Pulir las caras de los especímenes si es necesario.
- Colocar los especímenes en la Maquina Universal, aplicarles carga y tomar la máxima carga para la cual los especímenes fallan.
- Calcular el esfuerzo de cada uno de los especímenes.

2. ENSAYO DE ABSORCION

- Secar al sol u horno los especímenes durante 24 horas, pasado este periodo tomar su peso, W_s .
- Luego sumergirlos en agua durante 24 horas (el agua deberá cubrir toda la muestra). Pasado este tiempo sacar los especímenes del agua, dejar escurrir por un minuto, secar el agua visible con un paño húmedo (para asegurar que el secado sea superficial), pesarlos y anotar este peso como W_{sss} .

4.7.3.5 EXTRACCION Y DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

Los Ladrillos de Barro a los cuales se les realizo el ensayo de compresión y absorción, fueron extraídos de paredes ubicadas en el área trescientos, de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, debido a que era más fácil la extracción de ellos, es importante mencionar que dichas paredes han sido construidas con ladrillos de barro de dos diferentes dimensiones, por lo que estos han sido divididos en: ladrillo tipo A y ladrillo tipo B. A continuación se presentan las características generales de cada tipo de ladrillo.

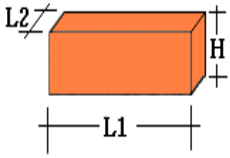
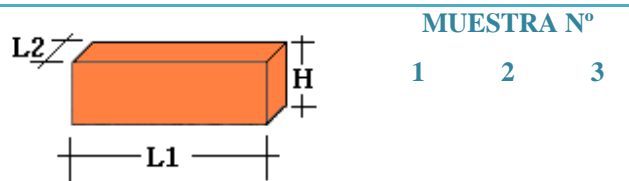
	MUESTRA N°	
	1	2
		
LONGITUD 1 (L1) cm.	15.60	13.50
LONGITUD 2 (L2) cm.	13.70	13.10
ALTURA (H) cm.	5.50	5.70
PESO DE LA MUESTRA (kg.)	1.59	1.37

Tabla N° 4.14: Dimensiones de Ladrillos de Barro Tipo A ensayados.³

³ Datos proporcionado por el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad de El Salvador.



	MUESTRA N°		
	1	2	3
LONGITUD 1 (L1) cm.	14.10	12.70	14.30
LONGITUD 2 (L2) cm.	14.70	12.70	13.20
ALTURA (H) cm.	8.10	8.30	8.00
PESO DE LA MUESTRA (kg.)	2.17	2.13	2.22

Tabla N° 4.15: Dimensiones de Ladrillos de Barro Tipo B ensayados⁴.

4.7.3.6 RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se presentan los Resultados obtenidos en el ensayo de compresión y absorción a ladrillos de barro extraídos de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz efectuado por el Laboratorio de la Universidad de El Salvador.

⁴ Datos proporcionado por el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad de El Salvador.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
" ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA "




**ENSAYO DE RESISTENCIA DE LADRILLOS
A LA COMPRESION**

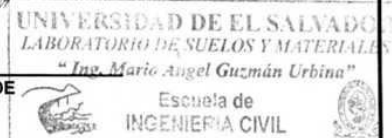
SOLICITA: KARLA ESMERALDA GUARDADO
PROYECTO: EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE LA CATEDRAL NUESTRA SEÑORA
DE LA PAZ DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL.
FECHA DE SOL.: 7 de Mayo de 2007

Reporte No: Comp-76-2007
Hoja No: 1/1
Fecha de recepción: 7 de Mayo de 2007
Fecha de ensayo: 15 de mayo de 2007
Laboratorista: Emiliano Espinoza.
Elaboró: Raquel Martínez

MUESTRA Nº	L1 (cms)	L2 (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kg/m ³)	ABSOR- CION, %	CARGA (kgs.)	ESFUERZO (kg/cm ²)
1	15.6	13.7	5.50	213.72	1.590	1,353	25.9	12,518	59
2	13.5	13.1	5.70	176.85	1.369	1,358	25.3	10,045	57
3	14.1	14.7	8.10	207.27	2.167	1,291	29.5	6,792	33
4	12.2	12.7	8.3	154.94	2.127	1,654.0	26.5	2,737	18
5	14.3	13.2	8.0	188.76	2.217	1,468.1	29.6	5,880	31

OBSERVACIONES: Ladrillos de barro extraídos de la estructura de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz de la Ciudad de San Miguel, construida de 1862 a 1962.


ING. JOSÉ MIGUEL LANDAVERDE
JEFE DEL LABORATORIO



4.7.3.7 ANALISIS DE RESULTADOS

En los resultados obtenidos en los ensayos de compresión efectuados por el Laboratorio de La Universidad de El Salvador, se puede observar que los ladrillos que forman parte de la mampostería utilizada para la construcción de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, no cumplen con las dimensiones estándar que se manejan actualmente en el país, puesto que los ladrillos ensayados poseen dimensiones diferentes a los ladrillos de hoy.

En el ensayo de absorción, los ladrillos ensayados presentan un buen porcentaje absorción, por tal motivo ambos presentan una buena adherencia entre ellos mismos.

Para finalizar, en general los ladrillos de menores dimensiones, aunque presentan un buen porcentaje de absorción no fueron la mejor elección para ser utilizados en la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz; por otra parte los ladrillos con mayores dimensiones, presentan buenas características estructurales debido a esto, son resistentes al paso del tiempo, a los agentes ambientales y a los movimientos sísmicos.

4.8 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL SUELO

4.81 PRUEBA DE PENETRACION ESTÁNDAR A.S.T.M D-1586¹

4.8.1.-1 OBJETIVO

Determinar las Resistencia que posee el suelo sobre el cual ha sido cimentada la Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz.

4.8.1.-2 DESCRIPCION GENERAL DE LA PRUEBA

Este método de exploración de suelos permite encontrar la resistencia del suelo, y quizá entre todos los métodos exploratorios es el que mejor resultados proporciona, en suelos friccionantes la prueba permite conocer la compacidad relativa de los mantos que como ya se ha dicho es la característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico, en suelos plásticos permite adquirir una idea, si bien tosca, de la resistencia a la compresión simple.

El equipo necesario para aplicar el procedimiento consta de un muestreador especial muestreador o penetrómetro estándar de dimensiones establecidas.

Es normal que el penetrómetro sea de media caña, para facilitar la extracción de la muestra que haya penetrado en su interior. El penetrómetro se enrosca al extremo de la tubería de perforación y la prueba consiste en hacerlo penetrar a golpes dados por un martinete de 63.5 Kg. (40 libras) que cae desde 76 cm. (30 pulgadas), contando el número de golpes necesario para lograr una penetración de 30 cm. (1 pie). El martinete, hueco y guiado por la misma tubería de perforación. Es elevado por un cable que pasa por la polea del trípode y dejando caer desde la altura requerida contra un ensanchamiento de la misma tubería de perforación hecho al efecto en cada avance de 60 cm. debe retirarse el penetrómetro, removiendo al suelo de su interior, el cual constituye la muestra.

¹ Tomado del Trabajo de Graduación denominado Implementación del Laboratorio de Suelos y Materiales en la Facultad Multidisciplinaria Oriental, realizado por Milagro Guardado.

El fondo del pozo debe ser previamente limpiado de manera cuidadosa, usando posteadora o cuchara del tipo mostradas. Una vez limpio el pozo el muestreador se hace descender hasta tocar el fondo y, seguidamente, a golpes, se hace que el penetrómetro entre 15 cm. dentro del suelo. Desde este momento deben contarse los golpes necesarios para lograr la penetración de los siguientes 30 cm. A continuación hágase penetrar el muestreador en toda su longitud.

Para determinar la resistencia a la Compresión simple es necesaria la siguiente tabla:

Consistencia	Nº Golpes	Resistencia a la Compresión Qu (kg/cm ²)
Muy Blanda	< 2	< 0.25
Blanda	2 a 4	0.25 – 0.50
Media	4 a 8	0.50 – 1.00
Firme	8 a 15	1.00 – 2.00
Muy Firme	15 a 30	2.00 – 4.00
Dura	> 30	> 4

Tabla Nº 4.15: Resistencia a la Compresión Simple²

4.8.1.-3 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO

Para la Realización de la Prueba se utilizo el siguiente equipo:

1. Equipo de perforación:

- Trípode
- Martinete con guía
- Motor de gasolina

² Tomado del Trabajo de Graduación denominado Implementación del Laboratorio de Suelos y Materiales en la Facultad Multidisciplinaria Oriental, realizado por Milagro Guardado.

- Penetración Estándar

- Cañas de perforación

2. Bolsas plásticas.

3. Cinta métrica

4. Llaves para tubos

5. Yeso

6. Balanza de 0.1 gr. de precisión.

4.8.1.-4 PROCEDIMIENTO

1. Montaje de equipo:

- Revisar que todo el equipo el trípode que sostendrá el martinete, extendiendo las patas y ajustándolas con las tuercas.
- Colocar el cable que elevará el martinete, haciéndolo pasar por la polea.
- Colocar el trípode en posición, abriendo las patas hasta formar un triángulo equilátero es: en buenas condiciones de instalación.
- Preparar en el suelo siendo los vértices del mismo, las patas del trípode.
- El centro del equilátero debe coincidir con el punto de perforación eligiendo según donde se desee el sondeo.
- Elevar el centro del trípode a una altura tal que las patas formen un ángulo de 60° con la horizontal.

- Una vez fijo el trípode instalar el motor en la pata gruesa, ajustándolo con sus abrazaderas del mismo. El motor se coloca a una altura cómoda para el operador.

2. Perforación del terreno:

- El equipo de Penetración antes de iniciar la prueba deberá estar limpio y aceitado para facilitar su uso.
- Armar el penetrómetro, enroscando bien cada una de sus piezas.
- Enroscar el penetrómetro a las cañas de perforación de tal manera que cubra la profundidad que se este perforando, a medida que se profundicen se añadirán más cañas metálicas.
- Antes de iniciar la penetración se limpiará el área donde se realizará el ensayo.
- Una vez limpio el lugar se procederá a iniciar la penetración. Se accionará el motor y se elevará el martinete hasta la altura máxima del trípode. Tener cuidado en este paso, pues si se levanta el martinete con velocidad puede oscilar en el aire golpeando a cualquiera que este cerca.
- Colocar el Penetrómetro fijo a la caña de perforación y tener el cuidado de colocar lo más verticalmente posible el tubo muestreador, sosteniéndolo fijamente durante la penetración.
- Accionar el martinete llevándolo a la altura máxima; y posteriormente dejarlo caer libremente, este procedimiento se realizara hasta introducir el penetrómetro 20 cm. Contando el número de golpes requeridos para dicha penetración, anotar dicho resultado; luego se contará el número de golpes que se necesitan para introducir o penetrar el penetrómetro 30cm. anotar este dato.
- Para verificar la profundidad (20 y 30 cm.), se marcan en la caña de perforación dichas distancias. con yeso a partir de la superficie del terreno
- Anotar el número de golpes y las profundidades respectivas en la hoja de registro.
- Accionar de nuevo el martinete en forma invertida para sacar la caña del penetrómetro.

- Extraer la muestra del penetrómetro, abriendo la caña por la mitad; para esto se desenroscan las piezas.
- Tomar la muestra del centro de la caña y hacer una descripción visual del suelo; anotar además la distancia de recuperación (30cm). donde se ha obtenido la muestra, además se identificará con una viñeta que deberá contener el número de sondeo, la profundidad, el proyecto, etc.
- Todas las muestras que se tomen se deberán colocar en bolsas plásticas por separado, al instante de sacarlas del penetrómetro, se tendrá el cuidado de cerrar cada muestra para que no pierdan la humedad natural.
- Repetir el procedimiento anterior hasta completar la profundidad de sondeo requerida.



Figura 4.18; Grupo de Trabajo de Graduación Realizando la Prueba SPT, en Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz.

4.8.1.-5 EXTRACCION Y DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

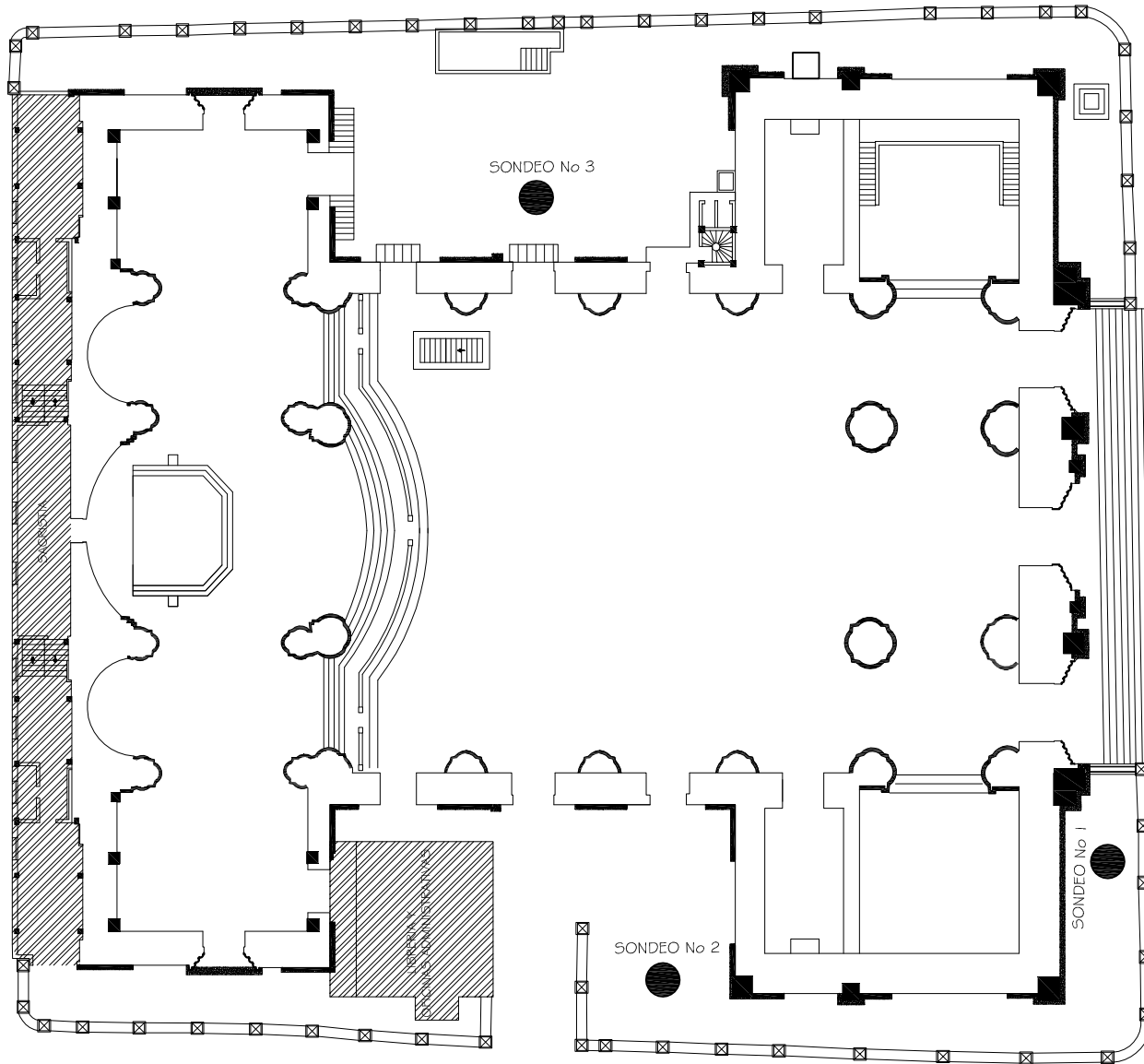
Para la realización de la Prueba de Penetración Estándar se efectuaron tres sondeos (ver plano 2), el primero ubicado en el costado Poniente de Catedral Basílica, el segundo ubicado en el

costado Norte, y el tercero ubicado en el costado Oriente, todos los sondeos se realizaron con un golpeador de 140 libras, y se utilizo Cuchara Partida como herramienta de avance, es importante mencionar que la prueba fue efectuada por el equipo de tesis, bajo la supervisión de un técnico del Laboratorio de Suelos y Materiales de La Universidad de El Salvador. Los datos tomados al momento de la prueba han sido revisados previamente por el técnico supervisor. A continuación se presentan las profundidades de los sondeos realizados en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

Sondeo N°	1	2	3
Profundidad (m)	2.00-2.50	2.00-2.50	3.00-3.50

Tabla N° 4.16: Profundidades de los Sondeos realizados en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.³

³ Datos obtenidos por el Grupo de Trabajo de Graduación, bajo la supervisión del Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad de El Salvador.



PROYECTO: **EVALUACION FISICA DE LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**
 ESCALA: **SIN ESCALA**

CONTENIDO: **SONDEOS PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR**

HOJA: **1/1**

PRESENTAN: **BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
 BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO ROMERO
 BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**

UBICACION: **CENTRO DE SAN MIGUEL**

FECHA: **JUNIO - 2007**



4.8.1.-5.1.- TOMA DE DATOS EN EL CAMPO¹

a) Datos Obtenidos para Calcular Resistencia del Suelo

Peso del Martinete: 140 lb.

Elevación de Brocal: 0.0 metros

Diámetro interno en la cuchara: 3.87cm

Tabla N° 4.17: SONDEO N° 1

PROFUNDIDAD EN MTS	RESISTENCIA A LA PENETRACION				RECOBRO cm.
	20 cm.	15 cm.	15 cm.	"N"	
0.00 - 0.50	3	3	4	7	21
0.50 - 1.00	4	4	6	10	20
1.00 - 1.50	7	7	7	14	21
1.50 - 2.00	20	15	16	31	20
2.00 - 2.50	25	19	31	50	20

Tabla N° 4.18: SONDEO N° 2

PROFUNDIDAD EN MTS	RESISTENCIA A LA PENETRACION				RECOBRO cm.
	20 cm.	15 cm.	15 cm.	"N"	
0.00 - 0.50	3	4	3	7	21
0.50 - 1.00	7	9	11	20	20
1.00 - 1.50	9	10	15	25	21
1.50 - 2.00	23	17	26	43	20
2.00 - 2.50	25	20	35	55	20

¹ Datos obtenidos por el Grupo de Trabajo de Graduación bajo la Supervisión del Laboratorio de Suelos y Materiales de La Universidad de El Salvador.

Tabla N° 4.19: SONDEO N° 3

PROFUNDIDAD EN MTS	RESISTENCIA A LA PENETRACION				RECOBRO cm.
	20 cm.	15 cm.	15 cm.	"N"	
0.00 - 0.50	3	3	3	6	20
0.50 - 1.00	4	4	5	9	21
1.00 - 1.50	7	8	9	17	25
1.50 - 2.00	10	11	13	24	20
2.00 - 2.50	15	16	20	36	21
2.50 - 3.00	26	35	45	80	30
3.00 - 3.50	30	39	56	95	30

b) Datos Obtenidos para Calcular el Contenido de Humedad:

Tabla N° 4.20: SONDEO N° 1

Muestra N°.	1	2	3	4	5
Profundidad (m)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5
Recipiente N°.	7	A - 8	A - 7	31	M - 5
Peso Suelo Húmedo + Tara (gr.)	387.0	410.0	313.0	371.0	332.0
Peso Suelo Seco + Tara (gr.)	361.0	351.0	269.0	340.0	290.0
Peso de Tara (gr.)	56.0	26.0	26.0	58.0	53.0

Tabla N° 4.21: SONDEO N° 2

Muestra N°.	1	2	3	4	5
Profundidad (m)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5
Recipiente N°.	11	40	L - 7	M - 4	7
Peso Suelo Húmedo + Tara (gr.)	466.0	533.0	551.0	521.0	540.0
Peso Suelo Seco + Tara (gr.)	439.0	505.0	514.0	489.0	515.0
Peso de Tara (gr.)	46.0	61.0	78.0	52.0	77.0

Tabla N° 4.22: SONDEO N° 3

Muestra N°.	1	2	3	4
Profundidad (m)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0
Recipiente N°.	S - 3	M - 2	L - 3	L - 4
Peso Suelo Húmedo + Tara (gr.)	435.0	658.0	525.0	382.0
Peso Suelo Seco + Tara (gr.)	393.0	575.0	459.0	334.0
Peso de Tara (gr.)	53.0	54.0	17.0	65.0

Muestra N°.	5	6	7
Profundidad (m)	0.0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5
Recipiente N°.	L - 2	L - 8	18 - A
Peso Suelo Húmedo + Tara (gr.)	422.0	295	395
Peso Suelo Seco + Tara (gr.)	400.0	276	330
Peso de Tara (gr.)	65.0	78	77

4.8.1.-6 RESULTADOS OBTENIDOS



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PENETRACIÓN ESTANDAR
ASTM D-1586

Hoja N° : 1

Proyecto: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

Localización: Ciudad de San Miguel.

Estructura: Catedral Basílica

Herramienta de Avance: Cuchara Partida.

Fecha: 18 de Noviembre 2006

Herramienta de Muestreo:

Sondeo N°: 1

Peso Golpeador: 140 libras.

Elevación Brocal: 0.0 mt

Operador: Lab. Emiliano Espinoza

Supervisor: Lab. Emiliano Espinoza

PROFUNDIDAD EN MTS	RESISTENCIA A LA PENETRACION				RECOBRO cm	HUMEDAD %	CLASIFICACION
	20 cm	15 cm	15 cm	"N"			
0.00 - 0.50	3	3	4	7	21	8.5	Relleno: combinacion de diversos materiales; trozos de ladrillo de barro, piedra triturada, concreto triturado, arcilla y limo arenoso.
0.50 - 1.00	4	4	6	10	20	18.2	
1.00 - 1.50	7	7	7	14	21	18.1	
1.50 - 2.00	20	15	16	31	20	11	Limo Arenoso
2.00 - 2.50	25	19	31	50	20	17.7	Limo Arenoso

OBSERVACIONES:

El suelo alcanza su mayor resistencia a una profundidad de 2 metros, obteniendo un total de número de golpes de 50, presentando una consistencia dura, y una Resistencia a la Compresion Simple $Q_u > 4.0 \text{ Kg/cm}^2$.

En la Inspeccion Visual del Suelo se identifica que el estrato de 0.0 m a 1.5 m esta compuesto por relleno formado por diversos materiales, trozos de ladrillo de barro, piedra triturada, concreto triturado, arcilla y limo arenoso.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PENETRACIÓN ESTANDAR
ASTM D-1586

Hoja N° : 1

Proyecto: **Evaluación Física y Estructural de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.**

Ubicación: **Ciudad de San Miguel.**

Reporte N° : 1

Sondeo N° : 1

Laboratorista: **Emiliano Espinoza**

Fecha: **23 de Noviembre 2006**

Muestra N°.	1	2	3	4	5
Profundidad	0.00 - 0.50	0.50 - 1.00	1.00 - 1.50	1.50 - 2.00	2.00 - 2.50
Recipiente N°.	7	A 8	A 7	31	M 5
Peso Suelo Húmedo + Tara (gr)	387.0	410.0	313.0	371.0	332.0
Peso Suelo Seco + Tara (gr)	361.0	351.0	269.0	340.0	290.0
Peso de Tara (gr)	56.0	26.0	26.0	58.0	53.0
Peso Suelo Húmedo (gr)	331.0	304.0	207.0	313.0	279.0
Peso de Suelo Seco (gr)	305.0	325.0	243.0	282.0	237.0
Peso de Agua (gr)	26.0	59.0	44.0	31.0	42.0
Contenido de Agua en %	8.5	18.2	18.1	11.0	17.7



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PENETRACIÓN ESTANDAR
ASTM D-1586

Hoja N° : 2

Proyecto: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

Localización: Ciudad de San Miguel.

Estructura: Catedral Basílica

Herramienta de Avance: Cuchara Partida.

Fecha: 18 de Noviembre 2006

Herramienta de Muestreo:

Sondeo N°: 2

Peso Golpeador: 140 libras.

Elevación Broca: 0.0 mt

Operador: Lab. Emiliano Espinoza

Supervisor: Lab. Emiliano Espinoza

PROFUNDIDAD EN MTS	RESISTENCIA A LA PENETRACION				RECOBRO cm	HUMEDAD %	CLASIFICACION
	20 cm	15 cm	15 cm	"N"			
0.00 - 0.50	3	4	3	7	21	6.9	Relleno: combinacion de diversos materiales; trozos de ladrillo de barro, piedra triturada, concreto triturado, arcilla y limo arenoso.
0.50 - 1.00	7	9	11	20	20	6.3	
1.00 - 1.50	9	10	15	25	21	8.5	
1.50 - 2.00	23	17	26	43	20	7.3	Limo Arenoso
2.00 - 2.50	25	20	35	55	20	5.7	Limo Arenoso

OBSERVACIONES:

El suelo alcanza su mayor resistencia a una profundidad de 2 metros, obteniendo un total de número de golpes de 55, presentando una consistencia dura, y una Resistencia a la Compresion Simple $Q_u > 4.0 \text{ Kg/cm}^2$.

En la Inspeccion Visual del Suelo se identifica que el estrato de 0.0 m a 1.5 m esta compuesto por relleno formado por diversos materiales, trozos de ladrillo de barro, piedra triturada, concreto triturado, arcilla y limo arenoso.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PENETRACIÓN ESTANDAR
ASIM D-1586

Hoja N° : 2

Proyecto: Evaluación Física y Estructural de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

Ubicación: Ciudad de San Miguel.

Reporte N° : 2

Sondeo N° : 2

Laboratnista: Emliano Espinoza

Fecha: 23 de Noviembre 2006

Muestra N°.	1	2	3	4	5
Profundidad	0 00 - 0 50	0 50 - 1 00	1 00 - 1 50	1 50 - 2 00	2 00 - 2 50
Recipiente N°.	11	40	L - 7	M - 4	7
Peso Suelo Húmedo + Tara (gr)	466.0	533.0	551.0	521.0	540.0
Peso Suelo Seco + Tara (gr)	439.0	505.0	514.0	489.0	515.0
Peso de Tara (gr)	46.0	61.0	78.0	52.0	77.0
Peso Suelo Húmedo (gr)	420.0	472.0	473.0	469.0	463.0
Peso de Suelo Seco (gr)	393.0	444.0	436.0	437.0	438.0
Peso de Agua (gr)	27.0	28.0	37.0	32.0	25.0
Contenido de Agua en %	6.9	6.3	8.5	7.3	5.7



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PENETRACIÓN ESTANDAR
ASTM D-1586

Hoja N° : 3

Proyecto: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

Localización: Ciudad de San Miguel.

Estructura: Catedral Basílica

Herramienta de Avance: Cuchara Partida.

Fecha: 18 de Noviembre 2006

Herramienta de Muestreo:

Sondeo N°: 3

Peso Golpeador: 140 libras.

Elevación Brocal: 0.0 mt

Operador: Lab. Emiliano Espinoza

Supervisor: Lab. Emiliano Espinoza

PROFUNDIDAD EN MTS	RESISTENCIA A LA PENETRACION				RECOBRO cm	HUMEDAD %	CLASIFICACION
	20 cm	15 cm	15 cm	"N"			
0.00 - 0.50	3	3	3	6	20	12.1	Relleno: combinacion de diversos materiales; trozos de ladrillo de barro, piedra triturada, concreto triturado, arcilla y limo arenoso.
0.50 - 1.00	4	4	5	9	21	15.9	
1.00 - 1.50	7	8	9	17	25	14.9	
1.50 - 2.00	10	11	13	24	20	17.0	
2.00 - 2.50	15	16	20	36	21	6.6	
2.50 - 3.00	26	35	45	80	30	9.6	Limo Arenoso
3.00 - 3.50	30	39	56	95	30	25.7	Limo Arenoso

OBSERVACIONES:

El suelo alcanza su mayor resistencia a una profundidad de 3.5 metros, obteniendo un total de número de golpes de 95, presentando una consistencia dura, y una Resistencia a la Compresion Simple $Q_u > 4.0 \text{ Kg/cm}^2$.

En la Inspeccion Visual del Suelo se identifica que el estrato de 0.0 m a 2.5 m esta compuesto por relleno formado por diversos materiales, trozos de ladrillo de barro, piedra triturada, concreto triturado, arcilla y limo arenoso.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PENETRACIÓN ESTANDAR
ASTM D-1586

Hoja N° : 3

Proyecto: Evaluación Física y Estructural de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

Ubicación: Ciudad de San Miguel.

Reporte N° : 3

Sondeo N° :

Laboratorista: Emiliano Espinoza

Fecha: 23 de Noviembre 2006

Muestra N°.	1	2	3	4	5	6	7
Profundidad	0.00 - 0.50	0.50 - 1.00	1.00 - 1.50	1.50 - 2.00	2.00 - 2.50	2.50 - 3.00	3.00 - 3.50
Recipiente N°.	S - 3	M - 2	L - 3	L - 4	L - 2	L - 8	18 - A
Peso Suelo Húmedo + Tara (gr)	435.0	658.0	525.0	382.0	422.0	295	395
Peso Suelo Seco + Tara (gr)	393.0	575.0	459.0	334.0	400.0	276	330
Peso de Tara (gr)	53.0	54.0	17.0	65.0	65.0	78	77
Peso Suelo Humedo (gr)	382.0	604.0	508.0	317.0	357.0	217.0	318.0
Peso de Suelo Seco (gr)	340.0	521.0	442.0	269.0	335.0	198.0	253.0
Peso de Agua (gr)	42.0	83.0	66.0	48.0	22.0	19.0	65.0
Contenido de Agua en %	12.4	15.9	14.9	17.8	6.6	9.6	25.7



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PENETRACIÓN ESTANDAR
ASTM D-1586

Proyecto: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

PROFUNDIDAD (mts)	SONDEO N°		
	1 Qu (Kg/cm ²)	2 Qu (Kg./cm ²)	3 Qu (Kg./cm ²)
0.00 - 0.50	0.70	0.70	0.60
0.50 - 1.00	1.00	2.00	0.90
1.00 - 1.50	1.40	2.50	1.70
1.50 - 2.00	3.10	4.30	2.40
2.00 - 2.50	5.00	5.50	3.60
2.50 - 3.00			> 5.00
3.00 - 3.50			> 5.00

Factor utilizado para calcular la capacidad de carga $f = 10$, proporcionado por el laboratorio de suelos y materiales de la Universidad de El Salvador

4.8.1.-7 ANALISIS DE RESULTADOS

SONDEO No 1:

En este sondeo se observa que el mayor esfuerzo de carga se encuentra a una profundidad de 2.00 a 2.50 metros, presentando una consistencia dura, un esfuerzo Q_u de 5.0 kg. /cm². Y un porcentaje de humedad de 17.7%. Al efectuar la inspección visual se determino que el estrato que presenta la capacidad de carga antes mencionada, esta constituido por suelo limo arenoso.

Además los primeros estratos del suelo están compuestos por relleno constituido de diferentes materiales como lo son; trozos de ladrillo de barro, piedra triturada, concreto triturado, arcilla y suelo limo arenoso, este relleno alcanza una profundidad de 1.50 metros y presenta una consistencia firme. Es importante mencionar que este sondeo fue efectuado en el área cien de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

SONDEO No 2:

En este sondeo, la mayor capacidad de carga se encuentra a una profundidad de 2.00 a 2.50 metros, presentando una consistencia dura, un esfuerzo Q_u de 5.0 kg/cm y un porcentaje de humedad de 5.7 %. Al efectuar la inspección visual se determino que el estrato que presenta la capacidad de carga antes mencionada, esta constituido por suelo limo arenoso.

Además al igual que el sondeo No 1, los primero estratos están compuestos por relleno, el cual esta constituido por diferentes materiales, como lo son: ladrillos de barro triturados, piedra triturada, arcilla y limo arenoso, este relleno alcanza una profundidad de 1.50 metros y presenta una consistencia firme. Es importante mencionar que dicho sondeo fue efectuado en el área cien de Catedral Basílica de nuestra Señora de La Paz.

SONDEO No 3:

En este sondeo la mayor capacidad de carga se encuentra a una profundidad de 3.00 a 3.50 metros, presentando una consistencia dura, un esfuerzo Qu mayor de 5.0 kg/cm² y un porcentaje de humedad de 25.7%. Al efectuar la inspección visual se determino que el estrato que presenta la capacidad de carga antes mencionada, esta constituido por suelo limo arenoso.

Además al igual que los dos sondeos anteriores, los primero estratos están constituidos por relleno, el cual esta conformado por materiales como; ladrillos de barro triturado, piedra triturada, concreto triturado, este relleno alcanza una profundidad de 2.50 metros y presenta en sus primeros estratos una consistencia media, para luego cambiar a una consistencia firme a una profundidad de 1.50 metros. Es importante indicar que este sondeo fue efectuado en el área trescientos de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

En Conclusión, el suelo sobre el cual están construidos los cimientos de Catedral Basílica de Nuestra Señora de La paz, presenta en sus primero estratos material de relleno, constituido mayormente por ladrillo, concreto y piedra triturados, y en pocas cantidades arcilla y suelo limo arenoso, los estratos ubicados a una profundidad mayor de 2.50 metros están conformados por suelo limo arenoso el cual posee propiedades mecánicas aceptables, puesto que su Esfuerzo de Capacidad de Carga es mayor que 5.0 kg/cm², lo cual refleja una consistencia dura, un porcentaje de humedad de mínimo de 5.7% y un máximo de 25.7%, en los primeros estratos del suelo.

INTRODUCCION

En la actualidad existen diferentes materiales de reparación que poseen cualidades optimas para el sellado de grietas; en elementos de concreto reforzado así como también, en paredes de mampostería, dando a la estructura una resistencia requerida para alargar su vida útil. Dichos materiales se emplean utilizando un procedimiento el cual; permite reparar el elemento de manera rápida y precisa, como lo son las inyecciones de resina epóxica, los selladores y aditivos epóxicos que sirven para permitir la adherencia de concreto antiguo con concreto nuevo, permitiendo de esta forma reparar áreas donde el concreto de recubrimiento en elementos de concreto reforzado haya sido dañado, ya sea por ambiente o por deterioro de sus materiales.

En este Capitulo se presentan las Propuestas de Reparación de Daños encontrados en Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, después de haberse efectuado la Evaluación de Daños, dichas propuestas se muestran en forma detallada en planos de reparación y están enfocadas a mejorar las condiciones actuales del edificio. Posteriormente se presenta el Plano de ubicación de cada reparación y una breve descripción de las actividades que se llevaran a cabo en cada elemento. Además el Presupuesto de las Reparaciones Propuestas, el cual ha sido realizado utilizando precios a la fecha y establecidos en el mercado.

5

**Propuesta de Reparación de Daños
en Catedral Basílica de La Paz.**

5.1 REPARACION DE DAÑOS ENCONTRADOS EN CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.

La decisión de la reparación del edificio debe provenir de una cuidadosa evaluación donde se determine los diferentes daños que presenta la estructura, así como también el nivel de gravedad de los mismos, teniendo en cuenta las propiedades de los materiales que conforman los elementos estructurales (columnas, vigas, paredes mampostería, etc.), las condiciones actuales que presentan dichos materiales y el comportamiento de la estructura mediante un sismo. Las soluciones planteadas no deberán solo basarse en la reparación de los elementos sino que también debe tenerse en cuenta un contexto mucho más amplio acerca de la conservación del edificio histórico, y de esta manera darle importancia a los aspectos de carácter artístico, cultural, económico y de utilización del inmueble. Es frecuente que la inquietud acerca de la seguridad de los elementos estructurales que conforman la edificación, surja de detectar un problema local, como el agrietamiento de un elemento específico. Esto conlleva a la intención de reparar dicho elemento sin prestar atención al resto de la estructura, lo que puede ocasionar que el agrietamiento se manifieste en un punto más cercano del ya reparado.











Es primordial diferenciar las grietas que se producen en elementos estructurales debido al comportamiento inadecuado de la estructura y aquellas que son producidas por forma natural del material, las primeras pueden causar que el edificio se comporte diferente de acuerdo al diseño original afectando de esta manera toda la estructura, las segundas por ser superficiales, solo afectan estéticamente al edificio.

La evaluación de Daños realizada en la Catedral Basílica de Nuestra Señora de la Paz, determino que los daños encontrados en el edificio, son daños no significativos puesto que son grietas menores de tres milímetros, y estas no afectan el comportamiento estructural de la edificación, el Ing. José de la Cera, en su texto *Reparación de Estructuras de Concreto y mampostería*, propone que los edificios que no presenten daños mayores de tres milímetros en sus elementos estructurales, sean reparados utilizando resinas epóxicas; para el sellado de las

grietas e impermeabilizantes para las losas tipo azotea, previniendo de esta manera el descascaramiento producido por la exposición de estas a la humedad (lluvia).

A continuación se presenta las propuestas de reparación planteadas, para los diferentes daños encontrados en la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.

Tabla N° 5.1: Simbología utilizada en las propuestas de Reparación.

Símbolo	Descripción
	Grietas < 1.0 mm elementos de Concreto Reforzado.
	Grietas > 1.0 mm Elementos de Concreto Reforzado.
	Grietas < 3.0 mm en Paredes de Mampostería.
	Grietas > 3.0 mm en Paredes de Mampostería.
	Reparación de Daños en Losas tipo Azotea.
	Reparación de Grietas en Losas.
	Reparación de Daños en columnas (acero expuesto).
	Reparación de Desprendimiento de mortero.
	Propuesta de construcción de Acera Perimetral.
	Reparación de Daños en Elementos Metálicos corroídos.



Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador

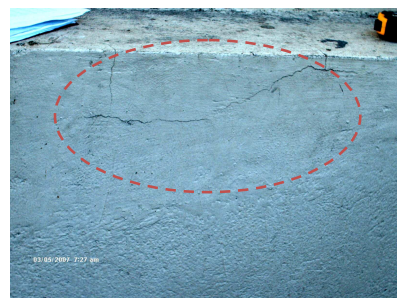


REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: REPARACION DE GRIETAS MENORES DE 1.0 MM DE ESPESOR EN COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO.

DESCRIPCION DEL DAÑO: Grietas Diagonales, Verticales y Horizontales que posean un espesor menor de 1.0 mm.

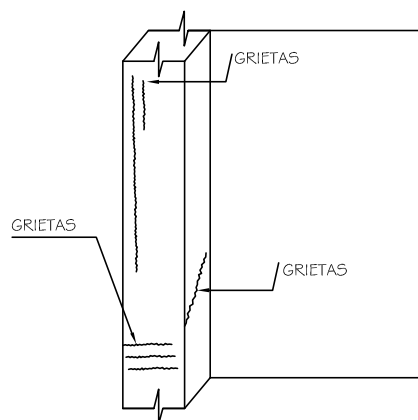
APLICACIÓN: Para grietas ubicadas en elementos de concreto cuyo espesor sea menor de 1.0 mm, se realizara la reparación utilizando un aditivo en forma de pasta.



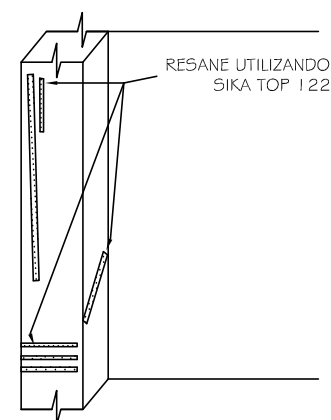
PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar Grieta ($e < 1.0$ mm). 2. Limpiar la superficie donde se encuentra la grieta utilizando agua a presión. 3. Saturar la superficie utilizando agua evitando encharcamientos. 4. Aplicación del aditivo; El área de aplicación de SikaTop-122 debe imprimarse previamente con una pequeña cantidad del mismo producto, frotándolo fuertemente contra la superficie con la mano enguantada. Espere entre 10 y 15 minutos (a 20 °C) y proceda a la aplicación del producto hasta completar el espesor deseado. La aplicación deberá realizarse en capas de 2cm como máximo; entre la colocación de cada capa deberá transcurrir un periodo de tiempo de entre 20 y 40 minutos. El curado debe realizar inmediatamente después de la colocación del SikaTop 122 con Antisol Blanco (ver anexo 3). 5. La limpieza de herramientas debe realizarse con agua antes de que el producto endurezca: El material endurecidos o lo puede retirarse por medios mecánicos.
MATERIAL Y EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> - Aditivo Sika Top 122 - Aditivo Antisol Blanco - Llana - Agua - Recipiente boca ancha - Guantes - Anteojos - Ropa de Trabajo 	

REPARACION DE GRIETAS EN VIGAS Y COLUMNAS

GRIETAS DE $e < 1.0$ mm



ESQUEMA DE FALLA



ESQUEMA DE REPARACION

– SIKA TOP 122

ESPECIFICACIONES

- 1– IDENTIFICAR DE LA GRIETA ($e < 1.0$ mm).
- 2– LIMPIAR LA GRIETA, UTILIZANDO AGUA A PRESION
- 3– SATURAR AREA DE GRIETAS A REPARAR EVITANDO LA ACUMULACION DE AGUA EN ESTA
- 4– SELLAR GRIETA SIKA TOP 122, SIGUIENDO LAS INDICACIONES DEL FABRICANTE
- 5– CURAR CON ANTISOL INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA APLICACION

PROCEDIMIENTO DE REPARACION



PROYECTO: EVALUACION FÍSICA DE LA CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

UBICACION: CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

PROPIETARIO: DIOCESIS DE SAN MIGUEL

FECHA: JUNIO, 2007

ESCALA: SIN ESCALA

CONTENIDO: PROPUESTA DE REPARACION DE DAÑOS EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO

PRESENTAN:
BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R.
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ





Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador

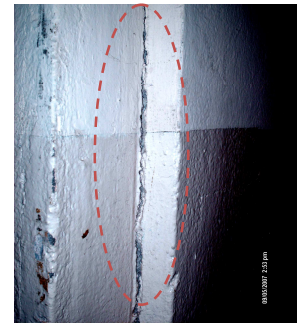
b

REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: REPARACION DE GRIETAS MAYORES DE 1.0 MM DE ESPESOR EN COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO.

DESCRIPCION DEL DAÑO: Grietas Diagonales, Verticales y Horizontales que posean un espesor mayor de 1.0 mm.

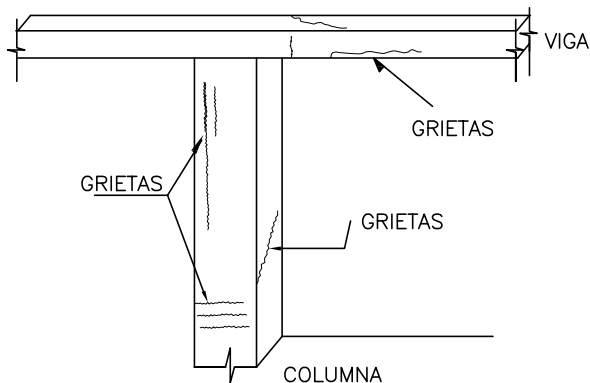
APLICACIÓN: Para grietas ubicadas en elementos de concreto cuyo espesor sea mayor de 1.0 mm, se realizara la reparación utilizando un aditivo expansivo en forma de pasta.



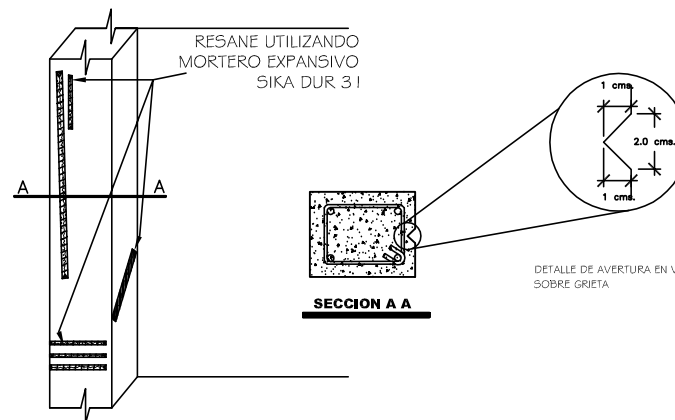
PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	
MATERIAL Y EQUIPO	
-Aditivo Sikadur 31 (ver anexo 3)	1. Identificar Grieta ($e > 1.0$ mm).
- Compresor de Aire	2. Limpiar el área de la grieta dejando la superficie libre de grasas y polvo.
- Cincel	3. Picar en forma de “V” a lo largo de la grieta hasta una abertura máxima de 2 cms., profundizando a 45°.
- Guantes	4. Limpiar las partes picadas hasta dejar libre de polvo, grasa o partículas sueltas.
- Anteojos	5. Sellar Grieta con Mortero Expansivo Sikadur 31, siguiendo las indicaciones del fabricante
- Ropa de Trabajo	

REPARACION DE GRIETAS EN VIGAS Y COLUMNAS

GRIETAS DE $e > 1.0$ mm



ESQUEMA DE FALLA



ESQUEMA DE REPARACION

– MORTERO EXPANSIVO SIKADUR 31

ESPECIFICACIONES

- 1– IDENTIFICAR DE LA GRIETA ($e > 1.0$ mm).
- 2– LIMPIAR LA GRIETA, DEJANDO LA SUPERFICIE LIBRE DE POLVO
- 3– PICAR EN FORMA DE V A LO LARGO DE LA GRIETA HASTA UNA ABERTURA DE 2 cm DE ANCHO PROFUNDIZANDO A 45° HASTA 1 cm.
- 4– LIMPIAR LA PARTE PICADA HASTA QUEDAR LIBRE DE PARTICULAS SUELTAS CON AIRE A PRESION
- 5– SELLAR CON MORTERO EXPANSIVO SIKADUR 31 (VER ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE)

PROCEDIMIENTO DE REPARACION

	PROYECTO: EVALUACION FÍSICA DE LA CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ	PROPIETARIO: DIOSESI DE SAN MIGUEL	CONTENIDO: PROPUESTA DE REPARACION DE DAÑOS EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO	PRESENTAN: BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R. BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ	
	UBICACION: CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL	FECHA: JUNIO, 2007	ESCALA: SIN ESCALA		



Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador

c

REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: REPARACION DE GRIETAS MENORES DE 3.0 MM DE ESPESOR EN PAREDES DE MAMPOSTERIA.

DESCRIPCION DEL DAÑO: Grietas Diagonales, Verticales y Horizontales que posean un espesor menor de 3.0 mm.

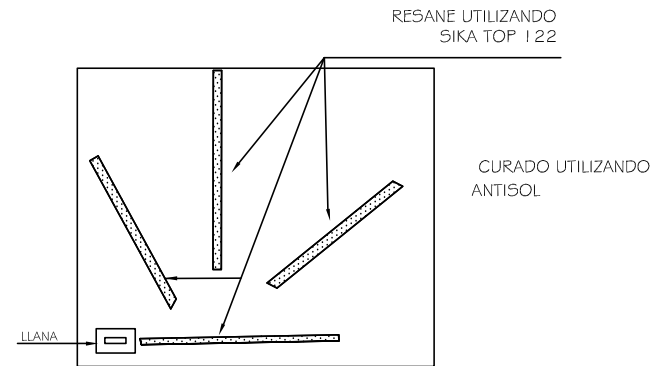
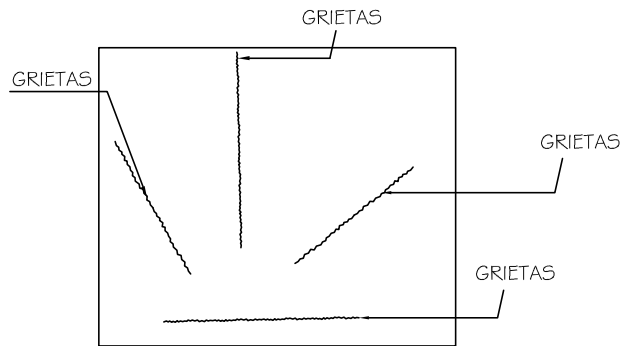
APLICACIÓN: Para grietas ubicadas en elementos de mampostería, se realizara la reparación utilizando un aditivo en forma de pasta, el cual no necesita ser combinado con ningún tipo de compuesto.



PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar Grieta ($e < 3.0$ mm). 2. Limpiar la superficie donde se encuentra la grieta utilizando agua a presión. 3. Saturar la superficie utilizando agua evitando encharcamientos. 4. Aplicación del aditivo; El área de aplicación de SikaTop-122 debe imprimarse previamente con una pequeña cantidad del mismo producto, frotándolo fuertemente contra la superficie con la mano enguantada. Espere entre 10 y 15 minutos (a 20 °C) y proceda a la aplicación del producto hasta completar el espesor deseado. La aplicación deberá realizarse en capas de 2cm como máximo; entre la colocación de cada capa deberá transcurrir un periodo de tiempo de entre 20 y 40 minutos. El curado debe realizar inmediatamente después de la colocación del SikaTop 122 con Antisol Blanco (ver anexo 3). 5. La limpieza de herramientas debe realizarse con agua antes de que el producto endurezca: El material endurecidos o lo puede retirarse por medios mecánicos.
MATERIAL Y EQUIPO	
- Aditivo Sika Top 122	
- Aditivo Antisol Blanco	
- Llana	
- Agua	
- Recipiente boca ancha	
- Guantes	
- Anteojos	
- Ropa de Trabajo	

REPARACION DE GRIETAS EN PAREDES

GRIETAS DE $e < 3.0$ mm



ESQUEMA DE FALLA

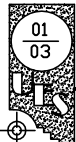
ESQUEMA DE REPARACION

– SIKA TOP 122

- 1– IDENTIFICAR DE LA GRIETA (MENOR QUE 0.3 MM).
- 2– LIMPIAR LA GRIETA, UTILIZANDO AGUA A PRESION
- 3– SATURAR AREA DE GRIETAS A REPARAR EVITANDO LA ACUMULACION DE AGUA EN ESTA
- 4– SELLAR GRIETA SIKA TOP 122, SIGUIENDO LAS INDICACIONES DEL FABRICANTE
- 5– CURAR CON ANTISOL INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA APLICACION

ESPECIFICACIONES

PROCEDIMIENTO DE REPARACION



PROYECTO: EVALUACION FÍSICA DE LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

PROPIETARIO: DIOCESIS DE SAN MIGUEL

CONTENIDO: PROPUESTA REPARACION DE DAÑOS EN PAREDES

PRESENTAN:
BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R.
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ



UBICACION: CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

FECHA: JUNIO, 2007

ESCALA: SIN ESCALA





Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador

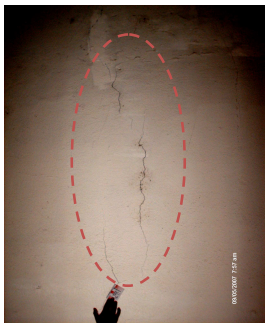


REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: REPARACION DE GRIETAS MAYORES DE 3.0 Y MAYORES DE 10.0 MM DE ESPESOR EN PAREDES DE MAMPOSTERIA.

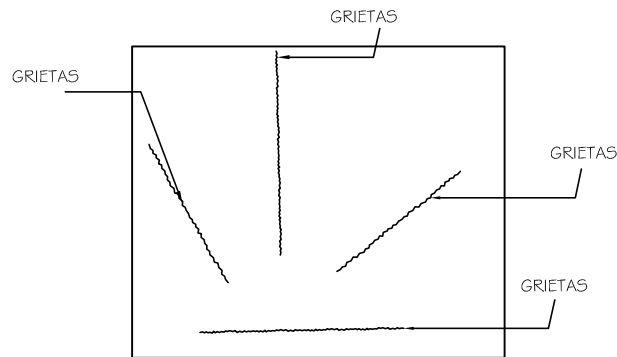
DESCRIPCION DEL DAÑO: Grietas Diagonales, Verticales y Horizontales que posean un espesor mayores de 3.0 mm y menores de 10.0 mm.

APLICACIÓN: Para grietas ubicadas en elementos de mampostería, se realizara la reparación utilizando inyección epóxica.



PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar Grieta ($3.0 < e < 10.0$ mm). 2. Limpiar la superficie donde se encuentra la grieta utilizando aire a presión, remover partículas sueltas, lechadas, polvos, grasas, aceites, 3. Sellar el contorno de las grietas y los puertos de inyección con Sikadur 31 dejando ahogadas boquillas metálicas de 1 centímetro dejándolas espaciadas de 10 a 20 cm. 4. Cuando el adhesivo de sellado ha endurecido (Sikadur 31), inyectar aditivo epóxico (Sikadur 35) el cual debe introducirse a presión constante utilizando un inyector manual o eléctrico, precipitando por la boquilla más baja y avanzando hasta arriba. 5. Ventilar el área, limpiar con material absorbente.
MATERIAL Y EQUIPO	
- Aditivo Sikadur 31 (ver anexo 3)	
- Aditivo Sika 35 (ver anexo 3)	
-Pistola con aire a presión	
-Inyector Manual	
-Boquillas metálicas de 1 cm de diámetro	
-Guantes	
-Anteojos	
-Ropa de Trabajo	

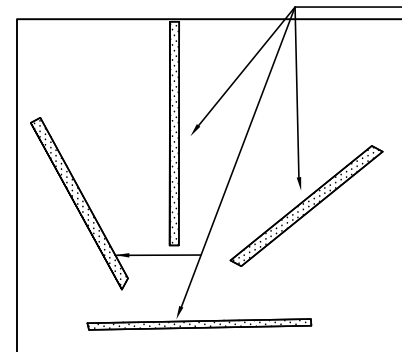
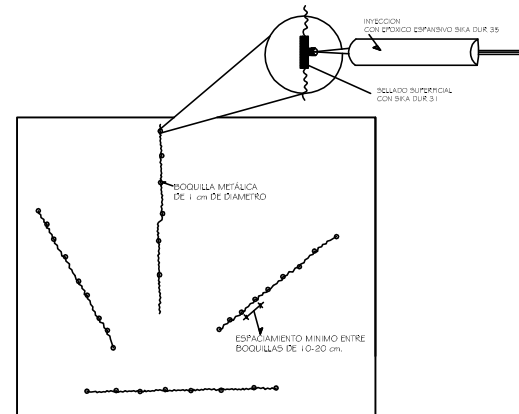
REPARACION DE GRIETAS EN PAREDES DE MAMPOSTERIA DE BARRO GRIETAS DE $3.0\text{mm} < e < 10.0\text{mm}$



ESQUEMA DE FALLA

- 1- IDENTIFICAR DE LA GRIETA (RANGO $3.0\text{mm} < e < 10.0\text{mm}$).
- 2- LIMPIAR CON AIRE A PRESIÓN LA GRIETA
- 3- SELLAR SUPERFICIALMENTE CON SIKA DUR 31 DEJANDO AHOGADAS BOQUILLAS METALICAS DE 1 cm. DIAMETRO
- 4- INYECTAR ADITIVO ESPANSIVO SIKADUR 35, COMENSADO EN LA BOQUILLA INFERIOR AVANZANDO HACIA ARRIBA DE LA GRIETA

PROCEDIMIENTO DE REPARACION



RESANE UTILIZANDO ADITIVO SIKA DUR 31 E INYECCION CON EXPANSIVO SIKA DUR 35

ESQUEMA DE REPARACION



PROYECTO: EVALUACION FÍSICA DE LA CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

UBICACION: CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

PROPIETARIO: DIOCESIS DE SAN MIGUEL

FECHA: JUNIO, 2007

ESCALA: SIN ESCALA

CONTENIDO: PROPUESTA REPARACION DE DAÑOS EN PAREDES

PRESENTAN:
BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R.
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ





Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador

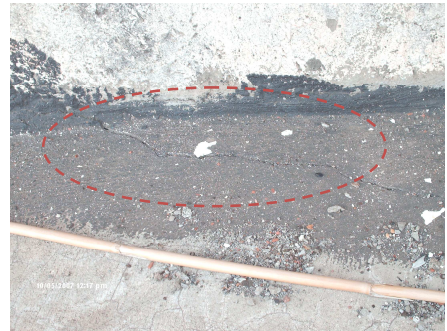


REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: REPARACION DE DAÑOS EN LOSAS EN AZOTEAS

DESCRIPCION DEL DAÑO: Grietas transversales, longitudinales y descascaramiento del recubrimiento por exposición al ambiente.

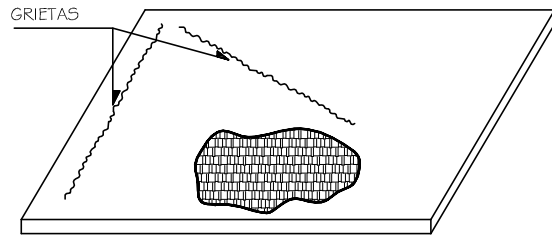
APLICACIÓN: Para grietas ubicadas en losas en azoteas, se realizara la reparación utilizando inyección epóxica y aditivo impermeabilizante.



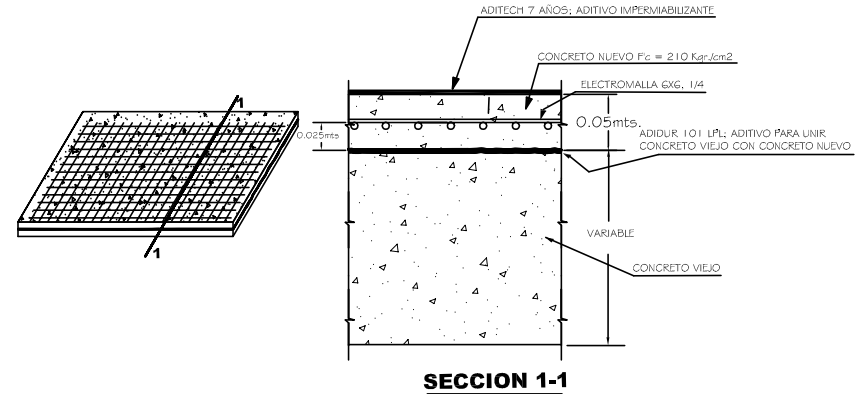
PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remover 2cms. de Concreto deteriorado en espesor de la losa. 2. Identificar las Grietas 3. Limpiar con aire a presión la grieta. 4. Preparar aditivo Sikadur 31; (ver especificaciones del producto anexo 3). 5. Sellar Superficialmente con Sikadur 31 empleando llana o espátula, dejando boquillas metálicas de 1 cm de diámetro. 6. Preparar aditivo Sikadur 35, (ver especificaciones del producto anexo 3). 7. Inyectar Aditivo Expansivo Sikadur 35, cuando el aditivo Sikadur 31 haya endurecido. 8. Aplicar aditivo para unir concreto nuevo a endurecido (Adidur 101 LPL).(ver especificaciones del producto anexo 3) 9. Colocar helados de concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a cada 0.50 mts. Y sobre ellos colocar electromalla 6x6 ¼. 10. Colocar concreto nuevo con una resistencia de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. 11. Aplicar Impermeabilizante (Aditech, ver especificaciones anexo 3) en toda el área de la losa.
MATERIAL Y EQUIPO	
- Aditivo Sikadur 31 (ver anexo 3)	
- Aditivo Sika 35 (ver anexo 3)	
-Adidur 101 LPL	
- Aditech 7 años	
-Inyector Manual	
-Boquillas metálicas de 1 cm de diámetro	
- Cemento, Arena, Grava y Agua	
-Guantes	

PROPUESTA DE REPARACION DE DAÑOS EN LOSA

LOSA EN AZOTEA



DESCASCARAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO
POR EXPOSICION AL AMBIENTE



SECCION 1-1

ESQUEMA DE FALLA

1. CONCRETO $F'_c = 210$ kg./Cm.
2. MALLA ELECTROSOLDADA 6X6 1/4
3. ADITIVO PARA UNIR CONCRETO NUEVO A ENDURECIDO ADIDUR 101 LPL
4. LIMPIEZA DE SUPERFICIE CON SAND BLASTING
6. IMPERMIABILIZANTE ADITECH 7 AÑOS

ESQUEMA DE REPARACION

1. REMOVER 2 CM. DE CONCRETO DETERIORADO EN ESPESOR DE LOSA
2. LIMPIAR BIEN EL AREA DE LA LOSA CON AIRE A PRESION
3. IDENTIFICAR LAS GRIETAS
4. LIMPIAR CON AIRE A PRESIÓN LAS GRIETAS
5. SELLAR SUPERFICIALMENTE CON SIKADUR 31 DEJANDO AHOGADAS BOQUILLAS METALICAS DE 1 cm. DIAMETRO
6. INYECTAR ADITIVO EXPANSIVO SIKADUR 35
7. APLICAR ADITIVO PARA UNIR CONCRETO NUEVO A ENDURECIDO
8. COLOCAR LA ELECTROMALLA 6X6 1/4
9. COLAR EL CONCRETO NUEVO
10. APLICAR IMPERMIABILIZANTE EN TODA EL AREA DE LOSA

ESPECIFICACIONES

PROCEDIMIENTO DE REPARACION



PROYECTO: EVALUACION FÍSICA DE LA
CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA
SEÑORA DE LA PAZ

UBICACION: CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

PROPIETARIO:
DIOCESIS DE SAN MIGUEL

FECHA: JUNIO, 2007

ESCALA:
SIN ESCALA

CONTENIDO:
PROPUESTA DE REPARACION DE
DAÑOS EN LOSA

PRESENTAN:
BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R.
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ





Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador

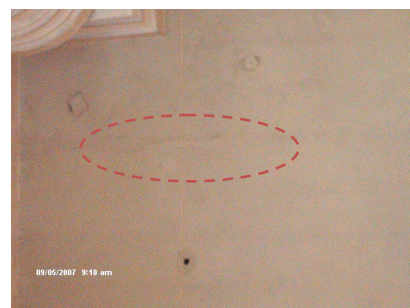
f

REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: REPARACION DE GRIETAS EN LOSAS.

DESCRIPCION DEL DAÑO: Grietas transversales, longitudinales.

APLICACIÓN: Para grietas en losas ubicadas en las naves principales, se realizara la reparación utilizando sellador epóxico.



PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	
MATERIAL Y EQUIPO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar Grieta 2. Limpiar el área de la grieta dejando la superficie libre de grasas y polvo. 3. Sellar Grieta con Mortero Expansivo Sikadur 31, siguiendo las indicaciones del fabricante.
-Aditivo Sikadur 31 (ver anexo 3) - Compresor de Aire - Guantes - Anteojos - Ropa de Trabajo	



Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador



REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: REPARACION DE DAÑOS EN COLUMNAS CUANDO EL ACERO PRESENTA CORROSION LEVE.

DESCRIPCION DEL DAÑO: Desprendimiento del recubrimiento, dejando expuesto el acero de refuerzo, y este presenta corrosión leve.

APLICACIÓN: Para pérdida de recubrimiento en aristas en columnas, se realizara la reparación utilizando inyección epóxica y aditivo impermeabilizante.



PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remover concreto de área dañada hasta encontrar acero sin corrosión, tanto longitudinal como estribos. 2. Lijar el Acero corroído hasta quedar totalmente limpio. 3. Limpiar la parte removida hasta quedar libre de partículas suelta con aire a presión. 4. Aplicar aditivo Adidur 101 LPL (ver indicaciones de uso en anexo 3), para unir Concreto viejo con concreto nuevo. 5. Colocar concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. 6. Repellar el área removida y moldear aristas.
MATERIAL Y EQUIPO	
- Adidur 101 LPL (ver anexo 3).	
- Cemento	
- Arena	
- Grava	
- Agua	
-Guantes	
-Anteojos	
-Pistola con aire a presión	



Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador



REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: REPARACION DE DAÑOS EN COLUMNAS CUANDO EL ACERO PRESENTA ALTA CORROSION.

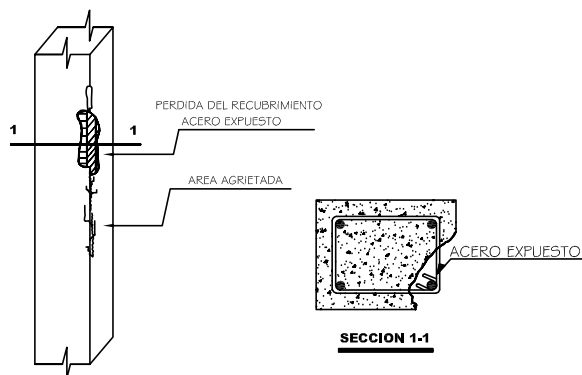
DESCRIPCION DEL DAÑO: Desprendimiento del recubrimiento, dejando expuesto el acero de refuerzo, y este presenta alta corrosión.

APLICACIÓN: Para pérdida de recubrimiento en aristas en columnas, se realizara la reparación utilizando inyección epóxica y aditivo impermeabilizante.

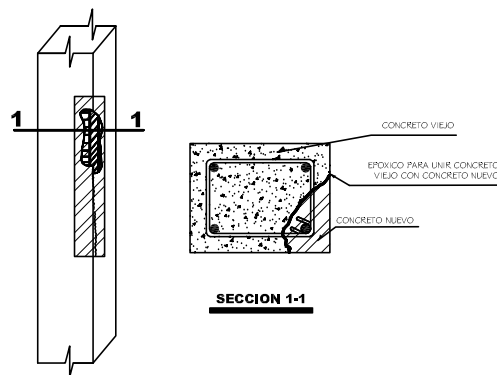


PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remover concreto de área dañada hasta encontrar hacer sin corrosión, tanto longitudinal como estribos. 2. Explorar acero de refuerzo longitudinal y estribos y, cortar varillas de acero hasta donde se encuentre corroído para evitar que se propague la corrosión en el elemento. 3. Soldar la varilla de acero nueva a varilla de acero restante y libre de corrosión, (longitudinal y transversal). 4. Limpiar la parte removida hasta quedar libre de partículas suelta con aire a presión. 5. Aplicar aditivo Adidur 101 LPL (ver especificaciones del producto en anexo 3), para unir concreto viejo con concreto. 6. Repellar área removida con concreto F’c=210 kg/cm2 y moldear aristas.
MATERIAL Y EQUIPO	
-Adidur 101	
LPL	
-Pistola con aire a presión	
- Cemento	
- Arena	
- Grava	
- Agua	
-Guantes	
-Anteojos	
-Ropa de Trabajo	

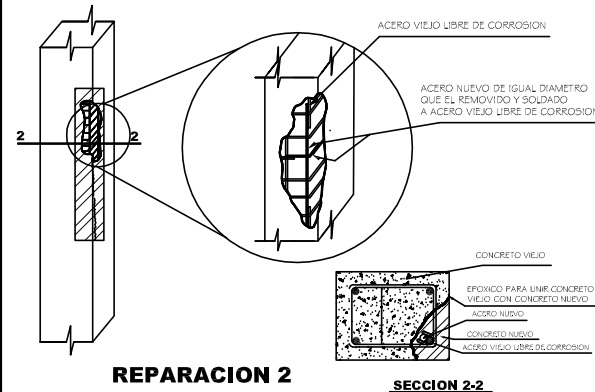
PROPUESTAS DE REPARACION DE DAÑOS EN VIGAS Y COLUMNAS CON ACERO EXPUESTO



ESQUEMA DE FALLA



REPARACION 1



REPARACION 2

ESQUEMA DE REPARACION

PROCEDIMIENTO DE REPARACION CUANDO EL ACERO EXPUESTO PRESENTA CORROSION LEVE

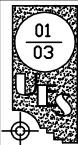
- 1- REMOVER CONCRETO DE AREA DAÑADA HASTA ENCONTRAR ACERO SIN COROSION, TANTO LONGITUDINAL COMO ESTRIBOS
- 2- LUJAR EL ACERO CORROHIDO HASTA QUEDAR TOTALMENTE LIMPIO O APLICAR NAPHTHA (LIQUIDO PARA LIMPIAR CORROSION)
- 3- LIMPIAR LA PARTE REMOVIDA HASTA QUEDAR LIBRE DE PARTICULAS SUELTA CON AIRE A PRESION
- 4- APLICAR ADITIVO PARA UNIR CONCRETO VIEJO CON CONCRETO NUEVO ADIDUR 101 LPL
- 5- LLENAR AREA REMOVIDA CON CONCRETO Y MOLDEAR ARISTAS

PROCEDIMIENTO DE REPARACION 1

PROCEDIMIENTO DE REPARACION CUANDO EL ACERO EXPUESTO PRESENTA ALTA CORROSION (SE DEBERA CAMBIAR VARIAS VIEJAS POR NUEVAS)

- 1- REMOVER CONCRETO DE AREA DAÑADA HASTA ENCONTRAR ACERO SIN COROSION, TANTO LONGITUDINAL COMO ESTRIBOS
- 2- EXPLORAR ACERO DE REFUERZO LONGITUDINAL Y ESTRIBOS Y, CORTAR VARILLAS DE ACERO HASTA DONDE SE ENCUENTRE CORROIDA PARA EVITAR SE PROPAGUE LA CORROSION
- 3- SOLDAR VARILLA DE ACERO NUEVA A VARILLA DE ACERO RESTANTE Y LIBRE DE CORROSION, (LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL)
- 4- LIMPIAR LA PARTE REMOVIDA HASTA QUEDAR LIBRE DE PARTICULAS SUELTA CON AIRE A PRESION
- 5- APLICAR ADITIVO PARA UNIR CONCRETO VIEJO CON CONCRETO NUEVO ADIDUR 101 LPL
- 6- LLENAR AREA REMOVIDA CON CONCRETO Y MOLDEAR ARISTAS

PROCEDIMIENTO DE REPARACION 2



PROYECTO: EVALUACION FISICA DE LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

UBICACION: CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

PROPIETARIO: DIOSESI DE SAN MIGUEL

FECHA: JUNIO, 2007

ESCALA: SIN ESCALA

CONTENIDO: PROPUESTA DE REPARACION DE DAÑOS EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO

PRESENTAN:
BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R.
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ





Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador



REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: REPARACION DE DESPRENDIMIENTO DE MORTERO EN PAREDES

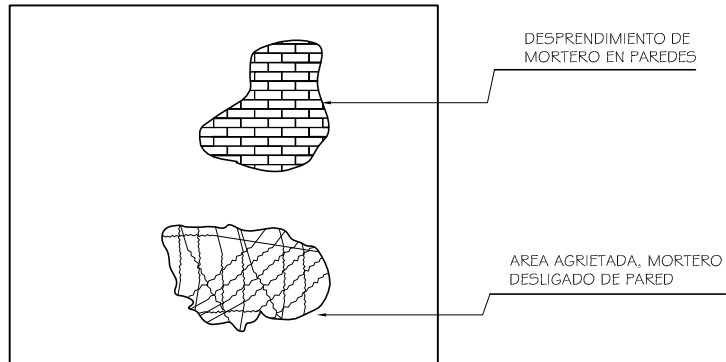
DESCRIPCION DEL DAÑO: Desprendimiento del Repello o Agrietamiento del mismo en paredes.

APLICACIÓN: La reparación se realizara en paredes que presenten desprendimiento del repello o agrietamiento.

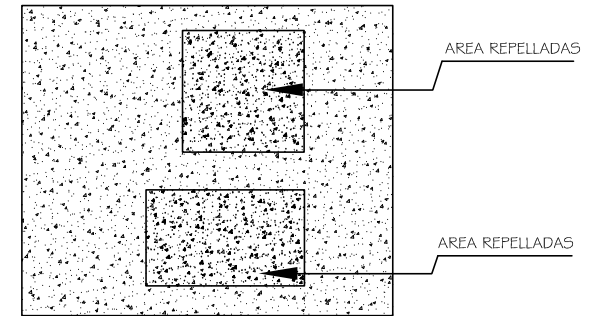


PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	
MATERIAL Y EQUIPO	1. Identificar áreas con desprendimiento de repello o áreas agrietadas desligadas de la pared.
- Arena	2. Retirar el mortero en mal estado, utilizando cincel.
- Cemento	3. Limpiar y humedecer la superficie a repellar.
- Agua	4. Repellar áreas asegurándose dar el mismo acabado que el resto de la pared, utilizando mortero tipo 1:3
- Llana	5. Aplicar un método de curado, para evitar posibles agrietamientos
- Cincel	
- Ropa de Trabajo	
- Lentes	
- Guantes	

PROPUESTA DE REPARACION DE DAÑOS EN DESPRENDIMIENTO DE MORTERO EN PAREDES



ESQUEMA DE FALLA



ESQUEMA DE REPARACION

- 1- IDENTIFICAR AREAS CON DESPRENDIMIENTO DE REPELLADO O AREAS AGRIETADAS DESLIGADAS A LA PARED
- 2- RETIRAR EL MORTERO EN MAL ESTADO DEL PERIMETRO DEL DAÑO
- 3- LIMPIAR Y HUMEDECER LA SUPERFICIE A REPELLAR
- 4- REPELLAR AREAS ASEGURANDOSE DE DAR UN ACABADO IGUAL AL RESTO DE LA PARED; MORTERO TIPO 1: 3
- 5- APLICAR UN METODO DE CURADO PARA EVITAR AGRIETAMIENTO

PROCEDIMIENTO DE REPARACION

	PROYECTO: EVALUACION FISICA DE LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ	PROPIETARIO: DIOCESIS DE SAN MIGUEL	CONTENIDO: PROPUESTA REPARACION DE DAÑOS EN PAREDES	PRESENTAN: BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R. BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ	
	UBICACION: CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL	FECHA: JUNIO, 2007	ESCALA: SIN ESCALA		



Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador

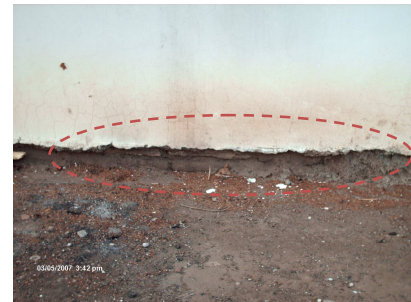


REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: PROPUESTA DE CONSTRUCCION DE ACERA PERIMETRAL

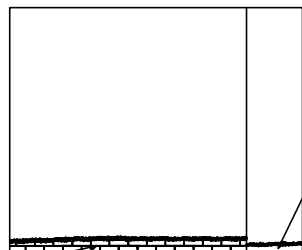
DESCRIPCION DEL DAÑO: Descubrimiento de la Mampostería por falta de repello en parte inferior de pared exterior y por erosión de suelo que cubre la parte inferior de la pared.

APLICACIÓN DE LA REPARACION: La reparación se realizara en todas las paredes perimetrales de Catedral Basílica.



PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Excavar alrededor del edificio un agujero de 0.30 mts de ancho por 0.45 mts de profundidad. 2. Compactar con Material Selecto, 0.15 mts. Utilizando un vibro apisonador 3. Realizar agujeros en la parte inferior de la pared utilizando broca de 1/2, para la colocación de pines N° 3 a cada 40 cms. 4. Limpiar la superficie agujerada utilizando aire a presión. 5. Colocar sellador (Sikadur 31) dentro de los agujeros y alrededor de los pines para fijarlos a la pared. 6. Armar alacrán utilizando (ver detalle en plano) 7. Colocar alacrán sobre pines y amarrarlo utilizando alambre de amarre 8. Colocar encofrado, dejando 5 cms. de recubrimiento al alacrán armado 9. Colar con concreto F'c= 195 kg/cm2
MATERIAL Y EQUIPO	
- Sikadur 31 (ver anexo 3)	
- Material Selecto	
- Pistola de aire a presión.	
- Broca 1/2	
- Hierro #3	
- Hierro #2	
- Alambre de Amarre	
- Cemento, Grava, Arena y Agua.	

PROPUESTA DE CONSTRUCCION DE ACERA PERIMETRAL



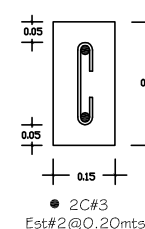
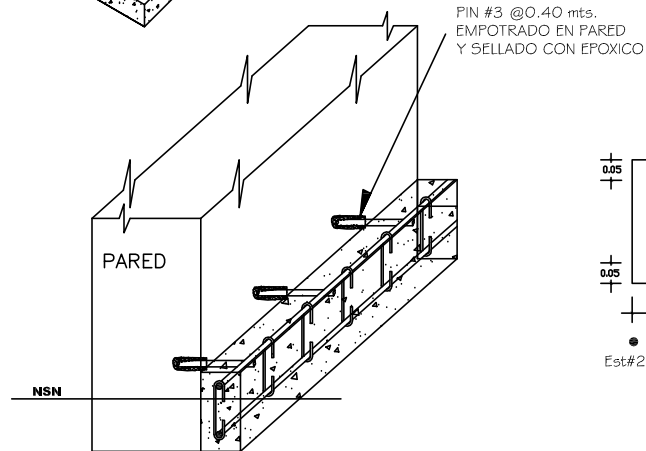
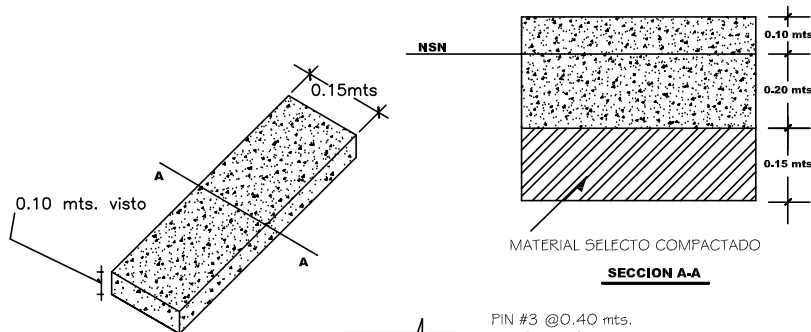
DESPRENDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO EN PARTE INFERIOR DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES POR FALTA DE PROTECCIÓN EN LA BASE EN AREAS EXTERIORES DEL EDIFICIO

DESCUBRIMIENTO DE LA MAMPOSTERIA POR FALTA DE REPELLADO EN PARTE INFERIOR DE PARED Y POR EROSIÓN DEL SUELO QUE CUBRE LA PARTE INFERIOR DE LA PARED

ESQUEMA DE FALLA

- 1- EXCAVAR AGUJERO AL REDEDOR DEL EDIFICIO DE PROFUNDIDAD 0.45 mts. Y ANCHO 0.30 mts.
- 2- COMPACTAR MATERIAL SELECTO UN ESPESOR DE 0.15 mts. CON VIBRO PISONADOR
- 3- ANCLAR PINES A LA PARED, HACER AGUJEROS CON BROCA DE SELLAR CON SIKADUR 31 (VER ESPECIFICACIONES DE FABRICA)
- 4- COLOCAR REFUERZO (VER DETALLE), DEJANDO 5 CM. DE RECUBRIMIENTO
- 5- CONSTRUIR ENCOFRADO
- 6- COLAR ELEMENTO CON CONCRETO $f'c = 195 \text{ Kg/cm}^2$

PROCEDIMIENTO DE REPARACION



NOMENCLATURA	
NSN	NIVEL DE SUELO NATURAL

ESQUEMA DE REPARACION



PROYECTO: EVALUACION FISICA DE LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

UBICACION: CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

PROPIETARIO: DIOSESI DE SAN MIGUEL

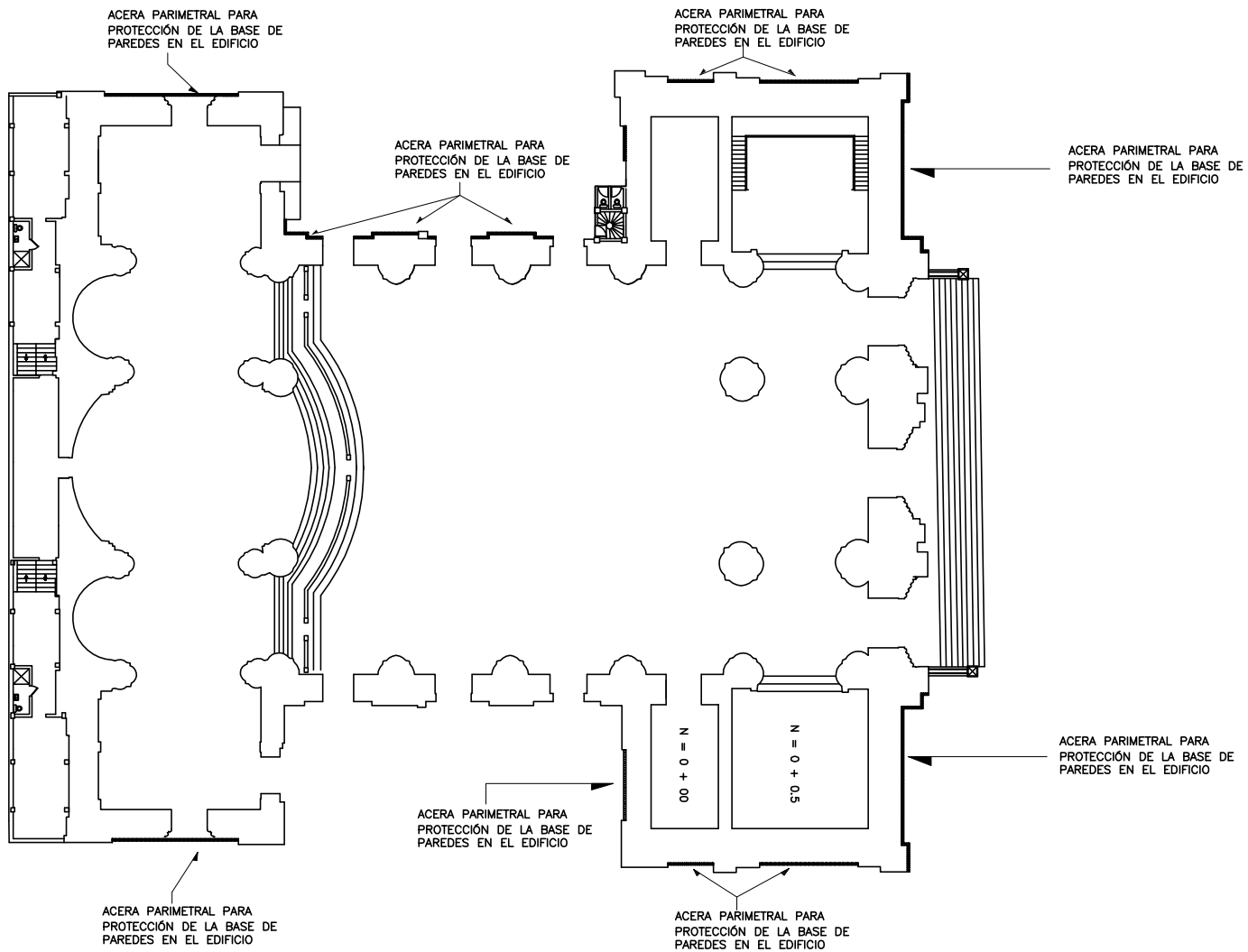
FECHA: JUNIO, 2007

ESCALA: SIN ESCALA

CONTENIDO: PROPUESTA DE ACERA PERIMETRAL

PRESENTAN:
BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R.
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ





02
02

PROYECTO: EVALUACION FÍSICA DE LA CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

UBICACION: CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

PROPIETARIO: DIÓCESIS DE SAN MIGUEL

FECHA: JUNIO, 2007

CONTENIDO: PROPUESTA DE ACERA PERIMETRAL

VOLUMEN DE ACERA: 86.30 ML

PRESENTAN: BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R.
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ





Trabajo de Graduación: Evaluación Física y Estructural de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz.
Universidad de El Salvador



REPARACIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ACTIVIDAD: REPARACION DE DAÑOS DE CORROSION EN ELEMENTOS METALICOS

DESCRIPCION DEL DAÑO: Corrosión en elementos estructurales metálicos, que forman parte de la estructura de techo.

APLICACIÓN DE LA REPARACION: La Reparación se llevara a cabo en todos los elementos que presente corrosión, para la reparación se utilizara pintura anticorrosiva.



PERSONAL	PROCEDIMIENTO DE REPARACION
2 Personas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar bien la superficie utilizando líquido o papel lija, hasta remover toda la parte corroída. 2. Aplicar pintura anticorrosiva.
MATERIAL Y EQUIPO	
- Papel Lija - Pintura Anticorrosiva	

1.2 PRESUPUESTO DE REPARACION DE DAÑOS EN CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.

ACTIVIDAD	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA
Reparación de Grietas en Elementos Estructurales de Concreto		
Reparación de Grietas e < 1.00; en Elementos de Concreto	MI	28.14
Reparación de Grietas e > 1.00; en Elementos de Concreto	MI	5.00
Reparación de Grietas en Paredes		
Reparación de Grietas e < 3.00 mm en Paredes de Mampostería	MI	478.23
Reparación de Grietas e > 3.00 mm en Paredes de Mampostería	MI	20.00
Reparación de Áreas de Repello Desprendidas en Paredes		
Acabado en Paredes (Repello)	M ²	154.00
Reparación de Daños en Losas		
Sellado de Grietas en Losas de Azotea	MI	1.75
Sellado de Grietas en Losas (Naves Principales)	ML	101.13
Remoción de 2 cm de Recubrimiento dañado y Limpieza	M ²	396.03
Colado de 5 cm de espesor sobre losa existente, concreto 210Kgr/cm ²	M ³	20.00
Epóxico, Electromalla e Impermeabilización de Superficies	M ²	396.03
Reparación de Daño en Columna (Acero Expuesto)		
Remoción de Corrosión de Acero y Repello de Aristas	M ²	0.90
Reparación de Daños en Piso		
Colocación de Piso y llenado de sisa	M ²	41.2
Reparación de Daños en Techo		
Reparación de Estructura y Cubierta de Techo	M ²	42.62

Tabla N° 5.2: Volúmenes de Obra, utilizados para la realización del presupuesto



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparación de Grietas en Elementos de Concreto	Volumen de Obra	
	Unid	Volumen
Reparacion de Grietas menores de 1.0 mm de espesor	ml	28.14

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento		Valor Hora	Valor
Herramientas (Reparación de Grietas)	ml	28.14	0.25	ml/h	\$ 0.15	\$ 16.88
Total Equipo y Herramientas						\$ 16.88

MATERIALES						
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario		Valor	
Aditivo Ska Top 122	bolsa	0.15	\$ 40.00		\$ 6.00	
Aditivo Antisol	bolsa	0.11	\$ 6.00		\$ 0.66	
Agua	barril	0.50	\$ 1.15		\$ 0.58	
Total Materiales						\$ 7.24

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento		Salario/Hora	Valor
Colcacion de Aditivo Sika Top y Antisol	ml	28.14	0.25	ml/h-h	\$ 1.00	\$ 112.56
Sub-total						\$ 112.56
PRESTACIONES: 14% (DE LAUDO ARBITRAL)						\$ 15.76
Total Mano de Obra (Sub. Total + Prestaciones)						\$ 128.32

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)						\$ 152.44
COSTO UNITARIO						\$ 5.42



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparación de Grietas en Elementos de Concreto	Volumen de Obra	
Reparación de Grietas mayores de 1.0 mm de espesor	Unid	Volumen
	ml	5.0

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento		Valor Hora	Valor
Herramientas (Reparación de Grietas)	ml	5.0	0.25	ml/h	\$ 0.15	\$ 3.00
Total Equipo y Herramientas						\$ 3.00

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario		Valor
Aditivo Sikadur 31	bolsa	0.5	\$ 12.00		\$ 6.00
Total Materiales					\$ 6.00

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento		Salario/Hora	Valor
Colocacion del mortero epoxico (Sikadur 31)	ml	5.00	0.25	ml/h-h	\$ 1.00	\$ 20.00
Sub-total						\$ 20.00
PRESTACIONES: 14% (DE LAUDO ARBITRAL)						\$ 2.80
Total Mano de Obra (Sub. Total + Prestaciones)						\$ 22.80

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)					\$ 31.80
COSTO UNITARIO					\$ 6.36



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparación de Grietas en Paredes	Volumen de Obra	
Reparación de Grietas menores de 3.0mm de espesor	Unid	Volumen
	ml	478.23

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento		Valor Hora	Valor
Herramientas (Reparación de Grietas)	ml	478.23	0.25	ml/h	\$ 0.15	\$ 286.94
Total Equipo y Herramientas						\$ 286.94

MATERIALES						
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario		Valor	
Aditivo Ska Top 122	bolsa	2.56	\$ 40.00		\$ 102.40	
Aditivo Antisol	bolsa	1.97	\$ 6.00		\$ 11.82	
Agua	baril	0.50	\$ 1.25		\$ 0.63	
Total Materiales						\$ 114.85

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento		Salario/Hora	Valor
Colocacion del mortero epoxico (Sika Top122) y antisol	ml	478.23	0.25	ml/h-h	\$ 1.00	\$ 1,912.92
Sub-total						\$ 1,912.92
PRESTACIONES: 14% (DE LAUDO ARBITRAL)						\$ 267.81
Total Mano de Obra (Sub. Total + Prestaciones)						\$ 2,180.73

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)						\$ 2,582.51
COSTO UNITARIO						\$ 5.40



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparación de Grietas en Paredes	Volumen de Obra	
Reparación de Grietas mayores de 3.0 mm de espesor	Unid	Volumen
	ml	20.00

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento		Valor Hora	Valor
Herramientas (Reparación de Grietas)	ml	10	0.25	ml/h	\$ 0.15	\$ 6.00
Total Equipo y Herramientas						\$ 6.00

MATERIALES				
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor
Sika 31 (Sellador)	bolsa	1.98	\$ 12.00	\$ 23.76
Sika 35 (inyeccion epoxica expansiva)	galon	3.6	\$ 48.00	\$ 172.80
Total Materiales				\$ 196.56

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento		Salario/Hora	Valor
Colocacion de sellador sikadur 31	ml	20.00	0.25	ml/h-h	\$ 1.00	\$ 80.00
Colocacion inyeccion epoxica (Sikadur 35)	ml	20.00	0.25	ml/h-h	\$ 1.00	\$ 80.00
Sub-total						\$ 160.00
PRESTACIONES: 14% (DE LAUDO ARBITRAL)						\$ 22.40
Total Mano de Obra (Sub. Total + Prestaciones)						\$ 182.40

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)	\$ 384.96
COSTO UNITARIO	\$ 19.25



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparación de Daños en Losas	Volumen de Obra	
Sellado de Grietas en Losa de Azotea	Unid	Volumen
	ml	1.75

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento		Valor Hora	Valor
Herramientas (Reparación de Grietas)	ml	1.75	0.25	ml/h	\$ 0.15	\$ 1.05
Total Equipo y Herramientas						\$ 1.05

MATERIALES						
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor		
Sellador Sikadur 31	bolsas	0.02	\$ 12.00	\$	0.24	
Inyección Epoxica Sikadur 35	galon	0.10	\$ 48.00	\$	4.80	
Total Materiales						\$ 5.04

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento		Salario/Hora	Valor
Colocacion de sellador sikadur 31	ml	1.75	0.25	ml/h-h	\$ 1.00	\$ 7.00
Colocacion inyeccion epoxica (Sikadur 35)	ml	1.75	0.25	ml/h-h	\$ 1.00	\$ 7.00
Sub-total						\$ 14.00
PRESTACIONES: 14% (DE LAUDO ARBITRAL)						\$ 1.96
Total Mano de Obra (Sub. Total + Prestaciones)						\$ 15.96

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)	\$ 22.05
COSTO UNITARIO	\$ 12.60



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparación de Pisos	Volumen de Obra	
Colocación de Pisos y Llenado de Sisas	Unid	Volumen
	m2	41.2

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento		Valor Hora	Valor
Herramientas	m2	41.2	0.25	m2/h	\$ 0.15	\$ 24.72
Total Equipo y Herramientas						\$ 24.72

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Piso Decorativo 0.25 x 0.25 m	m2	3.2	\$ 8.00	\$	25.60
Piso Decorativo 0.50 x 5.0 m	m2	33.5	\$ 8.00	\$	268.00
Piso Decorativo 0.50 x 1.0 m	m2	4.50	\$ 8.00	\$	36.00
Cemento	bolsas	6.39	\$ 6.00	\$	38.34
Arena	m3	1.10	\$ 18.00	\$	19.80
Agua	barril	1.52	\$ 1.25	\$	1.90
Total Materiales					\$ 389.64

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento		Salario/Hora	Valor
Colocación de Piso decorativo	m2	41.2	0.14	m2/h-h	\$ 3.00	\$ 882.86
Sub-total						\$ 882.86
PRESTACIONES: 14% (DE LAUDO ARBITRAL)						\$ 123.60
Total Mano de Obra (Sub. Total + Prestaciones)						\$ 1,006.46

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)	\$ 1,420.82
COSTO UNITARIO	\$ 34.49



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparación de Daños en Techo	Volumen de Obra	
Reparación de Estructura y Cubierta de Techo	Unid	Volumen
	m2	42.62

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento		Valor Hora	Valor
Herramientas	m2	41.2	0.25	m2/h	\$ 0.15	\$ 24.72
Total Equipo y Herramientas						\$ 24.72

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Pintura Anticorrosiva Roja	galon	2.13	\$ 17.50	\$	37.28
Líquido para revomer corrosion (Naptha)	galon	2.13	\$ 6.00	\$	12.78
Tejas	m2	8.7	\$ 6.00	\$	52.20
Total Materiales					\$ 102.26

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento		Salario/Hora	Valor
Colocación de Piso Ceramico	m2	42.62	0.14	m2/h-h	\$ 1.00	\$ 304.43
Sub-total						\$ 304.43
PRESTACIONES: 14% (DE LAUDO ARBITRAL)						\$ 42.62
Total Mano de Obra (Sub. Total + Prestaciones)						\$ 347.05

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)	\$ 474.02
COSTO UNITARIO	\$ 11.12



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparacion de Daños en Losas	Volumen de Obra	
Sellado de Grietas en Losas (Nave Principal)	Unid	Volumen
	ml	101.13

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento		Valor Hora	Valor
Herramientas (Reparación de Grietas)	ml	65	0.25	ml/h	\$ 0.15	\$ 39.00
Total Equipo y Herramientas						\$ 39.00

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Sellador Sikadur 31	bolsas	7.74	\$ 12.00	\$ 92.88	
Total Materiales				\$ 92.88	

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento		Salario/Hora	Valor
Colocacion de sellador sikadur 31	ml	101.13	0.25	ml/h-h	\$ 1.00	\$ 404.52
Sub-total						\$ 404.52
PRESTACIONES: 14% (DE LAUDO ARBITRAL)						\$ 56.63
Total Mano de Obra (Sub. Total + Prestaciones)						\$ 461.15

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)						\$ 593.03
COSTO UNITARIO						\$ 5.86



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparación de Daños en Losas	Volumen de Obra	
	Unid	Volumen
Remoción de 2 cm de Recubrimiento dañado y Limpieza	M ²	131.39

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento	Valor Hora	Valor
Herramienta (demolicion)	m ³	2.6	0.1	m ³ /h \$ 0.15	\$ 3.90
Herramiento (desalojo)	m ³	2.6	0.5	m ³ /h \$ 0.25	\$ 1.30
Vehiculo de desalojo	m ³	2.6	6	m ³ /viaje \$ 30.00	\$ 13.00
Total Equipo y Herramientas					\$ 18.20

MATERIALES				
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor
.....				
Total Materiales				

MANO DE OBRA					
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento	Salario/Hora	Valor
4 Auxiliares	M ²	2.62	0.1	m ² /h \$ 4.28	\$ 112.14
Sub-total					\$ 112.14
PRESTACIONES : 14%					\$ 15.70
Total Mano de Obra (Sub-total + Prestaciones)					\$ 127.84

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)					\$ 146.04
COSTO UNITARIO					\$ 1.11



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparacion de Daños en Losas	Volumen de Obra	
Colado de 5 cm de espesor sobre losa existente, concreto 210Kgr/cm ² :	Unid	Volumen
	m ³	7

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento	Valor Hora	Valor	
Herramienta (albañilería)	m ³	7	3	m ³ /h	\$ 0.15	\$ 0.35
Total Equipo y Herramientas					\$ 0.35	

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Concreto 210 Kgr /cm ² , Colado In situ, Tipo Bomba Sub- contrato, CONCRETERA SALVADOREÑA, IVA incluido	m ³	7	\$ 110.97	\$	776.79
Total Materiales					\$ 776.79

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento	Salario/Hora	Valor	
6 Auxiliares	M ²	2.62	0.1	m ² /h	\$ 6.00	\$ 157.20
Sub-total					\$	157.20
PRESTACIONES : 14%					\$	22.01
Total Mano de Obra (Sub-total + Prestaciones)					\$	179.21

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)	\$ 956.35
COSTO UNITARIO	\$ 136.62



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparacion de Areas de Repello Desprendidas en Paredes	Volumen de Obra	
	Unid	Volumen
Acabado (Repellado de Paredes Mortero proporción 1:3)	m ²	154

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento	Valor Hora	Valor	
Herramienta (albañilería)	m ²	154	10	m ² /h	\$ 0.10	\$ 1.54
Total Equipo y Herramientas					\$ 1.54	

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Cemento	Bolsas	63	\$ 6.00	\$	378.00
Arena	m ³	10	\$ 18.00	\$	180.00
Agua	Barriles	17	\$ 1.25	\$	21.25
Total Materiales					\$ 579.25

MANO DE OBRA					
Nombre	Unid	Cant		Salario/m ²	Valor
Albañil	m ²	154		\$ 1.55	\$ 238.70
Sub-total					\$ 238.70
PRESTACIONES : 14%					\$ 33.42
Total Mano de Obra (Sub-total + Prestaciones)					\$ 272.12



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparación de Daño en Columna (Acero	Volumen de Obra	
Remoción de Corrosion de Acero y Repello de Aristas	Unid	Volumen
	m ²	0.9

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento	Valor Hora	Valor	
Herramienta (albañileria)	m ²	0.9	10	m ² /h	\$ 0.10	\$ 0.01
Total Equipo y Herramientas					\$ 0.01	

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Cemento	Bolsas	0.3	\$ 6.00	\$	1.80
Arena	m ³	0.05	\$ 18.00	\$	0.90
Agua	Barriles	0.1	\$ 1.25	\$	0.13
Naptha (Liquido para Remover corrosion en varillas)	Hoja	0.9	\$ 6.00	\$	5.40
ADIDUR 101 LPL (Union Concreto viejo con nuevo)	Galon	0.2	\$ 64.36	\$	12.87
Total Materiales					\$ 21.10

MANO DE OBRA					
Nombre	Unid	Cant		Salario/m2	Valor
4 Auxiliares	m ²	0.9		\$ 3.05	\$ 2.75
Sub-total					\$ 2.75
PRESTACIONES : 14%					\$ 0.38
Total Mano de Obra (Sub-total + Prestaciones)					\$ 3.13

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)					\$ 24.24
COSTO UNITARIO					\$ 26.93



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Reparacion de Daños en Losas	Volumen de Obra	
Epoxico, Electromalla e Impermiabilización de Superficies	Umd	Volumen
	m ²	131.39

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento	Valor Hora	Valor
Herramienta (albañileria)	m ³	7	5	ml/h	\$ 0.21
Total Equipo y Herramientas					\$ 0.21

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Electro malla 6X6, 1/4 (dim 2.36mX6m)	Pliego	9	\$35.60	\$	320.40
ADIDUR 101 LPL (Union Concreto viejo con nuevo)	Galon	18.77	\$64.36	\$	1,208.04
ADITECH (Impermeabilizante)	Galón	34.5	\$20.00	\$	690.00
Total Materiales					\$ 2,218.44

MANO DE OBRA					
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento	Salario/Hora	Valor
Colocacion de electro malla	Pliego	10	0.33	pliego/h-h \$ 1.50	\$ 45.45
Colocación de ADIDUR 101 LPL	m ²	131.39	0.25	m ² /h-h \$ 0.10	\$ 52.56
Colocación ADITECH	m ²	131.39	0.25	m ² /h-h \$ 0.10	\$ 52.56
Sub-total					\$ 150.57
PRESTACIONES : 14%					\$ 21.08
Total Mano de Obra (Sub-total + Prestaciones)					\$ 171.65

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)		\$ 2,390.29
COSTO UNITARIO		\$ 18.19



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Propuesta de Construcción de Acera	Volumen de Obra	
	Unid	Volumen (tipo)
Trazo, Escavación y Desalojo de Material	m ³	7.44

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento	Valor Hora	Valor	
Herramientas de Escavación	m ³	7.44	0.25	m ³ /h	\$ 0.15	\$ 4.46
Herramienta (desalojo)	m ³	7.44	0.75	m ³ /h	\$ 0.15	\$ 1.49
Herramienta (carpintería)	ml	55.12	2	ml/h	\$ 0.15	\$ 4.13
Vehículo de desalojo	m ³	7.44	6	m ³ /viaje	\$ 40.00	\$ 49.60
Total Equipo y Herramientas					\$	59.69

MATERIALES						
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor		
Costanera de pino	Vr	46	\$ 0.70	\$	32.20	
Regla Pacha de pino	Vr	31	\$ 0.60	\$	18.60	
Clavos de 3 pulg.	Lbs	5	\$ 1.00	\$	5.00	
Total Materiales					\$	55.80

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento	Salario/Hora	Valor	
Excavación (Auxiliar)	m ³	7.44	0.25	m ³ /h-h	\$ 0.83	\$ 24.70
Desalojo (Auxiliar)	m ³	7.44	1.5	m ³ /h-h	\$ 0.83	\$ 4.12
Carpintería (Carpintero)	ml	55.12	2	ml/h-h	\$ 1.25	\$ 34.45
Sub-total					\$	63.27
PRESTACIONES : 14% (DE LAUDO ARBITRAL)					\$	8.86
Total Mano de Obra (Sub-total + Prestaciones)					\$	72.13

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)					\$	187.61
COSTO UNITARIO					\$	25.22



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Propuesta de Construccion de Acera	Volumen de Obra	
Armado, Colocacion de Acero de Refuerzo y Anclado de Pines	Unid	Volumen (tipo)
	Ml	55.12

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento	Valor Hora	Valor
Herramienta (armadura)	qq	2.21	0.3	qq/h \$ 0.15	\$ 1.11
Total Equipo y Herramientas					\$ 1.11

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Acero N° 3	qq	1.66	\$ 35.00	\$	58.10
Acero N° 2	qq	0.55	\$ 34.50	\$	18.98
Alambre de Amarre	lbs	22	\$ 0.75	\$	16.50
Epoxico (para unir pines en pared)	Bolsas	0.33	\$ 12.00	\$	3.96
Total Materiales					\$ 93.58

MANO DE OBRA					
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento	Salario/Hora	Valor
Armado y colocacion del refuerzo	qq	2.21	0.3	qq/h-h \$ 7.84	\$ 57.75
Sub-total					\$ 57.75
PRESTACIONES : 14% (DE LAUDO ARBITRAL)					\$ 8.09
Total Mano de Obra (Sub-total + Prestaciones)					\$ 65.84

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)					\$ 160.52
COSTO UNITARIO					\$ 2.91



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Propuesta de Construcción de Acera	Volumen de Obra	
Encofrado en madera de Pino	Unid	Volumen (tipo)
	Ml	55.12

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento	Valor Hora	Valor	
Herramienta (carpinteria)	ml	55.12	2	ml/h	\$ 0.15	\$ 4.13
Total Equipo y Herramientas						\$ 4.13

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Tabla de Pino (3 usos)	Vr	46	\$ 1.20	\$ 55.20	
Costanera (3 usos)	Vr	55.12	\$ 0.70	\$ 38.58	
Clavos 3 "	Lbs	25	\$ 0.75	\$ 18.75	
Total Materiales					\$ 112.53

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento	Salario/Hora	Valor	
Carpinteria (Carpintero)	ml	55.12	2	ml/h-h	\$ 1.25	\$ 34.45
Sub-total						\$ 34.45
PRESTACIONES : 14%						\$ 4.82
Total Mano de Obra (Sub-total + Prestaciones)						\$ 39.27

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)					\$ 155.94
COSTO UNITARIO					\$ 2.83



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Propuesta Construcción de Acera	Volumen de Obra	
Compactación	Unid	Volumen (tipo)
	m ³	0.39

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento		Valor
Vibro Pisonador	m ³	0.39	0.56	m ³ /h-h	\$ 4.23
Total Equipo y Herramientas					\$ 2.95

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Material Selecto	m ³	0.59	\$ 15.00	\$	8.85
Gasolina	Gal	0.14	\$ 3.62	\$	0.51
Agua	Barril	0.22	\$ 1.25	\$	0.28
Total Materiales					\$ 9.63

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento		Salario/Hora	Valor
2 Auxiliar	m ³	0.39	0.25	m ³ /h-h	\$ 2.14	\$ 3.34
Sub-total					\$ 3.34	
PRESTACIONES : 14%					\$ 0.47	
Total Mano de Obra (Sub-total + Prestaciones)					\$ 3.81	

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)					\$ 16.38
COSTO UNITARIO					\$ 42.01



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO:	EVALUACION FISICA Y ESTRUCTURAL DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ
------------------	---

Actividad: Propuesta de Construcción de Acera	Volumen de Obra	
	Unid	Volumen (tipo)
Colado de Elemento	MI	55.12

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Nombre del Equipo	Unid	Cant	Rendimiento		Valor Hora	Valor
Concreteira 2 Bolsas (Alquiler)	Bols	23	12	Bolsas/h	\$ 2.86	\$ 5.48
Herramienta (albañilería)	ml	55.12	5	ml/h	\$ 0.15	\$ 1.65
Vibrador	m ³	2.48	0.25	m ³ /h	\$ 0.85	\$ 8.43
Total Equipo y Herramientas						\$ 15.57

MATERIALES					
Nombre	Unidad	Cant	P. Unitario	Valor	
Cemento	Bol	26	\$ 6.00	\$	156.00
Arena	m ³	1.1	\$ 18.00	\$	19.80
Grava	m ³	1.65	\$ 25.00	\$	41.25
Agua	Barril	5	\$ 1.25	\$	6.25
Total Materiales					\$ 223.30

MANO DE OBRA						
Nombre	Unid	Cant	Rendimiento		Salario/Hora	Valor
2 Auxiliar	m ³	0.39	0.25	m ³ /h-h	\$ 2.14	\$ 3.34
1 Albañil	m ³	0.39	0.25	m ³ /h-h	\$ 1.31	\$ 2.04
Sub-total						\$ 5.38
PRESTACIONES : 14%						\$ 0.75
Total Mano de Obra (Sub-total + Prestaciones)						\$ 6.14

Total Costo Unitario (Materiales + Mano de Obra + Equipo)					\$ 245.00
COSTO UNITARIO					\$ 4.44



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TRABAJO DE GRADUACION

PRESUPUESTO PARA CONSTRUCCION DE ACERA PERIMETRAL EN CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ						
Nº	ACTIVIDAD	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA	COSTO UNITARIO (\$)	SUB-TOTAL (\$)	SUB-TOTAL (\$)
1	Construcción de Acera Perimetral					\$ 1,255.88
1.1	Trazo, Excavación y Desalojo de Material	m ³	11.65	\$ 25.22	\$ 293.81	
1.2	Compactación	m ³	1.94	\$ 42.01	\$ 81.50	
1.3	Armado, Colocación de acero de refuerzo y pines	ml	86.5	\$ 2.91	\$ 251.72	
1.4	Encofrado en Madera de Pino	ml	86.5	\$ 2.83	\$ 244.80	
1.5	Colado de Elemento	ml	86.5	\$ 4.44	\$ 384.06	
COSTO DIRECTO						\$ 1,255.88
TOTAL						\$ 1,255.88



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

TRABAJO DE GRADUACION

PRESUPUESTO DE REPARACION DE DAÑOS EN CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ

Nº	ACTIVIDAD	UNIDAD	VOLUMEN DE OBRA	COSTO UNITARIO (\$)	SUB-TOTAL (\$)	SUB-TOTAL (\$)
1	Reparacion de Grietas en Elementos Estructurales de Concreto					\$ 184.32
1.1	Reparación de Grietas e < 1.00; en Elementos de Concreto	MI	28.14	\$ 5.42	\$ 152.52	
1.2	Reparación de Grietas e > 1.00; en Elementos de Concreto	MI	5.00	\$ 6.36	\$ 31.80	
2	Reparacion de Grietas en Paredes					\$ 2,967.44
2.1	Reparacion de Grietas e < 3.00 mm en Paredes de Mampostería	MI	478.23	\$ 5.40	\$ 2,582.44	
2.2	Reparacion de Grietas e > 3.00 mm en Paredes de Mampostería	MI	20.00	\$ 19.25	\$ 385.00	
3	Reparacion de Areas de Repello Desprendidas en Paredes					\$ 842.38
3.1	Acabado en Paredes (Repello)	M²	154.00	\$ 5.47	\$ 842.38	
4	Reparacion de Daños en Losas					\$ 10,990.45
4.1	Sellado de Grietas en Losas de Azotea	MI	1.75	\$ 12.60	\$ 22.05	
4.2	Sellado de Grietas en Losas (Naves Principales)	ML	101.13	\$ 5.86	\$ 592.62	
4.3	Remoción de 2 cm de Recubrimiento dañado y Limpieza	M²	396.03	\$ 1.11	\$ 439.59	
4.4	Colado de 5 cm de espesor sobre losa existente, concreto 210Kgr/cm²	M³	20.00	\$ 136.62	\$ 2,732.40	
4.5	Epoxico, Electromalla e Impermeabilización de Superficies	M²	396.03	\$ 18.19	\$ 7,203.79	
5	Reparación de Daño en Columna (Acero Expuesto)					\$ 24.24
5.1	Remoción de Corrosion de Acero y Repello de Aristas	M²	0.90	\$ 26.93	\$ 24.24	
6	Reparación de Daños en Piso					\$ 1,420.99
6.1	Colocacion de Piso y llenado de sisa	M²	41.2	\$ 34.49	\$ 1,420.99	
7	Reparacion de Daños en Techo					\$ 473.93
7.1	Reparacion de Estructura y Cubierta de Techo	M²	42.62	\$ 11.12	\$ 473.93	
					COSTO DIRECTO	\$ 16,903.75
					TOTAL	\$ 16,903.75

6

Conclusiones y Recomendaciones



CONCLUSIONES

- Después de evaluados los daños registrados en la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz, se ha establecido que estos son de tipo moderado, debido a que las grietas encontradas en los elementos examinados no exceden de 1 mm, de espesor y en los muros de mampostería no exceden los 3 mm de espesor.
- Al haber realizado la prueba de tensión al acero se determinó que el acero utilizado para la construcción de la Basílica posee propiedades mecánicas, como su resistencia, semejantes a los utilizados en la actualidad.
- De la prueba de compresión al concreto utilizando el Esclerómetro se obtuvo una resistencia mayor a las de diseño en la actualidad.
- Al haber realizado la prueba de compresión de ladrillo de barro se determinó que la resistencia a la compresión es mayor a la encontrada en materiales semejantes en la actualidad.
- De la Prueba de Penetración Standard realizada al suelo de la Catedral Basílica de Nuestra Señora de La Paz se observó que su primer estrato está compuesto por diferentes materiales producto de desperdicios constructivos, obteniendo una resistencia máxima a la penetración a una profundidad de 2.5 m.
- Las propuestas de reparación descritas ayudarán a proteger la integridad de la estructura, restaurando y conservando su riqueza arquitectónica.
- Para determinar si el edificio estudiado se encuentra en buenas condiciones estructurales es necesario de un análisis mas avanzado.

RECOMENDACIONES

- De la evaluación no estructural por ambiente se propone que las imágenes religiosas, situadas en las diferentes capillas dentro de la catedral deben asegurarse a su base, ya que en la actualidad solo se mantienen en su posición por gravedad, y no poseen soportes que restrinjan su volteo.

- Que las autoridades al frente de edificios con riqueza cultural concedan los permisos necesarios para la realización de estos estudios para la obtención de mayores resultados.

- A las autoridades del departamento de Ingeniería y Arquitectura se les recomienda el siempre brindar el apoyo, facilitando la disposición de equipo y personal para la realización de los trabajos de graduación.

- Se sugiere a las autoridades de nuestra universidad que promuevan el interés para la realización de estudios a edificaciones con valor cultural.

- Recomendamos a las autoridades del departamento de Ingeniería y Arquitectura se considere el incluir entre la carga académica a impartir una materia orientada a la evaluación de daños en edificios.

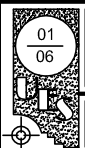
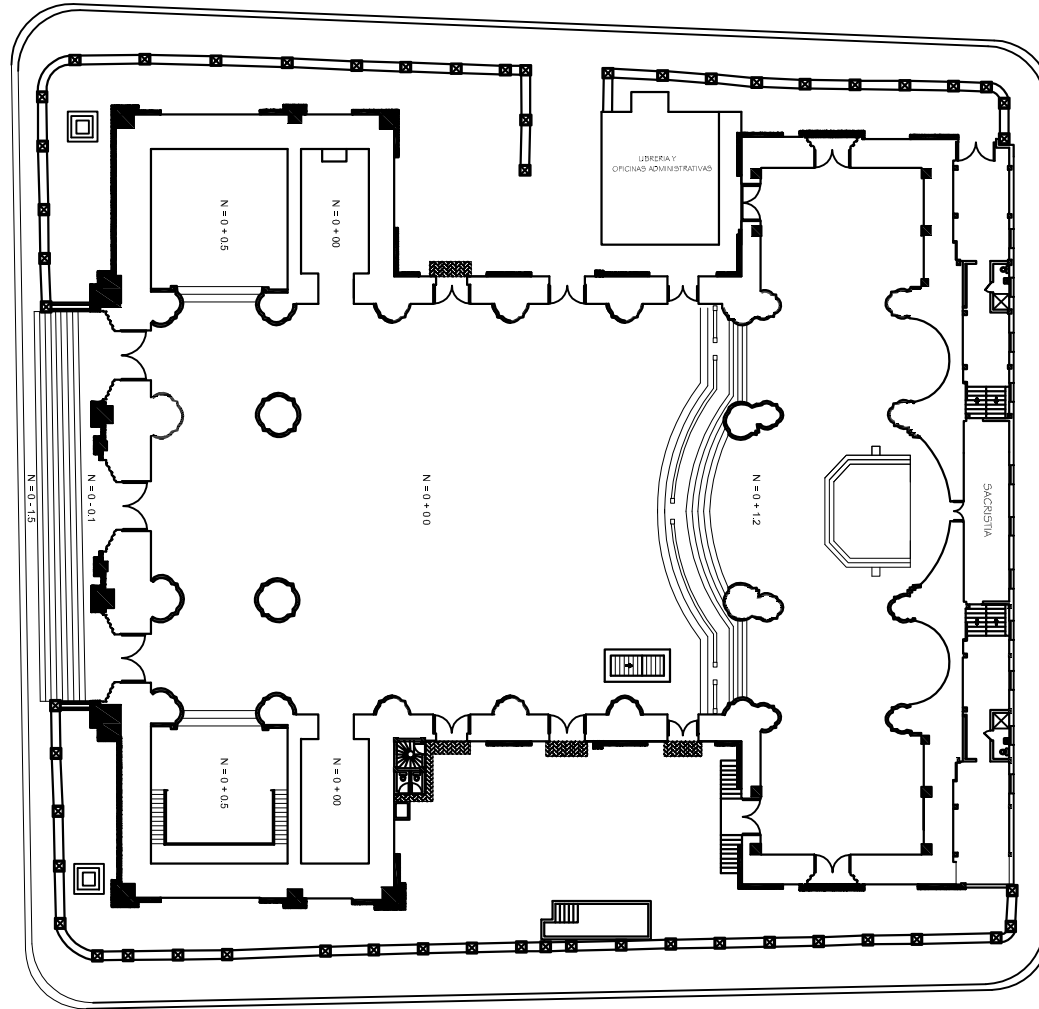
BIBLIOGRAFÍA

- Ingeniería Estructural de Edificios Históricos
Autor: Dr. Roberto Melí Piralla
- Metodología para la Evaluación Integral de Daños en Edificios, Trabajo de Graduación
Presentando por Alma Morena Valladares Avilés, Octubre de 1988.
- Evaluación de Daños y Rediseño Estructural del Edificio de la Escuela de Ingeniería
Mecánica, Trabajo de Graduación. Presentado por Manuel de Jesús Hernández Gutiérrez,
Agosto de 1996.
- Análisis Estructural
Autor: Dr. Roberto Meli Piralla
- Mecánica de Suelos,
Autor: Juárez Badillo.
- Reparación de Estructuras de Concreto y Mampostería.
Autor: José de la Cera.

ANEXOS

ANEXO 1

PLANOS DE CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.



PROYECTO: **EVALUACION FÍSICA DE LA CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

UBICACION: **CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL**

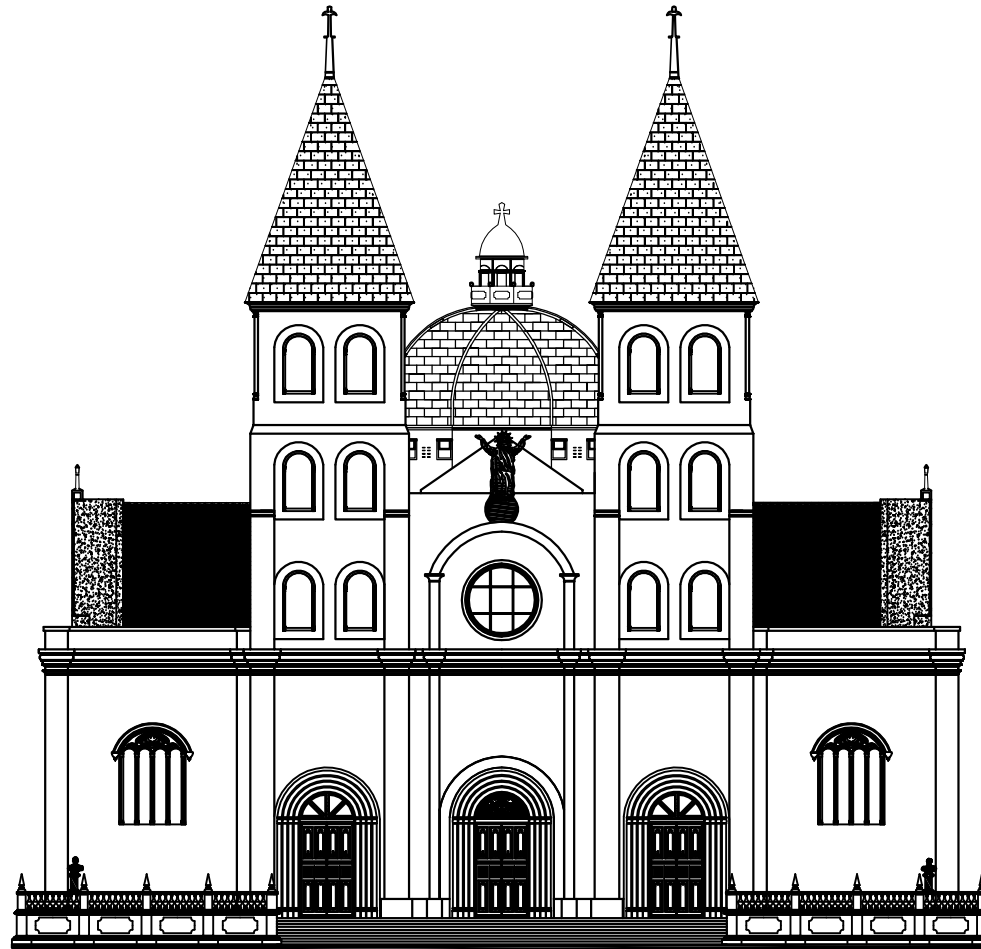
PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

FECHA: **JUNIO, 2007**

CONTENIDO: **PLANTA ARQUITECTONICA**

PRESENTA: **BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**





FACHADA PRINCIPAL
4a AVENIDA NORTE

02
06

PROYECTO: **EVALUACION FISICA DE
CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA
SEÑORA DE LA PAZ**

UBICACION: **CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

FECHA: **JUNIO, 2007**

ESCALA: 1:250

CONTENIDO:
FACHADA PRINCIPAL

PRESENTA:
**BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**





4a CALLE ORIENTE

03
06

PROYECTO: **EVALUACION FÍSICA DE LA CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ**

UBICACION: **CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

FECHA: **JUNIO, 2007**

CONTENIDO: **FACHADA LATERAL**

PRESENTA: **BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**





2a CALLE ORIENTE

04
06

PROYECTO: **EVALUACION FÍSICA DE LA
CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA
SEÑORA DE LA PAZ**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

CONTENIDO: **FACHADA LATERAL**

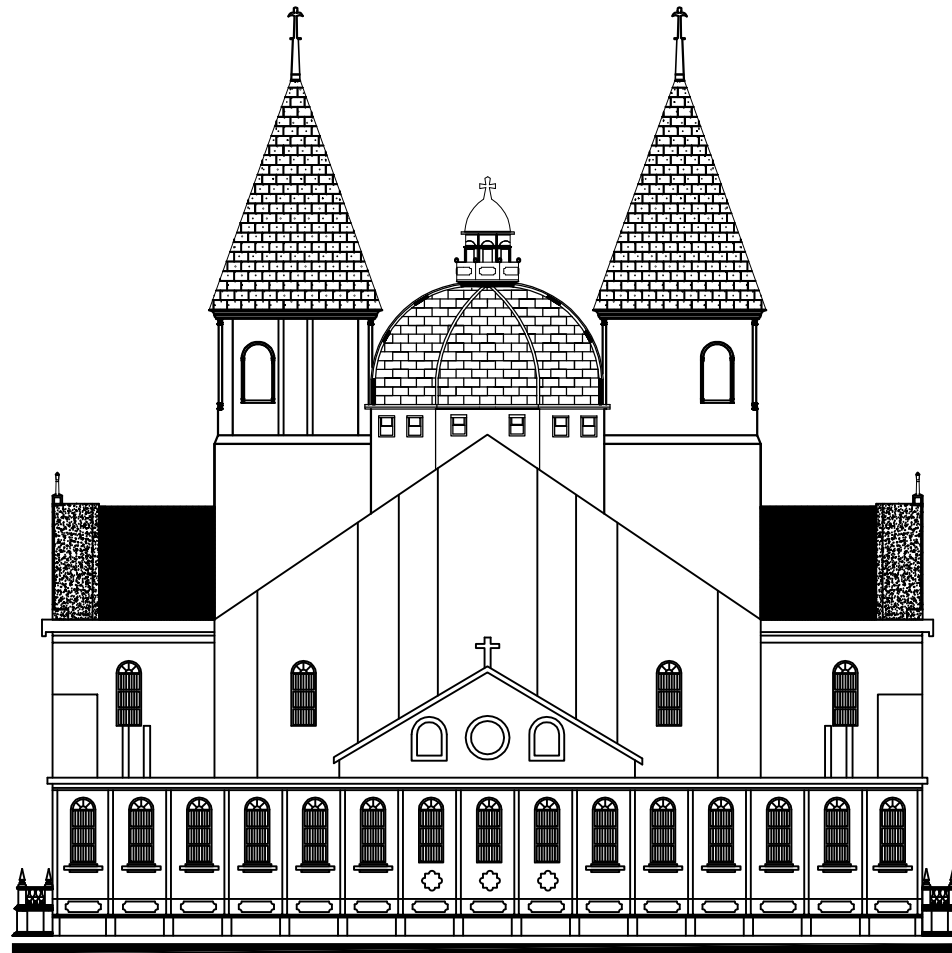
PRESENTA: **BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**

UBICACION: **CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL**

FECHA: **JUNIO, 2007**

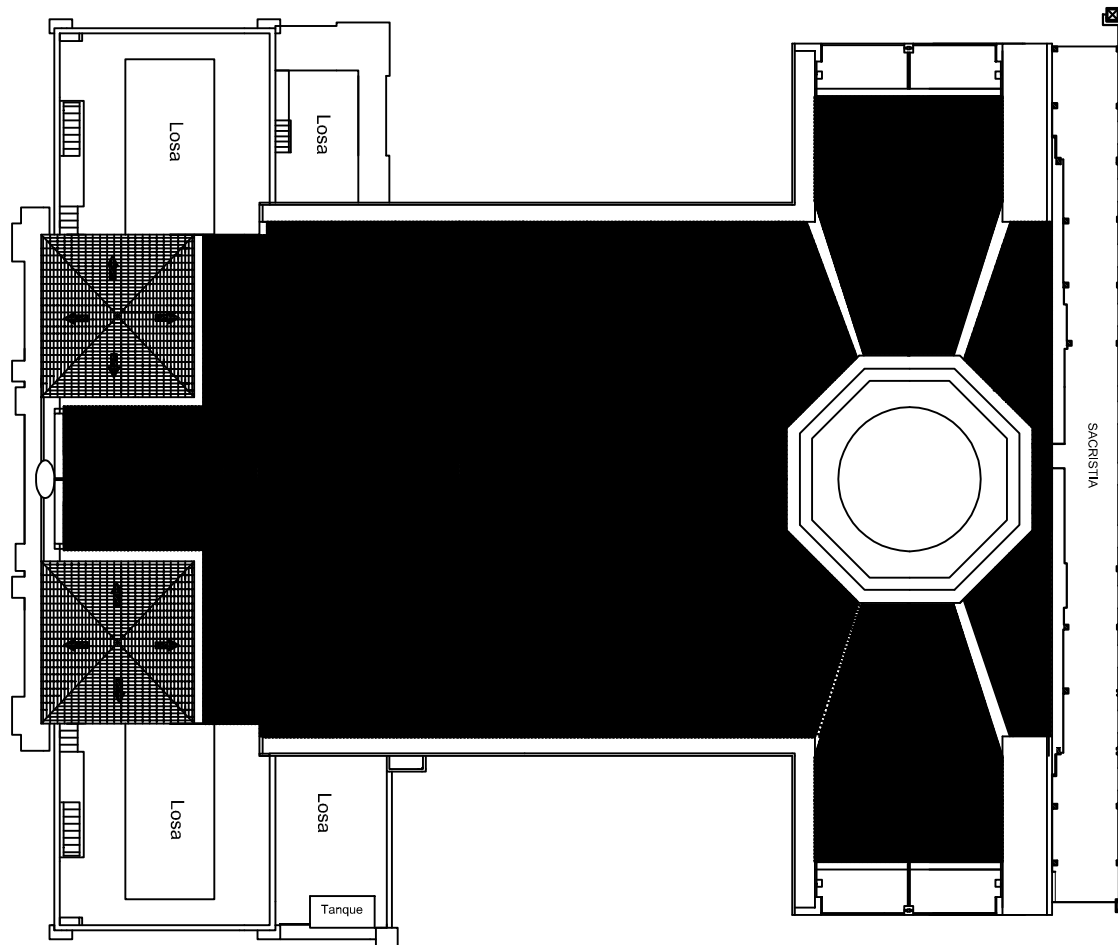
ESCALA: **1:250**



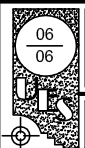


FACHADA POSTERIOR
6a AVENIDA NORTE

	PROYECTO: EVALUACION FÍSICA DE CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ	PROPIETARIO: DIOCESIS DE SAN MIGUEL	CONTENIDO: FACHADA POSTERIOR	PRESENTA: BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ	
	UBICACION: CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL	FECHA: JUNIO, 2007	ESCALA: 1:250		



PLANTA DE TECHOS



PROYECTO: **EVALUACION FÍSICA DE LA
CATEDRAL BASÍLICA DE NUESTRA
SEÑORA DE LA PAZ**

UBICACION: **CENTRO DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL**

PROPIETARIO: **DIOCESIS DE SAN MIGUEL**

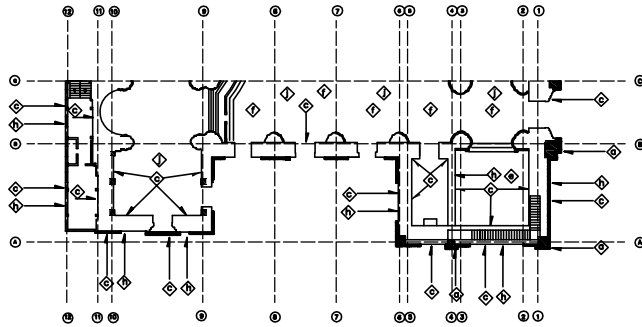
FECHA: **JUNIO, 2007**

ESCALA: **1:250**

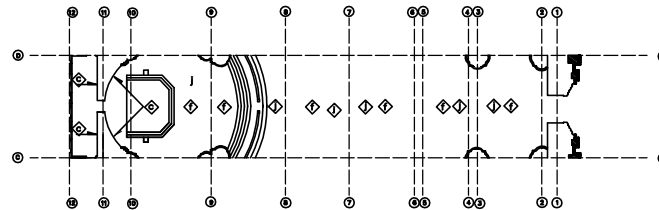
CONTENIDO: **PLANTA DE TECHOS**

PRESENTA:
**BR. HECTOR JOSE BRIZUELA VARGAS
BR. KARLA ESMERALDA GUARDADO R
BR. LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ**

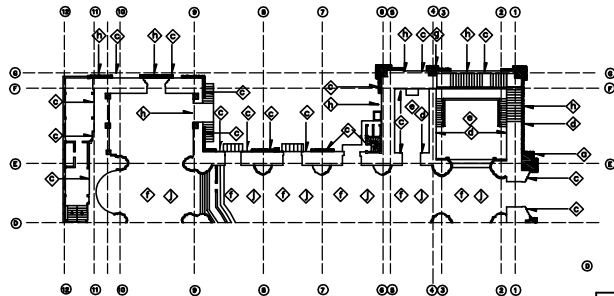




Area 100



Area 200



Area 300

CLASIFICACION	CONCEPTO	ACTIVIDADES
◇	MRETA < 0.50 EN ELEMENTOS DE C/R	RELLAMO DE MRETA CON ASFITO BRICUP 132 Y ASFITO.
◇	MRETA > 0.50 EN ELEMENTOS DE C/R	RELLAMO DE MRETA CON ASFITO BRICUP 21
◇	MRETA < 0.50 EN PAREDES DE EMPUJONES	RELLAMO DE MRETA CON ASFITO BRICUP 132 Y ASFITO.
◇	MRETA > 0.50 EN PAREDES DE EMPUJONES	RELLAMO DE MRETA CON ASFITO BRICUP 21 E HERRAJES EPÓXICO BRICUP 20
◇	REPARACION DE DAÑOS EN LOSAS DE CONCRETO ARMADO, REPARACION DE CRACKS EN LOSAS CON CEMENTO BRICUP 20, PUNTA DE CEMENTO BRICUP 20 Y CEMENTO BRICUP 20.	
◇	REPARACION DE DAÑOS EN LOSAS	RELLAMO DE MRETA CON ASFITO BRICUP 21
◇	REPARACION DE DAÑOS EN COLUMNAS (CRACKS EXPLOSIVO)	REPARACION DE CRACKS EN COLUMNAS CON CEMENTO BRICUP 20 Y CEMENTO BRICUP 20, CEMENTO BRICUP 20 Y CEMENTO BRICUP 20.
◇	REPARACION DE DAÑOS EN COLUMNAS (CRACKS EXPLOSIVO)	REPARACION DE CRACKS EN COLUMNAS CON CEMENTO BRICUP 20 Y CEMENTO BRICUP 20, CEMENTO BRICUP 20 Y CEMENTO BRICUP 20.
◇	REPARACION DE DAÑOS DE CONCRETO EN ELEMENTOS METALICOS	REPARACION DE DAÑOS DE CONCRETO EN ELEMENTOS METALICOS CON CEMENTO BRICUP 20 Y CEMENTO BRICUP 20.

PROYECTO: EVALUACION FISICA DE LA CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL

PROPIETARIO: DIOSECIS DE SAN MIGUEL

UBICACION: 4a AVENIDA NORTE Y 4a CALLE ORIENTE, SAN MIGUEL

CONTENIDO: PLANO DE REPARACION DE DAÑOS EN CATEDRAL BASILICA DE NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ.

PRESENTAR:

ESCALA: SIN ESCALA

HECTOR JOSE BRUUELA VARGAS
KARLA ESMERALDA GUARDADO R.

FECHA: JUNIO 2007

LUIS EDILMAR ZELAYA RODRIGUEZ



ANEXO 2

NORMA TECNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION ESTRUCTURAL DE MAMPOSTERÍA

ANEXO 3

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE ADITIVOS

Sikadur® 31 Hi-Mod Gel

Adhesivo epóxico

Construcción

Definición Sikadur 31 Hi-Mod Gel es un adhesivo tixotrópico de dos componentes a base de resinas epoxi y cargas inactivas, exento de solventes.

Usos

- Unión de elementos de concreto, fibrocemento, acero, hierro, aluminio, mármol, piedra, madera, vidrio, cerámica, piezas de resinas poliéster o epoxi.
- Relleno rígido de juntas de poco espesor.
- Anclaje de acero, pernos, soportes, tirantes y maquinarias.
- Reparación de bordes de concreto a la vista.

Ventajas

- Altas resistencias mecánicas, a la abrasión e impacto.
- Gracias a su consistencia permite compensar las tolerancias en las dimensiones de las piezas por unir, así como trabajar sobre superficies verticales o sobre la cabeza.
- Buena adherencia incluso en superficies húmedas.
- Resistencia química excepcional, contra el agua, aceite, gasolina, soluciones salinas, ácidos y álcalis diluidos, así como contra aguas residuales.
- Sin efecto nocivo sobre los materiales que constituyen las piezas unidas
- No contiene componentes volátiles.
- Fácil de dosificar (relación de componentes en volumen A: B = 1:1).

Normas Sikadur 31 Hi-Mod Gel cumple la norma ASTM C-881 : Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete.

Datos Básicos
Color Mezcla (A-B) color gris

Almacenamiento Dos años en sus envases originales bien cerrados, sin deterioro, con una temperatura entre 5°C y 25°C . **Acondicione el material a 18°C – 30°C antes de usar.**

Presentación

- Unidad de 1 kg.
- Unidad de 5 kg.

Datos Técnicos
Densidad 1,68 kg/lit



Resistencias

■ Resistencia a compresión MPa (kg/cm²) (ASTM D-695) :

Tiempo	5°C	23°C	32°C
2 horas	-	-	37 (370)
4 horas	-	43 (430)	43 (430)
8 horas	-	62 (620)	62 (620)
16 horas	24 (240)	62 (620)	62 (620)
1 día	43 (430)	62 (620)	74 (740)
3 días	62 (620)	62 (620)	74 (740)
7 días	68 (680)	74 (740)	74 (740)
14 días	68 (680)	74 (740)	80 (800)

■ Flexotracción (14 días) MPa (kg/cm²): 50 (500 kg/cm²)

■ Adherencia (ASTM C-882, 22°C) MPa (kg/cm²):

2 días curado en seco:	34 (340)
2 días curado en húmedo:	18.6 (186)
14 días curado en húmedo:	28.3 (283)

■ Adherencia por tracción al concreto: 3 – 3.5 MPa (30 - 35 kg/cm² (falla en el concreto)

■ Módulo de elasticidad: 4 300 MPa (43 000 kg/cm²)

■ Adherencia a acero: 15 MPa (150 kg/cm²) aprox.

■ Fuerza de arrancamiento de varilla de anclaje en concreto H25 (Fe A63 –42 H, Ø 1.2 cm, L = 18 cm): 64 KN (6 400 kg).

Vida Útil a 23°C:

50 minutos

Aplicación

Proporción de mezcla

En peso: A : B = 1 : 1,18

En volumen A : B = 1 : 1

Consumo

Consumo aproximado : 1,7 kg/m² en 1 mm. de espesor

Preparación de las superficies

Concreto: Al momento de aplicarse **Sikadur 31 Hi-Mod Gel** el concreto debe tener por lo menos 28 días de edad, encontrarse limpio, exento de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, etc., firme y sano con respecto a su resistencia mecánica.

Para una adecuada limpieza es recomendable el uso de chorro de agua u otros métodos mecánicos tales como copa de diamante, cardado manual o mecánico, etc.

Metales: Deben encontrarse limpios, sin óxido, grasa, aceite, pinturas, etc. Se recomienda un tratamiento con chorro de arena a metal blanco o en su defecto utilizar métodos térmicos o físico-químicos.

La temperatura del ambiente y de la superficie debe ser mayor a 5°C.

Instrucciones de mezclado

Mezclar totalmente los envases de las partes A y B, verter en un tercer recipiente limpio y seco, y revolver en forma manual o mecánica durante 3 a 5 minutos aproximadamente, hasta obtener una mezcla de color uniforme.

En caso que el volumen a utilizar sea inferior a la unidad predosificada, se puede subdividir los componentes respetando en forma rigurosa las proporciones indicadas en la sección de Datos Técnicos.

Limpieza de herramientas

Las herramientas y los instrumentos deben ser limpiados inmediatamente después del empleo con Sika Limpiador.

Método de aplicación

Una vez mezclado el producto debe usarse de inmediato, empleando llana o espátula.

Anclajes de pernos y acero en concreto

■ Profundidad

- a) Cuando la resistencia del concreto sea igual o superior a 225 kg/cm² o los pernos tengan cabeza, gancho o estrías, la profundidad deberá ser por lo menos 10 veces al diámetro del perno.
- b) Cuando la resistencia sea inferior a 225 kg/cm² o se usen pernos lisos, la profundidad deberá ser por lo menos 15 veces el diámetro del perno.

■ Diámetro de la perforación.

El diámetro de la perforación debe tener un mínimo de 6 mm y un máximo de 36 mm mayor que el perno.

■ Preparación de la perforación

- a) Cuando se perfora en seco, la perforación debe limpiarse cuidadosamente con aire comprimido exento de aceite.
- b) Cuando se perfora en húmedo, la perforación debe limpiarse cuidadosamente y secarse al máximo.

■ Colocación del perno

- a) Preparación del perno.
Los pernos se limpiarán y lijarán en toda la superficie empotrada y se colocarán exentos de grasa.
- b) Colocación del perno.
Rellenar la perforación con **Sikadur 31 Hi-Mod Gel** hasta un cierto nivel e introduciendo el perno moviéndolo suavemente para asegurar un relleno correcto. También puede aplicarse el producto directamente sobre el perno e introducirlo en la perforación.

■ Puesta en servicio

Normalmente el anclaje se pone en servicio a las 24 horas a 20°C.

■ Aceleración del fraguado

Calentar los pernos hasta un máximo de 80°C al momento de la colocación. Si esta operación se hace a fuego directo, se recomienda aplicar el calor en la parte del perno que quede afuera de la perforación.

La temperatura de la mezcla debe estar comprendida entre 20°C y 30°C al momento de su colocación.

Notas de aplicación

Sikadur 31 Hi-Mod Gel puede utilizarse además como mortero epóxico, agregándole **Sikadur Arena Sílica** en proporción 1 : 0.7 en peso.

Medidas de seguridad

Evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase utilizando guantes de apropiados, lentes de seguridad y mascarillas con filtro para vapores orgánicos. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con agua. No disponer el producto en el suelo o cursos de agua, sino conforme a las regulaciones locales y previa neutralización. Para mayor información, solicite la hoja de seguridad del producto.

Advertencia

Los productos **Sika** han sido desarrollados con altos estándares de calidad y de acuerdo a nuestra amplia experiencia. Los productos fabricados por **Sika**, tal como se venden, cumplen los fines para los cuales han sido fabricados. No obstante, no se responde por variaciones en el método de empleo, por condiciones en que sean aplicados, cuando la vigencia del producto esté vencida, si son utilizadas en forma que afecten la salud o cualquier patente propiedad de otros. Para su uso consulte las instrucciones y tome en cuenta las precauciones que en ellas se establece. Para usos especializados o cuando surjan dudas respecto al uso o aplicación de este producto, consulte a nuestro **Departamento de Soporte Técnico al 01 800 123 7452**.

Sika Mexicana S.A. de C.V.

Sika Responde
01 800 123 7452
soporte.tecnico@mx.sika.com
www.sika.com.mx

Planta y Regional Bajío
Tel: 01(442) 2 38 58 00
Fax: 01(442) 2 25 05 37
regional.bajio@mx.sika.com

Regional Centro
Tel: 01(55) 26 26 54 30
Fax: 01(55) 26 26 54 44 ó 45
regional.centro@mx.sika.com

Regional Occidente
Tel/Fax: 01(33) 36 66 28 02, 03 y 05
regional.occidente@mx.sika.com

Regional Norte
Tel: 01(81) 83 90 19 06 y 07
Fax: 01(81) 83 90 19 08
regional.norte@mx.sika.com

Regional Sureste
Tel/Fax: 01(229) 921 82 79 y 86 79
regional.sureste@mx.sika.com

Regional Noroeste
Tel/Fax: 01(662) 260 51 00
218 50 54 y 55
regional.noroeste@mx.sika.com

Regional Baja Norte
Tel/Fax: 01(664) 621 73 55
621 66 28 y 67 75
regional.bajanorte@mx.sika.com

Oficina Baja Sur
Tel/Fax: 01(612) 121 44 07, 165 41 33
oficina.bajasur@sika.com.mx



Sikadur® 35, Hi-Mod LV

Adhesivo epóxico multipropósito de baja viscosidad y alta resistencia

Construcción

Descripción

Sikadur 35 Hi-Mod LV es un adhesivo epóxico multipropósito de 2 componentes, 100% sólidos, tolerante a la humedad, de baja viscosidad y alta resistencia. Cumple con las normas ASTM C-881 y AASHTO M-235.

Usos

- Inyección a presión de grietas en estructuras de concreto, mampostería, madera, etc.
- Anclaje de barras, pernos, tornillos, sujetadores, etc.
- Relleno por gravedad de grietas en superficies horizontales de concreto y mampostería.
- Elaboración de mortero epóxico para reparación de irregularidades y nivelación de superficies horizontales en interiores.
- Sello de losas en interiores contra agua, cloros y ataque químico moderado, además de mejorar la resistencia al desgaste.

Ventajas

- Muy baja viscosidad.
- Conveniente relación de componentes A:B = 2:1 en volumen.
- Único adhesivo estructural de alta resistencia para superficies húmedas.
- Profunda penetración y excelente adherencia para reparación de grietas en elementos de concreto.
- Desarrollo de altas resistencias a edades tempranas.
- Excelente resistencia al ataque químico para sistemas de piso.

Aplicación

Preparación de la superficie:

La superficie deberá estar limpia y firme. Podrá estar seca o húmeda, pero libre de agua encharcada.
Remover polvo, partículas sueltas, lechadas, grasas, aceites, componentes para curado e impregnaciones

Trabajos previos:

Concreto:

Preparar la superficie con chorro de arena o agua, o mediante algún otro procedimiento mecánico que provea una textura rugosa.

Mezclado:

Verter una parte del componente B por dos partes del componente A medidas en volumen en un contenedor limpio. Mezclar durante 3 minutos con taladro a bajas revoluciones (400 a 600 rpm para evitar en lo posible la inclusión de aire) hasta uniformizar el producto. Preparar únicamente la cantidad prevista para usarse dentro de la vida útil.

Aplicación:

Para preparar mortero epóxico: Lentamente agregar de 4 a 5 partes, dependiendo de la consistencia deseada, medidas en volumen, de arena seca al horno a una parte de Sikadur 35 Hi-Mod LV preparada y mezclar hasta que se adquiera una consistencia uniforme



Relleno de grietas por gravedad: Ranurar sobre el contorno de la grieta en forma de " V " y limpiar con compresor de aire libre de aceite. Verter lentamente Sikadur 35 Hi-Mod LV sobre la grieta hasta rellenarla completamente. Se deberá sellar la parte inferior de las losas antes de rellenar si las grietas atraviesan el elemento. Se recomienda realizar una segunda aplicación 24 horas después a fin de restablecer el material que penetre en el concreto.

Inyección a presión de grietas: Se podrá utilizar equipo de inyección automático o equipo manual. Colocar adecuadamente los puertos de inyección de acuerdo al equipo utilizado. Sellar el contorno de la grieta y los puertos de inyección con los adhesivos epóxicos Sikadur 31. Cuando el adhesivo de sellado ha endurecido, inyectar Sikadur 35 Hi-Mod LV con presión constante. Para más información sobre los procedimientos de inyección, consultar al Departamento Técnico.

Anclaje de barras, pernos, tornillos, sujetadores, etc.: Introducir el elemento dentro del barreno y asegurarse que quede fijo en la posición deseada. Sellar el borde exterior entre el barreno y el elemento e inyectar Sikadur 35 Hi-Mod LV hasta rellenar. El diámetro del barreno de anclaje no deberá ser más de 6 mm mayor que el diámetro del elemento a anclar. La profundidad para embeber el elemento es normalmente de 10 a 15 veces su diámetro.

Sello de losas: Verter y extender Sikadur 35 Hi-Mod LV sobre la superficie de la losa y permitir que penetre. Remover el exceso para prevenir que se forme una película en la superficie. Sellar únicamente losas en interiores.

Limitaciones:

Mortero epóxico: Imprimir la superficie preparada con una película delgada de Sikadur 35 Hi-Mod. Colocar mortero epóxico preparado con llana antes de que el imprimante (primer) seque al tacto. Compactar firmemente con la llana y alisar la superficie para el acabado final. El mortero epóxico hecho con Sikadur 35 Hi-Mod LV solamente se debe utilizar en interiores.

- Temperatura mínima ambiental y del sustrato al aplicar: 4 °C.
- No adelgazar con solventes.
- Utilizar únicamente agregado secado al horno para elaborar mortero epóxico.
- Espesor máximo del mortero epóxico por capa: 4 cm.
- El mortero epóxico es sólo para uso en interiores.
- Para aplicación de mortero epóxico y sellado de losas, la edad mínima del concreto debe ser de 21 a 28 días dependiendo del procedimiento de curado y las condiciones ambientales.
- La impermeabilidad en sustratos porosos debe verificarse antes de la aplicación.
- No utilizar para inyectar grietas bajo presión hidrostática al momento de la aplicación.
- No inyectar grietas mayores a 6 mm. Consultar al Departamento Técnico.

Consumo:

3.78 lt (1 galón) de Sikadur 35 Hi-Mod LV mezclado con 18.9 lt (5 galones) de arena suelta seca al horno rinde para aproximadamente 13.5 lt de mortero epóxico

Limpieza:

Ventilar el área. Confinar los derrames del material. Limpiar con material absorbente. Los componentes sin curar del material son contaminantes de agua y por lo tanto no deberán desecharse en el suelo, drenaje o fuentes de agua. Los sobrantes de Sikadur 35 Hi-Mod LV deberán eliminarse de acuerdo a las disposiciones locales. El material sin curar puede limpiarse con solvente, una vez que ha curado, sólo puede retirarse por medios mecánicos

Disponibilidad

Unidad predosificada (Componentes A+B) de 11.36 lt (3 gal).

Datos Técnicos

(Valores obtenidos para curado a 23 °C y 50% de humedad relativa)

Color: Ámbar

Dosificación: Comp. A : Comp. B = 2 : 1 (en volumen)

Caducidad: 24 meses almacenado en el empaque original y cerrado.

Condiciones de almacenamiento:

Almacenar seco a temperaturas entre +4 y +35 °C. Antes de utilizar el material deberá estar a temperaturas de entre +18 y +24 °C.

Viscosidad (Mezcla de Componentes A+B): Aproximadamente 375 cps.

Vida útil: 25 minutos (para una cantidad de 60 gr)

Tiempo de secado al tacto (1.9 a 3.2 mm de espesor):

+4 °C	+23 °C	+32 °C
14 a 16 hrs	3 a 3.5 hrs	1.5 a 2 hrs

Temperatura de deformación (ASTM D 648)

Curado a 7 días [carga de esfuerzo de 1.85 MPa (18.5 kg/cm²): **Resina y Mortero** +51°C

Absorción de agua (ASTM D 570):

0.27% a 7 días de curado y 24 horas de inmersión

Resistencia de adherencia (ASTM C-882). Concreto endurecido con concreto endurecido:

2 días de curado húmedo:	20 MPa (200 kg/cm ²)
14 días de curado húmedo:	27.6 MPa (276 kg/cm ²)
2 días de curado seco:	19.3 MPa (193 kg/cm ²)

Propiedades a tensión (ASTM D-638):

Resina

Mortero

Resistencia a la tensión: 61 MPa [610 kg/cm² (7 días)] 5.8 MPa [58 kg/cm² (14 días)]

Deformación a la rotura: 5.4% 0.3%

Módulo de elasticidad: 2 800 MPa [28 000 kg/cm² (14 días)] 5 200 MPa [52 000 kg/cm² (14 días)]

Propiedades a flexión (ASTM D-790):

Resina

Mortero

Resistencia a la flexión

(Módulo de rotura): 96 MPa [960 kg/cm² (14 días)] 15 MPa [150 kg/cm² (14 días)]

Módulo de elasticidad

Tangente a flexión: 2 600 MPa [26 000 kg/cm² (14 días)] 6 500 MPa [65 000 kg/cm² (14 días)]

Propiedades a cortante (ASTM D-732):

Resina

Mortero

Resistencia a cortante: 35 MPa [350 kg/cm² (14 días)] 16 MPa [160 kg/cm² (14 días)]

Propiedades a compresión (ASTM D-695):

Resistencia a la compresión [MPa (kg/cm²):

	Resina			Mortero		
	+4°C	+23°C	+32°C	+4°C	+23°C	+32°C
4 hrs	-	-	-	-	-	5.5 (55)
8 hrs	-	1.2 (12)	22.1 (221)	-	-	28.3 (283)
16 hrs	-	31.1 (311)	43.5 (435)	-	2.8 (28)	39.3 (393)
1 día	-	41.4 (414)	62.8 (628)	0.8 (8)	34.5 (345)	47.6 (476)
3 días	27.6 (276)	73.8 (738)	72.5 (725)	42.8 (428)	46.9 (469)	48.3 (483)
7 días	46.9 (469)	75.9 (759)	72.5 (725)	43.5 (435)	54.5 (545)	60.7 (607)
14 días	71.1 (711)	82.8 (828)	72.5 (725)	46.9 (469)	58.7 (587)	60.7 (607)
28 días	85.6 (856)	89.7 (897)	72.5 (725)	48.3 (483)	59.3 (593)	60.7 (607)

Resina

Mortero

Módulo de compresión: 2 200 MPa [22 000 kg/cm² (14 días)] 5 600 MPa [56 000 kg/cm² (28 días)]

Nota: Las conversiones de unidades indicadas son aproximadas.

Medidas de Seguridad

Componente A: Irritante. Contiene resinas epóxicas. Puede causar sensibilización en la piel después de repetido o prolongado contacto. Irritante de piel y mucosas. Altas concentraciones de vapor podrían causar irritación en las vías respiratorias. Usar solamente con adecuada ventilación. Utilizar gafas de seguridad y guantes resistentes a químicos. Despojarse de la ropa contaminada después de los trabajos.

Componente B: Corrosivo. Contiene aminas. Podría causar severas quemaduras en ojos y piel por lo que se recomienda evitar el contacto. Puede causar sensibilización en la piel y vías respiratorias después de uso constante o prolongado. Altas concentraciones de vapor podrían causar irritación en las vías respiratorias. Usar solamente con adecuada ventilación. Utilizar gafas de seguridad y guantes resistentes a químicos. Despojarse de la ropa contaminada después de los trabajos.

En caso de contacto con los ojos o membranas mucosas, lavar inmediatamente con agua limpia durante 15 minutos.

Salir del lugar y respirar aire limpio en caso de inhalación prolongada. Si se ingiere, no provocar vómito. En cualquiera de los casos anteriores acudir al médico.

Advertencia

Los productos **Sika** han sido desarrollados con altos estándares de calidad y de acuerdo a nuestra amplia experiencia. Los productos fabricados por **Sika**, tal como se venden, cumplen los fines para los cuales han sido fabricados. No obstante, no se responde por variaciones en el método de empleo, por condiciones en que sean aplicados, cuando la vigencia del producto esté vencida, si son utilizadas en forma que afecten la salud o cualquier patente propiedad de otros. Para su uso consulte las instrucciones y tome en cuenta las precauciones que en ellas se establece. Para usos especializados o cuando surjan dudas respecto al uso o aplicación de este producto, consulte a nuestro **Departamento de Soporte Técnico al 01 800 123 7452**.

Sika Mexicana S.A. de C.V.

Sika Responde
01 800 123 7452
soporte.tecnico@mx.sika.com
www.sika.com.mx

Planta y Regional Bajío
 Tel: 01(442) 2 38 58 00
 Fax: 01(442) 2 25 05 37
regional.bajio@mx.sika.com

Regional Centro
 Tel: 01(55) 26 26 54 30
 Fax: 01(55) 26 26 54 44 ó 45
regional.centro@mx.sika.com

Regional Occidente
 Tel/Fax: 01(33) 36 66 28 02, 03 y 05
regional.occidente@mx.sika.com

Regional Norte
 Tel: 01(81) 83 90 19 06 y 07
 Fax: 01(81) 83 90 19 08
regional.norte@mx.sika.com

Regional Sureste
 Tel/Fax: 01(229) 921 82 79 y 86 79
regional.sureste@mx.sika.com

Regional Noroeste
 Tel/Fax: 01(662) 260 51 00
 218 50 54 y 55
regional.noroeste@mx.sika.com

Regional Baja Norte
 Tel/Fax: 01(664) 621 73 55
 621 66 28 y 67 75
regional.bajanorte@mx.sika.com

Oficina Baja Sur
 Tel/Fax: 01(612) 121 44 07, 165 41 33
oficina.bajasur@sika.com.mx



SikaTop® -122

Mortero tixotrópico para reparación estructural

Descripción SikaTop-122 es un mortero de 2 componentes, base cemento, fibras sintéticas y resinas modificadas. Es un mortero de alto desempeño con gran adherencia a superficies horizontales, verticales y sobre cabeza, especialmente diseñado para la reparación estructural de concreto.

Usos

- Como mortero de reparación en estructuras de concreto tales como: vigas, columnas, losas, postes, graderías, pilotes, tuberías, elementos prefabricados, etc.
- Por su tixotropía es especialmente apropiado para reparaciones de gran espesor, en superficies verticales y sobre cabeza.
- Como recubrimiento de gran adherencia.
- Para la protección, reparación y mantenimiento de pisos con altas exigencias mecánicas.
- Para reperfilado de juntas, relleno de hormigueros y oquedades.

Ventajas

- Impermeable y desarrolla altas resistencias a esfuerzos de compresión y flexión.
- Altas resistencias a todas las edades.
- Alta resistencia a la abrasión o desgaste y al impacto.
- Compatibilidad con el coeficiente de expansión térmica del concreto (ASTM C-884 modificada).
- Reforzado con fibras sintéticas y su aplicación no requiere cimbra.
- Reduce la permeabilidad al dióxido de carbono sin presentar barrera de vapor.
- No es corrosivo, ni tóxico.
- No es inflamable.
- Puede emplearse en la reparación de elementos que estarán en contacto con productos destinados a alimentación humana.

Datos del producto

Estado Físico Componente A: líquido.
Componente B: polvo.

Color Componente A: blanco.
Componente B: gris claro.
Mezcla A+B: gris claro.

Presentación Unidad de 25 kg.

Almacenamiento

Tiempo / Condiciones 6 meses a partir de la fecha de elaboración, si se almacena en su empaque original sellado, en lugar seco, bajo techo, a temperaturas entre + 5 °C y + 30 °C.

Datos Técnicos

Densidad (20 °C)	Mezcla A+B: 2.2 kg/l aprox.
Adherencia	2.5 3 MPa (25 kg/cm ²) ó falla en el concreto.
Espesores	Mínimo: 3 mm. Máximo: 20 mm por capa.
Cambio de volumen	-0.188% aprox.
Resistencia a compresión	42 MPa (420 kg/cm ²) mínimo a 28 días a 20 °C.
Resistencia a flexión	7 MPa (70 kg/cm ²) a 28 días a 20 °C.

Aplicación

Calidad del Sustrato	Superficie sana, y limpia de lechadas, polvo, grasa, pintura, desmoldantes, curadores o cualquier otra sustancia que impida la adherencia.
Preparación del Sustrato	Remueva cualquier parte suelta, mal adherida o contaminada por medios manuales, mecánicos, chorro de arena o agua a presión. Antes de la aplicación del SikaTop-122, la superficie debe saturarse con agua evitando encharcamientos.
Métodos de Aplicación	<p>El área de aplicación de SikaTop-122 debe imprimirse previamente con una pequeña cantidad del mismo producto, frotándolo fuertemente contra la superficie con la mano enguantada. Espere entre 10 y 15 minutos (a 20 °C) y proceda a la aplicación del producto hasta completar el espesor deseado. La aplicación deberá realizarse en capas de 2cm como máximo; entre la colocación de cada capa deberá transcurrir un periodo de tiempo de entre 20 y 40 minutos, dependiendo de la temperatura ambiental y del material, para permitir un endurecimiento ligero del mortero, a fin de obtener una liga adecuada entre capas.</p> <p>Para conseguir una mejor adherencia entre capas es recomendable rayar el mortero base para dejar una superficie rugosa. Para evitar que se forme junta fría deberá realizarse el tratamiento de la superficie cuando el mortero esté en el proceso de fraguado inicial, el cual se puede detectar por la pérdida de brillo superficial. El afinado puede hacerse con llana metálica o plana de madera, según el acabado deseado.</p>
Mezclado	En un recipiente de boca ancha vierta primero el 90% del componente A (líquido) y en forma gradual el componente B (polvo) mientras mezcla manualmente o con taladro de bajas revoluciones (máximo 250 RPM) hasta obtener un material homogéneo y libre de grumos. Siga mezclando y agregue del líquido restante la cantidad necesaria para obtener la consistencia deseada.
Relación de Mezcla	Partes por peso: A : B = 1 : 4.9 Partes por volumen: A : B = 1 : 3.4 aprox.
Vida Útil	30 min. aproximadamente a temperatura ambiente de 20 °C.
Consumos	Aproximadamente 2.2 kg/l de relleno.
Limpieza de Herramientas	Deben lavarse con agua antes de que el producto endurezca: El material endurecido solo puede retirarse por medios mecánicos.

Condiciones de Aplicación / Limitaciones

Temperatura de Aplicación - Temperatura mínima de aplicación (ambiente y sustrato): + 8 °C

Humedad del Sustrato El sustrato debe estar seco (contenido máximo de humedad 4%), saturar solo superficialmente.

Limitaciones

- No debe adicionarse agua a la mezcla.
- Proteja la aplicación de la lluvia durante las primeras 4 horas.
- Cuando las condiciones climatológicas lo requieran (baja humedad relativa, viento fuerte, sol, etc.) extreme las medidas de curado.
- Entre capas cure únicamente con agua.

Curado Realizar inmediatamente después de la colocación del SikaTop-122 con Antisol Blanco.

Puesta en servicio

Tráfico peatonal: 2 días.
Tráfico mediano: 4 días.
Tráfico pesado: 8 días.

Información de Seguridad

Medidas de Seguridad Para prevenir sensibilización y reacciones alérgicas se recomienda utilizar ropa de trabajo, guantes y anteojos protectores durante su manejo. En caso de contacto con la piel lave inmediatamente la zona afectada con agua y jabón, quite la ropa empapada o manchada, no deje secar el producto y acuda al médico. En caso de contacto con los ojos, lave en seguida con agua abundante durante 15 minutos y consulte la médico. En caso de ingestión no provoque el vómito y solicite inmediatamente ayuda médica. Para mayor información y en caso de derrames consulte la hoja de seguridad.

Notas Importantes Los materiales y envases sobrantes deben ser desechados adecuadamente. Estos materiales deben mantenerse fuera del alcance de los niños.

Advertencia Los productos **Sika** han sido desarrollados con altos estándares de calidad y de acuerdo a nuestra amplia experiencia. **Sika**, tal como se venden, cumplen los fines para los cuales han sido fabricados. No obstante, no se responde por variaciones en el método de empleo, por condiciones en que sean aplicados, cuando la vigencia del producto esté vencida, si son utilizadas en forma que afecten la salud o cualquier patente propiedad de otros. Para su uso consulte las instrucciones y tome en cuenta las precauciones que en ellas se establece. Para usos especializados o cuando surjan dudas respecto al uso o aplicación de este producto, consulte a nuestro **Departamento de Soporte Técnico al 01 800 123 7452**.

Sika Mexicana S.A. de C.V.
Asesoría Técnica
01 800 123 7452

Planta y Regional Bajío
Tel:(442) 2 38 58 00
Fax: (442) 2 25 05 37
bajio.regional@mx.sika.com

Regional Centro
Tels. (55) 26 26 54 30
Fax: (55) 26 26 54 44 ó 45
naucaipan.regional@mx.sika.com

Regional Occidente
Tel/Fax: (33) 36 66 28 02, 03 y 05
guadalajara.regional@mx.sika.com

Regional Norte
Tel: (81) 83 90 19 06 y 07
Fax: (81) 83 90 19 08
monterrey.regional@mx.sika.com

Regional Sureste
Tel/Fax: (229) 921 82 79 y 86 79
veracruz.regional@mx.sika.com

Regional Noroeste
Tel/Fax: (662) 260 51 00
218 50 54 y 55
hermosillo.regional@mx.sika.com

Regional Baja Norte
Tel/Fax: (664) 634 76 95, 96 y 97
tijuana.regional@mx.sika.com

Subregional Los Cabos
Tel/Fax: (624)146 97 35 y 142 26 88
loscabos.regional@sika.com.mx





DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Es un adhesivo epóxico 100% sólido con larga vida en el envase usado para unir concreto nuevo a concreto endurecido, acero a concreto endurecido, como mortero de anclaje de pernos, dovelas y barras, como mezclador para morteros epóxicos y para pegar otros materiales diferentes entre sí.

FABRICANTE:



4226 Kansas Ave, Kansas City,
Kansas, 66106 Servicio Técnico al cliente (800) 348-
7351 1-877-CONSPEC o al Fax (913) 371-3330

USOS:

Excelente para usarse como adhesivo y como sujetador para una gran cantidad de necesidades. Para unir concreto nuevo a concreto viejo, acero y madera para hacer morteros epóxicos junto con arena seca, para anclar dovelas y pines en posición vertical, como reparaciones de pisos en interiores (se le agrega arena para darle resistencia al desgaste)

VENTAJAS:

- Insensible a la humedad
- Se puede aplicar con spray
- Largo tiempo de vida ya mezclado 30 a 90 minutos
- Cumple con las normas VOC

ESPECIFICACIONES:

Cumple la norma ASTM C-881 Tipo I Grado 2 LPL modificada.

ESPECIFICACIONES ARQUITECTÓNICAS:

Agentes adherente de larga vida en el envase el material debe ser 100% sólidos, de alto modulo, insensible a la humedad, que cumpla con la norma ASTM C-881 Tipo I Grado 2

APLICACIÓN:

Preparación de la superficie: La superficie debe estar limpia y sana. Remueva todo el polvo, aceite, grasas, compuestos curadores y otros materiales extraños. Por medio de chorro de arena, otros métodos mecánicos o ácido muriático. Remueva el agua y el polvo de todas

las superficies con un chorro de aire sin contaminación de aceite.

MEZCLADO:

La temperatura del ADIDUR 101 LPL debe ser al menos de 15.6° C a la hora de mezclarse. Agite cada uno de los componentes separadamente antes de mezclarlos. Mezcle dos partes de componente A por 1 parte del componente B por 3 minutos con un taladro de baja velocidad y paleta mezcladora.

COLOCACIÓN:

Para adherir concreto nuevo a concreto viejo aplique el producto ya mezclado con brocha, rodillo o maquina de spray sobre la superficie preparada a un espesor aproximado de 20 mills (7 a 10 mts² por galón)

PROPIEDADES DE APLICACIÓN:

Relación de mezcla: 2 a 1 en volumen

Tiempo en gel (ASTM C-881) 90 minutos (30 minutos mínimo)

Color: Ambar

Viscosidad: (ya mezclado) (según ASTM D-2393) = 2000-3000 CPS-2000-10000CPS máximo

Tiempo de secado al tacto: De 7 a 10 horas

Curado Inicial: 24 horas (ha obtenido el 75% de su ultima resistencia)

PROPIEDADES DEL PRODUCTO YA CURADO:

Resistencia a la compresión 10,000 PSI (68.9 MPa) 8000 PSI mínima ASTM D-695

Resistencia de adherencia 2400 PSI (16.5 MPa) 1500 PSI mínima ASTM C-882 Tipo I

Resistencia a la tensión 5560 PSI (38.3 MPa) 5000 PSI mínima ASTM D-638

ENVASE:

Unidades de 1.5 galones, 3 galones, 15 galones y 165 galones

PRECAUCIONES:

La temperatura del sustrato deberá ser al menos 15.6° C si la resina ya se seco al tacto antes de colocar el concreto nuevo, volver a colocar ADIDUR 101 LPL. PELIGRO: puede causar daños severos en los ojos y en la piel. Puede cuasar ceguera. Es muy peligroso en el

ADHESIVOS

ADIDUR 101 LPL

ADHESIVO EPOXICO 100% SOLIDOS TIPO HI MOD LPL



manejo. Puede causar reacción alérgica. No lo use sin antes haber leído y entendido la Hoja Técnica. Protéjase los ojos, la piel y la vestimenta. Use anteojos de seguridad y vista ropa protectora de hule o de poliotileno, utilice mascara respiratoria, Guarde el envase bien cerrado. Úsese únicamente en lugares bien ventilados, en caso de contacto lávese inmediatamente con agua y jabón. Deseche la ropa contaminada y límpiela antes de usarla nuevamente. Lávese cuidadosamente después de haberlo manejado, antes de comer o fumar. Manténgase alejado de la comida y depósitos de comida. Las herramientas y equipos deben ser limpiados antes de que fragüé si no después por medios mecánicos

ALMACENAJE:

Debe ser guardado en un ambiente seco con temperaturas de 5° C a 35° C. El tiempo de vida es de 12 meses en su envase original, sellado y libre de daños.



IMPERMEABILIZANTES

ADITECHO 7 AÑOS*



Impermeabilizante y aislante térmico elastomérico

Información Técnica

Color:	Blanco y Rojo Teja
Consistencia:	Semi-espeso
Densidad:	1.28 +/- 0.05 gr./cc
Viscosidad:	35,000 +/- 5,000 cps
PH:	9.5 +/- 0.5
Sólidos:	61 +/- 2%
Elongación:	600%
Prueba Fungicida:	Pasa
Reflexión solar:	95 %
Rendimiento:	18 a 22 m ² / cub. de 5 gal. (2 manos)
Presentación:	5 Galones y 1 Galón

Descripción

Impermeabilizante y aislante térmico elastomérico de gran duración y alta resistencia, formulado con resinas acrílicas emulsionadas y partículas térmicas cerámicas con alto poder reflejante a los rayos solares, con una vida mínima garantizada de 7 años.

Características

ADITECHO 7 AÑOS está formulado con resinas acrílicas y con una elevada carga de partículas térmicas cerámicas, que proporciona un mayor ahorro de energía eléctrica por su máxima blancura. Su alto contenido de resinas elastoméricas brinda mayor elongación haciéndolo altamente resistente a los movimientos normales de toda construcción, se adhiere a los materiales más usuales, como concreto, lámina galvanizada, fibrocemento, poliuretano espreado, aplanados, ladrillos, asfaltos, madera, ductos, entre otros. Tiene una vida mínima de 7 años, requiriendo para su mantenimiento de lavados ocasionales. Cuenta con el exclusivo filtro solar UV-SHIELD que conserva durante mas tiempo la blancura y elasticidad.

Usos

Puede aplicarse sobre cualquier tipo de construcción. Por sus propiedades de aislamiento térmico es ideal en bodegas industriales y comerciales, centros comerciales, hoteles, casas residenciales, entre otros.

Forma de Aplicación

1. Limpieza: Limpie perfectamente la superficie de polvo, aceites y materiales extraños que puedan evitar una buena adherencia del impermeabilizante ADITECHO 7 AÑOS.
2. Resane con QUITAGOTERAS BLANCO grietas y fisuras en la losa. Aplíquelo con espátula o llana de albañil y déjelo secar al tacto. Aplique también en toda la orilla de pretilas, bases de tinacos, ductos de agua, etc., formando una cuneta.
3. Sellado: aplique una capa de ADISELLO sobre toda la superficie a impermeabilizar utilizando un cepillo de ixtle o rodillo de felpa y deje secar de 2 a 4 horas, dependiendo de la temperatura ambiente.
4. Primera mano: aplique una primera capa uniforme del impermeabilizante ADI TECHO 7 AÑOS utilizando cepillo de ixtle, rodillo de felpa o equipo airless (aplicación por aire). Distribúyalo de manera uniforme en franjas de 1,10 metro de ancho aproximadamente.
5. Tela de refuerzo: coloque la tela de refuerzo PERMAPLY seleccionada en áreas críticas, grietas, traslapes de lámina, pretilas y sobre toda la superficie simultáneamente al ir aplicando la primera mano del impermeabilizante ADITECHO antes de que este haya secado, cuidando que no se formen burbujas de aire y deje secar de 6 a 8 horas.
6. Segunda mano: aplique una segunda capa de impermeabilizante ADITECHO extendiendo el material en sentido transversal a la primera capa y deje secar de 8 a 10 horas. Evite tráfico las



IMPERMEABILIZANTES

ADITECHO 7 AÑOS*

Impermeabilizante y aislante térmico elastomérico



siguientes 24 horas.

Precauciones

Asegúrese que la losa esté totalmente seca antes de iniciar la aplicación. No aplique a temperatura ambiente inferior a 10°C ni en días lluviosos o con amenaza de precipitación.. Almacene el producto en un lugar seco y fresco, con su tapa herméticamente colocada y no se estive más de tres cubetas. Cualquier salpicadura del material sobre la piel, lávese con abundante agua y jabón. Lavar la herramienta con agua después de utilizarla.

Formulado en base acuosa que no contiene compuestos de plomo.

No se ingiera. En caso de ingerirlo no se provoque vómito y solicite atención medica.

El uso de este producto por menores de edad debe ser supervisado por adultos.

NO SE DEJE AL ALCANCE DE LOS NIÑOS

ADITIVOS de EL SALVADOR, S.A. DE C.V.
WWW. ADITIVOS. COM.SV



Oficina de Ventas
33 Avenida Sur #661, San Salvador
PBX. 2298-9076
E-Mail: aditivos@navegante.com.sv

HOJA TECNICA DE PRODUCTO

Versión: 03/2005

Antisol Blanco

Antisol® Blanco

Curador para Concreto y Mortero en Ambiente Normal

DESCRIPCION	<p>Antisol Blanco es una emulsión acuosa de parafina que forma, al aplicarse sobre el concreto o mortero fresco, una película impermeable que evita la pérdida prematura de humedad, para garantizar un completo curado del material.</p> <p>Antisol Blanco cumple con la norma ASTM C 309 y NTC 1977 como curador para concreto tipo 1-D clase A, conforme con el procedimiento descrito en la norma ASTM C 156.</p>
USOS	<p>Antisol Blanco se usa para curar el concreto garantizando el completo desarrollo de resistencias. Antisol Blanco está especialmente indicado para el curado de concretos y morteros, en particular cuando se tiene grandes superficies expuestas al sol y al viento. La película que forma el curador sobre el concreto fresco retiene el agua y evita el resecamiento prematuro.</p> <p>Previene la formación de grietas en pisos y pavimentos. Ideal para proteger estructuras y pavimentos de concreto en clima cálido y en lugares con dificultades en el abastecimiento de agua.</p> <p>Antisol Blanco puede ser usado en todo tipo de obras de ingeniería tales como pavimentos rígidos, pistas de aviación, muelles, presas, silos, bodegas, estructuras en concreto deslizado, etc</p>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Impide el resecamiento prematuro del concreto permitiendo el normal desarrollo de las resistencias. • Antisol se aplica una vez, reduciendo así los costos del curado de concretos y morteros por mayor rendimiento en la mano de obra. • Especialmente diseñado para el curado en recintos cerrados ya que no contiene solventes. • Viene listo para usar y es fácil de aplicar. • Ayuda a controlar el agrietamiento en grandes áreas expuestas al sol y al viento, como en pavimentos rígidos o pisos en concreto. • Como agente curador sobre morteros tipo SikaTop debido a la ausencia de solventes.
MODO DE EMPLEO	<p>Antisol Blanco viene listo para ser usado. Se aplica sobre la superficie del concreto o mortero haciendo uso de una fumigadora accionada manualmente o de un aspersor neumático. El área a curar se debe cubrir totalmente. Para mejores resultados, aplique dos capas de Antisol Blanco.</p> <p>La aplicación del curador debe hacerse tan pronto desaparezca el agua de exudación del concreto o mortero, situación fácilmente detectable pues la superficie cambia de brillante a mate.</p> <p>Consumo: Aplicado con fumigadora agrícola, aproximadamente 200 g/m², dependiendo de la velocidad del viento y la experiencia del operario. La aplicación también puede hacerse con brocha, solo que aquí el consumo aumentará ya que la superficie es rayada por la brocha.</p>
DATOS TECNICOS	Densidad: 0,98 kg/l



Construcción

PRECAUCIONES	Antisol Blanco debe agitarse antes de usarlo y periódicamente durante su aplicación. Se recomienda seguir los lineamientos del comité ACI 302 en lo referente a la preparación y colocación de concreto para pisos. Proteger la película de la lluvia por lo menos dos (2) horas y del tráfico por lo menos durante 7 días. Antes de la aplicación de un recubrimiento o acabado deberá retirarse completamente la película dejada por el curador.
MEDIDAS DE SEGURIDAD	Manténgase fuera del alcance de los niños. Usar guantes, gafas de protección para su manipulación. Aplicar en lugares ventilados y cambiarse ropas contaminadas. Consultar Hoja de Seguridad del producto.
PRESENTACION	Plástico: 20 kg Tambor: 200 kg o a granel
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE	Un año en sitio fresco y bajo techo, en envase original bien cerrado. Transportar con las precauciones normales para productos químicos.
CODIGOS R/S	R: no aplica S: 2/13/20/21/22/24/25/26/27/29/36/37

NOTA

La información y, en particular, las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, basados en el conocimiento y experiencia actuales de Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados y manipulados, así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son tan particulares que de esta información, cualquier recomendación escrita o cualquier otro consejo no se puede deducir garantía alguna respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad en particular, así como responsabilidad alguna que surja de cualquier relación legal. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho.

Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.

Sika Colombia S.A.
Calle 15A No. 69-90
Commutador: 412 3300
Bogotá D.C., Colombia
www.sika.com.co

