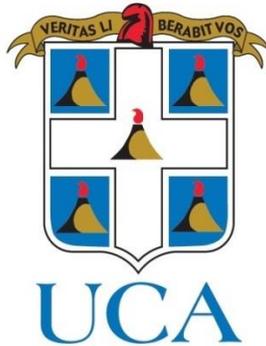


**UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA**  
**FACULTAD DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y AMBIENTE**



**Estudio Patológico y Propuesta de Recuperación Estructural del Instituto La Inmaculada, ubicado en Diriamba**

Trabajo Investigativo para obtener el Título de Ingeniero Civil

Autores:

Br. Harvin Antonio Hernández Aguirre

Br. Joan Alejandro Duarte Santiesteban

Tutor:

Ing. Jimi Ernesto Vanegas Salmerón

Managua, Nicaragua

Diciembre 2013

## ÍNDICE:

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>3</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	5
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	6
4.1	<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	6
4.2	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	6
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS PATOLÓGICO</b> .....	7
5.1	<b>CONCEPTOS DE PATOLOGÍA</b> .....	7
5.1.1	Patología.....	7
5.1.2	Patología preventiva .....	7
5.2	<b>LESIONES</b> .....	8
5.2.1	Lesiones físicas .....	8
5.2.2	Lesiones mecánicas.....	13
5.2.3	Lesiones químicas.....	18
5.3	<b>CAUSAS DE LAS LESIONES</b> .....	22
5.3.1	Causas Directas.....	22
5.3.2	Causas Indirectas.....	23
5.4	<b>INTERVENCIÓN SOBRE LAS LESIONES</b> .....	25
5.4.1	Prevención.....	25
5.4.2	Reparación .....	25
5.4.3	Restauración .....	26
5.4.4	Rehabilitación.....	27
5.5	<b>ALTERACIONES COMUNES EN MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS</b> .....	29
5.6	<b>ENSAYOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b> .....	32
5.6.1	Ensayos Físicos.....	32
5.6.2	Ensayos Químicos.....	33
5.6.3	Ensayos Mecánicos .....	34
5.6.4	Ensayos Medioambientales .....	34
5.7	<b>TECNICAS DE DIAGNÓSTICO</b> .....	35
5.7.1	Diagnóstico de tipologías constructivas.....	35

5.7.2	Diagnóstico de deformaciones, tensiones y desplazamientos.....	37
5.7.3	Diagnóstico de patologías medioambientales .....	40
<b>5.8</b>	<b>EVOLUCION Y SEGUIMIENTO DE LAS LESIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>5.9</b>	<b>DIAGNÓSTICO Y MEDIDA DE ACCIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>5.10</b>	<b>PROPUESTAS DE REPARACIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>5.11</b>	<b>PROPUESTAS DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>INSPECCION VISUAL Y LEVANTAMIENTO DE DATOS .....</b>	<b>49</b>
<b>6.1</b>	<b>LEVANTAMIENTO FOTOGRAFICO DE LOS DAÑOS .....</b>	<b>50</b>
<b>6.2</b>	<b>RESISTENCIA DEL CONCRETO EN COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS .....</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>PROCESAMIENTO DE DATOS E INTERPRETACIÓN.....</b>	<b>62</b>
<b>7.1</b>	<b>CALCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.....</b>	<b>62</b>
<b>7.2</b>	<b>ESPECTRO DE DISEÑO.....</b>	<b>66</b>
7.2.1	Grupo (Arto. 20).....	66
7.2.2	Factor de Ductilidad (Arto. 21).....	66
7.2.3	Factor de Reducción por Sobre Resistencia (Arto. 22).....	67
7.2.4	Factor de Reducción por Irregularidad (Arto. 23).....	67
7.2.5	Influencia del Suelos y Zona Sísmica (Arto. 25).....	67
7.2.6	Generación del Espectro de Diseño.....	69
<b>7.3</b>	<b>CARGAS Y DIMENSION DE ELEMENTOS .....</b>	<b>72</b>
<b>7.4</b>	<b>MODELO EN SAP2000 .....</b>	<b>73</b>
<b>7.5</b>	<b>COMPROBACION DE RESISTENCIA DE LA SECCIÓN EQUIVALENTE PROPUESTA (COLUMNA).....</b>	<b>74</b>
<b>7.6</b>	<b>COMPARACIÓN DE PERIODOS DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....</b>	<b>80</b>
<b>7.7</b>	<b>PROPUESTA DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA REFORZADAS CON FC... 83</b>	
7.7.1	Comprobación de resistencia (Viga con fibra de carbono).....	85
7.7.2	Comprobación de resistencia (Losa con fibra de carbono) .....	88
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>9</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO A</b> .....		<b>97</b>
<b>ANEXO B</b> .....		<b>103</b>
<b>ANEXO C</b> .....		<b>104</b>
<b>ANEXO D</b> .....		<b>105</b>

<b>ANEXO E</b> .....	117
<b>ANEXO F</b> .....	118
<b>ANEXO G</b> .....	120
<b>ANEXO H</b> .....	127

## ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Diferencia entre Grietas y Fisuras .....	15
Tabla 2. Alteraciones comunes en materiales y elementos estructurales .....	29
Tabla 3. Propuestas de Reparación Según el Tipo de Lesión.....	42
Tabla 4. Plan de mantenimiento de elementos constructivos (Broto, 2005).....	48
Tabla 5. Resumen de Módulos de Elasticidad Obtenidos .....	64
Tabla 6. Elementos Críticos .....	65
Tabla 7. Factores de amplificación por tipo de suelo (S).....	68
Tabla 8. Resumen de datos a utilizar para generar el espectro de diseño.....	71
Tabla 9. Cargas Vivas .....	72
Tabla 10. Cargas Muertas .....	72
Tabla 11. Elementos Estructurales Existentes .....	72
Tabla 12. Propiedades de la Sección Equivalente a Revisar .....	77
Tabla 13. Resultados de SAP2000 Periodo de Vibración de la Estructura sin Modificaciones.....	81
Tabla 14 . Resultados de SAP2000 Periodo de Vibración de la Estructura con Modificaciones.....	82
Tabla 15. Calculo de Resistencia Total a Flexión (Viga) .....	87
Tabla 16. Calculo de Resistencia Total a Flexión (Losa) .....	89
Tabla 17. Propuesta de Mantenimiento.....	95
Tabla 18 Periodos de vibración de la estructura modelada por medio de marcos .....	124
Tabla 19 Periodos de vibración de la estructura modelada con paredes .....	124
Tabla 20 Desplazamientos en el nodo 7 de la estructura modelada sin paredes	125
Tabla 21 Desplazamientos en el nodo 7 de la estructura modelada con paredes... <b>¡Error!</b> <b>Marcador no definido.</b>	
Tabla D 1. Columnas Primera Planta .....	106
Tabla D 2. Columnas Primera Planta (Exteriores).....	107
Tabla D 3. Columnas Primera Planta (Escaleras) .....	107
Tabla D 4. Columnas Segunda Planta .....	108
Tabla D 5. Columnas Tercera Planta .....	109
Tabla D 6. Columnas Tercera Planta (Exteriores).....	109
Tabla D 7. Vigas del Primer Entrepiso .....	110
Tabla D 8. Vigas del Primer Entrepiso .....	111
Tabla D 9. Vigas del Primer Entrepiso .....	112
Tabla D 10. Vigas del Primer Entrepiso (Escaleras) .....	112
Tabla D 11. Vigas del Segundo Entrepiso.....	113
Tabla D 12. Vigas del Segundo Entrepiso.....	114
Tabla D 13. Losas del Primer Entrepiso.....	115
Tabla D 14. Losas del Segundo Entrepiso .....	116
Tabla F 1. Datos calculados para generar el espectro de diseño.....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Instituto La Inmaculada .....	2
Figura 2. Ejemplo de una Patología Elemental (Enfermedad).....	7
Figura 3. Pared con Presencia de Humedad de Obra.....	9
Figura 4. Esquema de Humedad por Capilaridad .....	9
Figura 5. Ejemplo de Humedad por Filtración .....	9
Figura 6. Ejemplo de Humedad por Condensación.....	10
Figura 7. Tipos de Humedades presentes en los Edificios.....	11
Figura 8. Columnas de Concreto antes y después de ser erosionadas .....	11
Figura 9. Ejemplo de Suciedad por Deposito .....	12
Figura 10. Ejemplo de Suciedad por Lavado Diferencial.....	12
Figura 11. Ejemplo de Suciedad por Lavado Diferencial #2.....	12
Figura 12. Efecto de Flexión sobre Elementos Horizontales .....	14
Figura 13. Efecto de Pandeo en Columnas.....	14
Figura 14. Desplome estructural debido a Asentamiento Diferencial .....	14
Figura 15. Efecto de Alabeo en Elementos Verticales .....	14
Figura 16. Tipos de Fisuras.....	16
Figura 17. Tipos de Grietas.....	16
Figura 18. Desprendimiento de Mortero .....	17
Figura 19. Ejemplo de Desprendimiento .....	17
Figura 20. Ejemplo de Erosión en Ladrillo Rojo .....	17
Figura 21. Erosión debido al roce permanente de vehículos y personas .....	18
Figura 22. Erosión mecánica severa con pérdida de material constituyente.....	18
Figura 23. Ejemplo de ataque químico por sales solubles presentes en el ambiente .....	18
Figura 24. Aparición de eflorescencia en columna de concreto .....	19
Figura 25. Oxidación en elementos de refuerzo.....	20
Figura 26. Corrosión en armadura de refuerzo estructural.....	20
Figura 27. Ejemplo ilustrativo de la corrosión en varilla de acero.....	20
Figura 28. Establecimiento de especies animales en estructuras .....	21
Figura 29. Aparición de vegetación en edificios .....	21
Figura 30. Técnica de Rehabilitación Estructural (Encamisado) .....	28
Figura 31. Ejemplo de distorsión .....	29
Figura 32. Ejemplo de Deterioro Diferencial.....	29
Figura 33. Ejemplo de Expoliación .....	29
Figura 34. Ejemplo de Disgregación Granular.....	30
Figura 35. Ejemplo de Alteración Cromática .....	30
Figura 36. Ejemplo de Moteado .....	30
Figura 37. Estado final de un material pulverizado.....	31
Figura 38. Ejemplo de Deposito Superficial.....	31

Figura 39. Ejemplo de Alveolización .....	31
Figura 40. Ejemplo de Prueba de carbonatación con fenolftaleína .....	33
Figura 41. Esclerómetro Digital .....	36
Figura 42. Ubicación del Instituto La Inmaculada.....	49
Figura 43. Foto Aérea del Instituto .....	49
Figura 44. Zonificación Sísmica de Nicaragua (Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, 2007) .....	68
Figura 45. Espectro de Diseño para Nicaragua (Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, 2007) .....	70
Figura 46. Mapa de Isoaceleraciones (Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, 2007) .....	70
Figura 47. Grafico del Espectro de Diseño Obtenido .....	71
Figura 48. Modelo del Instituto La Inmaculada en SAP2000 (Vista 3D) .....	73
Figura 49. Modelo del Instituto La Inmaculada en SAP2000 (Vista Frontal) .....	73
Figura 50. C-22 Elemento con mayor porcentaje de trabajo. ....	74
Figura 51. Sección Modelo de SAP2000 (32 cm x 32 cm) .....	75
Figura 52. Sección con Encamisado .....	76
Figura 53. Sección Modelo de SAP2000 (41 cm x 41 cm) .....	76
Figura 54. Carga Última en la Sección Crítica.....	77
Figura 55. Ubicación de Nuevas Secciones.....	80
Figura 56. Ubicación de Nuevas Secciones en Esquinas .....	81
Figura 57. Distribución rectangular equivalente de esfuerzos para carga ultima ..	84
Figura 58. Captura de SAP2000 (Ubicación de viga con mayor momento) .....	85
Figura 59. Captura de SAP2000 (Momento máximo para revisión de vigas) .....	86
Figura 60. Captura de SAP2000 (Paño de Losa Dañado) .....	88
Figura 61. Momento Máximo en Losa Dañada.....	88
Figura 62 Estructura modelada con paredes.....	121

## ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS:

Foto 1. Desprendimiento del recubrimiento y exposición de acero de refuerzo ....	50
Foto 2. Exposición de refuerzo y mal confinamiento del acero de refuerzo .....	50
Foto 3. Desprendimiento de recubrimiento y exposición de refuerzo.....	51
Foto 4. Ataque químico debido al excremento de aves.....	51
Foto 5. Desalineación de muro en azotea.....	52
Foto 6. Crecimiento de vegetación.....	52
Foto 7. Desprendimiento de recubrimiento en losa de entrepiso y corrosión de refuerzos .....	53
Foto 8. Fisura Longitudinal en columna - .....	54
Foto 9. Grieta Longitudinal en columna C-25-.....	54
Foto 10. Desprendimiento del recubrimiento y corrosión del acero de refuerzo ...	55
Foto 11. Columna C-4 (D-1).....	56
Foto 12. Desprendimiento de pintura y presencia de moho sobre la superficie del elemento (D-2). .....	56
Foto 14. Columna C-25. (D-4).....	57
Foto 15. Perdida capa protectora de pintura (D-5).....	57
Foto 16. Columna C-24 (D-6).....	57
Foto 17. Columna C-22 (D-7).....	57
Foto 18. Columna C-21 (D-8).....	58
Foto 19. Columna C-19 (D-10).....	58
Foto 20. Columna C-20 (D-9).....	59
Foto 21. Columna C-17 (D-12).....	60
Foto 22. Columna C-18 (D-11).....	60
Foto 23. Realización de ensayo con el esclerómetro (Ensayo en tercer Planat)...	61
Foto 24. Realización de ensayo con el esclerómetro (Medición de Prueba).....	61

# 1 INTRODUCCIÓN

La conservación de un edificio, en especial uno cuya existencia se considera patrimonio nacional, es una responsabilidad social que se relaciona directamente al perfil disciplinario del ingeniero civil. Como es natural, las construcciones se encuentran expuestas a una extensa gama de factores externos de carácter físico, mecánicos y químicos que atentan constantemente contra la integridad del edificio. Por lo tanto, el dilema se encuentra en determinar de qué manera los factores antes mencionados se manifiestan en la estructura y como es necesario proceder para inhibir los síntomas.

Tal es el caso del Instituto La Inmaculada, el cual está precisamente catalogado como patrimonio nacional, debido a la trascendencia histórica que posee. Ubicado en la ciudad de Diriamba, en el departamento de Carazo, se encuentra la estructura con poco más de 70 años de existencia. El edificio consta de tres planta y un sótano, con un área construida de aproximadamente 6000 metros cuadrados.

Debido a su edad, la estructura presenta actualmente señales de deterioro y desgaste, las cuales marcan indicios de que el edificio se ha debilitado progresivamente y continuara haciéndolo, de no ser que se tomen medidas correctivas que tengan como finalidad concreta devolver la resistencia estructural que el Instituto La Inmaculada ha perdido.

De tal manera que el objetivo a perseguir gira en torno a la búsqueda de una opción viable que responda a la problemática del debilitamiento estructural de la construcción. Para ello es preciso realizar un análisis metódico que consista en la diagnosis del estado actual del edificio, la determinación de los factores más probables que causan las fallas visibles y la búsqueda de procedimientos modernos para frenar el avance del desgaste y devolver la vida a la estructura.

Para alcanzar el objetivo propuesto y ejecutar la metodología cabalmente, se tomara en cuenta la información existente como planos, visitas de campo, registros fotográficos, métodos de diagnóstico, pruebas no destructivas, entre otros. Además el procesamiento de los datos estará soportado por el software especializado en el área de interés, como es SAP2000 con el cual se realizara una modelación representativa de las condiciones actuales de la estructura. Para culminar, se analizaran los resultados obtenidos y se brindara una propuesta que se acople a los requerimientos estructurales necesarios para la conservación del edificio.



**Figura 1. Instituto La Inmaculada**

## 2 ANTECEDENTES

Según la entrevista realizada a María de la Trinidad administradora del Instituto La Inmaculada, el edificio fue construido en el año 1940. Esta obra presenta un estilo ecléctico, con tres plantas en elevación y una planta en subterráneo, hecho de un sistema estructural a base mampostería confinada, con una simetría muy marcada y con alturas de entre piso considerables de entre 3 y 4 metros.

En 1941 la estructura comenzó a ser utilizada como un colegio solo para mujeres, el cual ofrecía el servicio de alojamiento para los estudiantes. Los dormitorios estaban ubicados en la tercera planta, dejando la primera y segunda planta para ser utilizadas como salones de clases.

Para el triunfo de la revolución popular sandinista, el Instituto pasa a ser un Instituto técnico, donde se impartían carreras técnicas en agricultura, este cambio en la dinámica del uso de la estructura supuso la incorporación de equipos de laboratorios, lo que cambio el tipo de cargas para las cuales había sido diseñada la estructura.

Para el año 1992 el Instituto incorpora la secundaria mixta, manteniéndose siempre la enseñanza de las carreras técnicas. Entre 1998 y 2000, desaparecen la carreras técnicas y solo se mantiene la educación secundaria, primaria y pre-escolar, pero sin la modalidad de internados. A pesar de estos cambios los equipos de laboratorios no fueron desalojados de la estructura.

El 2008 fue el último año en que el Instituto se utilizó para la enseñanza de la educación básica y secundaria. Del 2009 al 2011, la estructura pasa a estar inhabilitada. Es hasta el año 2012 cuando la estructura vuelve a ser utilizada, pero esta ya presentaba a simple vista grandes problemas en los elementos estructurales principales.

Cabe mencionar que la estructura nunca ha sido intervenida profundamente desde el punto de vista de la ingeniería civil, y no fue hasta hace apenas tres años que la estructura sufrió unas pequeñas modificaciones en el tipo de cubierta de techo (se cambiaron las láminas de Zinc común, por laminas especial anticorrosivas) y en el sistema de tubería del drenaje pluvial (se cambiaron las tuberías de Hierro Galvanizado, por tuberías de PVC).

### 3 JUSTIFICACIÓN

El Instituto La Inmaculada es considerado un patrimonio histórico del municipio de Diriamba, debido a que fue la casa de estudios de muchos diriambinos, y no solo de ellos, sino de la gran mayoría de los Caraceños. Cabe mencionar que este no es el único motivo por el cual la estructura amerita un estudio de ingeniería, sino también porque la estructura todavía se encuentra en uso y por lo tanto representa un peligro para las personas que ejercen sus actividades diarias en dicho centro de estudios.

Dado que el edificio es un icono histórico y debido a la extensa labor de servicio que ha prestado a lo largo de su vida útil, es justo y necesario atender el caso. De no tener interés alguno por parte de la comunidad y el sector investigativo, es probable que un colapso a largo plazo sea inminente, dando como resultado, no solo la pérdida cultural, sino también pérdidas humanas, ya que como se mencionó previamente el instituto aun hoy continúa en estado de servicio.

Así pues, con la problemática anteriormente descrita, es preciso responder al llamado de atención que nos envía el edificio, evaluar la gravedad del problema, cuantificar los daños, diagnosticar el tipo de síntomas y determinar el peligro existente debido a todos estos factores. Por consiguiente se procesara la información obtenida para obtener resultados concretos con el fin de proponer una solución de recuperación estructural viable y coherente con los resultados obtenidos a través del diagnóstico.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar el estado actual del Instituto La Inmaculada, para brindar una propuesta de rehabilitación y recuperación estructural del edificio

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Identificar el tipo de patología que existen en el edificio y los agentes que las causan para constatar el daño existente
- ✓ Determinar las características de resistencia actuales del concreto en el edificio por medio del uso de pruebas no destructivas
- ✓ Modelar la respuesta de la estructura considerando las características de resistencia actual del concreto de los elementos estructurales
- ✓ Proponer soluciones de rehabilitación y recuperación estructural en base a los resultados obtenidos

## 5 ANALISIS PATOLOGICO

### 5.1 CONCEPTOS DE PATOLOGIA

#### 5.1.1 Patología

Según (Broto, 2005), en términos generales, la patología se puede definir como el estudio de las enfermedades y las causas que las originan. La palabra *patología* procede del griego *pathos* y *logos* que significan enfermedad y estudio respetivamente. Por consiguiente el estudio patológico de un edificio consiste en el análisis de las enfermedades (grietas, desprendimientos, rupturas, etc.) que un edificio puede presentar en su integridad. Dicho análisis se ejecuta con el fin de idear una propuesta curativa para mitigar los padecimientos de la estructura.



Figura 2. Ejemplo de una Patología Elemental (Enfermedad)

#### 5.1.2 Patología preventiva

Esta considera la funcionalidad constructiva de los elementos y unidades que componen un edificio, su durabilidad, así como también la integridad. Por lo tanto, esto implica la consideración de una serie de medidas de diseño constructivo, selección de los materiales, mantenimiento y uso, también una lista de las posibles soluciones (Broto, 2005).

## **5.2 LESIONES**

Según (Broto, 2005), las lesiones son manifestaciones que resultan de un problema constructivo que se genera como resultado final de un proceso patológico.

Para brindar una propuesta de tratamiento acertada, es de mucha importancia conocer las diferentes tipologías de las lesiones. En ocasiones una lesión puede ser producto de otra, por esto es conveniente hacer una distinción y aislar en primer lugar las diferentes lesiones. Las *lesiones primarias* son las que surgen primero y las lesiones o lesión que se originan de estas, son llamadas *lesiones secundarias*.

El conjunto de lesiones que pueden parecer en un edificio es muy amplio e incierto, debido a la gran variedad de materiales y unidades constructivas que existen, pero en general se pueden dividir tres grandes familias en función del carácter y tipología del proceso patológico (Lesiones Físicas, Lesiones Mecánicas y Lesiones Químicas).

### **5.2.1 Lesiones físicas**

Son todas aquellas lesiones en la cual su origen radica en los fenómenos físicos tales como: heladas, tormentas, alta radiación solar, etc. Su evolución depende principalmente de estos procesos físicos (Broto, 2005).

Estos son las principales causas que dan origen a las lesiones físicas en edificaciones:

#### **5.2.1.1 Humedad**

Es el resultado del aumento en la cantidad de agua que normalmente puede estar presente en un material, por lo cual esto puede originar variaciones en las características físicas de dicho material. En dependencia de las causas que originan la humedad, se pueden distinguir cinco tipos distintos de este fenómeno.

- ✘ **Humedad de Obra:** Tiene su origen en el proceso constructivo, cuando se propicia una incorrecta evaporación del agua.



Figura 3. Pared con Presencia de Humedad de Obra

- ✘ **Humedad Capilar:** Se produce cuando el agua de suelo asciende a través de los elementos verticales.

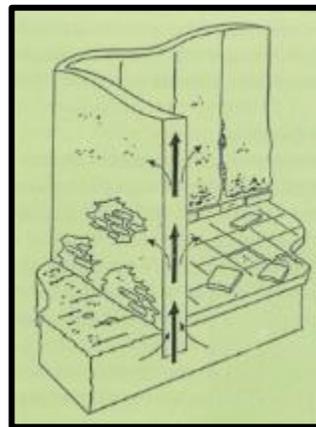


Figura 4. Esquema de Humedad por Capilaridad

- ✘ **Humedad de Filtración:** Es aquella que procede del exterior y que penetra en el interior de una edificación, a través de boquetes, fachadas, cubiertas, etc.



Figura 5. Ejemplo de Humedad por Filtración

- ✘ **Humedad de Condensación:** Surge de la condensación del vapor de agua desde los ambientes donde hay mayor presión del vapor, mejor dicho los interiores, hasta los ambientes exteriores, en donde la presión es más baja. Este tipo de humedad se puede dividir en tres subgrupos, los cuales logran diferenciar en base a la zona donde se encuentre la condensación:
- **Condensación Superficial Interior:** aparece en el interior de los cerramientos.
  - **Condensación Intersticial:** comúnmente aparece interior de la masa del cerramiento o entre dos de sus capas.
  - **Condensación Higroscópica:** se produce dentro de un material de estructura porosa que contenga sales, lo cual facilita la condensación del vapor de agua presente en el ambiente.



Figura 6. Ejemplo de Humedad por Condensación

- ✘ **Humedad Accidental:** nace del rompimiento de cañerías o ductos y su identificación es muy fácil, ya que suele provocar focos puntuales de humedad.

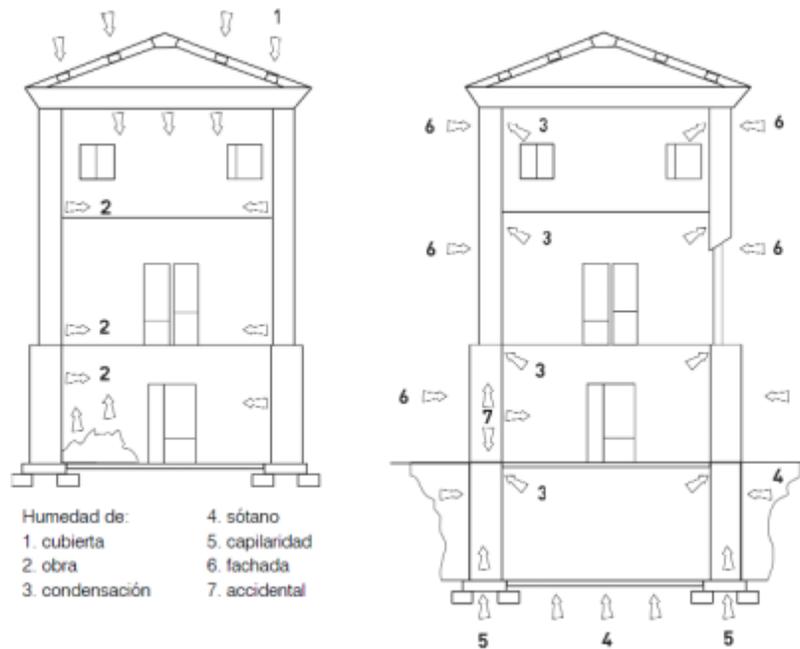


Figura 7. Tipos de Humedades presentes en los Edificios

### 5.2.1.2 Erosión

Es la pérdida o transformación de un material, la cual puede ser total o parcial. Esto es el producto de la influencia física de los agentes de intemperismo que actúan sobre el material (Sánchez, 2011).



Figura 8. Columnas de Concreto antes y después de ser erosionadas

### 5.2.1.3 Suciedad

Según (Broto, 2005), es la acumulación de partículas en suspensión sobre la superficie de la fachada, en ocasiones estas partículas pueden llegar a penetrar hasta los poros superficiales de tales fachadas. Se pueden diferenciar dos tipos de suciedades:

- ✘ **Ensuciamiento por Depósito:** es aquel que se produce debido a la acción de la gravedad sobre las partículas suspendidas en el ambiente.
- ✘ **Ensuciamiento por Lavado Diferencial:** Esta es producida por la acción del agua sobre partículas en suspensiones que penetran los poros superficiales del material. Este tipo de ensuciamiento es muy fácil de apreciar, porque suele representarse por medio de manchas o churretones.



Figura 9. Ejemplo de Suciedad por Deposito



Figura 10. Ejemplo de Suciedad por Lavado Diferencial



Figura 11. Ejemplo de Suciedad por Lavado Diferencial #2

## **5.2.2 Lesiones mecánicas**

Son lesiones que se producen debido a las acciones que implican un esfuerzo mecánico sobre un determinado elemento estructural mayor al que se había contemplado en el diseño (Sánchez, 2011).

Estas acciones originan movimientos, desgastes, aberturas, separaciones de materiales o de elementos constructivos y en el peor de los casos un colapso inminente del edificio. También existen otro tipo de manifestaciones como son las grietas, fisuras o desprendimientos parciales.

Es preciso tener cautela con este tipo de lesiones ya que evidentemente reducen la capacidad funcional de los elementos que constituyen al edificio y en adición generan condiciones para que exista un ingreso mayor de agua y aire, que posteriormente dé lugar a la aparición de patologías del tipo físicas o químicas.

### **5.2.2.1 Deformaciones**

Es cualquier variación en la forma geométrica del material, la cual surge a cause de los esfuerzos mecánicos a los que se somete un elemento estructural o de cerramiento. Estos esfuerzos pueden producirse durante la ejecución de una unidad o cuando esta entra en carga (Broto, 2005). Dentro de este tipo de lesión mecánica se encuentran cuatro subgrupos de lesiones, que a la vez producen lesiones secundarias como grietas, desprendimientos, etc.

- ✘ **Flechas:** son el resultado directo de la flexión en elementos horizontales, debido a un exceso de cargas verticales generadas principalmente por elementos verticales que se encuentran unidos los elementos horizontales por medio de empotramientos.
- ✘ **Pandeos:** son generados por esfuerzos de compresión excesivos sobre elementos verticales.

✘ **Desplomes:** son el producto de la acción de cargas horizontales, sobre los extremos de los elementos verticales.

✘ **Alabeos:** es la rotación de un elemento debido generalmente a los esfuerzos horizontales.

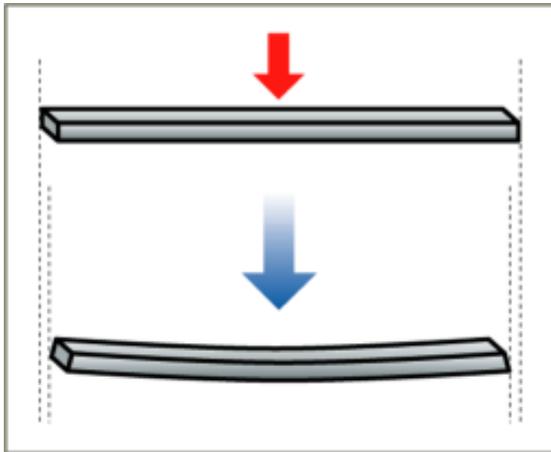


Figura 12. Efecto de Flexión sobre Elementos Horizontales



Figura 13. Efecto de Pandeo en Columnas



Figura 14. Desplome estructural debido a Asentamiento Diferencial

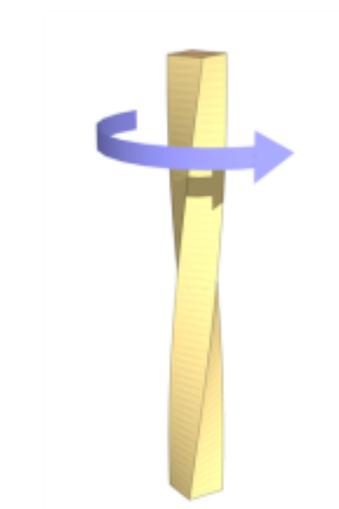


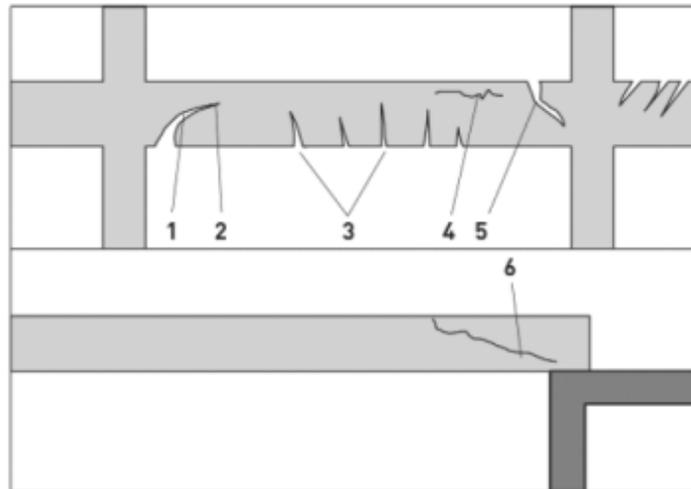
Figura 15. Efecto de Alabeo en Elementos Verticales

### 5.2.2.2 Grietas y fisuras

Tanto las grietas como las fisuras son aberturas longitudinales no deseadas que se producen en un material o elemento constructivo con función estructural o de simple cerramiento (Broto, 2005).

**Tabla 1. Diferencia entre Grietas y Fisuras**

<b>Grietas</b>		<b>Fisuras</b>	
<p>Son aberturas (mayores a 1mm) que dañan el espesor de un elemento estructural, constructivo o de cerramiento, y si esta abertura solo afecta la superficie del espesor, se le llama fisuras. En base a los esfuerzos mecánicos que originan las grietas, se distinguen dos tipos.</p>		<p>Son todas aquellas aberturas longitudinales que afectan la superficie o al acabado de un elemento constructivo. Las fisuras tienen el mismo síntoma que las grietas, pero no así, su origen y evolución. En muchas ocasiones las fisuras pueden dar origen a las apariciones de grietas. El ancho de las fisuras suele ser menor 1mm. Las fisuras se subdividen en dos grupos.</p>	
<b>Por exceso de Cargas</b>	<b>Por Dilatación y Contracciones Higrotérmicas</b>	<b>Reflejo del Soporte</b>	<b>Inherente al Acabado</b>
<p>Estas grietas surgen de un exceso de carga que actúa en un elemento, el cual no estaba diseñado para soportar dicha carga. Este tipo de grietas, generalmente, requieren refuerzos para mantener la unidad constructiva.</p>	<p>Este tipo de grietas se originan, comúnmente, cuando no se prevén juntas de dilatación en elementos de cerramientos de fachada o de cubierta.</p>	<p>Aparecen usualmente sobre los soportes cuando existen juntas, discontinuidades constructivas, falta de adherencia, o hasta por deformaciones, cuando el soporte es sometido a movimientos que no pueden resistir.</p>	<p>En el caso de los morteros, la fisura tiene su origen en la retracción plástica del cemento y en chapados o alicatados, las fisuras se producen por movimientos de dilatación-contracción.</p>



1. Fisura de cortante 2. Fisura de anclaje 3. Fisura de flexión (positivos) 4. Fisura de deslizamiento de anclaje 5. Fisuras de flexión (negativos) 6. Fisuras de adherencia

Figura 16. Tipos de Fisuras

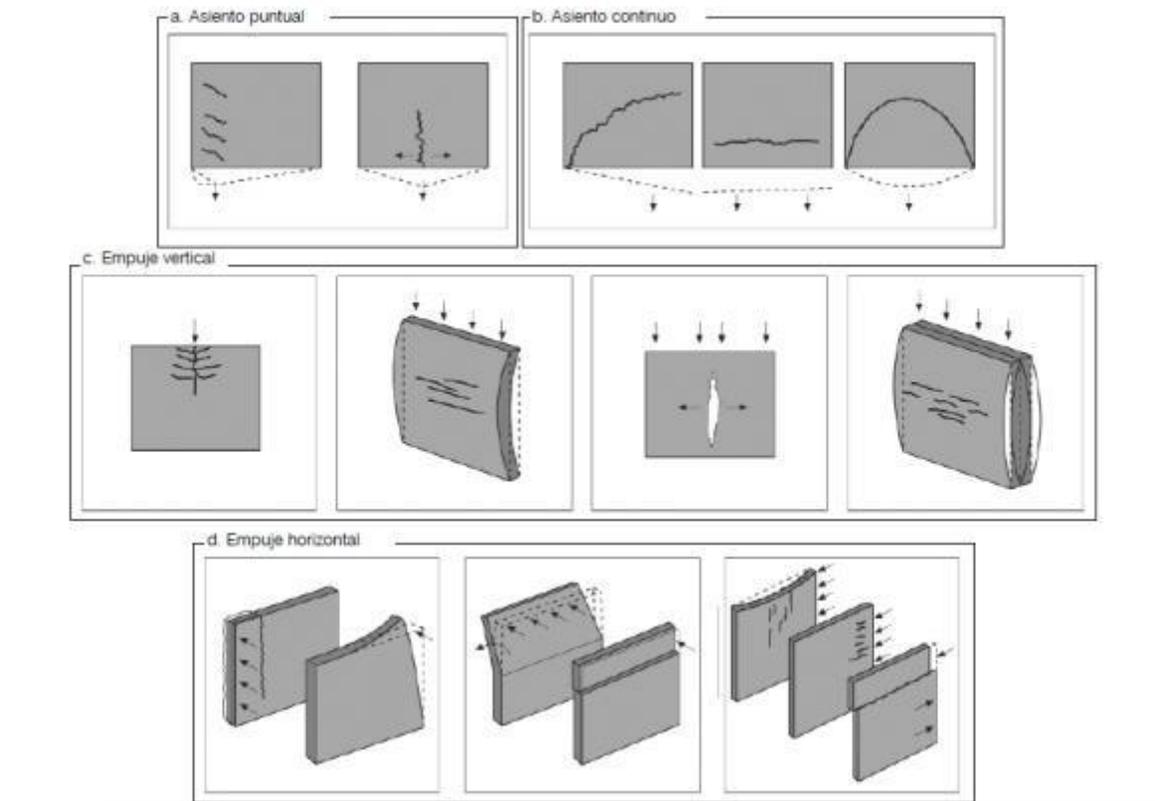


Figura 17. Tipos de Grietas

### 5.2.2.3 *Delaminación*

Es la separación del material de acabado del soporte al cual se encontraba adherido, lo cual suele producirse como consecuencia de la humedad, lesiones previas, grietas o deformaciones (Broto, 2005). Los desprendimientos ocurren en acabados continuos o en acabados por elementos, por lo tanto se tiene que prestar mucha atención a este tipo de lesión en las estructuras, porque representan un peligro para la seguridad de las personas.



Figura 18. Desprendimiento de Mortero



Figura 19. Ejemplo de Desprendimiento

### 5.2.2.4 *Erosión Mecánica*

Es el desgaste superficial de un material debido a golpes, rozaduras o esfuerzos mecánicos. Este fenómeno es muy común en las estructuras de pavimentos, pero en las edificaciones también pueden aparecer las erosiones por factores mecánicos y atmosféricos (Broto, 2005). El desgaste se manifiesta como una pérdida de volumen del material y un aclaramiento de su color.



Figura 20. Ejemplo de Erosión en Ladrillo Rojo



Figura 21. Erosión debido al roce permanente de vehículos y personas



Figura 22. Erosión mecánica severa con pérdida de material constituyente

### 5.2.3 Lesiones químicas

Las lesiones químicas se originan a partir de un proceso patológico de carácter químico, en donde los principales agentes químicos que suelen estar presente son los álcalis, las sales y los ácidos, que reaccionan con otros compuestos presentes en el ambiente, provocando la descomposición de los materiales y reduciendo sus propiedades de durabilidad (Broto, 2005).



Figura 23. Ejemplo de ataque químico por sales solubles presentes en el ambiente

### 5.2.3.1 Eflorescencia

Es la consecuencia de la humedad presente en los materiales, los cuales contienen sales solubles que son arrastrados por el agua hacia el exterior durante el proceso de evaporización, provocando la cristalización de estas sales en la superficie y formando figuras geométricas que recuerdan a flores y que varían en dependencia del tipo de cristal (Broto, 2005).

Esta patología puede presentar dos variantes:



Figura 24. Aparición de eflorescencia en columna de concreto

- ✘ **Sales cristalizadas que no proceden del material:** estos cristales se forman por sales procedentes de materiales adyacentes o situados atrás del material donde se encuentra la eflorescencia. Este tipo de caso se puede encontrar en los morteros protegidos por ladrillos o unidos por ladrillos de los cuales proceden las sales.
- ✘ **Sales cristalizadas bajo la superficie del material:** suelen encontrarse en oquedades y en ocasiones tiene como consecuencia el desprendimiento. A este tipo de eflorescencias se le llama *CRIPTOFLORESCENCIAS*.

### 5.2.3.2 Oxidación y Corrosión

- ✘ **Oxidación:** esto sucede cuando el metal puro o en aleación, entra en contacto con el oxígeno presente en el ambiente, por lo que trae como resultado la transformación del metal presente en la superficie en óxido, y de esta forma se protege al resto del metal de la acción del oxígeno (Broto, 2005).
- ✘ **Corrosión:** consisten en el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión (Broto, 2005).



Figura 25. Oxidación en elementos de refuerzo



Figura 26. Corrosión en armadura de refuerzo estructural

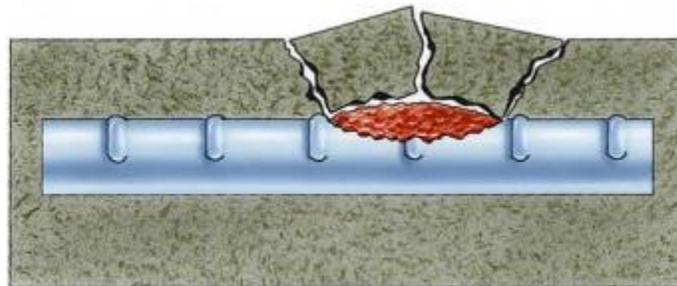


Figura 27. Ejemplo ilustrativo de la corrosión en varilla de acero

### 5.2.3.3 Influencia de Organismos Vivos

Este es un proceso patológico de carácter químico, que se debe a la influencia de organismos vegetales o animales sobre los materiales, los cuales pueden ser alterados químicamente o físicamente, debido al contacto entre dicho material y las sustancias químicas producto de los organismos (Broto, 2005). Entre los organismos se pueden diferenciar dos grupos.

- ✘ **Animales:** en muchas ocasiones provocan deterioro o lesiones erosivas, ya que suelen alojarse dentro de los materiales constructivos. Estos animales suelen ser los insectos, las aves o pequeños mamíferos.



Figura 28. Establecimiento de especies animales en estructuras

- ✘ **Plantas:** las plantas de porte pueden afectar al material debido a su propio peso y las plantas microscópicas suelen causar lesiones mediante ataques químicos. Las plantas microscópicas se subdividen en dos.



Figura 29. Aparición de vegetación en edificios

- **Mohos:** pueden encontrarse casi siempre en materiales de alta porosidad. Estos desprenden sustancias químicas que tienen como consecuencia el cambio de color, textura y olor del material. Además producen erosiones.
- **Hongos:** estos atacan usualmente a la madera e inclusive pueden llegarla deteriorar por completo.

#### **5.2.3.4 Erosión Química**

Según (Broto, 2005), la erosión química es el proceso en el cual un material recibe una alteración superficial y molecular en su integridad como consecuencia de ciertos procesos y reacciones de carácter químico que se relacionan con los componentes mismos del material y como estos interactúan con los agentes externos que lo atacan (contaminantes atmosféricos, sale, álcalis, productos químicos de uso cotidiano, etc.). El resultado final de este proceso genera un debilitamiento progresivo que aumenta la vulnerabilidad de las estructuras debido al cambio molecular experimentado.

### **5.3 CAUSAS DE LAS LESIONES**

En caso de que la causa sea el origen de un proceso patológico, esta debe ser el objeto de estudio porque es el verdadero origen de la lesión. Si solo tratamos la lesión y no la causa, las lesiones seguirán apareciendo.

Para tratar una lesión correctamente, es imprescindible identificar las causas y realizar un estudio tipológico de las mismas. He aquí la importancia de diferenciar los dos grandes grupos de causas (Directas e Indirectas).

#### **5.3.1 Causas Directas**

Son todas aquellas acciones que dan origen a los procesos patológicos iniciando la degradación de los materiales (Broto, 2005). Las causas directas se dividen en cuatro grupos.

##### **5.3.1.1 Causas Mecánicas**

Son acciones generadas debidos a errores en los cálculos de las sobrecargas, defectos en la ejecución, errores de diseños, cambio de uso de la edificación, e inclusive hasta por impactos o rozamientos. Todos estos traen como consecuencia afectaciones a elementos estructurales, cerramientos, tabiques o acabados. Las lesiones más comunes que aparecen como consecuencia de estos errores, son los desprendimientos, grietas o fisuras.

### **5.3.1.2 Causas Físicas**

Estas causas son el resultado de la acción de los agentes atmosféricos sobre las edificaciones. Entre estos agentes tenemos las lluvias, las cuales provocan humedades, ensuciamientos por lavado diferencial, erosión, etc. Los cambios bruscos de temperatura provocan dilataciones y contracciones que dan paso al surgimiento de fisuras y grietas; el viento influye en la acción de la lluvia; las heladas provocan desprendimientos y erosiones, y la contaminación atmosférica genera ensuciamientos de las fachadas por lavado diferencial y por depósito.

### **5.3.1.3 Causas Químicas**

Se originan a partir de las influencias de los seres vivos y los agentes químicos dispersos en la atmosfera. Por ejemplo las sales solubles que se encuentran en ladrillos, moteros y piedras suelen reaccionar con la humedad, provocando la aparición de eflorescencias. Los organismos animales y vegetales, segregan ácidos que atacan y degradan los materiales. Algunos contaminantes ambientales (dióxido de carbono, sulfatos) reaccionan con componentes mineralógicos de fachadas, dando paso a erosiones químicas variadas.

### **5.3.1.4 Lesiones Previas**

Una lesión puede ser causada por una lesión previa, como por ejemplo las deformaciones suelen ser el producto final de la evolución de un desprendimiento, de una grieta o de una fisura, estas a su vez son causas por erosiones físicas o químicas, dilataciones o contracciones térmicas, humedades, etc.

### **5.3.2 Causas Indirectas**

Este tipo de causa es originado por factores inherentes a las unidades constructivas, como composición química de los materiales, la forma o disposición en que son colocadas las unidades estructurales debidas a un diseño defectuoso o a una mala elección. Pero solamente una causa no basta para dar origen a un proceso patológico, por lo general para que se deba un proceso en el cual tienen que combinarse diferentes tipos de causas indirectas (Broto, 2005).

### **5.3.2.1 Causas de Proyecto**

Se deben a los errores producidos a lo largo del planteamiento y diseño del proyecto. Dentro de estos errores se encuentran:

- Diseño global de la estructura inadecuada.
- Diseño defectuoso en un elemento constructivo.
- Diseño defectuoso de juntas.
- Técnica y sistema constructivo inadecuado u obsoletos.
- Selección y control de calidad de los materiales inadecuado.

### **5.3.2.2 Causas de Ejecución**

Estos errores surgen de una mala ejecución de las unidades constructivas y también debido al incumplimiento de las condiciones técnicas como pliegos, especificaciones o normativas. Estos errores no tienen relación alguna con los errores de proyecto.

### **5.3.2.3 Causas de Material**

Son los factores que proceden de errores en la fabricación de un material cualquier y que produce pérdidas considerables de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Por lo tanto si el material no cumple con las características para la misión constructiva que le corresponderá en la edificación, el surgimiento de un proceso patológico será seguro.

### **5.3.2.4 Causas de Mantenimiento**

Estos factores son propiciados por el mal uso de un edificio, por la falta de un mantenimiento periódico adecuado al uso de la estructura o porque la edificación está siendo utilizada de forma distinta para cual fue diseñada. El propietario tiene que tener en cuentas todos estos factores para lograr que la estructura tenga una vida útil más larga.

## **5.4 INTERVENCIÓN SOBRE LAS LESIONES**

La intervención sobre las lesiones puede ser de prevención, reparación, restauración o rehabilitación según lo amerite el caso. A continuación se detallan los parámetros que definen el tipo de intervención.

### **5.4.1 Prevención**

Para establecer medidas preventivas, es vital realizar el estudio de los procesos patológicos, y sobre todos de la causas. En la prevención se consideraran las causas indirectas, que como se había mencionado anteriormente, son las que surgen comúnmente en el diseño o ejecución de una edificación.

### **5.4.2 Reparación**

(Broto, 2005) Define las reparaciones como el conjunto de acciones, tales como demoliciones, saneamientos y aplicación de nuevos material, con el fin de recuperar el estado arquitectónico y constructivo de la unidad lesionada. Para comenzar con el proceso de reparación, se tiene que tener identificado el proceso patológico de la lesión (causa y evolución).

Si el proceso patológico se ha identificado a tiempo, únicamente se aplicaran productos con la misión de proteger, sin embargo en ocasiones la reparación implicara la demolición o sustitución parcial del elemento que contiene la lesión.

La reparación se compone de dos fases muy diferenciadas:

- Se actuara primero sobre la causa u origen de proceso.
- Una vez detectadas y solucionadas las causas, se procederá a la intervención de lesiones.

Para aplicar las técnicas correctas de reparación, es indispensable tener en cuentas las dos fases mencionadas anteriormente, además se debe de estar claro que la intervención individual de un elemento constructivo puede llegar a influir en el comportamiento global de la edificación. Otro punto a consideras, es la

incompatibilidad entre los materiales existentes en la estructura y el comportamiento de los nuevos materiales.

Para identificar correctamente las causas, es necesario seguir un proceso ordenado y progresivo a la hora de intervenir cualquier lesión. Por esto el procedimiento cuenta con tres etapas:

- Tomar datos para conseguir una definición física lo más desarrollada posiblemente del elemento a reparar. Esto permitirá evaluar el estado actual de la unidad dañada.
- La segunda etapa consiste en reconocimiento de los daños existentes, la ubicación, la forma, cuantificación, etc.
- La tercera y la última, tiene como objetivo proporcionar un diagnóstico y una propuesta de actuación, mediante un análisis técnico de los datos obtenidos en la etapa anterior.

#### **5.4.3 Restauración**

Se habla de restauración cuando la reparación se enfoca meramente a un elemento concreto o a un objeto de decoración. (Broto, 2005)

Antes de intervenir una edificación que es considerada patrimonio histórico de una sociedad, que se deben de tener en cuenta cuatro puntos básicos:

- La intervención debe ser la mínima posible.
- Se debe de respetar la antigüedad de los elementos constructivos.
- Diferenciar lo existente que aún se encuentra en buen estado, con lo que se encuentra deteriorado.
- No aplicar reglas generales, sino específicas para cada intervención.

Sin duda alguna la restauración no solo está destinada a la conservación de los aspectos formales del edificio, sino vas más allá de esto, teniendo como propósito sustancial la conservación de las características del conjunto arquitectónico

completo y los demás elementos que lo componen. Para la conservación de estos aspectos se debe realizar un proyecto de restauración que debe ir acompañado con un estudio exhaustivo del conjunto arquitectónico, teniendo en cuenta siempre la obra original, así como también los posibles cambios o modificaciones que conllevarían la intervención. Este proyecto se basa en las observaciones gráficas y fotográficas interpretadas bajo el aspecto metrológico, de los trazados regulares y de los sistemas proporcionales, el cual comprenderá un cuidadoso estudio específico de las condiciones de estabilidad.

#### **5.4.4 Rehabilitación**

Comprende una serie de posibles fases:

- Un estudio patológico con diagnósticos parciales.
- Un proyecto arquitectónico para nuevos usos
- Reparaciones de diferentes unidades constructivas
- Restauración de distintos objetos y elementos individuales

En la reparación, restauración y en la rehabilitación se debe de trabajar con un anteproyecto de actuación que debe ser minucioso y profundo, en el cual deben de realizarse un estudio de cada uno de los elementos de la intervención. Además es vital incluir una investigación técnica e histórica, un diagnóstico de daños y causas, y no menos importantes, un proyecto de intervención general.

La importancia de incluir una investigación histórica en el proceso de intervención de una estructura, radica en conocer la posibles intervenciones a la que fue sometida la estructura en el paso, o los posibles fenómenos que han afectado a los largo de su vida útil a la edificación.

En la diagnosis de daños y causas se debe de incluir un plano actual, apoyándose en el plano antiguo, y mediante un sistema de fonometría, identificar y ubicar las posibles anomalías, además comparar las propiedades de los materiales dañados con los que encuentran en buen estado, estudiar la evolución de los material, teniendo en cuenta la posible influencia del clima y de los variados agentes contaminantes presentes en ambiente.

Posibles causas que dan origen a lesiones en monumentos históricos:

- Debido al extenso tiempo de construcción de estos monumentos, los materiales utilizados no poseían las mismas propiedades físicas, lo que resulta a través del tiempo en degradación diferenciada en distintos puntos de la edificación.
- La condensación es un fenómeno muy común en los monumentos históricos, porque las paredes están más frías que el aire interior, provocando en muchas ocasiones humedades relativas mayores al 70%. Esta humedad llega a acumularse en zona donde el aire circula muy poco (esquinas, bajos cuadros, antepechos de ventanas, etc.).
- Los cambios y transformaciones realizadas por el humano a lo largo de la vida útil de la edificación, suelen llegar a ser muy agresivas para los materiales.
- Excesos de cargas generados por nuevas instalaciones que no estaban contempladas en el génesis de la estructura.



**Figura 30. Técnica de Rehabilitación Estructural (Encamisado)**

## 5.5 ALTERACIONES COMUNES EN MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

**Tabla 2. Alteraciones comunes en materiales y elementos estructurales**

<p><b>Distorsión o inclinación</b></p>	<p>Es la falta de verticalidad en los elementos. Este problema puede ocurrir antes, durante o después de la construcción, debido a la inducción de movimientos sobre un elemento, generados por agentes mecánicos, físicos e inclusive por errores humanos.</p>	 <p><b>Figura 31. Ejemplo de distorsión</b></p>
<p><b>Deterioro diferencial</b></p>	<p>Tiene como característica principal, la degradación de un material en distintos niveles y esta alteración puede observarse con frecuencia en edificios con sillería de piedra.</p>	 <p><b>Figura 32. Ejemplo de Deterioro Diferencial</b></p>
<p><b>Expoliación y Descamación</b></p>	<p>Es la separación entre las láminas paralelas o escamas debido a la presencia de agua. Esto ocurre usualmente en las zonas más bajas del edificio, donde la presencia de agua es más común.</p>	 <p><b>Figura 33. Ejemplo de Expoliación</b></p>

<p><b>Arenización y Disgregación Granular</b></p>	<p>Es la pérdida de cohesión entre los granos de un material, lo cual se debe a la desaparición del aglomerante, provocando que los granos queden sueltos.</p>	 <p>Figura 34. Ejemplo de Disgregación Granular</p>
<p><b>Alteración cromática</b></p>	<p>Son manchas que aparecen sobre la superficie de los materiales, las cuales pueden tener diferentes causas que las originan</p>	 <p>Figura 35. Ejemplo de Alteración Cromática</p>
<p><b>Película y Moteado</b></p>	<p>Es una capa de materia orgánica, de origen biológico y que puede llegar a tener un espesor de hasta 1mm.</p>	 <p>Figura 36. Ejemplo de Moteado</p>

<p style="text-align: center;"><b>Pulverización</b></p>	<p>Es una alteración muy parecida a la arenización y disgregación, con la única diferencia, que aquí el material llega a convertirse en polvo. Este tipo de alteración suele producirse casi siempre por agentes erosivos presentes en el ambiente o por eventos extraordinarios.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 37. Estado final de un material pulverizado</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Depósito superficial</b></p>	<p>Es un fenómeno que ocurre en las zonas que no se someten lavados o limpieza, por lo que la acumulación de materia orgánica, polvo u otros residuos es inminente. Esto también puede ocurrir en las partes bajas de las edificaciones, producto de las escorrentías que producen las lluvias.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 38. Ejemplo de Deposito Superficial</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>Alveolización</b></p>	<p>Los alvéolos son el producto de la disgregación y posterior separación de los granos de la arena de la matriz de los materiales porosos, dando como resultado unos surcos que van aumentando en extensión y profundidad.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Figura 39. Ejemplo de Alveolización</b></p>

## 5.6 ENSAYOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La determinación de las características físicas, químicas y mecánicas, permiten definir y comprender de mejor forma las propiedades de los materiales, así como también las posibles causas de la lesiones sobre un elemento de la estructura. Es por esto que existen diversas clases de ensayos,

### 5.6.1 Ensayos Físicos

- **Porosidad:** se puede obtener mediante la absorción de agua por inmersión o por a través de una técnica especializada, que es la inyección de mercurio, mediante la cual se obtiene la distribución del tamaño de los poros y el volumen total de la muestra expresada.
- **Color:** esta prueba se puede realizar por comparación con cartas o atlas de colores, o por medición directa con espectrocolorímetros. En el área de estudios de los materiales, el color es una propiedad física muy importante, por lo que un cambio de color en las edificaciones significa que los materiales han sufrido alteraciones.
- **Conductividad Eléctrica:** con este ensayo podemos determinar la cantidad de agua y sales móviles disueltas en un material, pero para esto se necesita de un voltímetro electrónico, un sistema de electrodos y una fuente de corriente alterna.
- **Succión (capilaridad):** primero se determinara la longitud y anchura exacta de la muestra que estará en contacto con la lámina de agua. Después e irá pasando la muestra a intervalos de tiempo para determinar la cantidad de agua absorbida.
- **Permeabilidad al agua:** esta prueba es de mucha importancia para determinar la eficacia de los productos superficiales de hidrofugación para la impermeabilización de muros. Este ensayo consiste en determinar la cantidad de agua que pasa sobre la superficie de un cuerpo de caras paralelas en un tiempo determinado.

### 5.6.2 Ensayos Químicos

- **Prueba de Carbonatación:** en este ensayo se utiliza la sustancia química conocida como fenolftaleína. La Fenolftaleína es un compuesto químico inorgánico que se obtiene por reacción del fenol ( $C_6H_5OH$ ) y el anhídrido ftálico ( $C_8H_4O_3$ ), en presencia de sulfúrico. Para la prueba de carbonatación, cuando aplicamos la fenolftaleína a un trozo de concreto recién extraído o a una superficie recién expuesta, es posible determinar fácilmente que porción del concreto no está carbonatada, ya que dicha porción se teñirá de un color rosa-fucsia intenso, no así la parte carbonatada, que generalmente presenta el aspecto de concreto humedecido solamente.



Figura 40. Ejemplo de Prueba de carbonatación con fenolftaleína

- **Método general:** Consiste en la disolución de la muestra en ácido clorhídrico para determinar la presencia de sílice insolubles y otros componentes.
- **Método ASTM:** este ensayo permite determinar el contenido de aglomerante (cemento) presente en concretos de cemento Portland.

### 5.6.3 Ensayos Mecánicos

Comprenden una amplia variedad de técnicas y procesos que normalmente se encuentran regulados por los reglamentos existentes para cada tipo de material. Cada uno de estos ensayos pretende determinar de manera práctica las propiedades mecánicas de los materiales que se utilizan comúnmente en la construcción, para establecer parámetros que ayuden a comprender las capacidades de cada material. Algunos de los ensayos más comunes son: el ensayo de resistencia a la compresión, ensayo de resistencia a la tracción, ensayo de resistencia a flexión y ensayo de torsión.

### 5.6.4 Ensayos Medioambientales

La mayoría de estos ensayos tienen como objetivo normalmente, reproducir las acciones que pueden generar los agentes de alteraciones naturales sobre la materiales. Estos tipos de ensayos son:

- **Ensayo de Envejecimiento Artificial Acelerado:** consiste en someter a la muestra a uno o varios factores ambientales, para que actúen sobre ella de forma cíclica y normalizada, con el fin de reproducir las acciones que producen los agentes de alteración naturales.
- **Ensayo Termo-hídrico de los Ciclos de Humedad-Sequedad:** se sumerge la muestra en agua y después se procede con el secado en una estufa, con el objetivo de poder identificar las secuelas que causa el proceso de Humedecimiento-Secado.
- **Ensayo de Niebla Salina:** la muestra es sometida a una niebla artificial, generada por una disolución de cloruro de sodio. Esta prueba representa o simula las consecuencias que puede causar la brisa marina sobre materiales de construcción comunes como el concreto y el acero.

## 5.7 TECNICAS DE DIAGNOSTICO

Las técnicas de diagnósticos están basadas en métodos instrumentales de investigación.

### 5.7.1 Diagnóstico de tipologías constructivas

A través de la tipología constructiva se puede realizar un análisis de las deformaciones que puedan presentarse en la estructura, para esto es necesario realizar una serie de ensayos que tienen como objetivo final ofrecer un diagnóstico de las patologías encontradas.

#### 5.7.1.1 Ensayos no destructivos

Comprenden todas las pruebas que no inducen un daño físico, químico o mecánico a las unidades ensayadas. Algunos de los más comunes son:

- ✘ **Termografía por Infrarrojo.** Se fundamenta en la idea que todos los cuerpos emiten y absorben radiación en función de su longitud de onda. Este ensayo se ha utilizado en fachadas de estructuras de fábricas para la realización de cartografías o mapeos de humedades, para detección de pérdidas de cohesión. Las zonas donde hay menos cohesión emiten radiación infrarroja diferente a las de las zonas próximas con mayor cohesión.
- ✘ **Método Esclerométrico.** Se utiliza con frecuencia para determinar la resistencia del concreto. El ensayo se basa en la teoría del rebote elástico. Una masa conocida golpea una superficie que es infinita en comparación al tamaño de la masa, después la energía recuperada mediante el rebote de la masa es un índice de la dureza de la superficie ensaya. El equipo utilizado para la realización de esta prueba es el Martillo Suizo o Esclerómetro. Este ensayo cuando es realizado en el concreto, tiene como objetivos principales:

- Comprobar la uniformidad de la calidad del hormigón en relación con una calidad promedio y en términos de índice esclerométrico
- Comparar un concreto con otro de referencia.
- Estimar la resistencia de un hormigón en probetas y su relación con los índices esclerométricos obtenidos.



Figura 41. Esclerómetro Digital

#### **5.7.1.2 Método basado en la Velocidad de Propagación del Sonido**

Este método está basado en la propagación de las ondas ultrasónicas, las cuales son elásticas y con frecuencias por encima de 20 KHz. La transmisión de la onda a través de un medio (el material), depende de la fuerza de unión entre las partículas. El ensayo consiste en medir el tiempo que transcurre en viajar la señal entre la emisión y recepción entre dos puntos a una cierta distancia. El tiempo de propagación de impulso ultrasónico depende de la densidad del material y la presencia de huecos, es decir, de su anisotropía. En caso que el material presente vacíos llenos de aire, grietas, y fisuras que se encuentre entre los transductores, y cuya área sea mayor que la del traductor, obstruye el paso de la onda ultrasónica, recorriendo esta un camino alrededor de su periferia, alargando el tiempo de propagación, siendo evidente que existe algún defecto dentro del material. Para la realización de este ensayo existen tres tipos diferentes de transmisiones:

- ✘ **Directa:** Aquí los transductores se colocan en sentido opuestos sobre superficies plano-paralelas del material.
- ✘ **Semi-directa (diagonal o en ángulo):** Los palpadores se colocan sobre caras contiguas o adyacentes.

- × **Superficial o indirecta:** Los palpadores se colocan sobre la cara del edificio. Esta técnica no implica ninguna modificación de las características de los materiales, y mejor aún, permite descubrir las partes alteradas, frágiles o de calidad diferente de un elemento estructural o arquitectónico

#### **5.7.1.3 Medición Visual Directa Endoscopia**

Se realiza para inspecciones internas a través de grietas, fisuras u orificio, mediante un endoscopio, con el fin de observar e identificar las diferentes patologías constructivas que pudiesen estar presentes en algún elemento estructural. El único inconveniente de este ensayo, es que en ocasiones es necesario realizar una pequeña perforación a muros o a cualquier otra unidad constructiva, para que el endoscopio pueda penetrar.

#### **5.7.1.4 Microscopia Directa de fluorescencia**

Es una técnica muy utilizada para la caracterización de sistemas porosos de cualquier material. La técnica utiliza la radiación de Fluorescencia visible que emite una muestra al haber sido excitada por una radiación incidente. Se observan los componentes fluorescentes que ocupan la red de espacios vacíos sobre un fondo negro y, por tanto, la morfología y distribución de los mismos. En este ensayo solo se observara la porosidad abierta, mientras que los poros y fisuras no son observables.

#### **5.7.1.5 Métodos de Análisis térmico**

Se basa en la aplicación de calor controlada a los minerales, lo que produce en ellos modificaciones de sus propiedades físicas o químicas, de tal forma que a simple vista se pueden apreciar las variaciones del mineral.

### **5.7.2 Diagnóstico de deformaciones, tensiones y desplazamientos**

Para medir los efectos que provocan las cargas de larga duración sobre los elementos estructurales de una edificación, es necesario realizar una serie de medidas que avalen el deterioro existente por las cargas antes mencionada.

### 5.7.2.1 Medida de Deformaciones

- ✘ **Extensómetros de Cuerda Vibrante:** un alambre delgado es sometido a cargas de tracción y sus extremos se fijan a dos partes rígidas de la estructura. La vibración en la estructura provocaran que el cable se estire, lo que resaltara el efecto que tiene la vibración excesiva en la edificación. Este método puede utilizarse en superficie o embebidos en hormigón en el interior del material.
  
- ✘ **Extensómetros Mecánicos:** se fundamentan en la medida de la variación de la longitud sobre una medida base. Debido a que estos valores de variación de la longitud son muy pequeños, estos aparatos llevan dispositivos mecánicos capaces de amplificar variación de longitud de base, logrando así la detección precisa por parte de aparato. Existen diferentes tipos de extensómetros mecánicos, entre ellos tenemos: de lectura directa, de amplificación mecánica sencilla, de amplificación múltiple y de palancas ópticas. A partir de estos procesos de medida, se puede llegar a las interpretaciones siguientes:
  - Si las variaciones de espesor de la fisuras muestran alteraciones de crecimientos y acortamientos, la interpretación se puede hacer comparando los movimientos con el estudio de las variaciones de la condiciones in situ.
  - Si las variaciones del espesor crecen con el tiempo, puede ser a consecuencia de un asentamiento en el terreno.

### **5.7.2.2 Medida de Tensiones**

- ✘ **Gatos Planos:** es recomendado para medir las tensiones en una estructura en una zona cercana a la superficie. El ensayo consiste en dos fases:
  - **Medida del Estado de Tensión.** Esta fase está basada en la relajación causada por el plano de corte normal en la superficie del muro. Se coloca un gato plano especial en el lugar del corte y se aumenta gradualmente la presión hasta llegar a la medida tomada previamente.
  - **Instalación de Bases Móviles.** En esta última fase se instalan varias bases de medidas móviles en la superficie libre de la muestra, para obtener un cuadro completo de la deformación axial y transversal de la muestra.
- ✘ **Emisión Acústica:** Es un método que registra la energía autogenerada a consecuencia de las tensiones internas que se producen en el interior de un material o estructura. Esta energía se manifiesta a través de ondas elásticas que son captadas y registradas mediante un sistema de captación, un sistema amplificación y un sistema de registro.

### **5.7.2.3 Medida de Desplazamientos**

- ✘ **Colocación de Testigos:** son hechos de mortero de yeso o de cemento. El mortero de yeso es colocado cuidadosamente en el interior de la edificación, humedeciendo previamente la zona y marcando después la fecha de colocación. Esto mismo se debe de realizar para el mortero de cemento, el cual se coloca en la parte exterior de la estructura. Se colocan sobre grietas o fisuras, con el objetivo de determinar si los movimientos en el edificio han cesado o no.
- ✘ **Aparatos Topográficos:** pueden ser teodolitos y niveles, los que permiten determinar los desplazamientos sufridos por una estructura entre dos estados de carga. Los niveles proporcionan información sobre desplazamientos verticales, y a su vez los teodolitos proporcionan datos de desplazamientos horizontales. La precisión de estos equipos es de 0.01 milímetros.

- ✘ **Lupas Micrométricas:** son lupas de poco aumento que llevan incorporadas escalas en decimas de milímetros, permitiendo determinar variación en las anchuras de las fisuras.
- ✘ **Flexígrafo Láser:** es un aparato que permite medir desplazamientos verticales y horizontales. La prueba se basa en instalar un rayo láser que puede estar ligado a un punto móvil dentro de la estructura, o a un punto fijo de referencia externo a la estructura.
- ✘ **Fotogrametría:** permite la verificación de deformaciones y fisuras, mediante la captura de imágenes, pudiendo contribuir a su medición, así también permite hacer un seguimiento de su evolución. Es de vital importancia tener en cuenta la fecha de captura de la imagen y también las condiciones atmosféricas en dicho momento de la captura.

#### **5.7.2.4 Medida de Aceleraciones**

- ✘ **Acelerómetros:** es un equipo que permite medir las fuerzas de inercia que tienen lugar en un punto de la estructura sometido a aceleraciones. También se ha empleado para realizar medidas comparativas de los efectos que generan distintas cargas sobre una estructura, o el efecto que tiene una carga particular en distintas estructuras.

#### **5.7.3 Diagnóstico de patologías medioambientales**

Para verificar las posibles afectaciones que se producen en un material o estructura, a consecuencia del medio ambiente, es necesario recopilar datos de estaciones meteorológicas cercanas a la edificación o del centro meteorológico nacional, de tal manera que se puedan verificar si las variaciones de temperatura, presión, viento humedad son los responsables de las lesiones que aparecen en los materiales o unidades constructivas.

Debido a que la humedad es uno de los agentes externos que más ataca a los materiales, existen muchos métodos para medirla, los más comunes son:

- ✘ **Método Gravimétrico:** para este método la muestra se calienta en una estufa a 100 - 110°C y la pérdida de peso en ella, representa la cantidad de agua (humedad) que existía en el material.
- ✘ **Método Eléctrico:** existen dos, los medidores de conductividad y los de capacitancia. Ambos métodos proporcionan medida directas del contenido de agua presente en una unidad constructiva.

## 5.8 EVOLUCION Y SEGUIMIENTO DE LAS LESIONES

Una vez obtenidos todos los datos mediante las técnicas de diagnóstico, se puede reconstruir el desarrollo del proceso patológico definiendo su origen y causa, su evolución y estado actual, con el objetivo de atender a los trastornos a través de un seguimiento adecuado. Para ello es necesario utilizar fichas de registro de toma de cada material, en la cuales se harán constar el tipo y cantidad de muestra analizada, su localización exacta en el edificio, fecha de análisis, así como el propósito del mismo.

## 5.9 DIAGNÓSTICO Y MEDIDA DE ACCIÓN

Una vez realizado el proceso de seguimiento y evolución, se procede a concluir con un diagnóstico definitivo, y también obviamente, se tiene que realizar la intervención. Para esto existen una serie de propuestas de *reparación* para la edificación, en caso de que existan daños o una serie de propuestas de *mantenimiento* en caso de que el objetivo del diagnóstico sea solo prevenir lesiones.

Una vez identificada y corregida la causa de la lesión, se procede a devolverle a las unidades o elementos constructivos sus aspectos y funcionalidades originales, mediante una serie de actuaciones que están en dependencia de las características del material.

## 5.10 PROPUESTAS DE REPARACIÓN

Son muy variadas y dependen principalmente de las propiedades de los materiales o elementos constructivos y del tipo de lesiones presente.

**Tabla 3. Propuestas de Reparación Según el Tipo de Lesión**

<b>Lesión</b>	<b>Propuesta de Reparación</b>
<b>Humedades</b>	Cuando llegan a secarse, dejan manchas o aureolas, las cuales se pueden eliminar por simple limpieza o tapar con pintura según sea el caso.
<b>Erosión Física</b>	Está sujeta principalmente al nivel de erosión que presente el material u elemento. En función de ello se puede proceder a la sustitución del elemento por otro, a sanear y endurecer, o tapar y proteger con nuevos acabados.
<b>Deformaciones</b>	Su reparación es de las más complicadas y, por lo general, una vez anulada la causa, se dejan con el defecto permanente. Solo que la deformación sea extraordinaria se procede a corregirla mediante esfuerzos mecánicos contrarios a los que han generado la lesión. A veces este tipo de actuaciones se complementan con nuevos elemento de refuerzo, pero en ocasiones la lesión puede ser tan grave que solo se puede optar por la demolición o sustitución de elemento dañado.
<b>Grietas</b>	Un elemento agrietado se convierte en dos elementos que, a su vez, se comportan de maneras distintas ante las acciones físicas o mecánicas, por lo que volverlos un solo elemento de nuevo, es casi imposible. Por ello, este es uno de los casos en donde la corrección solo se puede llevar a cabo mediante la demolición y sustitución del elemento lesionado.

<b>Fisuras</b>	Presentan distintas variantes, por lo que es necesario un análisis antes de sus reparaciones. Las fisuras de acabados por elemento, se corrigen a través de la demolición y sustitución de todo lo afectado, en cambio las fisuras que se presentan en acabados continuos (arenillado) se suelen corregir mediante la aplicación de un nuevo acabado superficial.
<b>Desprendimientos</b>	Siempre obligan la demolición y recolocación de las unidades afectadas o la demolición total de las unidades afectadas o la demolición total y sustitución por un acabado diferente, considerando la intensidad y extensión de la lesión.
<b>Erosión Mecánica</b>	Al igual que la erosión física, la erosión mecánica está sujeta al nivel de erosión que presente el material u elemento. Tomando en cuenta este nivel se proceder a la sustitución del elemento por otro, a sanear y endurecer, o tapar y proteger con nuevos acabados.
<b>Corrosión</b>	En el caso que la corrosión sea de gran intensidad, habrá que sustituir el elemento, pero sino presenta mayores complicaciones, bastara con aplicar la misma metodología de tratamiento de la oxidación.
<b>Oxidación</b>	Su reparación consiste en el cepillado y en el añadido de una nueva protección
<b>Organismos Vivos</b>	Se pueden aplicar productos repelentes. En el caso de que alguna plaga logre ser erradicada, habrá que considerar la integridad del elemento y, por tanto, su sustitución.

<p style="text-align: center;"><b>Erosión Química</b></p>	<p>Es muy difícil actuar de forma directa sobre, sobre todo cuando los agentes contaminantes provienen de la atmosferas o plantas industriales que estén cercanas a la edificación. A consecuencia de todo esto se tiene que recurrir a la protección del material o elemento como actuación sobre la causa indirecta.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Eflorescencias</b></p>	<p>Son, las de reparación más simple de su efecto y pueden tratarse mediante una limpieza simple, mecánica o química.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Limpieza con Agua o Limpieza Simple:</b> se aplica agua (sin sales) a presión para disociar y arrastrar las partículas de suciedad desde la zona afectada hasta un lugar de depósito. El agua caliente es más eficaz para este tipo de intervenciones, pero debe de ser aplicada con mucho cuidado, debido a que producen reacciones en las sales de los materiales, trayendo como consecuencia las eflorescencias. Lo mismo puede suceder con los dardos de vapor que, si se aplican sin un control de presión y ángulo, suelen provocar una acción demasiado agresiva. En general el lavado con agua se aplica para reblandecer la suciedad para posteriormente proceder a la limpieza.</li> <li>• <b>Limpieza por Medios Mecánicos:</b> son herramienta mecánica de control manual, tales como cepillos metálicos, cabezas de carborundum, bujarardas de agujas, trepanos, etc., y se utilizan como complemento de las limpiezas antes mencionadas.</li> <li>• <b>Limpieza Química:</b> es un complemento de los otros tipos de limpieza y se subdivide a su vez en limpieza acida y limpieza alcalina. En la limpieza alcalina utiliza la soda cáustica con aditivos que se encargan de controlar la penetración. En limpieza acida se utilizan disoluciones de ácido clorhídrico o el fluorhídrico, teniendo siempre presente el tipo de material que se está tratando para no provoca eflorescencias. Su aplicación es sobre superficies humedecidas mediante brochas. Siempre se debe de tener en cuenta que ninguno de los productos químicos a utilizarse en estos sistemas de limpieza, su PH sea mayor a 8 y después de su aplicación, la superficie donde se aplicó el químico será tratada con bastante agua.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Suciedad</b></p>	<p>Se remueve de igual forma que las eflorescencias.</p>

## 5.11 PROPUESTAS DE MANTENIMIENTO

Todas las propuestas de reparación de un proceso patológico, deben ser acompañadas por las propuestas de mantenimiento, las cuales estarán en función del diagnóstico alcanzado. Las propuestas de mantenimiento deben de comprender todas aquellas acciones destinadas a mantener la integridad de la unidad reparada, así como de los materiales y elemento que hayamos aportado para su reparación (Broto, 2005).

Estos son los aspectos más importantes que toda propuesta de mantenimiento debe de contener:

- Revisiones visuales periódicas de los elementos lesionados y reparados, con el propósito de comprobar su estado organoléptico, para evitar la aparición de nuevas lesiones y, en general, para comprobar su integridad.
- Reponer periódicamente los materiales de acabado, lo cual estará en dependencia de su tipo y nivel de explosión, además, de la clase de ambiente en el que este localizado. Hay que tener en consideración la teoría de que los materiales de acabado tienen una vida útil limitada.
- Limpiar periódicamente superficies y elementos de drenajes, con fin de evitar que vuelvan a surgir otros procesos patológicos. Hay que recordar que muchos procesos patológicos tienen su origen en la acumulación de suciedad. De igual forma, muchas humedades se producen a causa de las obstrucciones en drenajes y bajantes.
- En las cimentaciones se debe asegurar su integridad mecánica y química frente a los posibles ataques de los componentes del suelo, en especial, de los sulfatos, del nivel freático, de las roturas de tuberías de agua negras, etc. Por ello la observación periódica será el mejor método de prevención ante la aparición de una lesión sobre dicha unidad constructiva.
- En forjados y losas es vital la observación en las zonas de apoyo y en vanos centrales, con el objetivo principal de evitar el surgimiento de flechas, grietas o fisuras.

- En los pilares y vigas se tendrán que comprobar periódicamente su integridad mecánica a través de la observación, procurando evitar la aparición de deformaciones, grietas o fisuras. Para mantener en un buen estado la integridad fisicoquímica en los elementos de hormigón armado, conviene considerar el estado de las protecciones existentes y la necesidad de su reposición, así también las posibles afectaciones de los contaminantes químicos, de los agentes meteorológicos y de las acciones mecánicas.
- Los balcones y terrazas. En ellos se realiza cada dos años la comprobación de posibles lesiones y, en caso de que existan, se debe proceder a sus reparaciones. Cada seis meses se debe comprobar que el sistema de drenaje esté en perfectas condiciones. Cada cinco años se realizará la limpieza de plataformas horizontales y rincones en general. La protección, saneamiento y colocación de pintura se realizará en periodos similares a los de las ventanas.
- En las cubiertas planas cada dos años se debe hacer la comprobación de las siguientes lesiones y su reparación: humedades de filtración, humedades de condensación, deformaciones, rotura de soportes, grietas, fisuras y organismos. La comprobación de juntas de dilatación, posible saneamiento y refacción se debe realizar cada diez años. Cada seis meses se realiza una limpieza general de la cubierta y específica de sumideros.
- Las cubiertas inclinadas tienen un proceso de inspecciones y comprobación de lesiones idéntico al de las cubiertas planas (cada 2 años). Se debe realizar una limpieza general cada seis meses de la cubierta, canalones y bajantes, además la integridad de limahoyas, limatesa, cumbrera y aleros será comprobada cada cinco años.
- En los techos la comprobación de desprendimientos, humedades de condensación, humedades de filtración y humedades accidentales, deben realizarse cada dos años.

- Puertas se deben de observar cada dos años para visualizar si existen deformaciones, humedades en su parte inferior, desprendimiento de herrajes o presencia de organismos. Deben de ser pintadas cada cinco años en caso de encontrarse en lugares públicos y, cada seis o diez años en caso de estar en lugares privados.
- La comprobación de las siguientes lesiones en las paredes se realizara cada dos años: humedades de condensación, humedades accidentales, erosión mecánica, desprendimientos, fisuras y erosión química.

Poner marcha proceso planificado de mantenimiento no es fácil ni se realiza con la periodicidad necesaria, y eso se debe a muchas razones de tipo técnico, económica y social.

**Tabla 4. Plan de mantenimiento de elementos constructivos (Broto, 2005)**

<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Periodicidad</b>	<b>Comprobación</b>	<b>Acción de reparación</b>	<b>Acción de mantenimiento</b>
<b>Cimentación</b>	Hormigón	5 años	Asentamientos	Recalces	
			Grietas	Recalces	
			Lavados(erosión química)	Recalces y posible impermeabilización	
<b>Contención</b>	Obra de fabrica	2 años	Desplomes y alabeos	Refuerzo	
			Grietas	Refuerzo y juntas de retracción	
			Erosión física o química	Saneado y protección	
<b>Contención</b>	Hormigón Armado	2 años	Desplomes y alabeos	Refuerzo	
			Grietas	Refuerzo y juntas de retracción	
			Erosión física o química	Saneado y protección	
			Estado de protecciones, incluso albardilla		Reposición
<b>Muros de carga, pilastras, arcos y bóvedas</b>	Hormigón Armado	2 años	Desplomes, alabeos, hundimientos y pandeos	Refuerzo	
			Grietas y fisuras	Refuerzo	
			Erosión física, química o mecánica	Saneado y reparación	
			Estado de protección existente	Saneado y reparación	Reposición si es necesario
<b>Pilares y Vigas</b>	Hormigón Armado	2 años	Flechas, pandeos y alabeos	Refuerzo	
			Grietas y fisuras	Refuerzo	
			Erosión física, química o mecánica	Saneado y reparación	
			Estado de las armaduras	Saneado y reparación	
			Estado de la protección superficial		Reposición si es necesario

## 6 INSPECCION VISUAL Y LEVANTAMIENTO DE DATOS



Figura 42. Ubicación del Instituto La Inmaculada



Figura 43. Foto Aérea del Instituto

## 6.1 LEVANTAMIENTO FOTOGRAFICO DE LOS DAÑOS

Mediante la observación y registro fotográfico es posible la discusión sobre las enfermedades existentes en el Instituto La Inmaculada. A continuación se muestra evidencia de las lesiones presentes en la estructura.



**Foto 1. Desprendimiento del recubrimiento y exposición de acero de refuerzo**

En la foto 1 se puede apreciar la agresividad de los agentes de erosión física, especialmente del agua, que drena sobre la losa lo que ha provocado en el elemento el desprendimiento de su recubrimiento y la corrosión de su acero de refuerzo, así también ha surgido materia orgánica alrededor de la unidad constructiva a causa de la humedad constante en esa zona.



**Foto 2. Exposición de refuerzo y mal confinamiento del acero de refuerzo**

En la foto 2 se puede identificar fácilmente que el mal confinamiento y exposición del acero de refuerzo fue causado por una mala técnica constructiva o por la falta de apego a normas técnicas constructivas en el momento de realizar los planos estructurales.

Este elemento se encuentra en el área de la terraza y evidentemente ha sido atacado por agentes de erosión física (la lluvia, el viento, cambios de temperatura y radiación solar.) y química (dióxido de carbono presente en el aire u otro compuesto).



**Foto 3. Desprendimiento de recubrimiento y exposición de refuerzo**

Esta zona de la edificación (boquetes de escaleras) es el hogar de muchas aves que a diario depositan sus excrementos en las paredes del inmueble, provocando el desprendimiento de la pintura y propiciando el surgimiento de nuevas lesiones.



**Foto 4. Ataque químico debido al excremento de aves**



**Foto 5. Desalineación de muro en azotea**

La foto 15 presenta un tipo de lesión común en edificaciones que fueron construidas mucho tiempo atrás en Nicaragua. Como se muestra en la foto el muro presenta una desviación con respecto al eje ortogonal que se supone debería seguir. Este tipo de lesión es de causa indirecta ya que se origina a raíz de una mala técnica constructiva.

La aparición de vegetación es un fenómeno común en estructuras de gran antigüedad. La porosidad del concreto viejo y la aparición de microorganismos (mohos y hongos) propician condiciones para el crecimiento de especímenes mayores. El principal problema con el crecimiento de la vegetación, es que al desarrollarse la planta en las fisuras, comienza un proceso de ampliación no deseada de la lesión generando pérdida de material y progresivamente pérdida de resistencia.



**Foto 6. Crecimiento de vegetación**

En la foto 7 se presenta el paño de losa (L-14). Este elemento se encuentra afectado por la humedad, esto queda en evidencia debido al tipo de marca presente en la lesión. Puede observarse como la afectación posee un patrón circular, característico las lesiones causadas por la humedad de infiltración, lo que a su vez genera la condición para el desprendimiento del recubrimiento, que dicho sea de paso no posee el espesor adecuado con el que debió haberse construido.



**Foto 7. Desprendimiento de recubrimiento en losa de entrepiso y corrosión de refuerzos**

La foto 8 muestra una fisura de 20 cm de longitud y una abertura menor a 1 milimetro. Debido a la aparente inalteracion del elemento se puede inferir que el origen de la fisura es debido a retraccion plastica.

La foto 9 presenta una fisura con una longitud considerable de 29 cm, y una abertura de 2 milimetros. La aparicion de esta grieta se debe al exeso de carga, debido a una variacion no contmplada de la carga que debia cargar incialmente el elemento.



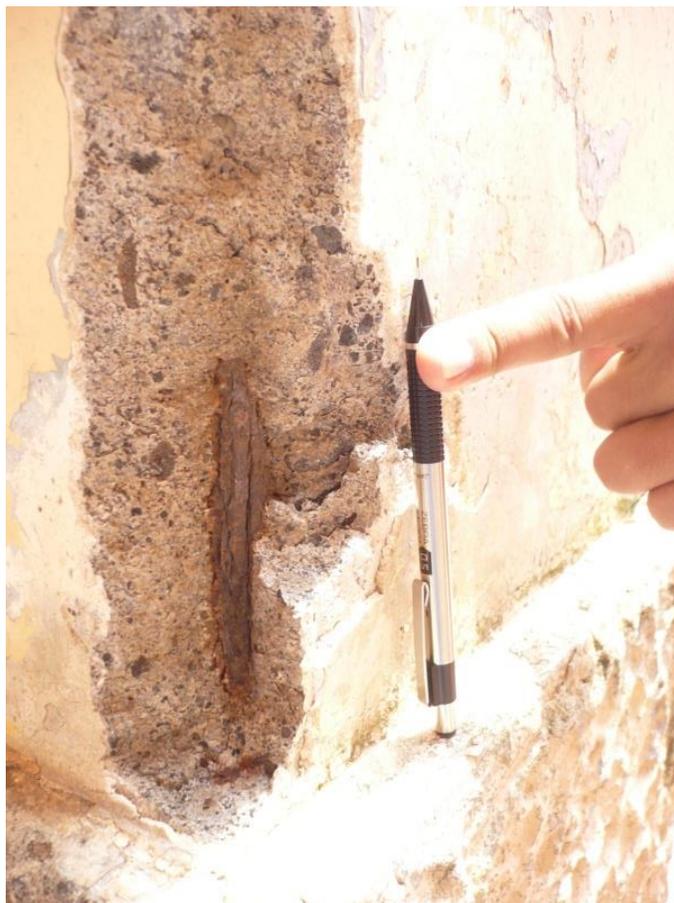
**Foto 8. Fisura Longitudinal en columna -**



**Foto 9. Grieta Longitudinal en columna C-25-**

Si bien es cierto que las patologías mostradas anteriormente tiene un efecto sustancial en la integridad de la estructura, es preciso aclarar que mediante el diagnostico preliminar que se realizó, se pudo constatar que el mayor problema son las manifestaciones de lesiones en los elemento verticales del primer piso, los cuales presentan grietas, fisuras, desprendimientos, exposición de refuerzo, resistencias bajas obtenidas con el esclerómetro y en algunos casos alteraciones constructiva.

A continuación se muestra el registro de elemento con mayores daños visibles.



**Foto 10. Desprendimiento del recubrimiento y corrosión del acero de refuerzo**



**Foto 11. Columna C-4 (D-1)**



**Foto 12. Desprendimiento de pintura y presencia de moho sobre la superficie del elemento (D-2).**

Este tipo de lesión es de causa directa y propiciada por el desconocimiento pleno de las consecuencias que conlleva variar el área transversal de un elemento estructural con el fin de introducir una tubería.

Se puede observar como este elemento ha sido afectado por los agentes físicos de erosión tales como la lluvia y el viento que en esta zona del país (meseta de los pueblos) gran parte del año se manifiestan con mucha intensidad.

Las fotos 14, 16 y 17 muestran columnas cuyas resistencias al ser medidas presentaron valor por debajo de la media de resistencia ( 2946 PSI) para los elementos de la primera planta, siendo más notable en la columna C-25 una fractura de considerable tamaño.



Foto 13. Columna C-25. (D-4)



Foto 14. Perdida capa protectora de pintura (D-5)

Ademas todos estos elemento se encuentran en una zona de concentracion de carga ya que estan en un de las esquinas internas de la alineacion de pilares y sobre todo en una parte de la estructura en la que los elementos se encuntran ergidos hasta el tercer nivel.



Foto 15. Columna C-24 (D-6)



Foto 16 Columna C-22 (D-7).



**Foto 17. Columna C-21 (D-8)**



**Foto 18. Columna C-19 (D-10)**

El desprendimiento del concreto de recubrimiento fue causado por la acción de agentes químicos transportados por el viento, lo que provocó un aumento en la porosidad del material, y por lo tanto una disminución de su resistencia, quedando vulnerable ante las posibles acciones de cargas.

Además de las evidentes fracturas que se muestran en las fotos, el elemento C-19 la resistencia más baja de todos los elementos muestreados con un valor de 1,353 PSI (Ver Anexo D).



**Foto 19. Columna C-20 (D-9)**

La columna C-20 a pesar de presentar grietas y desprendimiento de la capa protectora de pintura, no registró resistencia muy baja en comparación a los elementos mostrados en esta sección, pero a pesar de esto, dicho elemento ha sido considerado como uno de los más críticos debido su ubicación en una de las zonas de mayor carga en la edificación.



**Foto 20. Columna C-17 (D-12)**



**Foto 21. Columna C-18 (D-11)**

La causa de estas grietas y fisuras son consecuencia de la acción de cargas, ya que no se logra visualizar ninguna manifestación de lesiones químicas o físicas. Cabe mencionar que este elemento se encuentra muy cerca de las losas que están cargando equipos de laboratorios.

## 6.2 RESISTENCIA DEL CONCRETO EN COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS

Para crear un modelo representativo en SAP2000, fue necesario obtener datos sobre la resistencia actual del concreto en los elementos estructurales del Instituto la Inmaculada. Esto se logró con ayuda del martillo suizo (Ver Anexo D).



Foto 22. Realización de ensayo con el esclerómetro (Ensayo en tercer Planat)



Foto 23. Realización de ensayo con el esclerómetro (Medición de Prueba)

## 7 PROCESAMIENTO DE DATOS E INTERPRETACIÓN

### 7.1 CALCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

Según lo estipula la normativa ACI 318-08, en su sección 8.5.1, el módulo de elasticidad para concreto con densidad normal puede tomarse como:

$$E_C = 4700 * \sqrt{f'_c} [MPa]$$

(Sistema Métrico)

$$E_C = 57000 * \sqrt{f'_c} [PSI]$$

(Sistema Ingles)

**Ejemplo ilustrativo.** Calculo del Módulo de Elasticidad ( $E_C$ ) para la resistencia promedio de los elementos verticales de la primera planta (CN-1).

Utilizando la resistencia promedio obtenida  $f'_c = 2946 PSI$

$$E_C = 57000 * \sqrt{2946} = 3,093,793 PSI$$

$$3,093,793 \frac{lb}{in^2} * \frac{1 Kg}{2.204 lb} * \frac{1 in^2}{(2.54 cm)^2} = 217,513 \frac{Kg}{cm^2}$$

Una vez obtenido el módulo de elasticidad ( $E_C$ ), el paso siguiente consiste en conocer cuál es la perdida de resistencia que ha experimentado el concreto. Para esto, la referencia inicial se consideró en base a la máxima resistencia obtenida del muestreo, para cada nivel. Esta consideración se realizó con la pauta de que inicialmente todos los elementos poseían una resistencia igual a la máxima medida con el esclerómetro. A su vez, se tomó esta consideración debido a que no existen planos originales que especifique la resistencia inicial que debía tener el concreto.

Retomando el ejemplo ilustrativo, para los elementos de la primera planta tenemos:

$$E_C = 217,513 \frac{Kg}{cm^2} \quad \& \quad E_{C-MAX} = 305,754 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$Perdida\ de\ E_C = \left[ 1 - \left( \frac{217,513}{305,754} \right) \right] * 100 = 28.9\ \% \approx 29\ \%$$

Dado que la pérdida de densidad del concreto ( $\gamma$ ) es proporcional a la pérdida del módulo de elasticidad ( $E_c$ ), es posible conocer la densidad actual de la siguiente manera:

Para un concreto de densidad normal  $\gamma = 2400\ Kg/m^3$

$$\gamma_{actual} = 2400 \frac{Kg}{cm^3} - \left( 2400 \frac{Kg}{cm^3} * \frac{29}{100} \right) = 1704 \frac{Kg}{cm^3}$$

Este procedimiento se realizó de igual manera para obtener los módulos correspondientes a las columnas de los otros niveles, los módulos correspondientes a las vigas y finalmente los pertenecientes a las losas que sirvieron de muestras.

A continuación se presenta el resumen de los módulos de elasticidad obtenidos para cada nivel y tipo de elemento muestreado. Respectivamente se muestran las densidades actuales del concreto. Para crear un modelo representativo fue preciso conocer las condiciones actuales del concreto con el fin de generar en SAP2000 los materiales con las propiedades deseadas. (Ver Anexo D)

**Tabla 5. Resumen de Módulos de Elasticidad Obtenidos**

Columnas	F'c Promedio (PSI)	F'c Máximo (PSI)	E <sub>c</sub> Promedio (PSI)	E <sub>c</sub> Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>c</sub> Máximo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pérdida De E <sub>c</sub> (%)	γ Actual (Kg/m <sup>3</sup> )
CN-1	2946	5821	3,093,764	217,513	305,754	29	1707
CN-2	3040	6186	3,142,684	220,953	315,194	30	1682
CN-3	4632	5821	3,879,452	272,752	305,754	11	2141
Vigas	F'c Promedio (PSI)	F'c Máximo (PSI)	E <sub>c</sub> Promedio (PSI)	E <sub>c</sub> Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>c</sub> Máximo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pérdida De E <sub>c</sub> (%)	γ Actual (Kg/m <sup>3</sup> )
VE-1	2611	4492	2,912,646	204,779	268,592	24	1830
VE-2	1575	3509	2,262,242	159,051	237,391	33	1608
Losas	F'c Promedio (PSI)	F'c Máximo (PSI)	E <sub>c</sub> Promedio (PSI)	E <sub>c</sub> Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>c</sub> Máximo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pérdida De E <sub>c</sub> (%)	γ Actual (Kg/m <sup>3</sup> )
LE-1	1850	4081	2,451,617	172366	256,010	33	1616
LE-2	1561	3529	2,252,041	158334	238,067	34	1596

**Comentario1:** Nótese que las columnas presentan una resistencia mayor con respecto a vigas y losas. Este hecho indica que la estructura obedece al criterio estructural que sugiere construir sistemas estructurales con columnas fuertes y vigas con relativa debilidad, para evitar fallas por inestabilidad.

**Comentario 2:** Como puede observarse en la tabla, la resistencia en las columnas de la primera planta es menor que la resistencia presente en la segunda y tercera planta. Este hecho demuestra que la pérdida de resistencia en los elementos de la primera planta es la razón por la cual los daños más notorios se presentan ahí. Dicha pérdida de resistencia es justificable debido al deterioro progresivo y natural que el edificio ha experimentado a lo largo de su vida útil.

Para lograr una mayor similitud del modelo en SAP2000 con la estructura real, se aislaron los elementos más críticos de la muestra. De esta manera es posible asignarles propiedades individuales para su representación en el modelo.

**Tabla 6. Elementos Críticos**

Primera Planta							
ID	F'c (PSI)	F'c Máximo (PSI)	E <sub>c</sub> Promedio (PSI)	E <sub>c</sub> Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>c</sub> Máximo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pérdida De E <sub>c</sub> (%)	γ Actual (Kg/m <sup>3</sup> )
C-19	1353	5821	2,096,639	147,408	305,754	52	1157
C-22	1506	5821	2,212,011	155,520	305,754	49	1221
C-24	1844	5821	2,447,684	172,089	305,754	44	1351
C-25	1506	5821	2,212,011	155,520	305,754	49	1221
C-26	1670	5821	2,329,341	163,769	305,754	46	1285
Segunda Planta							
ID	F'c (PSI)	F'c Máximo (PSI)	E <sub>c</sub> Promedio (PSI)	E <sub>c</sub> Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>c</sub> Máximo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pérdida De E <sub>c</sub> (%)	γ Actual (Kg/m <sup>3</sup> )
C-14	1844	6186	2,447,684	172,089	315,194	45	1310
C-15	1670	6186	2,329,341	163,769	315,194	48	1247

## 7.2 ESPECTRO DE DISEÑO

Para recrear las condiciones de suelo que presenta la ubicación del Instituto La Inmaculada, se necesitó recurrir a las normas mínimas para la determinación de cargas debidas a sismos, que se encuentran en el RNC-07. Esto como una medida alterna debido a la falta de estudios de suelos específicos del lugar. El RNC-07 provee de una metodología para generar un espectro de diseño cuyos factores dependen de la caracterización de la estructura y de su ubicación dentro del mapa de zonificación sísmica nacional.

### 7.2.1 Grupo (Arto. 20)

Según lo define el Reglamento Nacional de la Construcción, las estructuras esenciales (**Grupo A**) son aquellas estructuras que por su importancia estratégica para atender a la población inmediatamente después de ocurrido un desastre es necesario que permanezcan operativas luego de un sismo intenso, como hospitales, estaciones de bomberos, estaciones de policía, edificios de gobierno, escuelas, centrales telefónicas, terminales de transporte, etc. Asimismo dentro de este grupo entran las estructuras cuyo valor cultural es invaluable. (Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, 2007)

Por consiguiente el Instituto La Inmaculada se encuentra dentro del grupo de estructuras “**A**”.

### 7.2.2 Factor de Ductilidad (Arto. 21)

Se usará  $Q=3$  debido a que la resistencia en todos los entrepisos es suministrada por columnas de acero o de concreto reforzado con losas planas, o por marcos rígidos de acero, o por marcos de concreto reforzado, o por muros de concreto o de placa de acero o compuestos de los dos materiales, o por combinaciones de éstos y marcos o por diafragmas de madera.

Para su modelación en SAP2000 el instituto La Inmaculada está provisto de un sistema estructural de losas planas con columnas de concreto reforzado, encargadas de recibir, transmitir y resistir las cargas presentes en la estructura.

### **7.2.3 Factor de Reducción por Sobre Resistencia (Arto. 22)**

La reducción por sobre resistencia está dada por el factor  $\Omega=2$ .

### **7.2.4 Factor de Reducción por Irregularidad (Arto. 23)**

Según lo estipula el RNC-07, las estructuras que no cumplan con dos o más de las condiciones de regularidad estipuladas en el inciso “a” del artículo 23, deberán multiplicar el valor  $Q$  por un factor de reducción 0.8.

La estructura del instituto posee una relativa regularidad en cuanto a la relación entre su altura y dimensión menor en base, el porcentaje de aberturas en planta, la restricción de sus columnas en dos direcciones y las áreas en voladizo. No obstante posee cierta asimetría en cuanto a los ejes en los que se encuentran algunos de sus elementos verticales y su distribución de masas. Por tal razón se escoge un valor de **0.8**.

### **7.2.5 Influencia del Suelos y Zona Sísmica (Arto. 25)**

Para tomar en cuenta los efectos de amplificación sísmica debidos a las características del terreno, los suelos se dividirán en cuatro tipos, de acuerdo con las siguientes características:

- Tipo I: Afloramiento rocoso con  $V_s > 750$  m/s,
- Tipo II: Suelo firme con  $360 < V_s \leq 750$  m/s,
- Tipo III: Suelo moderadamente blando, con  $180 \leq V_s \leq 360$  m/s,
- Tipo IV: Suelo muy blando, con  $V_s < 180$  m/s.

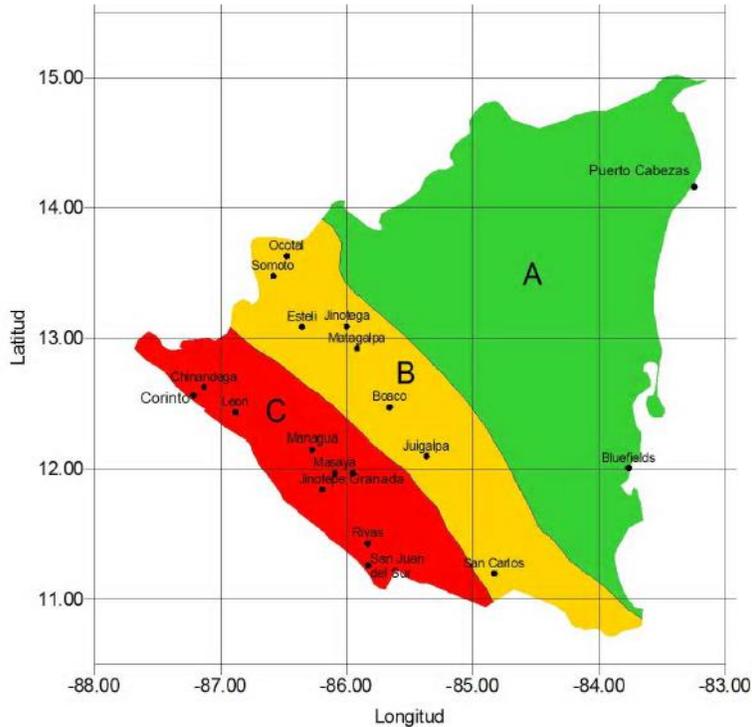


Figura 44. Zonificación Sísmica de Nicaragua (Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, 2007)

Tabla 7. Factores de amplificación por tipo de suelo (S)

Zona Sísmica	Tipo de Suelo		
	I	II	III
A	1.0	1.8	2.4
B	1.0	1.7	2.2
C	1.0	1.5	2.0

(RNC-07)

El tipo de suelo considerado para generar el espectro es “III” debido a que representa las condiciones más críticas a las cuales podría estar sometida una estructura que se encuentre en la zona sísmica “C”, como es el caso de Instituto.

Ubicado en la zona sísmica “C” y con un tipo de suelo “III”, tenemos que el factor de amplificación por tipo de suelo es:  $S= 2$

### 7.2.6 Generación del Espectro de Diseño

El reglamento nacional de la construcción estipula que cuando se apliquen un análisis estático o un análisis dinámico modal, se adoptará como ordenada del espectro de aceleraciones para diseño sísmico,  $a$ , expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, la que se estipula a continuación:

$$a = \begin{cases} S \left[ a_0 + (d - a_0) \frac{T}{T_a} \right] & \text{si } T < T_a \\ Sd & \text{si } T_a \leq T \leq T_b \\ Sd \left( \frac{T_b}{T} \right) & \text{si } T_b \leq T \leq T_c \\ Sd \left( \frac{T_b}{T_c} \right) \left( \frac{T_c}{T} \right)^2 & \text{si } T > T_c \end{cases}$$

Ecuación (6) del RNC-07

El RNC-07 dicta que tratándose de estructuras del Grupo B,  $a_0$  se seleccionara del mapa de iso-aceleraciones del anexo C del RNC-07, mientras que  $d = 2.7 a_0$ ,  $T_a = 0.1$  seg,  $T_b = 0.6$  seg,  $T_c = 2$  seg y  $S$  es el factor de amplificación por tipo de suelo definido en el artículo 23. Para estructuras del Grupo A, las aceleraciones de diseño se multiplicarán por 1.5 y para el grupo C se tomaran igual al grupo B. Para el análisis estático equivalente y modal la aceleración  $a_0$  se seleccionará del mapa de iso-aceleraciones del anexo C del RNC-07.

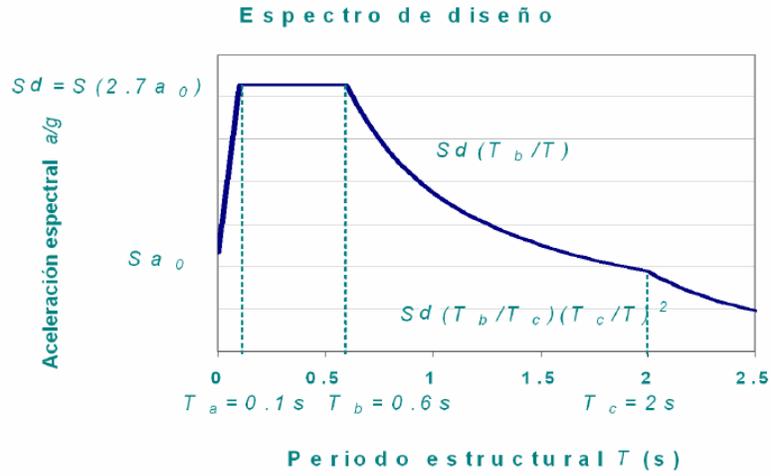


Figura 45. Espectro de Diseño para Nicaragua (Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, 2007)

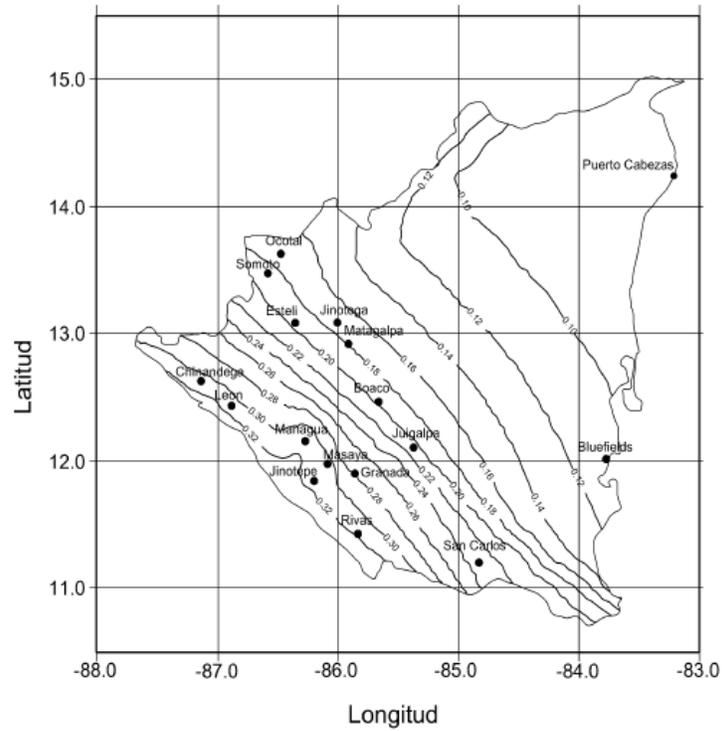


Figura 46. Mapa de Isoaceleraciones (Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, 2007)

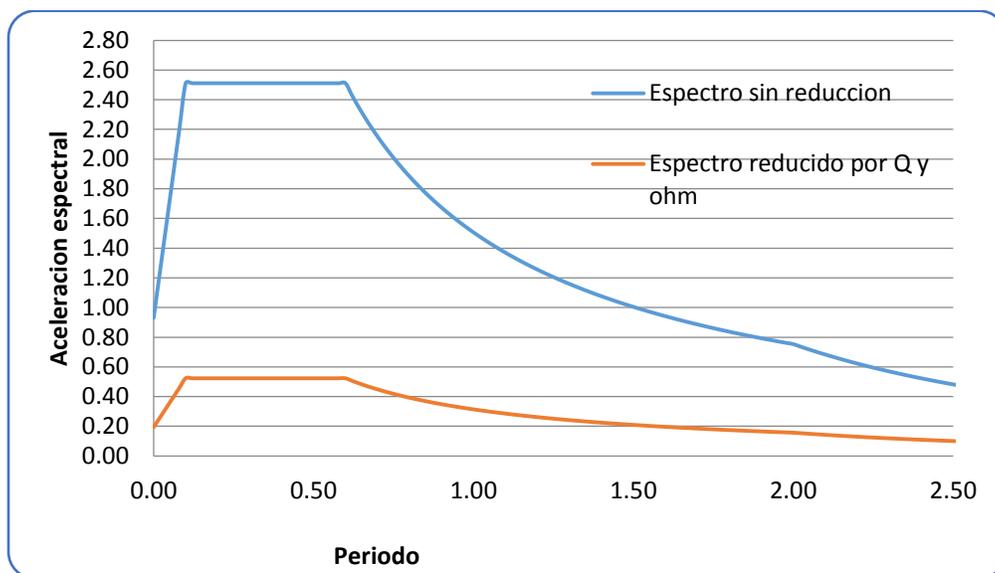
**Tabla 8. Resumen de datos a utilizar para generar el espectro de diseño**

Parámetro	Valor
Tipo de Suelo	III
Grupo Estructural	A
Factor de ductilidad de la estructura(Q)	3.00
Factor de Reducción por Irregularidad	0.80
Factor de Reducción por Ductilidad (Q' = Q*0.8)	2.4
Factor de Reducción por Sobre Resistencia ( $\Omega$ )	2.00
Zona Sísmica	C
Factor de Amplificación por Tipo de Suelo (S)	2.00
Factor de Amplificación Importancia por Importancia de Grupo (f)	1.50
$a_0'$	0.31
$a_0 = f * a_0'$	0.47

Una vez que la estructura ha sido clasificada, es posible determinar el espectro de diseño para un periodo de tiempo que va desde  $T_a = 0.1$  segundos hasta  $T_b = 0.6$  segundos y desde  $T_b$  hasta  $T_c=2$  segundos. Donde  $S_d = S*2.7*a_0$  y  $d = 2.7*a_0$ .

Gracias a la tabla de Excel proveída por el ingeniero Lester Blandon, es posible generar un espectro representativo de las condiciones de la estructura en su sitio de ubicación.

$$S_d = 2 * (2.7 * 0.47) = 2.54 \quad \& \quad d = (2.7 * 0.47) = 1.27$$



**Figura 47. Grafico del Espectro de Diseño Obtenido**

### 7.3 CARGAS Y DIMENSION DE ELEMENTOS

Las cargas consideradas para el análisis del modelo se tomaron del reglamento nacional de la construcción y se escogieron considerando el tipo de carga que existe actualmente en el Instituto.

**Tabla 9. Cargas Vivas**

Concepto	Máxima (Kg/m <sup>2</sup> )	Incidental (Kg/m <sup>2</sup> )
Salones de clase	250	150
Internados de escuelas	200	80
Laboratorios	250	125
Techos de losa con pendiente no mayor de 5%	100	40
Auditorios(sillas móviles)	350	250
Ceniza volcánica	20	
oficinas despachos	250	100
Pasillos	500	250

**Tabla 10. Cargas Muertas**

Concepto	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )
Cielo raso de plywood 1/4 con estructura de madera	16
Ladrillo Cerámica	30
Instalaciones Sanitaria	15
Instalaciones Eléctrica	15
Zinc corrugado calibre 26	6.1
$\Sigma$	82.1

**Tabla 11. Elementos Estructurales Existentes**

Tipo de Elemento Estructural	Dimensión #1	Dimensión #2
Columnas (Ancho x Largo)	32 cm	32 cm
Columnas Esquineras Exteriores (Ancho x Largo)	45 cm	45 cm
Vigas (Base x Altura)	32 cm	45 cm
Losas (Espesor)	25 cm	

Nota: El acero de refuerzo para el modelo de SAP2000 se calculó de acuerdo al mínimo requerido que reglamenta el ACI318-08 para elementos diseñados a compresión, esto debido a que no se cuenta con los planos que especifican la cantidad de acero real con la cual se construyó el edificio.

#### 7.4 MODELO EN SAP2000

Para generar un modelo representativo fue necesario conseguir toda la información necesaria, tal como los módulos de elasticidad y densidad del concreto, planos arquitectónicos, medición de elementos estructurales y consideración de cargas que actúan en la estructura según lo dicta el RNC-07.

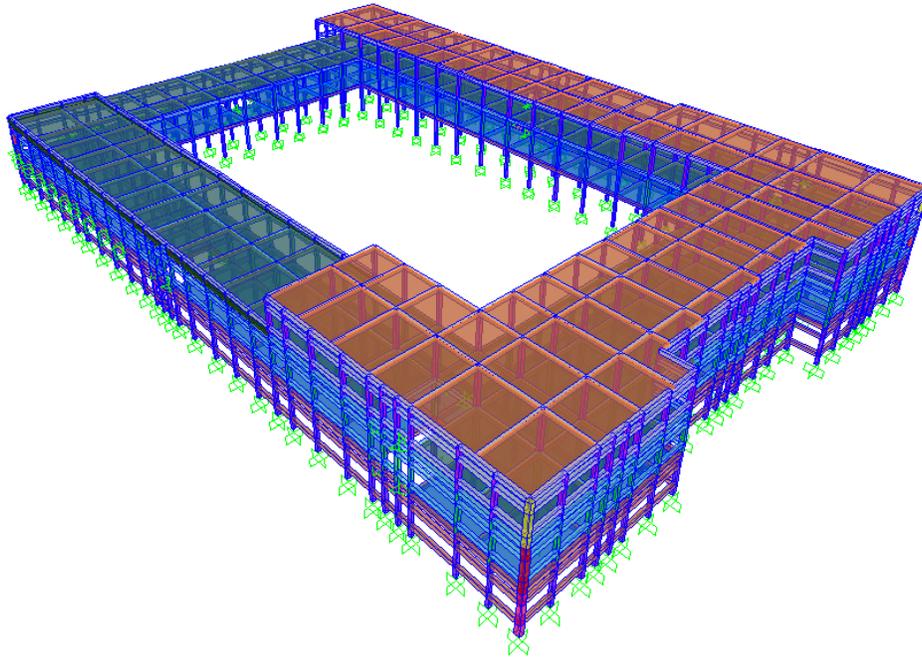


Figura 48. Modelo del Instituto La Inmaculada en SAP2000 (Vista 3D)

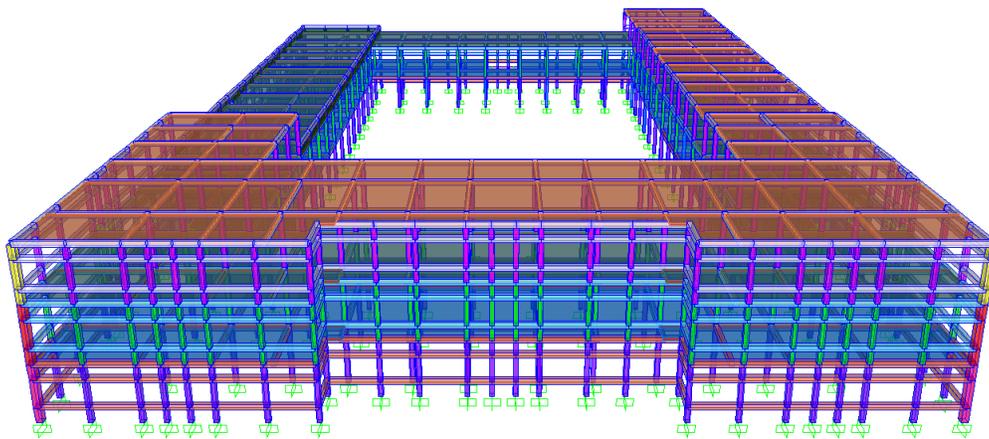


Figura 49. Modelo del Instituto La Inmaculada en SAP2000 (Vista Frontal)

## 7.5 COMPROBACION DE RESISTENCIA DE LA SECCIÓN EQUIVALENTE PROPUESTA (COLUMNA)

Para realizar la comprobación de resistencia, primeramente fue necesario determinar la ubicación de los elementos críticos. De tal manera, al realizar la revisión en SAP2000 se encontró que el elemento con mayor problema es el C-22 con un porcentaje de trabajo de 72.8%. Cabe mencionar que la columna C-22 es el elemento con menor resistencia registrada entre todos los demás de la muestra, corroborando por medio del programa que la ubicación de elemento C-22 es una zona de concentración de cargas.

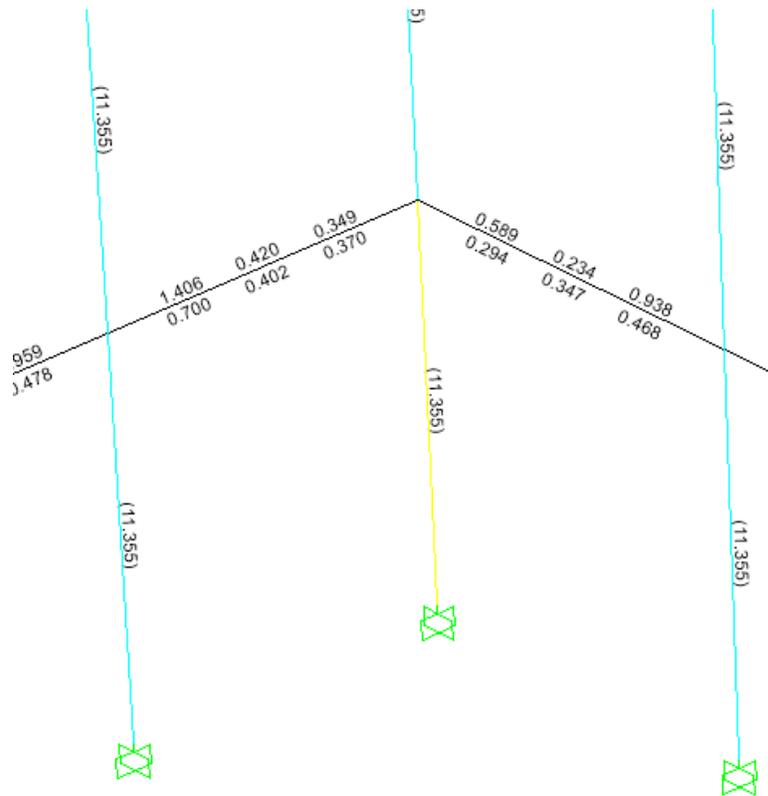


Figura 50. C-22 Elemento con mayor porcentaje de trabajo.

Según el ACI318-08 en su sección 10.9.1 el área de refuerzo no debe ser menor que  $0.01A_g$  ni mayor a  $0.08A_g$ .

Por lo tanto para la sección existente tenemos que :

$$A_{st} = 0.01 * 32cm * 32 cm = 10.24 cm^2$$

Utilizando Varilla #6 tenemos que:

$$10.24 cm^2 \div 2.85 cm^2 = 3.59 \rightarrow 4 \text{ #6}$$

Obteniendo un área de  $11.4 cm^2$ , la cual se asignó al modelo para el análisis inicial.

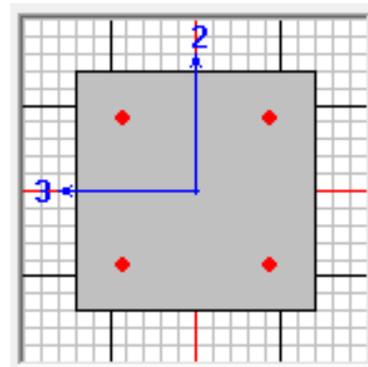


Figura 51. Sección Modelo de SAP2000 (32 cm x 32 cm)

Se propuso una nueva sección de 41 cm x 41 cm que requiere acero mínimo de:

$$A_{st} = 0.01 * 41cm * 41 cm = 16.81 cm^2$$

De tal forma que el área faltante para la nueva sección, con respecto al acero existente en el núcleo original de la columna fue:

$$A_{FALTANTE} = 16.81 cm^2 - 11.4 cm^2 = 5.41 cm^2$$

Al obtener la cantidad de acero faltante fue posible determinar la cantidad de varillas necesarias para compensar.

$$5.41 cm^2 \div 0.713 cm^2 = 7.58 \rightarrow 8 \text{ #3}$$

Finalmente la nueva área de acero fue la suma del área existente más el complemento calculado.

$$A_{stNueva} = 5.704 + 11.4 = 17.104 cm^2$$

Una vez que se obtuvo la cantidad de acero requerida para la sección con el encamisado se procedió a crear una sección equivalente para poder modelar adecuadamente el elemento en el programa.

$$17.104 \text{ cm}^2 \div 2.85 \text{ cm}^2 = 6 \rightarrow 6 \text{ #6}$$

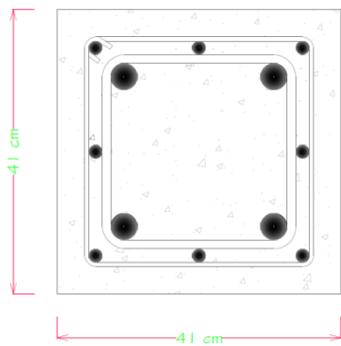


Figura 52. Sección con Encamisado

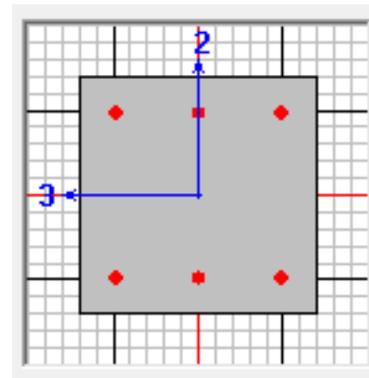


Figura 53. Sección Modelo de SAP2000 (41 cm x 41 cm)

Sección compuesta, con 4 refuerzos #6 en el núcleo original y 8 # 3 que conforman la malla de refuerzo del encamisado

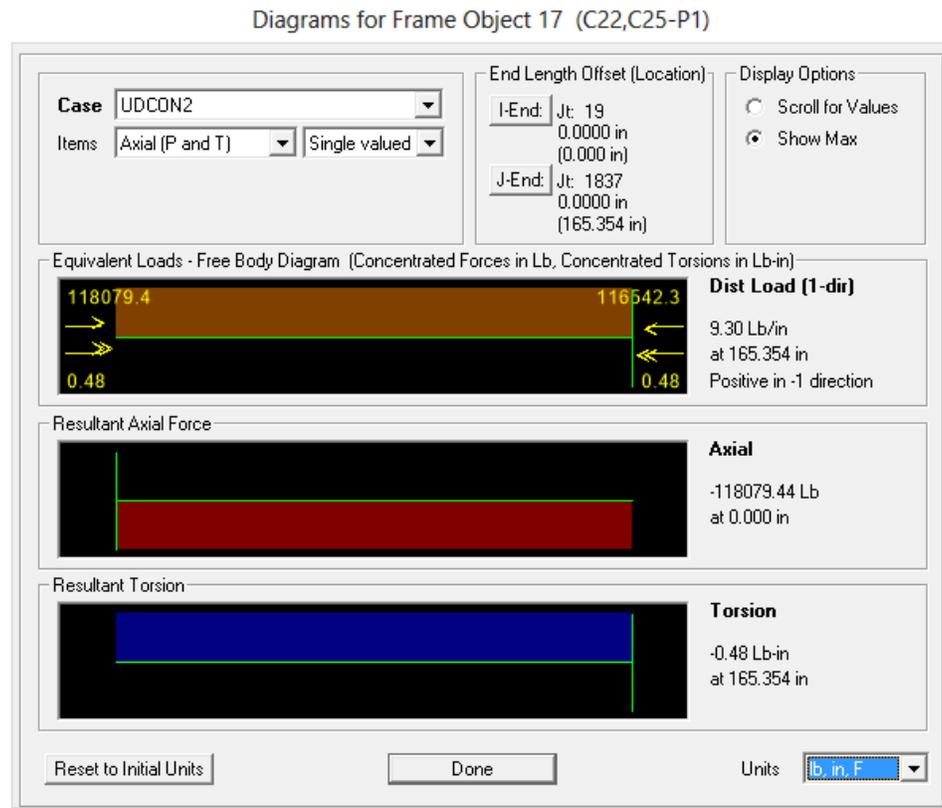
Sección sólida con 6 refuerzos # 6

Para avalar el uso de la nueva sección propuesta, se debió realizar una revisión del elemento crítico para asegurar que este fallara por tensión, con el fin de garantizar que la unidad estructural no colapse súbitamente debido a una posible falla por compresión. Además, esta comprobación es necesaria para determinar si la resistencia nominal ( $P_n$ ) de la nueva sección propuesta es capaz de soportar la carga última ( $P_u$ ) actuante.

**Tabla 12. Propiedades de la Sección Equivalente a Revisar**

Dato	Sistema Ingles	Sistema Métrico
$F'_c$	3000 PSI	210 Kg/cm <sup>2</sup>
$F_y$	40000 PSI	2800 Kg/cm <sup>2</sup>
$E_y$	29000 KSI	2,038,902 Kg/cm <sup>2</sup>
$h$	16.1 in	41 cm
$b$	16.1 in	41 cm
$d'$	2 in	5 cm
$d$	14.1 in	36 cm
$A'_s$	1.325 in <sup>2</sup>	8.55 cm <sup>2</sup>
$A_s$	1.325 in <sup>2</sup>	8.55 cm <sup>2</sup>
$\emptyset$	0.85	0.85
$\beta_1$	0.85	0.85

Para el análisis de la sección equivalente se propusieron las dimensiones de la sección de concreto que se muestran en la tabla anterior, con un refuerzo de 6 varillas # 6 distribuida simétricamente en el embebido de la columna.



**Figura 54. Carga Última en la Sección Crítica**

## Calculo de Excentricidades en Condiciones Balanceadas

### 1- Deformación Unitaria del Acero

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_y} \text{ [in/in]} = 0.0014$$

### 2- Esfuerzo en Acero

$$f'_s = 87000 \left( 1 - 1.67 \frac{d'}{d} \right) \text{ [PSI]} = 66,452.302$$

Si  $f_s > f_y$  entonces Utilizar  $f_y$

### 3- Profundidad del Eje Neutro

$$cb = d \left( \frac{87000}{87000 + f_y} \right) \text{ [in]} = 9.688$$

### 4- Profundidad del Bloque Rectangular de Esfuerzo

$$a_b = \beta_1 * cb \text{ [in]} = 8.234$$

### 5- Resistencia Nominal Balanceada

$$P_{nb} = 0.85 f'_c * b * a_b + A'_s f'_s - A_s f_y \text{ [Lb]} = 338,943.459$$

### 6- Momento Nominal Balanceado

$$M_{nb} = 0.85 f'_c * b * a_b \left( \bar{y} - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (\bar{y} - d') + A_s f_y (d - \bar{y}) \text{ [Lb.in]} = 1,983,738.941$$

### 7- Excentricidad Balanceada

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \text{ [in]} = 5.853$$

Nota: como  $f'_s > f_y$  se utiliza  $f'_s = f_y$

## Revisión de Falla por Tensión

### 1- Esfuerzo en Acero

$$f's = 87000 \left(1 - 2.67 \frac{d'}{d}\right) [PSI] = 54,148.291$$

Si  $F_s > F_y$  entonces Utilizar  $F_y$

### 2- Profundidad del Bloque Rectangular de Esfuerzo

$$a = 0.375\beta_1 d [in] = 4.508$$

### 3- Resistencia Nominal

$$P_n = 0.85f'cba + A'sf's - Asfy [Lb] = 185,542.325$$

### 4- Momento Nominal

$$M_n = 0.85f'cba \left(\bar{y} - \frac{a}{2}\right) + A'sf's(\bar{y} - d') + Asfy(d - \bar{y}) [Lb.in] = 1,709,533.837$$

### 5- Excentricidad

$$e = \frac{M_n}{P_n} [in] = 9.214$$

Según lo establece (Nawy & Balaguru, 1988) en su capítulo de diseño de columnas bajo efectos de compresión y flexión:

**Si  $e > e_b$** , Entonces : columna Falla por Tensión

**Si  $e = e_b$** , Entonces : Falla Balanceada

Si  $e < e_b$ , Entonces: La Columna Falla por compresión

Como  $e = 9.214 > e_b = 5.853$  entonces la falla se dara por tension

Según el reglamento ACI 318-08, en su sección 10.3.6.2, la resistencia axial de diseño para elementos no pre-esforzados con estribos, no debe ser mayor que  $\phi Pn_{max}$  el cual está dado por la ecuación:

$$\phi Pn_{max} = 0.8 * \phi * [0.85 * f'c * (A_g - A_{st}) + f_y * A_{st}] \quad (10 - 2)$$

$$\phi Pn_{max} = 0.8 * 0.85 * [0.85 * 3000 * (260.6 - 2.651) + 40000 * 2.651]$$

$$\phi Pn_{max} = 519,306.35 \text{ Lb}$$

$$Pu = 118,079.44 \text{ Lb}$$

*Como  $Pu < \phi Pn$  OK!!*

La seccion propuesta posee una resistencia nominal que es mayor a la carga ultima que actua sobre el elemento. Por lo tanto, la seccion propuesta pasa la revision y es apta para resistir las cargas existentes.

## 7.6 COMPARACIÓN DE PERIODOS DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Con el chequeo finalizado y la sección aprobada. El paso a seguir consistio en sustituir las columnas que seran rehabilitadas. En la captura de pantalla se pueden observar de color rojo las columnas que seran objeto de intervención debido a las patologías presentes en ellas y a su baja resistencia.

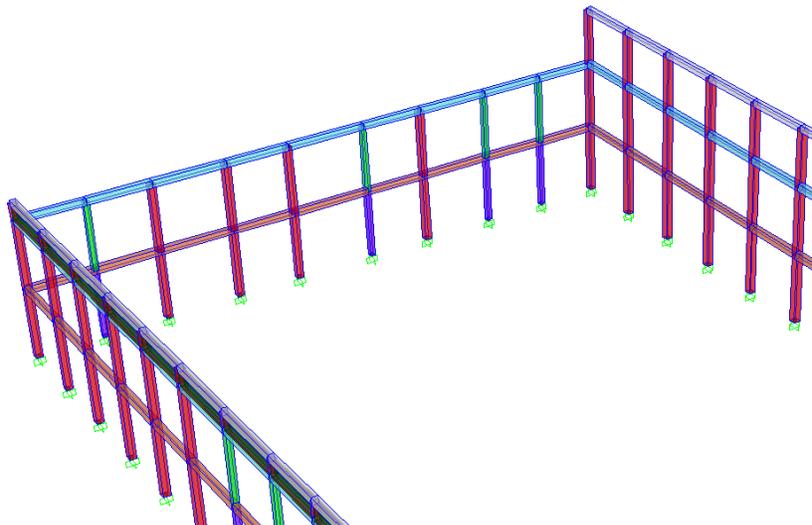
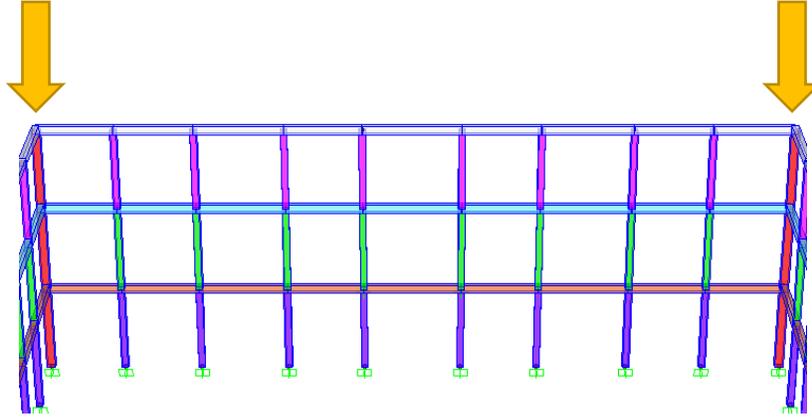


Figura 55. Ubicación de Nuevas Secciones



**Figura 56. Ubicación de Nuevas Secciones en Esquinas**

Los cambios realizados al modelo para observar el comportamiento global de la estructura corresponden a todos aquellos elemento que presentaron patologías y pérdida de resistencias. (C-1, C-2, C-7, C-11, C-17, C-18 C-19, C-20, C-21, C-22, C-23, C-24, C-25 y C-26).

**Tabla 13. Resultados de SAP2000 Periodo de Vibración de la Estructura sin Modificaciones**

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.2529	3.9541	24.844	617.25
MODAL	Mode	2	0.2115	4.7284	29.71	882.66
MODAL	Mode	3	0.1963	5.0946	32.01	1024.7
MODAL	Mode	4	0.1752	5.7068	35.857	1285.7
MODAL	Mode	5	0.1553	6.4395	40.461	1637.1
MODAL	Mode	6	0.1435	6.97	43.794	1917.9
MODAL	Mode	7	0.1286	7.7762	48.859	2387.2
MODAL	Mode	8	0.1184	8.4427	53.047	2814
MODAL	Mode	9	0.1039	9.6246	60.473	3657
MODAL	Mode	10	0.0924	10.823	68.004	4624.6
MODAL	Mode	11	0.0875	11.434	71.842	5161.3
MODAL	Mode	12	0.0784	12.75	80.112	6418

**Tabla 14 . Resultados de SAP2000 Periodo de Vibración de la Estructura con Modificaciones**

<b>TABLE: Modal Periods And Frequencies</b>						
<b>OutputCase</b>	<b>StepType</b>	<b>StepNum</b>	<b>Period</b>	<b>Frequency</b>	<b>CircFreq</b>	<b>Eigenvalue</b>
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.2471	4.0463	25.424	646.37
MODAL	Mode	2	0.2088	4.7899	30.096	905.77
MODAL	Mode	3	0.1947	5.1373	32.278	1041.9
MODAL	Mode	4	0.1734	5.7686	36.245	1313.7
MODAL	Mode	5	0.1538	6.5024	40.856	1669.2
MODAL	Mode	6	0.1427	7.0095	44.042	1939.7
MODAL	Mode	7	0.1274	7.8514	49.332	2433.7
MODAL	Mode	8	0.1179	8.484	53.307	2841.6
MODAL	Mode	9	0.1037	9.6395	60.567	3668.3
MODAL	Mode	10	0.0924	10.827	68.026	4627.6
MODAL	Mode	11	0.0874	11.443	71.899	5169.4
MODAL	Mode	12	0.0784	12.749	80.104	6416.6

Es evidente que el reforzamiento de las columnas más debilitadas en la estructura provoco un aumento en la rigidez global y como consecuencia de ello, los periodos de vibración disminuyeron levemente. Todo esto favorecerá a un mejor comportamiento global de la estructura cuando sea sometida a un evento extraordinario (un sismo).

## 7.7 PROPUESTA DE REFUERZO EN VIGAS Y LOSA REFORZADAS CON FC

Por medio de la observación directa se ha determinado que tanto las vigas, como las losas del Instituto se encuentran sanas y sin presencia visible de lesiones, exceptuando por el paño de losa (L-14), el cual se hace visible como un desprendimiento con exposición del acero de refuerzo. No obstante la propuesta de reforzamiento de vigas y la losa afectada se hacen debido a las siguientes razones:

- La técnica del encamisado para reforzar las columnas implica un daño indirecto a las vigas conectadas a las mismas, ya que para realizar el encamisado es necesario retirar el concreto exterior del elemento vertical para dejar únicamente el núcleo con el refuerzo de acero existente. Esto genera el daño ya mencionado en las vigas. Por lo tanto dichas vigas han de ser reforzadas con fibra de carbono.
- En el caso de la losa es necesario realizar una conformación del paño para recubrir el desprendimiento y posteriormente reforzar con fibra de carbono para evitar un futuro desprendimiento del recubrimiento.

(Nawy & Balaguru, 1988) propone un método para el cálculo de la resistencia nominal a flexión de vigas simplemente reforzadas por medio de las siguientes ecuaciones:

$$Mn = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.30)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{\beta b_w f'_c} \quad (3.31)$$

Donde:

**A<sub>s</sub>**: es el área de acero sometido a tensión

**b<sub>w</sub>**: es el ancho del patín

**β**: es el factor de transformación para el bloque rectangular

**Ø**: es el factor de resistencia por flexión

**d**: es el peralte efectivo

**f<sub>y</sub>**: es la resistencia a la fluencia del acero

**f'<sub>c</sub>**: es la resistencia del concreto

**a**: es la profundidad del bloque rectangular de esfuerzos a compresión medido desde la fibra superior de la viga

**M<sub>n</sub>**: es el momento nominal de resistencia a flexión

Para el calculo del aporte de resistencia de la fibra de carbono, tenemos la ecuacion propuesta por (Portero, 2003):

$$Ml = \frac{f_l}{4} A_l b_l$$

Donde:

**A<sub>l</sub>**: es el área transversal de la lámina de fibra de carbono

**f<sub>l</sub>**: es la resistencia media a tensión de la lámina de fibra de carbono

**b<sub>l</sub>**: es la distancia entre el eje neutro de la lámina de carbono y la carga neta a compresión

Ademas de los calculos de las resistencias nominales de los elementos y la resistencia de la lamina de fibra de carbono, es necesario obtener el porcentaje de refuerzo minimo para elementos sometidos a flexion según propone el ACI318-08 en su sección 10.5.1

$$A_{s_{min}} = \frac{0.25 * \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (10 - 3)$$

Pero nunca menor que  $1.4b_w d/f_y$

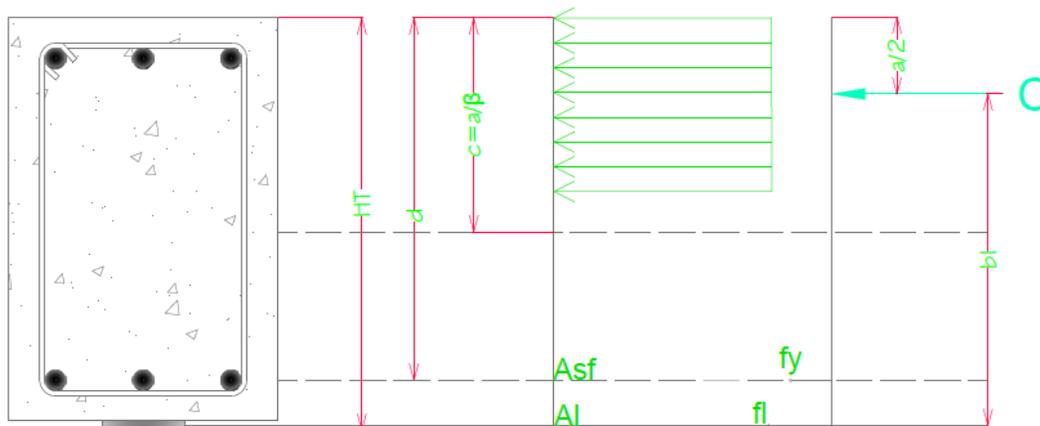


Figura 57. Distribución rectangular equivalente de esfuerzos para carga ultima

### 7.7.1 Comprobación de resistencia (Viga con fibra de carbono)

A continuación se presentan los parámetros de revisión de las vigas reforzadas con fibra de carbono.

Para ubicar la viga crítica se realizó un sondeo de todas las vigas que tenían conexión con las columnas a las cuales se les aplicara el encamisado. La viga con el momento máximo es la indicada por la flecha.

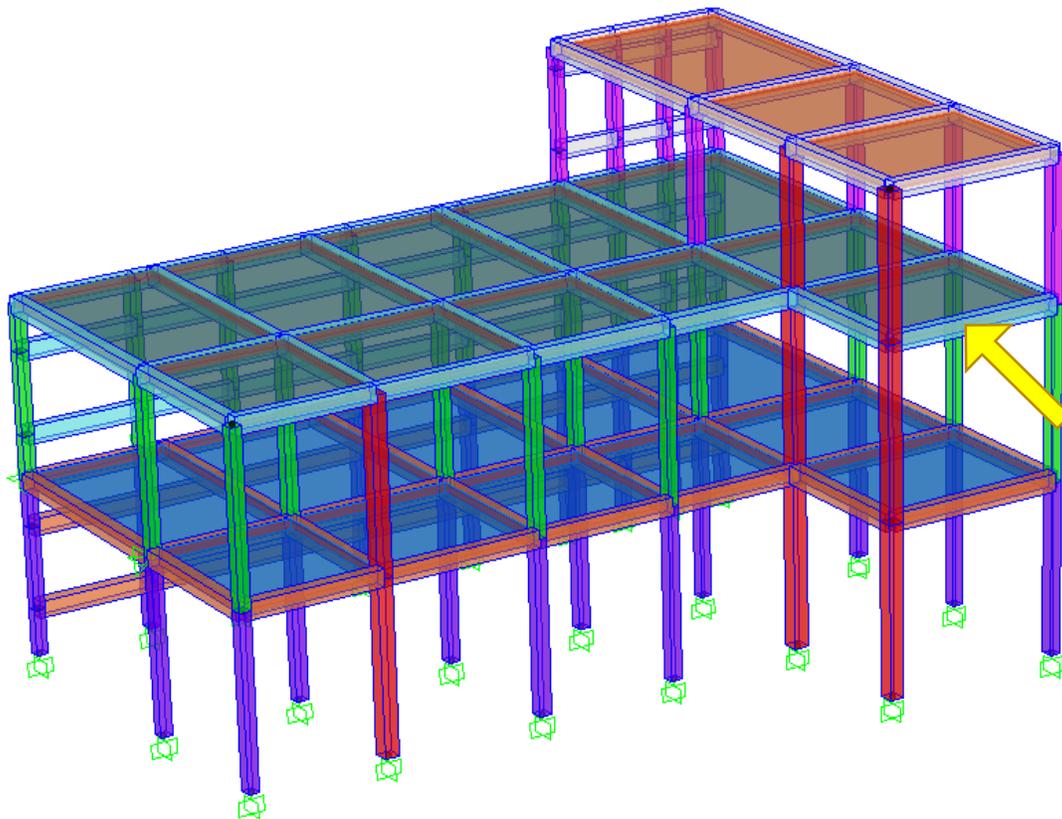
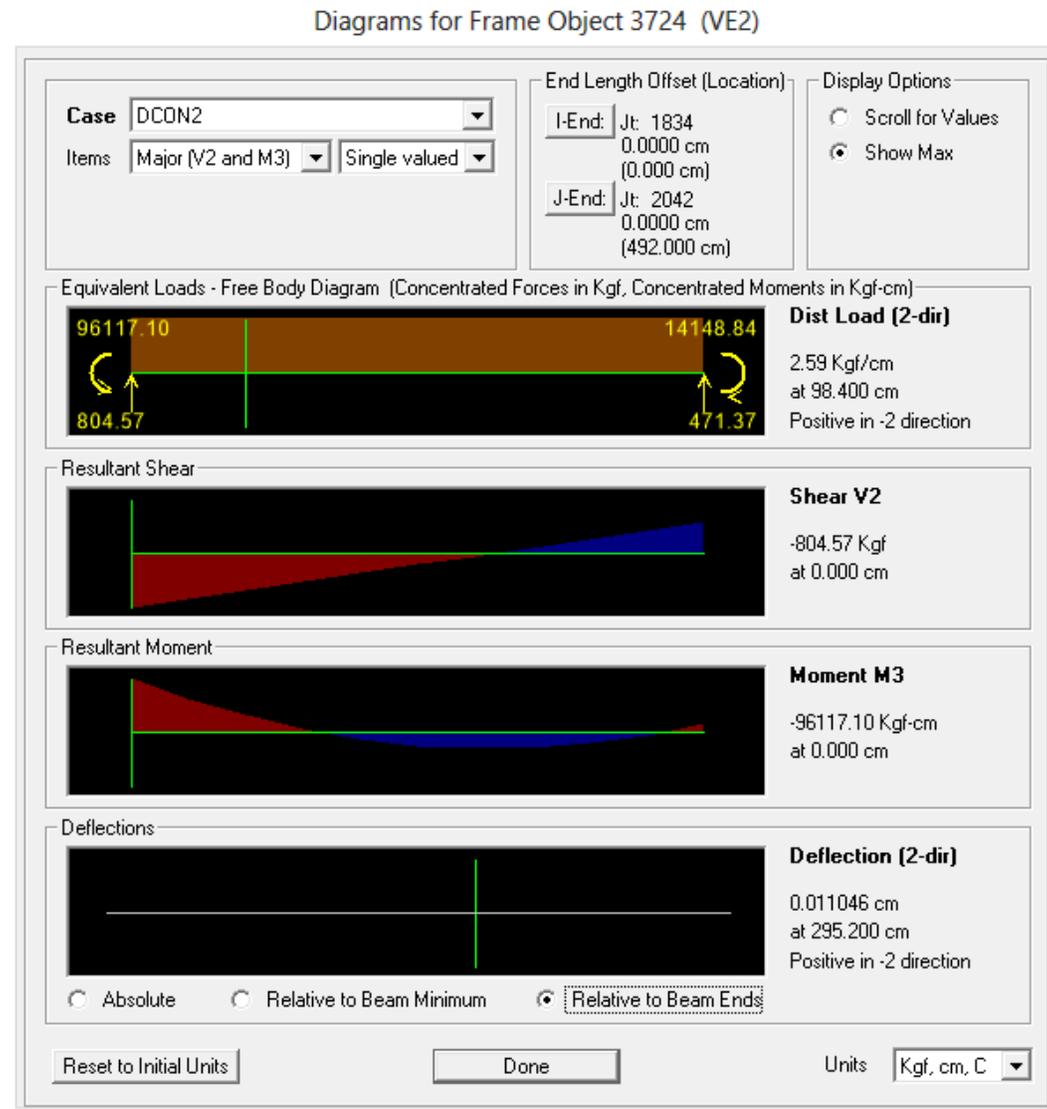


Figura 58. Captura de SAP2000 (Ubicación de viga con mayor momento)

Luego de realiza la corrida del programa se determinó cual es el valor del momento que debe resistir el elemento para ser aprobado. Para garantizar la seguridad estructural el momento nominal de las vigas del primer y segundo entrepiso, debe ser mayor que el momento máximo actuante en ellas.



**Figura 59. Captura de SAP2000 (Momento máximo para revisión de vigas)**

**Tabla 15. Calculo de Resistencia Total a Flexión (Viga)**

Propiedades de la viga	Entrepiso 1	Entrepiso 2
$H(cm)$	45	45
$b(cm)$	32	32
$d(cm)$	42	42
$\emptyset$	0.9	0.9
$\beta$	0.85	0.85
$F_y(PSI)$	40000	40000
$F_y(kg/cm^2)$	2800	2800
$F'c(Kg/cm^2)$	184	111
$\rho_{min}$	0.005	0.005
$A_{smin}(cm^2)$	6.72	6.72
$A_{Sr}(cm^2)$	7.60	7.60
$A_{sf}(cm^2)$	3.80	3.80
$a(cm)$	2.13	3.53
$M_n(Kg.cm)$	435,592	428,144
$\emptyset M_n(kg.cm)$	392,033	385,330
Propiedades de la lámina de fibra de carbono	Entrepiso 1	Entrepiso 2
$t(cm)$	0.12	0.12
$b(cm)$	5	5
$A_l(cm^2)$	0.60	0.60
$F_l/4 (kg/cm^2)$	22,142.86	22,142.86
$b_l(cm)$	44.00	43.30
$M_l(kg.cm)$	584,515	575,216
$M_nT = \emptyset M_n + M_l (kg.cm)$	976,548	960,546

En ambos casos:

$$96,117 \text{ Kg.cm} < 976,548 \text{ Kg.cm OK!!} \quad \& \quad 96,117 \text{ Kg.cm} < 960,546 \text{ Kg.cm OK!!}$$

**Comentario1 sobre la tabla:** Es evidente que las solicitaciones de carga a las que están sometidas las vigas de entreciso son mucho menores de las que ellas pueden soportar ( $M_nT > M_3$ ) por si misma sin el refuerzo de la fibra de carbono. El motivo por el cual se deben reforzar las vigas de entreciso se debe a que dichos elementos serán afectados cuando se realice el reforzamiento de los elementos verticales dañados.

**Comentario2 sobre la tabla:** En el cálculo de la resistencia nominal a flexión de las vigas, solamente se consideró el acero de la capa inferior para los cálculos, con el criterio de que la viga está trabajando como un elemento simplemente reforzado.

### 7.7.2 Comprobación de resistencia (Losa con fibra de carbono)

En la captura se muestra el paño de losa (L-14), el cual será reforzado con fibra de carbono. Ver Anexo E.

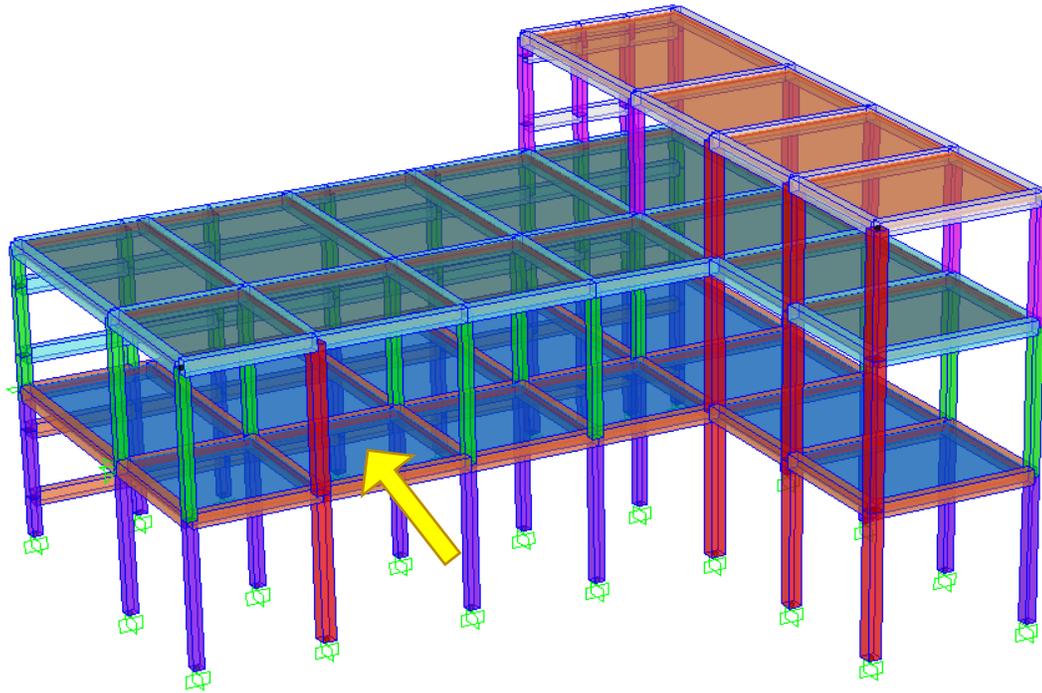


Figura 60. Captura de SAP2000 (Paño de Losa Dañado)

Una vez obtenidos los resultados de SAP2000 se pudo obtener el momento máximo actuante en el paño de losa.

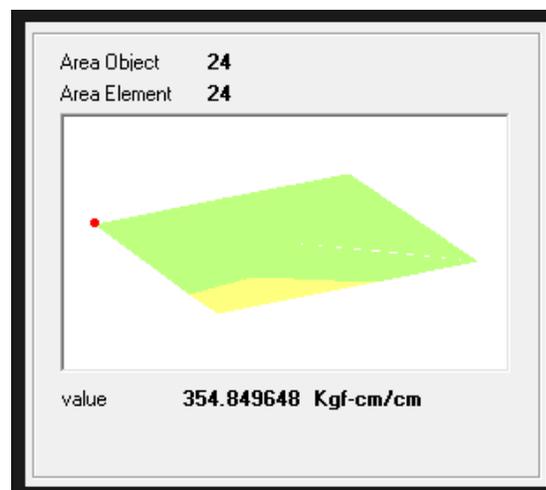


Figura 61. Momento Máximo en Losa Dañada

La metodología previamente utilizada para el cálculo de la resistencia nominal a flexión en vigas, es la misma empleada para el chequeo de resistencia de la losa, con la diferencia que el valor de base es considerado como 100 cm. No obstante en cuanto al cálculo del acero refuerzo para losa, se hizo la estimación en base al acero observado a través de la lesión existente en el paño.

**Tabla 16. Calculo de Resistencia Total a Flexión (Losa)**

<b>Propiedades de la Losa</b>	<b>Resultado</b>
$H(cm)$	25
$B(cm)$	100
$d'(cm)$	2
$d$	23
$\emptyset$	0.9
$\beta$	0.85
$F'c(kg/cm^2)$	1850
$Fy(kg/cm^2)$	2800
$Svarillas(cm)$	6
$No\ de\ Varillas\ por\ m$	15
$A(cm^2)\ Varilla\ No3$	0.713
$As(cm^2)$	10.69
$a(cm)$	0.19
$Mn(kg.cm)$	685,482
$\emptyset\ Mn(kg.cm)$	616,934

<b>Propiedades de la Lamina</b>	<b>Resultado</b>
$t(cm)$	0.12
$b(cm)$	10
$Al(cm^2)$	1.2
$Fl(kg/cm^2)$	22142.857
$bl(cm)$	24.96
$MI$	663,351
$MnT = \emptyset\ Mn + MI\ (kg.cm)$	1,280,285

$$354.84\ Kg.cm < 1,280,285\ Kg.cm\ OK!!$$

De igual manera que con las vigas, se puede apreciar que la fibra de carbono provee de gran resistencia al elemento en cuestión, aun cuando sea utilizada con propósitos de conformación estructural.

## 8 CONCLUSIONES

Basado en la recopilación de datos, su procesamiento y análisis se puede concluir lo siguiente:

- A pesar de la gran cantidad de afectaciones patológicas que existen en El Instituto La Inmaculada, la estructura es recuperable, siempre y cuando se ejecuten las recomendaciones dirigidas a la rehabilitación de los elementos estructurales como es el caso de las columnas por medio del encamisado, el reforzamiento del paño de losa dañado con fibra de carbono y demás acciones que se sugieren ejecutar para rehabilitar la estructura hasta llevarla a un estado de servicio óptimo.
- Las lesiones más comunes de visualizar en la edificación son muy variables y a su vez muy repetitivas en muchos elementos estructurales y no estructurales, tal es el caso de las grietas presentadas en muchas columnas causadas por las variaciones de carga a lo largo de la estructura o debido a que un elemento se encuentra en zonas de mayores cargas.
- Al hablar de las fisuras podemos concluir que estas son consecuencia de la retracción plástica del cemento y de los cambios bruscos de temperatura que ha sufrido el material, ya que debemos recordar que vivimos en un país de clima tropical donde la temperatura ambiente puede variar considerablemente en un intervalo de tiempo relativamente corto y que los agentes atmosféricos pueden ser muy agresivos con cualquier estructura, en especial en esta zona de Carazo donde el viento sopla muy fuerte casi todo el año por ser un altiplano.
- En lo que respecta a las lesiones de origen químicos, estas han provocado la pérdida de resistencia, cambios de coloración y cambios de textura del concreto, todo esto a consecuencia del ataque del dióxido de carbono transportado por el aire provocando lluvia ácida que ataca los materiales calizos aumentando la velocidad de disgregación de estos. Además se pudo constatar en la Losa L-14 que la humedad ha estado presente dentro

de la estructura y que ha provocado el desprendimiento del recubrimiento de la losa.

- Por medio de la modelación de la estructura en el programa SAP 2000 se pudo comprobar que el elemento vertical de la primer planta que presento menor resistencia en toma de muestra en la edificación era el elemento más crítico, debido a que este se encuentra en una zona de mayor concentración de carga. Además con el reforzamiento del resto de los elementos que se presentaron como los más críticos en Capítulo 6.1 el periodo fundamental de vibración en la estructura disminuyó de 0.2529s a 0.2471s en el modo de vibración 1, evidenciando el aporte de rigidez que dichos elementos han aportado a la estructura para un mejor comportamiento global.

## 9 RECOMENDACIONES

- Crear una Bitácora de rehabilitación de la edificación en la cual se deberán detallar las personas encargadas de autorizar y realizar cada una de las actividades a mencionarse en los siguientes párrafos.
- Se prohíbe totalmente la perforación de paredes, vigas, columnas, losas o cualquier otro elemento de la estructura con el fin de introducir accesorios eléctricos o sanitarios. Esta actividad solo podrá ejecutarse a través del consentimiento y de la firma de la persona autorizada de la supervisión, evidenciando esto en la Bitácora de rehabilitación.
- En las columnas donde se pudieron evidenciar los mayores daños se procederá a remover todo el concreto agrietado con un cincel hasta llegar al núcleo del elemento. Inmediatamente después de haber realizado el paso anterior, se removerá cualquier tipo de suciedad, impureza o contaminante del acero de refuerzo longitudinal y transversal existente, para posteriormente realizar la colocación de la nueva estructura de refuerzo (encamisado) con varillas # 3 y estribos # 2. El detalle del armado de la nueva estructura de refuerzo y del nuevo concreto a utilizar se muestra en Anexo C.
- Las vigas que se interceptan con los elementos verticales a rehabilitarse se deberán reforzar con Fibra de carbono con una resistencia de  $F_r=31,000$  kg/cm<sup>2</sup>, de  $b=5$  cm de ancho y  $t= 1.2$  mm de espesor. El adhesivo a utilizarse para unir la lámina de carbono con las vigas será el *Sika-30*. Antes de realizar esta actividad se deberá de realizar la limpieza de la zona de colocación de la fibra, con el objetivo principal de garantizar una excelente adherencia entre ambos materiales (Concreto y Fibra de Carbono). Para obtener mejores resultados se recomienda leer las fichas técnicas de *Sika CarboDur* (Fibra de Carbono) y *SIKA-30* en Anexos G.

- Las zonas de la edificación afectadas por hongos, mohos y los diferentes tipos de humedades deberán ser tratadas con el *Kit AntiSalitre* de los productos SIKA. En las zonas afectadas por estos agentes microbiológicos y físicos donde se logre apreciar cambio de coloración o delaminación se procederá a realizar lo siguiente:
  1. Retirar el material afectado (recubrimientos, pintura, etc.) hasta llegar a un sustrato sano.
  2. Remover el polvo y partículas sueltas que se encuentran sobre la superficie del sustrato sano.
  3. Se dejará reposar la superficie sana de 3 a 7 días en dependencia de la presencia de humedad que la unidad constructiva presente.
  4. Aplicar por medio de una brocha dos capas de *SikaImper Muro* sobre la superficie que se dejó respirar.
  5. Preparar un mortero mezclando una bolsa de cemento de 50 kg con una bolsa de *SikaCem* Impermeabilizante, además agregar cinco cubetas de 19 L de arena de 0-3 mm y por ultimo agregar de 13 a 15 L de agua.
  6. Humedecer la superficie del sustrato para garantizar una buena adherencia entre el mortero y dicha superficie.
  7. Finalmente aplicar el mortero sobre el sustrato.
- Proteger los elementos verticales a reforzarse con pinturas o barnices de base poliuretánicas, las cuales son más duraderas y a su vez hacen al hormigón más duradero reduciendo los riesgos de carbonatación al formar una barrera excelente ante la absorción de agua. En caso de presencia de lluvia al momento de comenzar a realizar esta actividad, se deberá suspender para evitar malos resultados.

- Para el sellado de fisuras inferiores a 0.2 mm se deberán utilizar formulaciones epoxi bicomponentes con viscosidad de unos 100 cP a 20 0C; para fisura entre 0.2 mm-0.6 mm aplicar formulaciones epoxicas-bicomponentes con viscosidad inferior a 500 cP a 20 0C; para fisuras entre 0.6 mm- 3 mm utilizar epoxi bicomponentes puras o cargadas con polvo de cuarzo o de vidrio con viscosidad inferior a 1500 cP a 20 0C; y para fisuras de ancho superior a 3 mm emplear formulaciones epoxi cargadas. La carga podrá ser arena de tamaño máximo inferior a 1 mm o 0.6 veces el espesor de la grieta. La proporción formulación/agregado deberá ser 1:1.
- En las zonas o unidades constructivas afectadas por las erosiones físicas o químicas donde se logra apreciar desprendimiento del recubrimiento, aplicar *Sika Monotop-412 SM*. Para aplicar este producto, primeramente se deberá eliminar el concreto o mortero delaminado, débil, deteriorado o contaminado por medios mecánicos adecuados o chorro de agua a alta presión; los borde donde se elimine el concreto o mortero deberán tener un ángulo mínimo de 90º y máximo de 135º para evitar el desprendimiento de la superficie adyacente de concreto sano; finalmente humedecer el sustrato para aplicar el mortero.
- Las eflorescencias se deberán remover por medio de una limpieza simple (con agua sin sales), mecánica (cepillos metálicos, cabezas de carborundum, etc.) o química (ácido clorhídrico o fluorhídrico). Si se llega a utilizar la limpieza química, posteriormente se deberá aplicar mucha agua en zona donde dicho químico fue aplicado. Debido a que la limpieza casi siempre provoca un aumento en la porosidad del material, será necesario aplicar un consolidante (lechada de cal) después de realizar la limpieza, con el objetivo de evitar que aparezcan nuevas lesiones.
- Realizar Inspecciones visuales periódica y constante de los elementos rehabilitados, para evitar nuevas aparición de lesiones (grietas, fisuras, delaminación, etc.), y en general, con el propósito de comprobar la integridad general de la estructura.

**Tabla 17. Propuesta de Mantenimiento**

<b>Elementos</b>	<b>Propuesta de mantenimiento</b>	<b>Objetivo</b>
Sistemas de drenaje pluvial y sanitario	Limpiar y revisar las tuberías periódicamente y constantemente.	Evitar la aparición de procesos patológico a consecuencia de la humedad.
Losas	Observar las zonas de apoyo y vanos centrales.	Evitar el surgimiento de flechas, grietas o fisuras.
Cimientos	Observación periódica.	Asegurar su integridad mecánica y química frente a los posibles ataques de los componentes del suelo, en especial, de los sulfatos, del nivel freático, de las roturas de tuberías de agua negras, etc.
Columnas	Observación periódica-constante.	Comprobar su integridad mecánica y evitar la aparición de eflorescencia, fisura, delaminación, grietas, etc.
Vigas	Observación periódica-constante.	Comprobar su integridad mecánica y evitar la aparición de flechas, fisura o grietas.
Balcones	Observación periódica-constante.	Evitar la aparición de lesiones de cualquier tipo.
Cubierta de techo	Observación periódica-constante comprobación de lesiones. Cada seis meses se realizara una limpieza general de la cubierta.	Evitar la aparición de humedades de filtración, humedades de condensación, deformaciones, rotura de soportes, grietas, fisuras y organismos. También para determinar el estado de material y si es necesario su saneado o protección.
Puertas	Observar cada dos años y deberán ser pintadas cada cinco años en caso de encontrarse en lugares públicos y, cada seis o diez años en caso de estar en lugares privados.	Visualizar si existen deformaciones, humedades en su parte inferior, desprendimiento de herrajes o presencia de organismos.
Paredes	Observación anualmente	Comprobar la existencia humedades de condensación, humedades accidentales, erosión mecánica, desprendimientos, fisuras y erosión química.

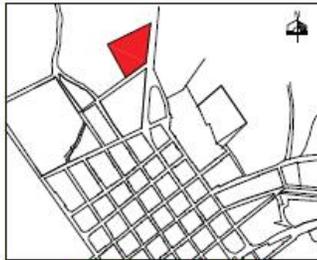
## 10 BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1991). *Curso de Patología Tomo1*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos.
- ACI Committee 318, American Concrete Institute, International Organization for Standardization. (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary*. American Concrete Institute.
- Baca Escobar, W. (2013). *Fibra de Carbono Perú - Reforzamiento: FIBRWRAP PERU*. Obtenido de [http://fibradecarbono.com.pe/downloads/articles/Fibra\\_carbono\\_Peru\\_-\\_Diseno\\_estructuras\\_concreto\\_reforzadas\\_fibra\\_carbono.pdf](http://fibradecarbono.com.pe/downloads/articles/Fibra_carbono_Peru_-_Diseno_estructuras_concreto_reforzadas_fibra_carbono.pdf)
- Broto, C. (2005). *Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción*. Links Internacional.
- Cembrero Cil, J., Pascual Guillamón, M., Ferrer Giménez, C., & Pérez Puing, M. Á. (2005). *Ciencia y tecnología de materiales: problemas y cuestiones*. Madrid: Pearson Educación.
- Eichler, F. (1973). *Patología de la construcción*. Ed. Blume.
- Elguero, A. M. (2004). *Patologías elementales*. Argentina: Nobuko Sa.
- Instituto Nicaragüense de Cultura - INC. (2011). Catálogo de Bienes Culturales Inmuebles de los Departamentos de Carazo y Rivas. Managua, Nicaragua.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI. (2007). *Reglamento Nacional de la Construcción ( RNC - 07 )*. Managua.
- Nawy, E. G., & Balaguru, P. N. (1988). *Concreto reforzado: un enfoque básico*. Prentice-Hall Hispanoamericana.
- Nilson, A. H. (1999). *Diseño de estructuras de concreto*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Portero, J. C. (2003). *Guía de diseño sistema Replark*. DRIZORO Construction Products.
- Sánchez, D. (2011). *Durabilidad y Patología del Concreto*. Colombia: Nomos Impresores.
- Sika Mexico. (2013). Manual de Productos Sika. Mexico.

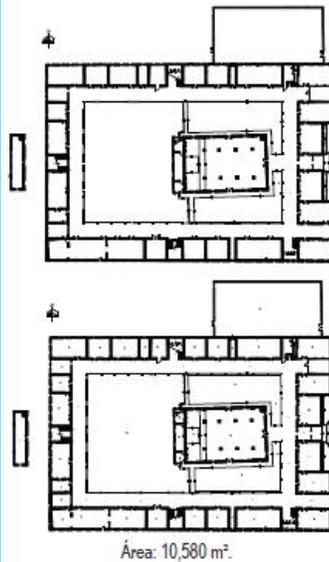
## **ANEXO A**

**(Fichas Informativas del Instituto la Inmaculada)**

## Plano de localización



## Planta arquitectónica



## Datos de identificación

Código de inventario: 02-01-01-014

Municipio: Diriamba.

Ciudad/Comarca/Caserío: Diriamba.

Dirección: Entrada a la ciudad, carretera El Crucero - Jinotepe.

Tipo de propiedad: Privada.

## Datos históricos

Fecha de construcción: 1940. S. XX.

Datos relevantes: Edificación construida por la Santa Madre Cabrini. Pertenece a la congregación del Sagrado Corazón de Jesús.

Intervenciones: Adición de nuevas particiones en el tercer nivel.

Estilo: Ecléctico.

## Sistema constructivo

Mampostería confinada.

## Materiales

Muro	Piso	Cubierta	Puertas y Ventanas
Cantera.	Ladrillo de concreto.	Zinc/ Estructura de madera/ Losa de concreto.	Madera/ madera y vidrio.

Pág - 30



## Descripción

Inmueble de gran significación histórica por ser considerado uno de los colegios de señoritas de más renombre del país. Su monumentalidad y trascendencia lo convierte en un hito en la ciudad de Diriamba.

En la fachada principal se encuentran tres volúmenes, con prevalencia de la línea horizontal. El volumen central se encuentra remetido respecto a los laterales, todos de gran sencillez y escasa decoración. El acceso principal está constituido por un pequeño pórtico con arcos de influencia mudéjar.

La distribución del inmueble corresponde a un volumen rectangular de cuatro corredores alrededor de un patio central. El bien consta de cuatro niveles, siendo visible el primero únicamente (por la topografía del terreno), en el costado Oeste.

En el interior frente al acceso principal, en el patio central, encontramos una hermosa capilla de tres naves decorada con vitrales y un altar de mármol. Los salones se distinguen por su gran sencillez y amplitud, con vanos de dintel recto y pisos de losa de concreto.

(Tomado del Catálogo de Bienes Culturales Inmuebles de los Departamentos de Carazo y Rivas)

INVENTARIO NACIONAL DE BIENES CULTURALES											Código del Inmueble:						
FICHA DE CAMPO INVENTARIO DE BIENES INMUEBLES											02-01-01-014						
<b>1. DATOS GENERALES</b>			<b>1.1. PLANO DE LOCALIZACION</b>				<b>1.2. FOTOGRAFIA</b>										
Levantado por: Equipo No 2		Aprobado por: Arq. Brissa Suarez.															
Fecha: 17-08-10																	
<b>1.3. Identificación</b>																	
Nombre del Inmueble: Instituto La Inmaculada																	
No. Catastral: -----		No. de distrito: -----															
No. de Finca: -----		No. de manzana: -----															
No. de Folio: -----		No. Lote: -----															
No. de Libro: -----		Georeferencia: -----															
<b>1.4 Localización</b>					<b>2. REGIMEN DE PROPIEDAD (TENENCIA)</b>												
Departamento Carazo		Municipio Diriamba		Ciudad, comarca o caserío: Diriamba			2.1. Nombre del Propietario Congregación del Sagrado Corazón de Jesús		2.2. Parcelación Original:								
									Si No								
									X								
Barrio:		Dirección: Entrada a la ciudad Carretera El crucero -Jinotepe			2.3. Tipo de Ocupación		2.4. Tipo de Propiedad										
					Propia Alquiler Mixta Vacía		Privada Estatal Municipal Iglesia										
					- - X -		X - - -										
<b>3. USO DE SUELO</b>		<b>4. DESCRIPCION DEL LOTE</b>															
Original Educativo/ religioso/habitacional		4.1. Condiciones de medida				4.2. Tipo de Predio		4.3. Forma del Lote				4.4. Ocupación de manzana					
		Frente: (ML)	Fondo: (ML)	Superficie: (M2)	% de Ocupación:	Centro de manzana	Esquinero	Rectangular	Cuadrado	Trapezoidal	Polígono Irregular	1 Manzana					
		99.0	210.24	20,736.09	51 %	-	X	-	-	-	X						
Actual Educativo/ habitacional		<b>5. DESCRIPCION DEL INMUEBLE</b>															
		5.1. Línea de construcción					5.2. Superficie Construida M2			5.3. Forma de la Planta							
		Alineada	Remetida	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Mezanine	Más de 4	Sup. Const. Inventariada	Rectangular	Cuadrada	Poligonal	Trapezoidal	Irregular			
		-	X	499	5,390	2,936	-	1,755	10,580	X	-	-	-	-			
<b>5.4. Número de niveles</b>					<b>5.5. Ambientes</b>												
1	2	3	4	Más de 4	Doble altura	Original	Modificada	Zaguán	Sala	Cocina	Comedor	Dormitorio	Jardin	Corredor	Patio	Serv. Sanit.	Otros
-	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>5.6. Altura de la fachada</b>		<b>5.7. No. de Habitaciones</b>		<b>5.8. No. de Patios</b>		<b>5.9. No. de Habitantes</b>		<b>5.10. No. de Familias</b>		<b>5.11. No. de viviendas</b>		<small>MARCAR CON UNA X LOS ESPACIOS CORRESPONDIENTES, Y PONER LOS VALORES NUMÉRICOS, EN LOS INCISOS 4.1, 5.2 Y DEL 5.5. AL 5.11. ESPECIFICAR EN EL 5.5. EL NUMERO DE AMBIENTES EN ESE USO. EN OCUPACION DE MANZANA, ESPECIFICAR SI OCUPA UNA MANZANA COMPLETA, MEDIA MANZANA O 1/3 SEGUN SEA EL CASO.</small>					
12.86 m		99		3		2		1		-							

5.12. Elementos Tipológicos																		
Fachada																		
Tipo de ingreso	Jardín	Elementos Adicionales (remates)		Alero	Cornisa	Balcón	Pretil	Balaustrada	Frontón	Relieves	Zócalo	Marco de vanos	Pilastras	Columnas adosadas	Otros			
				X	-	6	-	-	-	X	-	X	-	-	-			
Patio				6. USO ACTUAL DE LA EDIFICACIÓN														
Número Patio	Forma	Estado	Ubicación		Resid.	Comercial	Inst.	Relig.	Educ.	Serv	Indust.	Recre	Hotel	Sani.	Otros			
I	irregular	abierto	dispersa	I nivel	X	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
II	-	-	-	II nivel	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-			
Más	-	-	-	Más niveles	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	Sin uso			
Corredor	Numero	Tipo		Mezanine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	4 x planta	abiertos		Patio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
7. TIPOLOGIA ARQUITECTONICA																		
Habitacional	Religioso	Institucional	Militar	Comercial	Industrial	Transporte	Otro	7.1 Categoría Arquitectónica										
-	-	educativa	-	-	-	-	-	Arquitectura educacional (colegio)										
8. EPOCA Y ESTILO DE LA EDIFICACION																		
8.1 Época						8.2 Estilo												
Elementos	Época					Elementos	Estilo											
	S. XVI	S. XVII	S. XVII I	S. XIX	S. XX		Época Colonial	Barroco	Neo clásico	Renac.	Gótico	Mudéjar	Neo estilo	Moderno	Utilitario	Vernáculo	Ecléctico	Otros
Distribución	-	-	-	-	X	Fachada/ exterior	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	-
Fachada	-	-	-	-	X	Interior	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-
Estructura	-	-	-	-	X	Detalles	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-
Global del edificio	-	-	-	-	X	Otros	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-
9 EVALUACION DE LA EDIFICACION																		
9.1 Afectaciones										9.2 Estado de conservación de la edificación								
	I Nivel			II Nivel			Más Niveles			3	Bien conservado, mas 70%	X						
	20 – 50%	50 – 70%	>70%	20 – 50%	50 – 70%	>70%	20 – 50%	50 – 70%	>70%									
Exterior / Fachada	X	-	-	X	-	-	X	-	-	2	Conservación media, 50 – 70%	-						
Interior	X	-	-	X	-	-	X	-										
Estructura	X	-	-	X	-	-	X	-										
Cubierta	X	-	-	X	-	-	X	-										
Pacios	X	-	-	X	-	-	X	-										
Parcelación	X	-	-	X	-	-	X	-	1	Mal conservado, 20 – 50%	-							
Detalles	X	-	-	X	-	-	X	-										
Tipología	X	-	-	X	-	-	X	-										
										0	Ruinas o solar	-						

MARCAR CON UNA X LOS ESPACIOS CORRESPONDIENTES SEGUN CADA CATEGORIA, EN EL CASO DE LA CASILLA TIPO DE CORREDORES PONER EL NUMERO QUE CORRESPONDE.

10 PATOLOGIAS DE LA EDIFICACION																																							
10.1 Daños			10.2 Causas				10.3 Peligros potenciales / Riesgos externos																																
Humedad	X	Fisuras	X	Deficiencias const.	Calidad de los mat.	Agentes Biológicos nat.	Abandono																																
Podredumbre	-	Asentamientos	-	-	-	X	-																																
Insectos	-	Desprendimientos	-	Catástrofes nat.	Agentes Antrópicos	Falta mantenimiento	Otros																																
Desplomes	-	Otros	-	-	X	-	-																																
11 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, MATERIALES Y ESTADO DE CONSERVACION																																							
Elementos	Materiales y sistemas							Buen estado	Regular estado	Mal estado	Original	Modificado																											
	Adobe	Taquezal	T. albardado	Tapias	Cal y canto	Ladrillo de barro	Bloque de concreto						Piedra	Cantera	Madera	Concreto	Hierro	Acero	Asbesto cemento	Vidrio	Madera/ vidrio	Madera/ aluminio	Aluminio/ vidrio	Metal	Cerámica	Ladrillo de concreto	Losa de barro	Losa de concreto	Trejo de barro	Zinc	Caña castilla	Plywood	PVC	Otros					
PLANTA BAJA (2do nivel)	PISOS	Exterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-				
		Interior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-		
	MUROS/PAREDES	Exterior	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-		
		Interior	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-		
	ESTRUCTURA	Pilares/ Col.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-		
		Vigas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	ENTREPISO	Estructura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	
	ESCALERA	Estructura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	
	CIELOS	Materiales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Exteriores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	PUERTAS	Interiores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	
		Exteriores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	
	VENTANAS	Interiores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-		
Cubierta		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
CORREDOR	Pilares/ Col.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-		
	Exterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
PLANTA ALTA (3er nivel)	PISOS	Exterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		Interior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-		
	MUROS	Exterior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Interior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-
	ESTRUCTURA	Pilares/ Col.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-
		Vigas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	CIELOS	Materiales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Exteriores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	PUERTAS	Interiores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-
		Exteriores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-
	VENTANAS	Interiores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-
		Estructura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	TECHO	Cubierta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

11.1 TIPOLOGIA DE ELEMENTOS																		
Nivel	Elemento	Cielos				Puertas				Ventanas				Escaleras				
		Falso	Raso	Viga Vista		Cuad.	Rect.	Medio pto.	Arco Reb.	Cuad.	Rect.	Medio pto.	Arco Reb.	Recta	Imperial	Caracol	U	L
I Planta		-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
II Planta		-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-

MARCAR CON UNA X LOS ESPACIOS CORRESPONDIENTES SEGUN CADA CATEGORIA. EN EL PUNTO 10, EN EL CASO DE PUERTAS, VENTANAS, ESCALERAS, PILARES/COLUMNAS DE LOS CORREDORES AL MARCAR EN LA CASILLA, PONER EL NUMERO CORRESPONDIENTE A LA CANTIDAD DE ELEMENTOS QUE PERTENZCAN A ESE MATERIAL, EL ESTADO DE CONSERVACION Y SI SON ORIGINAL O NO.

12. SERVICIOS											
Agua	Red Pública	X	Alcantarillado Sanitario	Red Pública	X	Energía eléctrica	Red Pública	X	Recolección desechos sólidos	Si	X
	Pozo	-		Pozo Séptico	-		Sistema Propio	-		No	-
13. REFERENCIAS HISTORICAS (Datos Orales)											
Nombres tradicionales	Colegio la inmaculada					Fecha de construcción	1940				
Propietarios	-----					Autor o diseñador	-----				
Preexistencia /edificación/ intervenciones:	-----					Constructor	-----				
Hechos históricos/ personajes distinguidos:	La edificación fue construida por la Madre Cabrini					Tradiciones relacionadas (patronales/ religiosas):	-----				
Inscripciones en el inmueble	-----					Fuentes de información:	-----				
14. VALORACION E HISTORICIDAD											
14.1. VALOR HISTORICO MONUMENTAL				14.2. VALOR ESTETICO FORMAL				14.3. RELACION CON EL ENTORNO			
Protección Legal		Significación local		Unidad Formal		X		Integrado con valor individual		X	
Declarado Patrimonio.	No Declarado Patrimonio.	X	Representativo de una época	X		Integrado con valor ambiental		-		-	
-	-			X		No integrado con valor individual		-		-	
Patrimonio Cultural				Con elementos de interés		X					
Histórico	Artístico	Ambos									
-	-	-									
15. BREVE DESCRIPCION:								16.OBSERVACIONES			
<p>Inmueble urbano, de gran significación histórica, por ser considerado uno de los Colegios de señoritas de más renombre del país. Construido a mediados del S XXI. Su estilo moderno con algunos elementos renacentistas y mudéjares, así como su monumentalidad lo distinguen como un hito en la ciudad de Diriamba.</p> <p>En la fachada principal se distinguen tres volúmenes, con prevalencia de la línea horizontal. El volumen central se rematado con respecto a los laterales, todos de gran sencillez y escasa decoración. Sobresalen dos pequeños balcones ubicados en la parte central de cada uno de los volúmenes, que enmarcan un trió de vanos con columnas entre ellos y arcos conopiales. El acceso principal está constituido por un pequeño pórtico con arcos de influencia mudéjar, que se extienden a los otros nivel, por el eje de balcones y vanos descrito anteriormente, hasta llegar al alero, debajo del cual se encuentra grabado con grandes letras "Instituto La Inmaculada".</p> <p>La distribución del inmueble, corresponde a un volumen rectangular de cuatro corredores alrededor de un patio central. El inmueble consta de cuatro niveles, que dada la topografía del terreno, el primer nivel solo es visible en el costado Oeste del inmueble. El primer nivel corresponde a la parte privada de la congregación, en ella se encuentran una serie de habitaciones de buena ventilación, una pequeña sala de oraciones, una cocina y despensas. El segundo y tercer nivel está formado por una serie de salones que funcionaban como salones de clase, oficina, laboratorios y auditorios. El cuarto nivel era utilizado como habitaciones, mientras el colegio ofreció el servicio de internado.</p> <p>En el interior de frente al acceso principal, en el patio central encontramos una hermosa capilla, de tres naves decorada con vitrales y un altar de mármol. Siguiendo con los salones, estos se caracterizan por su gran sencillez y amplitud con vanos de dintel recto y pisos de losa de concreto.</p> <p>A través de algunos elementos particulares se hace evidente el lujo del lugar, como un ascensor de carga, un ascensor de comida que comunicaba con un lujoso comedor y la cocina que se ubicaba en la parte privada utilizada por las madres, lámparas y armarios forman parte de la bella decoración.</p> <p>La construcción es de muros de piedras, estructura de techo de madera y cubierta de zinc. Algunas partes de la cubierta son de losa de concreto.</p>								<p>Actualmente este se encuentra en proceso de venta, con solo cuatro de sus salones rentados para impartir clases de inglés.</p>			

**ANEXO B**

**(Planos Arquitectónicos del Instituto La Inmaculada)**

**ANEXO C**  
**(Planos Detalles Estructurales)**

## **ANEXO D**

**(Datos de Resistencia de los Elementos Ensayados)**

A continuación se presentan las tablas cuyo contenido refleja los datos recopilados luego de realizar el levantamiento de datos. En ellas se muestra la identificación del elemento (ID), el ángulo de golpe del martillo ( $\alpha$ ), el promedio de rebotes elásticos (Rbm) y finalmente la resistencia obtenida en PSI. Para conocer la ubicación de los elementos ver ANEXO E

**Tabla D 1. Columnas Primera Planta**

ID	$\alpha(^{\circ})$	Rbm	Resistencia (PSI)
C-1	0	32	3114
C-2	0	39	5131
C-3	0	39	5131
C-4	0	40	5470
C-5	0	41	5821
C-6	0	39	5131
C-7	0	41	5821
C-8	0	39	5131
C-9	0	39	5131
C-10	0	34	3629
C-11	0	41	5821
C-12	0	37	4492
C-13	0	39	5131
C-14	0	41	5821
C-15	0	40	5470
C-16	0	29	2429
C-17	0	28	2223
C-18	0	27	2028
C-19	0	23	1353
C-20	0	27	2028
C-21	0	28	2223
C-22	0	24	1506
C-23	0	31	2874
C-24	0	26	1844
C-25	0	24	1506
C-26	0	25	1670
$\Sigma X/nX$			3767

**Tabla D 2. Columnas Primera Planta (Exteriores)**

ID	$\alpha(^{\circ})$	Rbm	Resistencia (PSI)
C-44	0	34	3629
C-45	0	26	1844
C-46	0	33	3365
C-47	0	34	3629
C-48	0	27	2028
C-49	0	32	3114
$\Sigma X/nX$			2935

**Tabla D 3. Columnas Primera Planta (Escaleras)**

ID	$\alpha(^{\circ})$	Rbm	Resistencia (PSI)
C-50	0	29	2429
C-51	0	29	2429
C-52	0	22	1209
C-53	0	39	5137
C-54	0	26	1844
C-55	0	24	1506
C-56	0	26	1844
C-57	0	30	2646
C-58	0	26	1844
C-59	0	24	1506
C-60	0	34	3629
C-61	0	19	835
C-62	0	26	1844
C-63	0	22	1209
$\Sigma X/nX$			2137

**Tabla D 4. Columnas Segunda Planta**

ID	$\alpha(^{\circ})$	Rbm	Resistencia (PSI)
C-1	0	29	2429
C-2	0	28	2223
C-3	0	36	4129
C-4	0	34	3629
C-5	0	30	2646
C-6	0	30	2646
C-7	0	31	2874
C-8	0	35	3904
C-9	0	30	2646
C-10	0	37	4492
C-11	0	42	6186
C-12	0	42	6186
C-13	0	31	2874
C-14	0	26	1844
C-15	0	25	1670
C-16	0	28	2223
C-17	0	28	2223
C-18	0	31	2874
C-19	0	30	2646
C-20	0	27	2028
C-21	0	29	2429
C-22	0	29	2429
C-23	0	31	2874
C-24	0	34	3629
C-25	0	31	2874
C-26	0	29	2429
$\Sigma X/nX$			3040

**Tabla D 5. Columnas Tercera Planta**

ID	$\alpha(^{\circ})$	Rbm	Resistencia (PSI)
C-1	0	38	4805
C-2	0	39	5131
C-3	0	40	5470
C-4	0	41	5821
C-5	0	34	3629
C-6	0	39	5131
C-7	0	38	4805
C-8	0	35	3904
C-9	0	41	5821
C-10	0	41	5821
C-11	0	40	5131
C-12	0	41	5470
C-13	0	39	5131
C-14	0	39	5131
C-15	0	38	4805
$\sum X/nX$			5067

**Tabla D 6. Columnas Tercera Planta (Exteriores)**

ID	$\alpha(^{\circ})$	Rbm	Resistencia (PSI)
C-27	0	35	3904
C-28	0	34	3629
C-29	0	39	5131
C-30	0	38	4805
C-31	0	32	3114
C-32	0	39	5131
C-33	0	36	4192
C-34	0	37	4492
C-35	0	36	4192
C-36	0	41	5821
C-37	0	35	3904
C-38	0	40	5470
C-39	0	37	4492
C-40	0	26	1844
C-41	0	32	3114
C-42	0	37	4492
C-43	0	34	3629
$\sum X/nX$			4197

**Tabla D 7. Vigas del Primer Entrepiso**

<b>ID°</b>	<b><math>\alpha(^{\circ})</math></b>	<b>Rbm</b>	<b>Resistencia(PSI)</b>	<b>Promedio (PSI)</b>
V-1	90	32	2116	1735
	0	23	1353	
V-2	90	33	2316	1763
	0	22	1209	
V-3	90	32	2116	1811
	0	24	1506	
V-4	90	34	2529	2018
	0	24	1506	
V-5	90	38	3509	3569
	0	34	3629	
V-6	90	34	2529	1839
	0	26	1148	
V-7	90	35	2754	1982
	0	22	1209	
V-8	90	41	4389	4441
	0	37	4492	
V-9	90	38	3509	4001
	0	37	4492	
V-10	90	40	4081	2615
	0	26	1148	
V-11	90	31	1927	2075
	0	28	2223	
V-12	90	30	1749	1628
	0	24	1506	
V-13	90	30	1749	1449
	0	26	1148	
V-14	90	36	2993	2071
	0	26	1148	
V-15	90	34	2529	1839
	0	26	1148	

**Tabla D 8. Vigas del Primer Entrepiso**

<b>ID°</b>	<b><math>\alpha(^{\circ})</math></b>	<b>Rbm</b>	<b>Resistencia(PSI)</b>	<b>Promedio (PSI)</b>
V-16	90	25	1023	1086
	0	26	1148	
V-17	90	30	1749	1449
	0	26	1148	
V-18	90	32	2116	1893
	0	25	1670	
V-19	90	26	1148	992
	0	19	835	
V-20	90	27	1283	1395
	0	24	1506	
V-21	90	29	1583	1209
	0	19	835	
V-22	90	26	1148	992
	0	19	835	
V-23	90	23	800	1005
	0	22	1209	
V-24	90	28	1482	1279
	0	21	1075	
V-25	90	30	1749	1628
	0	24	1506	
V-26	90	30	1749	1449
	0	26	1148	
V-27	90	28	1428	1319
	0	22	1209	
V-28	90	30	1749	1449
	0	26	1148	
V-29	90	34	2529	1869
	0	22	1209	
V-30	90	31	1927	1717
	0	24	1506	

**Tabla D 9. Vigas del Primer Entrepiso**

ID°	$\alpha(^{\circ})$	Rbm	Resistencia(PSI)	Promedio (PSI)
V-31	90	35	2754	1951
	0	26	1148	
V-32	90	37	3244	2227
	0	22	1209	
V-33	90	33	2316	1911
	0	24	1506	
V-34	90	38	3509	2359
	0	22	1209	
V-35	90	36	2993	2071
	0	26	1148	
V-36	90	26	1148	1148
	0	26	1148	
V-37	90	33	2316	1911
	0	24	1506	
V-38	90	25	1023	1116
	0	22	1209	
V-39	90	26	1148	1179
	0	22	1209	
V-40	90	30	1749	1628
	0	24	1506	
$\Sigma X/nX$				1826

**Tabla D 10. Vigas del Primer Entrepiso (Escaleras)**

ID°	$\alpha(^{\circ})$	Rbm	Resistencia(PSI)	Promedio (PSI)
41	90	42	4712	4171
	0	34	3629	
42	90	39	3788	3451
	0	32	3114	
43	90	40	4081	4137
	0	36	4192	
44	90	28	2223	1826
	0	28	1428	
$\Sigma X/nX$				3396

**Tabla D 11. Vigas del Segundo Entrepiso**

<b>ID°</b>	<b><math>\alpha(^{\circ})</math></b>	<b>Rbm</b>	<b>Resistencia(PSI)</b>	<b>Promedio (PSI)</b>
V-1	90	32	2116	1663
	0	22	1209	
V-2	90	31	1927	1568
	0	22	1209	
V-3	90	33	3316	2232
	0	26	1148	
V-4	90	35	2754	2054
	0	23	1353	
V-5	90	28	1428	1319
	0	22	1209	
V-6	90	29	1583	1396
	0	22	1209	
V-7	90	35	2754	1951
	0	26	1148	
V-8	90	25	1023	1116
	0	22	1209	
V-9	90	25	1023	1116
	0	22	1209	
V-10	90	30	1749	1479
	0	22	1209	
V-11	90	26	1148	1179
	0	22	1209	
V-12	90	31	2316	1763
	0	22	1209	
V-13	90	26	2316	1835
	0	23	1353	

**Tabla D 12. Vigas del Segundo Entrepiso**

<b>ID°</b>	<b>α(°)</b>	<b>Rbm</b>	<b>Resistencia(PSI)</b>	<b>Promedio (PSI)</b>
28	90	23	800	716
	0	17	631	
29	90	24	907	769
	0	17	631	
30	90	21	612	622
	0	17	631	
31	90	24	2529	1941
	0	23	1353	
32	90	35	2754	1951
	0	26	1148	
33	90	32	2116	1735
	0	23	1353	
34	90	38	3509	2329
	0	26	1148	
35	90	33	2316	1732
	0	26	1148	
36	90	33	2316	1732
	0	26	1148	
37	90	34	2529	1941
	0	23	1353	
38	90	33	2316	1835
	0	23	1353	
39	90	30	1749	1449
	0	26	1148	
40	90	31	1927	1538
	0	26	1148	
<b>ΣX/nX</b>				<b>1575</b>

**Tabla D 13. Losas del Primer Entrepiso**

ID	$\alpha(^{\circ})$	Rbm	Resistencia(PSI)
L-1	90	37	3244
L-2	90	28	1228
L-3	90	27	1283
L-4	90	31	1929
L-5	90	30	1749
L-6	90	40	4081
L-7	90	40	4081
L-8	90	30	1749
L-9	90	29	1583
L-10	90	28	1428
L-11	90	26	1148
L-12	90	29	1583
L-13	90	29	1583
L-14	90	23	800
L-15	90	30	1743
L-15	90	24	907
L-16	90	24	907
L-17	90	23	800
L-18	90	22	702
L-19	90	29	1583
L-20	90	28	1428
L-21	90	33	2316
L-22	90	32	2116
L-23	90	32	2116
L-24	90	34	2529
L-25	90	36	2993
L-26	90	31	1927
L-27	90	29	1583
L-28	90	34	2529
$\sum X/nX$			1850

**Tabla D 14. Losas del Segundo Entrepiso**

<b>ID</b>	<b><math>\alpha(^{\circ})</math></b>	<b>Rbm</b>	<b>Resistencia(PSI)</b>
L-1	90	34	2529
L-2	90	27	1283
L-3	90	29	1583
L-4	90	30	1749
L-5	90	32	2116
L-6	90	29	1583
L-7	90	27	1283
L-8	90	30	1749
L-9	90	30	1749
L-17	90	22	702
L-18	90	25	1023
L-19	90	26	1148
L-20	90	23	800
L-21	90	21	612
L-22	90	26	1148
L-23	90	26	1148
L-24	90	29	1583
L-25	90	33	2316
L-26	90	25	1023
L-27	90	34	3529
L-28	90	32	2116
<b><math>\sum X/nX</math></b>			<b>1561</b>

## **ANEXO E**

**(Planos de Ubicación de los Elementos Ensayados)**

## **ANEXO F**

**(Valores Obtenidos para Generar el Espectro de Diseño)**

**Tabla F 1. Datos calculados para generar el espectro de diseño**

T	a	Am															
(seg)	g	g															
0.00	0.93	0.19	0.62	2.43	0.51	1.24	1.22	0.25	1.86	0.81	0.17	1.94	0.78	0.16	2.56	0.46	0.10
0.02	1.25	0.26	0.64	2.35	0.49	1.26	1.20	0.25	1.88	0.80	0.17	1.96	0.77	0.16	2.58	0.45	0.09
0.04	1.56	0.33	0.66	2.28	0.48	1.28	1.18	0.25	1.90	0.79	0.17	1.98	0.76	0.16	2.56	0.46	0.10
0.06	1.88	0.39	0.68	2.22	0.46	1.30	1.16	0.24	1.92	0.78	0.16	2.00	0.75	0.16	2.60	0.45	0.09
0.08	2.19	0.46	0.70	2.15	0.45	1.32	1.14	0.24	1.94	0.78	0.16	2.02	0.74	0.15	2.62	0.44	0.09
0.10	2.51	0.52	0.72	2.09	0.44	1.34	1.12	0.23	1.96	0.77	0.16	2.04	0.72	0.15	2.64	0.43	0.09
0.12	2.51	0.52	0.74	2.04	0.42	1.36	1.11	0.23	1.98	0.76	0.16	2.06	0.71	0.15	2.66	0.43	0.09
0.14	2.51	0.52	0.76	1.98	0.41	1.38	1.09	0.23	2.00	0.75	0.16	2.08	0.70	0.15	2.68	0.42	0.09
0.16	2.51	0.52	0.78	1.93	0.40	1.40	1.08	0.22	2.02	0.74	0.15	2.10	0.68	0.14	2.70	0.41	0.09
0.18	2.51	0.52	0.80	1.88	0.39	1.42	1.06	0.22	2.04	0.72	0.15	2.12	0.67	0.14	2.72	0.41	0.08
0.20	2.51	0.52	0.82	1.84	0.38	1.44	1.05	0.22	2.06	0.71	0.15	2.14	0.66	0.14	2.74	0.40	0.08
0.22	2.51	0.52	0.84	1.79	0.37	1.46	1.03	0.21	2.08	0.70	0.15	2.16	0.65	0.13	2.76	0.40	0.08
0.24	2.51	0.52	0.86	1.75	0.36	1.48	1.02	0.21	2.10	0.68	0.14	2.18	0.63	0.13	2.78	0.39	0.08
0.26	2.51	0.52	0.88	1.71	0.36	1.50	1.00	0.21	2.12	0.67	0.14	2.20	0.62	0.13	2.80	0.38	0.08
0.28	2.51	0.52	0.90	1.67	0.35	1.52	0.99	0.21	2.14	0.66	0.14	2.22	0.61	0.13	2.82	0.38	0.08
0.30	2.51	0.52	0.92	1.64	0.34	1.54	0.98	0.20	2.16	0.65	0.13	2.24	0.60	0.13	2.84	0.37	0.08
0.32	2.51	0.52	0.94	1.60	0.33	1.56	0.97	0.20	2.18	0.63	0.13	2.26	0.59	0.12	2.86	0.37	0.08
0.34	2.51	0.52	0.96	1.57	0.33	1.58	0.95	0.20	2.20	0.62	0.13	2.28	0.58	0.12	2.88	0.36	0.08
0.36	2.51	0.52	0.98	1.54	0.32	1.60	0.94	0.20	2.22	0.61	0.13	2.30	0.57	0.12	2.90	0.36	0.07
0.38	2.51	0.52	1.00	1.51	0.31	1.62	0.93	0.19	2.24	0.60	0.13	2.32	0.56	0.12	2.92	0.35	0.07
0.40	2.51	0.52	1.02	1.48	0.31	1.64	0.92	0.19	2.26	0.59	0.12	2.34	0.55	0.11	2.94	0.35	0.07
0.42	2.51	0.52	1.04	1.45	0.30	1.66	0.91	0.19	2.28	0.58	0.12	2.36	0.54	0.11	2.96	0.34	0.07
0.44	2.51	0.52	1.06	1.42	0.30	1.68	0.90	0.19	2.30	0.57	0.12	2.38	0.53	0.11	2.98	0.34	0.07
0.46	2.51	0.52	1.08	1.40	0.29	1.70	0.89	0.18	2.32	0.56	0.12	2.40	0.52	0.11	3.00	0.33	0.07
0.48	2.51	0.52	1.10	1.37	0.29	1.72	0.88	0.18	2.34	0.55	0.11	2.42	0.51	0.11			
0.50	2.51	0.52	1.12	1.35	0.28	1.74	0.87	0.18	2.36	0.54	0.11	2.44	0.51	0.11			
0.52	2.51	0.52	1.14	1.32	0.28	1.76	0.86	0.18	2.38	0.53	0.11	2.46	0.50	0.10			
0.54	2.51	0.52	1.16	1.30	0.27	1.78	0.85	0.18	1.86	0.81	0.17	2.48	0.49	0.10			
0.56	2.51	0.52	1.18	1.28	0.27	1.80	0.84	0.17	1.88	0.80	0.17	2.50	0.48	0.10			
0.58	2.51	0.52	1.20	1.26	0.26	1.82	0.83	0.17	1.90	0.79	0.17	2.52	0.47	0.10			
0.60	2.51	0.52	1.22	1.23	0.26	1.84	0.82	0.17	1.92	0.78	0.16	2.54	0.47	0.10			

## **ANEXO G**

**(Análisis de la Estructura del Edificio la Inmaculada, Modelada con Paredes)**

## Modelo en SAP2000

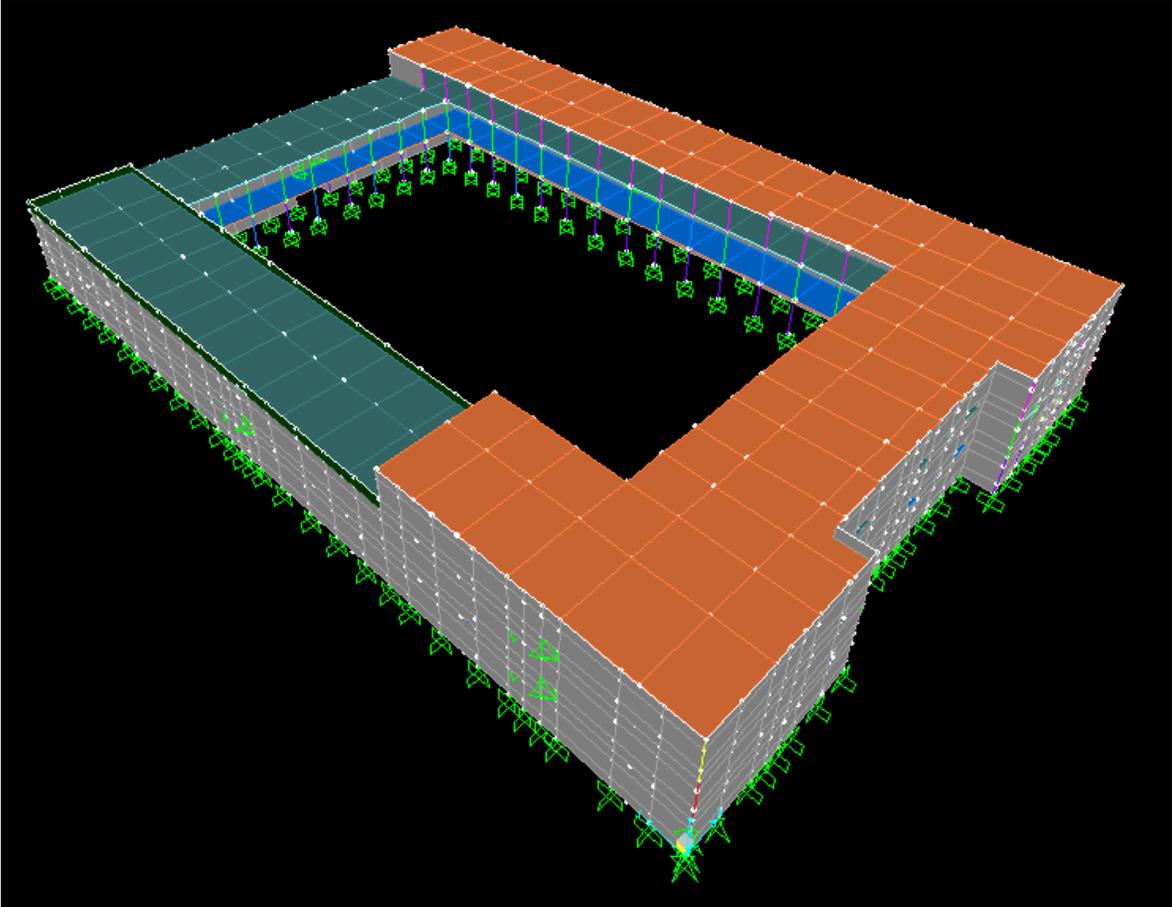


Figura 62 Estructura modelada con paredes

### Revisión de condiciones de regularidad según el RNC (Art.23)

1. Su planta es sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales por lo que toca a masas, así como muros y otros elementos resistentes. Estos son, además, sensiblemente paralelos a los ejes ortogonales principales del edificio. **Cumple**
2. La relación de su altura a la dimensión menor de su base no pase de 2.5. **Cumple**

3. Relación de largo a ancho de la base no pase los 2.3. **Cumple**
4. En planta no tiene entrantes ni salientes cuya dimensión exceda de 20 por ciento de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección que se considera del entrante o saliente. **Cumple**
5. En cada nivel tiene un sistema de techo o piso rígido y resistente. **Cumple**
6. No tiene aberturas en sus sistemas de techos o piso cuya dimensión exceda del 20 por ciento de la dimensión en planta medida paralelamente a la abertura; las áreas huecas no ocasionan asimetrías significativas ni difieren en posición de un piso a otro, y el área total de aberturas no excede en ningún nivel del 20 por ciento del área de la planta. **Cumple**
7. El peso de cada nivel, incluyendo la carga viva que debe considerarse para el diseño sísmico, no es mayor que 110 por ciento del correspondiente al piso inmediato inferior, ni excepción hecha del último nivel de la construcción, es menor que 70 por ciento de dicho piso. **No Cumple**
8. Ningún piso tiene un área, delimitada por los paños exteriores de sus elemento resistentes verticales, mayor que 110 por ciento de la del piso inmediato inferior ni menor que 70 por ciento de esta. Se exige de este último requisito únicamente al último piso de la construcción.
9. Todas las columnas están restringidas en todos los pisos en dos direcciones sensiblemente ortogonales por diafragmas horizontales y por trabes o losas planas. **Cumple**

10. La rigidez al corte de ningún entrepiso excede en más de 50 por ciento a la del entrepiso inmediatamente inferior. El último entrepiso queda excluido de este requisito.
  
11. La resistencia al corte de ningún entrepiso excede en más de 50 por ciento a la del entrepiso inmediatamente inferior. El último piso queda excluido de este requisito.
  
12. En ningún entrepiso la excentricidad torsional calculada estáticamente,  $e$ , excede del 10 por ciento de la dimensión en planta de ese entrepiso medida paralelamente a la excentricidad mencionada.

**Análisis y comparación de resultados obtenidos de la estructura modelada con muros de carga, contra estructura modelada por medio de marcos.**

**Tabla 18 Periodos de vibración de la estructura modelada por medio de marcos**

<b>TABLE: Modal Periods And Frequencies</b>						
<b>OutputCase</b>	<b>StepType</b>	<b>StepNum</b>	<b>Period</b>	<b>Frequency</b>	<b>CircFreq</b>	<b>Eigenvalue</b>
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.2529	3.9541	24.844	617.25
MODAL	Mode	2	0.2115	4.7284	29.71	882.66
MODAL	Mode	3	0.1963	5.0946	32.01	1024.7
MODAL	Mode	4	0.1752	5.7068	35.857	1285.7
MODAL	Mode	5	0.1553	6.4395	40.461	1637.1
MODAL	Mode	6	0.1435	6.97	43.794	1917.9
MODAL	Mode	7	0.1286	7.7762	48.859	2387.2
MODAL	Mode	8	0.1184	8.4427	53.047	2814
MODAL	Mode	9	0.1039	9.6246	60.473	3657
MODAL	Mode	10	0.0924	10.823	68.004	4624.6
MODAL	Mode	11	0.0875	11.434	71.842	5161.3
MODAL	Mode	12	0.0784	12.75	80.112	6418

**Tabla 19 Periodos de vibración de la estructura modelada con paredes**

<b>TABLE: Modal Periods And Frequencies</b>						
<b>OutputCase</b>	<b>StepType</b>	<b>StepNum</b>	<b>Period</b>	<b>Frequency</b>	<b>CircFreq</b>	<b>Eigenvalue</b>
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.1445	6.9216	43.4898	1891.3620
MODAL	Mode	2	0.1203	8.3102	52.2143	2726.3354
MODAL	Mode	3	0.1201	8.3298	52.3376	2739.2269
MODAL	Mode	4	0.1200	8.3307	52.3432	2739.8100
MODAL	Mode	5	0.1197	8.3524	52.4797	2754.1158
MODAL	Mode	6	0.1197	8.3561	52.5031	2756.5802
MODAL	Mode	7	0.1197	8.3572	52.5099	2757.2933
MODAL	Mode	8	0.1196	8.3607	52.5318	2759.5908
MODAL	Mode	9	0.1196	8.3641	52.5533	2761.8522
MODAL	Mode	10	0.1195	8.3655	52.5618	2762.7445
MODAL	Mode	11	0.1194	8.3763	52.6301	2769.9255
MODAL	Mode	12	0.1192	8.3878	52.7020	2777.5043

Tabla 20 Desplazamientos en el nodo 7 de la estructura modelada por medio de marcos

TABLE: Joint Displacements										
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	m	m	Radians	Radians	Radians
7	MODAL	LinModal	Mode	1	6.00257E-05	-3.19772E-06	4.04417E-05	-7.17124E-05	7.3103E-05	4.10738E-06
7	MODAL	LinModal	Mode	2	-0.000269533	6.33801E-05	-9.06787E-05	9.70362E-05	-0.000236493	-1.76803E-05
7	MODAL	LinModal	Mode	3	0.000189288	9.41496E-07	8.60373E-05	-0.000256575	7.2088E-06	1.67873E-05
7	MODAL	LinModal	Mode	4	4.64343E-05	1.07121E-05	7.0375E-05	-0.000128943	0.000127873	1.34266E-06
7	MODAL	LinModal	Mode	5	-0.000217311	0.000157578	8.38908E-05	-0.000415475	-0.000201811	-1.95938E-05
7	MODAL	LinModal	Mode	6	-3.22898E-05	-6.10055E-05	-7.47047E-05	0.000291707	6.73355E-05	8.01894E-07
7	MODAL	LinModal	Mode	7	-0.000450198	0.000186773	3.39269E-05	-0.000240128	-0.000149326	-4.12667E-05
7	MODAL	LinModal	Mode	8	-0.000487968	0.000126357	1.56685E-05	-8.12055E-05	-6.64852E-05	-3.48522E-05
7	MODAL	LinModal	Mode	9	0.00071911	-0.000280075	1.52326E-05	0.000229961	0.000312485	6.0398E-05
7	MODAL	LinModal	Mode	10	0.00120344	-0.000334479	-3.27777E-05	-0.000100762	-0.000243809	0.000108684
7	MODAL	LinModal	Mode	11	0.001630798	-0.000442678	-2.26345E-05	-5.10894E-05	5.01749E-05	0.000143034
7	MODAL	LinModal	Mode	12	1.8893E-05	-3.01517E-05	4.29597E-06	-1.47791E-05	-2.69126E-05	1.6616E-05

**Tabla 21. Desplazamientos en el nodo 7 de la estructura modelada con paredes**

<b>TABLE: Joint Displacements</b>										
<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>StepType</b>	<b>StepNum</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	m	m	Radians	Radians	Radians
7	MODAL	LinModal	Mode	1	-1.90405E-08	-1.99637E-09	-3.66533E-09	2.587E-10	-1.59156E-09	-4.49597E-08
7	MODAL	LinModal	Mode	2	-1.34113E-07	5.52423E-08	-4.53512E-08	5.83781E-08	-7.47545E-09	4.26806E-07
7	MODAL	LinModal	Mode	3	-2.62779E-07	4.12815E-07	9.71032E-08	-1.56817E-07	-1.53184E-08	-1.1891E-06
7	MODAL	LinModal	Mode	4	4.54591E-09	-3.0037E-09	1.29904E-10	4.11227E-09	3.3688E-10	1.35851E-08
7	MODAL	LinModal	Mode	5	-2.80783E-08	2.52719E-08	1.54724E-09	-6.08482E-09	-2.12311E-09	-3.74622E-08
7	MODAL	LinModal	Mode	6	2.99124E-07	-3.50868E-07	-2.27879E-08	-2.98167E-08	1.52012E-08	2.14092E-08
7	MODAL	LinModal	Mode	7	2.3367E-08	-1.47298E-09	3.86682E-09	3.45139E-09	2.13566E-09	2.23562E-08
7	MODAL	LinModal	Mode	8	-3.13978E-10	8.20082E-09	4.31508E-09	-2.01106E-09	1.06348E-10	-5.52759E-09
7	MODAL	LinModal	Mode	9	4.38102E-06	1.60747E-06	5.32772E-06	-8.39097E-06	7.68971E-10	-1.48658E-08
7	MODAL	LinModal	Mode	10	-1.00568E-07	5.14309E-10	-3.35467E-08	1.97428E-08	-7.40123E-09	-2.72633E-08
7	MODAL	LinModal	Mode	11	-1.21778E-09	1.07132E-11	-3.2138E-10	3.23327E-11	-9.96123E-11	-6.85742E-10
7	MODAL	LinModal	Mode	12	3.17992E-07	-4.13322E-07	1.21159E-08	-7.49346E-08	2.11643E-08	2.53035E-08

**Observaciones:**

La modelación de la estructura considerando el aporte de resistencia proporcionado por las paredes, provoca un aumento considerable de las propiedades dinámicas de la estructura; a como se evidencia en las tablas 18 y 19 los periodos de vibración fundamentales de las estructuras se reducen considerablemente en los doce modos de vibrar de la estructura, así también los desplazamientos en los nodos a consecuencia del aumento de la rigidez llegan a ser casi cero. Cabe mencionar que para realizar el diagnóstico y brindar las propuestas de rehabilitación de la estructura del edificio la Inmaculada, el análisis fue más conservador ya que no se consideró el aporte de resistencia de los muros de cargas (Paredes).

**ANEXO H**  
**(Fichas Técnicas de Productos Sika)**



## Kit Antisalitre

Paquete de productos para prevenir y eliminar el salitre, la humedad, hongos y moho en muros y fachadas.

### Descripción

**Kit Antisalitre** es un paquete de productos conformado por: **SikaCem Impermeabilizante**, **Sikalatex-N**, **Sika ImperMuro** y **Sikaflex-1a** diseñados para prevenir y eliminar el Salitre, humedad, hongos, y moho en los muros y fachadas.

### Usos

- Mantenimiento de muros interiores y exteriores con salitre, humedad, moho, hongos.
- En obra nueva prolongo o evita la aparición de salitre en los muros interiores y exteriores.
- Eliminar o prolonga la aparición de manchas negras o verdes en los muros interiores y exteriores.
- Sistema integral impermeable para cualquier tipo de estructura que evita el paso de la humedad.

### Ventajas

- Paquete de productos específicos para eliminar o prevenir el salitre y la humedad.
- Optimización de costos ya que elimina los re-trabajos.
- Mejor costo-desempeño.
- Elimina o evita la aparición de manchas negras o verdes en los muros.

### Datos Técnicos

Paquete de productos formados por:

**SikaCem Impermeabilizante** (ver ficha técnica del producto)

**Sikalatex-N** (ver ficha técnica del producto)

**Sika ImperMuro** (ver ficha técnica del producto)

**Sikaflex-1a** (ver ficha técnica del producto)

### Aplicación

#### Preparación de la superficie

**Para obra de mantenimiento:** retirar el mortero, yeso, estuco, pasta o pintura que estén dañados o tenga salitre, manchas negras o verdes y desprendimiento, retirar hasta llegar a un sustrato sano (block, aplanado o concreto). Limpie el polvo y partículas sueltas y dejar respirar la superficie de 3 a 7 días dependiendo el grado de humedad que presente.

**Para obra nueva:** La superficie debe estar seca, libre de polvo y partículas sueltas. En caso de humedad excesiva en el muro deje respirar la superficie de 3 a 7 días antes de aplicar el sistema.

#### Aplicación del sistema Antisalitre

**Paso 1:** sellar las grietas y juntas con **Sikaflex-1a** (sellador de poliuretano).

**Paso 2:** Aplique dos capas de **Sika Imper Muro** directamente sobre superficie después de los 3 a 7 días que se dejó respirar. El **Sika ImperMuro** se aplica con brocha o rodillo como sellador sin diluir para formar una barrera impermeable, además es un endurecedor superficial.

**Paso 3:** Prepare un mortero para aplanado de acuerdo a la siguientes dosificaciones:

Mezcle los polvos:

- » 1 saco de cemento de 50 kg
- » 1 bolsa de **SikaCem Impermeabilizante** (impermeabilizante integral).
- » 5 cubetas de 19 L de Arena 0-3 mm

Mezcle los líquidos:

- » 13 a 15 Litros de agua (dependiendo la fluidez deseada).
- » 3 Litros de **Sikalatex-N** (aditivo mejorador de adherencia).

Finalmente añadir los líquidos a los polvos y mezclar continuamente durante 3 a 5 minutos hasta obtener una mezcla homogénea.

El mortero para aplanado rinde de 3 a 5 m<sup>2</sup> a un espesor de 2 a 3 mm. Dependiendo la irregularidad de la superficie.

**Paso 4:** aplique con llana el mortero para aplanado sobre el **Sika ImperMuro** (área a reparar). Cure la superficie reparada para evitar agrietamientos. Una vez que ha secado aplicar la pintura o pasta.

### Consumos / rendimiento

El **Kit Antisalitre** le rinde para reparar 3 a 5 m<sup>2</sup> a un espesor de 2 a 3 mm.

**Sikaflex-1a** rinde 3 metros lineales en junta de 1 cm x 1 cm.

**Sika ImperMuro** rinde 4 m<sup>2</sup>/L a dos manos. No se debe diluir.

**SikaCem impermeabilizante** se dosifica una bolsa por saco de 50 kg de cemento.

**Sikalatex-N** para mejorador de adherencia de mortero para aplanado se utiliza 3 L por saco de cemento de 50 kg.

### Limpieza de Herramientas

Las herramientas se lavan con agua si el producto está aún fresco. Si ya está seco utilice **Sika Limpiador**.

### Condiciones de Aplicación / Limitaciones

- » La temperatura mínima de aplicación es de +15°C.
- » La temperatura máxima de aplicación es de 40°C.
- » Para exteriores si se avecina lluvia no aplique el producto ya que se puede deslavar.
- » No lo mezcle con otros productos.
- » No aplique el producto en tiempo húmedo o sobre superficies mojadas.
- » El curado de la superficie reparada disminuye la posibilidad de aparición de fisuras.
- » El **Kit Antisalitre** es incapaz de prevenir el daño causado por la condensación sobre muros fríos (por ejemplo en habitaciones mal ventiladas).
- » Se recomienda aplicar una pintura sobre el mortero de reparación aplicado.
- » Se recomienda realizar pruebas de campo preliminares antes de una completa aplicación.

### Medidas de Seguridad y desecho de residuos

En caso de contacto con la piel lave la zona afectada inmediatamente con agua y jabón.

En caso de contacto con los ojos lave inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos y acuda inmediatamente al médico. En caso de ingestión no provoque el vómito y acuda al médico.

Desear el producto una vez que haya polimerizado en su totalidad ya que de esta manera el residuo no es peligroso. Consultar la hoja de seguridad del producto.

### Almacenamiento

12 (doce) 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.

# Sika® CarboDur®

Lámina de fibra de carbono para reforzamiento estructural.

## Descripción

Sika® CarboDur® son láminas de polímero reforzado con fibras de carbono fabricadas mediante proceso de pultrusión, diseñadas para reforzamiento de estructuras de concreto, madera y mampostería.

Las láminas Sika® CarboDur® se adhieren a las estructuras como refuerzo externo mediante la resina epóxica Sikadur®-30 (para detalles del adhesivo, consultar su respectiva Hoja Técnica).

## Usos

Para reforzar estructuras por:

- Incremento de cargas:
  - Aumentando la capacidad de losas y trabes
  - Aumentando la capacidad de puentes por actualización de cargas vehiculares
  - Instalación de maquinaria pesada
  - Cambios en el uso de la estructura
- Daño en elementos estructurales:
  - Deterioro de los materiales de construcción
  - Corrosión en el acero de refuerzo
  - Impacto de vehículos
  - Incendios
  - Terremotos
- Mejoramiento de la capacidad de servicio:
  - Reducción de deformaciones
  - Reducción de esfuerzos en el acero de refuerzo
  - Reducción del ancho de fisuras
  - Reducción de fatiga
- Modificaciones del sistema estructural:
  - Eliminación de muros o columnas
  - Eliminación de secciones en losas para aberturas de vanos
- Actualización de estructuras a reglamentos y normas vigentes:
  - Sísmico
  - Cambio de filosofía de diseño
- Errores de diseño o construcción:
  - Acero de refuerzo insuficiente o inadecuado
  - Dimensiones insuficientes de los elementos estructurales

## Ventajas

- No se corroe.
- Muy alta resistencia.
- Excelente durabilidad.
- Muy bajo peso propio.
- Disponible en cualquier longitud, mínima necesidad de traslapes.
- Muy bajo espesor del sistema, puede pintarse o recubrirse.
- Fácil manejo y transporte (en rollos).
- Gran facilidad para ejecutar cruces o intersecciones de las láminas.
- Extremadamente fácil de instalar, especialmente en posición sobre-cabeza.
- Sobresaliente resistencia a la fatiga.
- Requiere mínima preparación de la placa.
- Alta resistencia a la alcalinidad.
- Bordes libres de fibras expuestas gracias al proceso de fabricación por pultrusión.
- Sistema aprobado por la industria de la construcción en numerosos países.

## Aprobaciones

**Alemania:** Deutsches Institut für Bautechnik Z-36.12-29, 2002: General Construction Authorization for Sika® CarboDur®.

**Francia:** SOCOTEC Rapport No. HX0823, 2000: Rapport d'enquête technique/cashier des charges – Sika® CarboDur® / SikaWrap®.

**Noruega:** NBI Teknisk Godkjenning, NBI Technical Approval, No. 2178, 2001.

**Eslovenia:** ZAG, Technical Approval No. S418/99-620-2, za uporabo nacina ojačitev armirano betonskih in prednapetih elementov konstrukcij z dolepljenjem lamel iz karbonskih vlaken "Sika® CarboDur®" v Republiki Sloveniji.

**Eslovaquia:** TSUS, Building Testing and Research Institutes, Technical approval No. 5502A/02/0633/0/004, 2003: Systém dodatocného zosilňovania železobetónových a drevených konštrukcií Sika® CarboDur®.

**Polonia:** Instytut badawczy drog i mostow, Technical Approval No. AT/2003-04-0336, System materiałow Sika® CarboDur® do wzmacniania konstrukcji obiektow mostowich.



## Datos del Sistema

Sika® CarboDur® + Sikadur®-30

## Detalles de Aplicación

### Consumos

Ancho de la lámina	Sikadur®-30
10 cm	0.8 kg/m
5 cm	0.45 kg/m

Estos consumos contemplan el desperdicio del material bajo condiciones normales de trabajo y pueden variar dependiendo de la rugosidad del sustrato y de la cantidad de traslapes o intersecciones.

### Calidad del sustrato

#### Planicidad y nivelación

La superficie a reforzar deberá estar nivelada, con variaciones y marcas de cimbra no mayores de 0.5 mm. La planicidad y nivelación del sustrato debe verificarse con regla metálica. Las tolerancias máximas son de 10 mm en una longitud de 2 m y 4 mm en una longitud de 30 cm.

La resistencia del sustrato (concreto, mampostería o piedra) debe verificarse siempre: la resistencia a la tensión promedio del sustrato de concreto preparado debe ser de 2 MPa (20 kg/cm<sup>2</sup>), pero nunca menor a 1.5 MPa (15 kg/cm<sup>2</sup>). Si no es posible obtener estas resistencias puede verificarse la aplicabilidad de los sistemas de tejidos SikaWrap® como alternativa.

El concreto a reforzar deberá tener una edad mínima de 28 días (dependiendo del ambiente y resistencias).

### Preparación del Sustrato

#### Concreto y mampostería:

Sanos, secos, limpios y libre de lechada, agua estancada, grasa, aceites, recubrimientos antiguos y partículas sueltas.

El concreto debe limpiarse y prepararse hasta quedar libre de lechada y contaminantes, con una superficie de textura abierta.

Las reparaciones y nivelaciones que requiera la superficie deberán realizarse con mortero de reparación estructural como el Sikadur®-30 mezclado con Sikadur® Arena

en una proporción que no exceda de 1:0.8 medida en peso. Para adaptarse a las condiciones particulares de cada obra, se deberán realizar pruebas en campo de la aplicación y trabajabilidad del mortero elaborado.

Si las irregularidades son mayores o existe un espesor considerable de concreto débil o deteriorado por presencia de corrosión, consultar al Departamento Técnico de Sika para mayor información sobre la manera de proceder.

#### Madera:

Preparada por cepillado, esmerilado o sandblasteado. El polvo debe retirarse con aspiradora.

#### Acero:

Preparado por chorro de arena o granallado, libre de grasas, aceite o corrosión y cualquier otro contaminante que inhiba la adherencia. Utilice un primario de protección adecuado.

Se deberá evitar la condensación de humedad (punto de rocío) en las superficies tanto del sustrato como de los materiales de refuerzo.

## Condiciones de Aplicación

Las condiciones de aplicación son las descritas en la Hoja Técnica del Sikadur®-30. Refiérase a ella para mayores detalles.

## Método de Aplicación / Herramientas

Colocar la placa Sika® CarboDur® en una superficie lisa, preferente mente una mesa de trabajo, limpiar la superficie a pegar mediante Sika® Limpiador con un paño blanco hasta verificar que se encuentre completamente limpia. Esperar a que el solvente de limpieza haya secado completamente en la superficie de la lámina. Aplicar el adhesivo Sikadur®-30 sobre la superficie previamente preparada y limpia, mediante espátula para formar una capa de aproximadamente 1 mm de espesor. Coloque el Sikadur®-30 sobre la placa CarboDur® mediante una espátula labrada con forma de "domo", con espesor mínimo de 1 mm en los extremos y máximo de 2 mm al centro.

Dentro del tiempo del pot life del adhesivo, coloque la placa Sika® CarboDur® recubierta con el Sikadur®-30 sobre el concreto ya untado con el adhesivo. Utilizando un rodillo de hule macizo u otra herramienta similar



que pueda proporcionar una presión uniforme, presione la placa sobre el adhesivo hasta expulsar material por ambos lados de la misma. Remueva el exceso de producto, tratando de dejar un chafán del adhesivo en los bordes de la lámina.

Traslapes o capas múltiples:

En caso de cruces entre láminas, la placa ya colocada deberá limpiarse con **Sika® Limpiador** antes de colocar el adhesivo para la segunda capa. Si se requiere colocar más de una capa, las láminas se deberán limpiar por ambas caras.

### Limpieza de Herramientas

Limpiar inmediatamente todas las herramientas con **Sika® Limpiador**. El adhesivo **Sikadur®-30** una vez que ha endurecido solo puede retirarse por medios mecánicos.

### Condiciones de Aplicación / Limitaciones

- Un Ingeniero Estructuralista calificado debe ser el responsable del adecuado diseño del sistema de reforzamiento.
- Los sistemas indicados en este documento son de carácter estructural y deben diseñarse y colocarse por personal capacitado para este fin.
- El control de calidad debe ser soportado y/o monitoreado por una autoridad independiente. Las visitas de los asesores técnicos o personal de Sika son con el propósito de hacer observaciones y recomendaciones técnicas y no de supervisión o de control de calidad en el sitio de los trabajos.
- Solo coloque las láminas dentro del periodo de pot life del **Sikadur®-30**.
- Se debe tener cuidado cuando se realice el corte de las láminas. Utilice ropa de protección, guantes, lentes de seguridad y protección respiratoria.
- El sistema **Sika® CarboDur®** debe protegerse de la exposición directa a la luz solar.
- La temperatura máxima de servicio permisible es de 50 °C.

### Protección contra fuego y rayos UV

En caso de requerirse, las láminas **Sika® CarboDur®** deben protegerse con materiales resistentes a fuego. La superficie expuesta a rayos UV de las láminas **Sika® CarboDur®** debe protegerse con recubrimientos como el **Sika® Uretano Premium** o el **Sikagard® 550 W**.

### Medidas de Seguridad y Manejo de Residuos

Para información y advertencias en el manejo, almacenamiento y disposición seguro de productos químicos, el usuario deberá remitirse a la más reciente versión de la Hoja de Seguridad, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y de seguridad.

Disponga de los residuos de acuerdo a las disposiciones Municipales, Estatales o Federales correspondientes.

### Información adicional

Las Hojas Técnicas de Productos son actualizadas periódicamente. Para asegurar que tenga la versión más actual, visite la sección de hojas técnicas de productos en [www.sika.com.mx](http://www.sika.com.mx). La aplicación adecuada del material es responsabilidad de quien lo aplica. Las visitas en sitio de personal de Sika son únicamente para recomendaciones técnicas, y no para supervisión o control de calidad.



Reforzamiento de Estructuras

Sikadur® -30

## Sikadur® -30

Adhesivo para pegado estructural.

### Descripción

**Sikadur®-30** es un adhesivo de uso estructural de dos componentes, libre de solventes (100% sólidos), elaborado a base de una combinación de resinas epóxicas y agregados especiales, formulado para uso a temperaturas normales de +8°C a +35°C.

Cumple con las normas ASTM C-881 y AASHTO M-235.

### Usos

Adhesivo para pegado estructural, particularmente para trabajos de reforzamiento estructural como:

- Láminas de materiales compuestos (**Sika® CarboDur®**) al concreto, mampostería o madera (para detalles consultar la Hoja Técnica del producto **Sika® CarboDur®**).
- Placas de acero al concreto (para detalles consultar al Departamento Técnico).

### Ventajas

- Fácil de mezclar y aplicar
- No se requiere de uso de imprimante.
- Alta resistencia a flujo plástico bajo cargas sostenidas.
- Excelente adherencia al concreto, mampostería, piedra, acero, hierro forjado, aluminio, madera y láminas **Sika® CarboDur®**.

- Su endurecimiento no se ve afectado por alta humedad.
- Adhesivo de uso estructural de altas resistencias mecánicas iniciales y últimas.
- Tixotrópico (de consistencia ideal para aplicaciones en vertical y sobre cabeza).
- Libre de solventes.
- No presenta contracción durante el curado.
- Componentes de diferente color para garantizar el correcto mezclado.
- Alta resistencia a la abrasión e impacto.
- Impermeable a líquidos y vapor de agua.

### Datos del Producto

#### Presentación:

Unidad (componentes A+B) de 3.78 L (7.39 kg)

#### Color:

Componente A: Blanco

Componente B: Negro

Mezcla A + B: Gris claro

#### Almacenamiento

24 meses, almacenado en su empaque original sellado, en lugar seco a una temperatura entre 4°C y 35°C. Acondicionar el material a una temperatura de entre 18 a 29°C antes de usar.

### Datos Técnicos

<b>Relación de la mezcla:</b>	3:1 en volumen
<b>Consistencia:</b>	Pasta tixotrópica (no escurre)
<b>Pot life:</b>	70 minutos a 23 °C (1.5 kg)
<b>Temperatura de deflexión:</b>	47 °C (ASTM D648, esfuerzo de 1.8 MPa a 7 días)
<b>Resistencia a la tensión:</b>	252 kg/cm <sup>2</sup> (ASTM D-638 a 7 días)
<b>Elongación a la ruptura:</b>	1% (ASTM D-638 a 7 días)
<b>Módulo de elasticidad:</b>	44 820 kg/cm <sup>2</sup> (ASTM D-638 a 7 días)
<b>Resistencia a flexión (Modulo de rotura):</b>	475 kg/cm <sup>2</sup> (ASTM D-790 a 14 días)
<b>Módulo de elasticidad Tangente de flexión:</b>	119 480 kg/cm <sup>2</sup> (ASTM D-790 a 14 días)



<b>Resistencia a cortante:</b>	250 kg/cm <sup>2</sup> (ASTM D-732 a 14 días)	
<b>Adherencia (ASTM C-882): Concreto endurecido a concreto endurecido</b>	2 días (curado en húmedo)	189 kg/cm <sup>2</sup>
	2 días (curado en seco)	224 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días (curado en húmedo)	217 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Concreto endurecido a acero</b>	2 días (curado en húmedo)	182 kg/cm <sup>2</sup>
	2 días (curado en seco)	209 kg/cm <sup>2</sup>
	14 días (curado en húmedo)	182 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Absorción de agua:</b>	0.03% (ASTM D570 a 7 días y 24 hr. de inmersión)	

	Resistencia a compresión (ASTM D-695, kg/cm <sup>2</sup> )		
	Temperatura		
	4°C	23°C	32°C
4 horas	-	-	385
8 horas	-	245	470
16 horas	-	470	525
1 día	51	545	545
3 días	475	590	580
7 días	560	604	604
14 días	595	604	624
28 días	595	604	632

**Módulo de compresión**

27 410 kg/cm<sup>2</sup> (ASTM D-695 a 7 días)

**Nota:** Estos valores pueden variar debido a la cantidad de aire atrapado introducido durante el proceso de mezclado.

**Aplicación Preparación del Sustrato**

La superficie del concreto debe prepararse al perfil mínimo de superficie de concreto (CSP-3) definido en la plantilla de perfil de superficie del Instituto Internacional de Reparación del Concreto (ICRI). Las desviaciones de planicidad de la superficie no deben ser mayores a 1 mm. La superficie debe estar limpia y sana, seca o húmeda, pero libre de agua estancada. Remover de la superficie polvo, lechada, grasa, curadores, impregnaciones, ceras, partículas extrañas, materiales en proceso de desintegración y cualquier material que pueda inhibir la adherencia. Las irregularidades fuera de tolerancia deben rellenarse con un mortero de reparación apropiado (elaborado con **Sikadur®-30** agregándole máximo 0.8 partes de arena sílica seca **Sikadur® Arena**. Deberán realizarse pruebas para encontrar la relación más adecuada dependiendo de la consistencia requerida). La resistencia a la tensión del concreto debe verificarse después de la preparación de la superficie mediante pruebas de adherencia aleatorias (pull off ACI 503R). La resistencia mínima a la tensión del concreto debe ser de 1.4 MPa (14.3 kg/cm<sup>2</sup>) con falla en el concreto base.

**Sistemas de preparación:**

**Concreto:** Chorro de arena, copa de diamante o cualquier otro medio mecánico que produzca una superficie rugosa y limite al máximo la microfisuración.

**Acero:** Chorro de arena o escarificado mecánico a metal blanco.

**Sika® CarboDur®:** Limpieza con **Sika® Limpiador**.



## Sika Monotop® -412 SM

Mortero de reparación estructural de aplicación manual y por proyección.

### Descripción del Producto

Sika Monotop® -412 SM es un mortero de reparación estructural base cemento, de un solo componente, reforzado con fibras, de baja contracción, listo para su uso en aplicaciones de altos espesores sin necesidad de cimbra.

### Usos

- Para trabajos de reparación de desprendimientos, oquedades o deterioros en elementos de concreto simple o armado en cualquier tipo de estructura.
- Adecuado para trabajos de refuerzo estructural mediante el incremento de la capacidad de carga de la estructura de concreto al adicionar el mortero.
- Adecuado para trabajos de preservación o restauración de la pasividad en el acero de refuerzo mediante el incremento del espesor de recubrimiento y reemplazo del concreto carbonatado y/o contaminado.

### Ventajas

- Excelente trabajabilidad, incluso a temperaturas ambientales altas.
- Adecuado para aplicación a mano y por proyección.
- Se puede aplicar en espesores de capa de hasta 50 mm.
- Para reparaciones estructurales.
- Alta resistencia a sulfatos.
- Por su baja contracción y refuerzo con fibras, tiene reducida tendencia a fisurarse.
- Buena adherencia, incluso sin productos adicionales como puente de unión.
- Baja permeabilidad a cloruros.
- Clasificación al fuego A1.

### Datos de Producto

**Apariencia/Color:** Polvo gris  
**Presentación:** Saco de 25 Kg

**Condiciones de Almacenamiento/Conservación:**  
9 meses desde su fecha de fabricación, en su empaque de origen, bien cerrado y no deteriorado, almacenado en un lugar seco, fresco y protegido de las heladas.

### Datos Técnicos

**Base Química:** Cemento sulforresistente, áridos seleccionados y aditivos especiales.

**Densidad:** Densidad del mortero fresco - 2.10 kg/L

**Granulometría:** D<sub>máx</sub>: 2.4 mm

**Espesor por capa:**  
6 mm mín. / 50 mm máx., en vertical  
6 mm mín. / 30 mm máx., sobre cabeza

### Propiedades Mecánicas/Físicas

#### Resistencia a Compresión

1 día	- 18 MPa (183 kg/cm <sup>2</sup> )
3 días	- 30 MPa (306 kg/cm <sup>2</sup> )
7 días	- 40 MPa (408 kg/cm <sup>2</sup> )
28 días	- 54 MPa (550 kg/cm <sup>2</sup> )

#### Resistencia a la tracción por flexión

1 día	- 3.9 MPa (30 kg/cm <sup>2</sup> )
7 días	- 6.5 MPa (66 kg/cm <sup>2</sup> )
28 días	- 8.0 MPa (82 kg/cm <sup>2</sup> )

### Requerimientos de acuerdo a EN 1504-3 Clase R4.

Ensayado con una relación agua/polvo = 15%

	Ensayo	Resultados	Requerimientos (R4)
Resistencia a compresión	EN 12190	54 (MPa) (550 kg/cm <sup>2</sup> )	>45 MPa
Contenido de ión cloro	EN 1015	- 0.03%	< 0.05%



<b>Absorción capilar</b>	EN 13057	~ 0.1 kg/m-2h-0.5	< 0.5 kg-m-2h-0.5
<b>Resistencia a la carbonatación</b>	EN 13295	Pasa: menor que el control	Concreto de control tipo MC(0.45), dk= 5 mm
<b>Módulo de elasticidad</b>	EN 13412	~ 30 GPa (305,800 kg/cm <sup>2</sup> )	> 20 GPa
<b>Compatibilidad Térmica. Enfriamiento brusco</b>	EN 13687-2	~ 2.1 MPa (21.4 kg/cm <sup>2</sup> )	> 2.0 N/mm <sup>2</sup> (MPa)
<b>Compatibilidad Térmica. Ciclos térmicos en seco</b>	EN 13687-4	~ 2.1 MPa (21.4 kg/cm <sup>2</sup> )	> 2.0 N/mm <sup>2</sup> (MPa)
<b>Adherencia</b>	EN 1542	~ 2.4 MPa (24.5 kg/cm <sup>2</sup> )	> 2.0 N/mm <sup>2</sup> (MPa)

## Aplicación

### Consumo

Depende de la rugosidad del soporte y el espesor de capa aplicada. Como aproximación, se utilizan ~ 19 kg por m<sup>2</sup> por cada cm de espesor.

1 saco rinde aproximadamente 13.7 litros de mortero.

### Calidad del sustrato

#### Concreto

El concreto debe estar libre de polvo, material suelto o mal adherido, contaminantes superficiales y materiales que puedan reducir la adherencia o impedir la humectación de los materiales de reparación.

#### Acero de refuerzo

Se deben eliminar totalmente restos de óxido, mortero, polvo y otros materiales que puedan impedir la adherencia o que contribuyan a la corrosión.

También se deben contemplar los requerimientos específicos de la EN 1504-10.

### Preparación del sustrato/ Imprimación

#### Concreto

Se debe eliminar el concreto delaminado, débil, deteriorado y contaminado o si es necesario, concreto sano, por medios mecánicos adecuados o chorro de agua a alta presión.

Se deben eliminar, donde sea posible, alambres de amarres, puntas y otros restos metálicos que estén embebidos en el concreto.

Los bordes donde se haya eliminado concreto deben tener un ángulo mínimo de 90° y máximo de 135° para reducir

la posibilidad de desprendimientos con la superficie adyacente de concreto sano.

Asegurarse de que se ha eliminado suficiente concreto alrededor de las barras de acero de refuerzo para permitir que el material de reparación la rodee y se pueda compactar.

#### Acero de refuerzo:

Las superficies se deben preparar utilizando técnicas de chorro abrasivo de arena o agua a alta presión.

#### Imprimación de adherencia:

Normalmente no se necesita imprimación sobre una superficie preparada con rugosidad adecuada. Cuando no se requiera imprimación, es necesaria una humectación superficial previa del sustrato. No se debe dejar que la superficie seque antes de aplicar el mortero de reparación. La superficie debe adquirir una apariencia mate oscura, sin brillos y sin encharcamientos al momento de la aplicación.

Cuando sea necesario un puente de adherencia, aplicar **SikaTop® Armatec 110 Epocem®** o **Sikadur® 32** (consultar Hojas Técnicas). La aplicación posterior del mortero se debe hacer "fresco sobre fresco", cuando el puente de adherencia todavía no ha endurecido.

#### Recubrimiento del acero:

Cuando sea requerido proteger con un recubrimiento el acero de refuerzo como barrera de protección, usar **SikaTop® Armatec 110 Epocem®** aplicando uniformemente en toda la superficie del acero (consultar Hoja Técnica).



### Condiciones de Aplicación

**Temperatura del Sustrato:** min. +5°C / max. +35°C  
**Temperatura Ambiente:** min. +5°C / max. +35°C

### Instrucciones de Aplicación

#### Proporciones de mezcla

~ 3.65 a 3.9 litros de agua por 25 kg de polvo

#### Mezclado

**Sika Monotop® -412 SM** se puede mezclar con un taladro manual de bajas revoluciones o con un mezclador adecuado para morteros (<500 rpm) o, para aplicación con máquina de lanzado, utilizando un mezclador especial para 2 o 3 sacos. **Sika Monotop® -412 SM** se puede mezclar también manualmente, pero se debe asegurar que se consiga una mezcla uniforme.

Verter 3.65 L de agua en el recipiente de mezclado. Añadir el polvo al agua, mientras se va batiendo la mezcla. Mezclar a conciencia durante al menos 3 minutos, hasta conseguir la consistencia requerida. Si considera necesario, en función del tipo de aplicación y método de mezclado, agregue agua a la mezcla sin exceder la relación máxima sugerida de 3.9 L por saco de 25 kg.

#### Método de Aplicación

**Sika Monotop® -412 SM** se puede aplicar por métodos manuales tradicionales o mediante la utilización de equipos de proyección por vía húmeda. Cuando se necesite un puente de adherencia, asegurarse de que éste se encuentre todavía fresco cuando se aplique el mortero de reparación (técnica "fresco sobre fresco"). Cuando se aplique manualmente, presionar el mortero fuertemente contra el sustrato e ir rellenando en capas con ayuda de llana o cuchara.

El acabado, tanto cuando se utilicen medios manuales como mecánicos, se realizará con una llana antes de que el material haya empezado a endurecer.

#### Tratamiento de Curado

Proteger el mortero recién aplicado de una deshidratación temprana, utilizando los métodos de curado adecuados, con especial cuidado en condiciones de insolación directa y fuertes vientos. Entre capas del producto, si es necesario, cure únicamente con agua.

#### Limpieza de herramientas

Limpiar las herramientas y equipo de trabajo con agua inmediatamente después de su uso. El material endurecido, sólo puede eliminarse con medios mecánicos.

#### Tiempo de vida de la mezcla (+20°C)

~ 45 minutos

#### Notas de Aplicación / Limitaciones

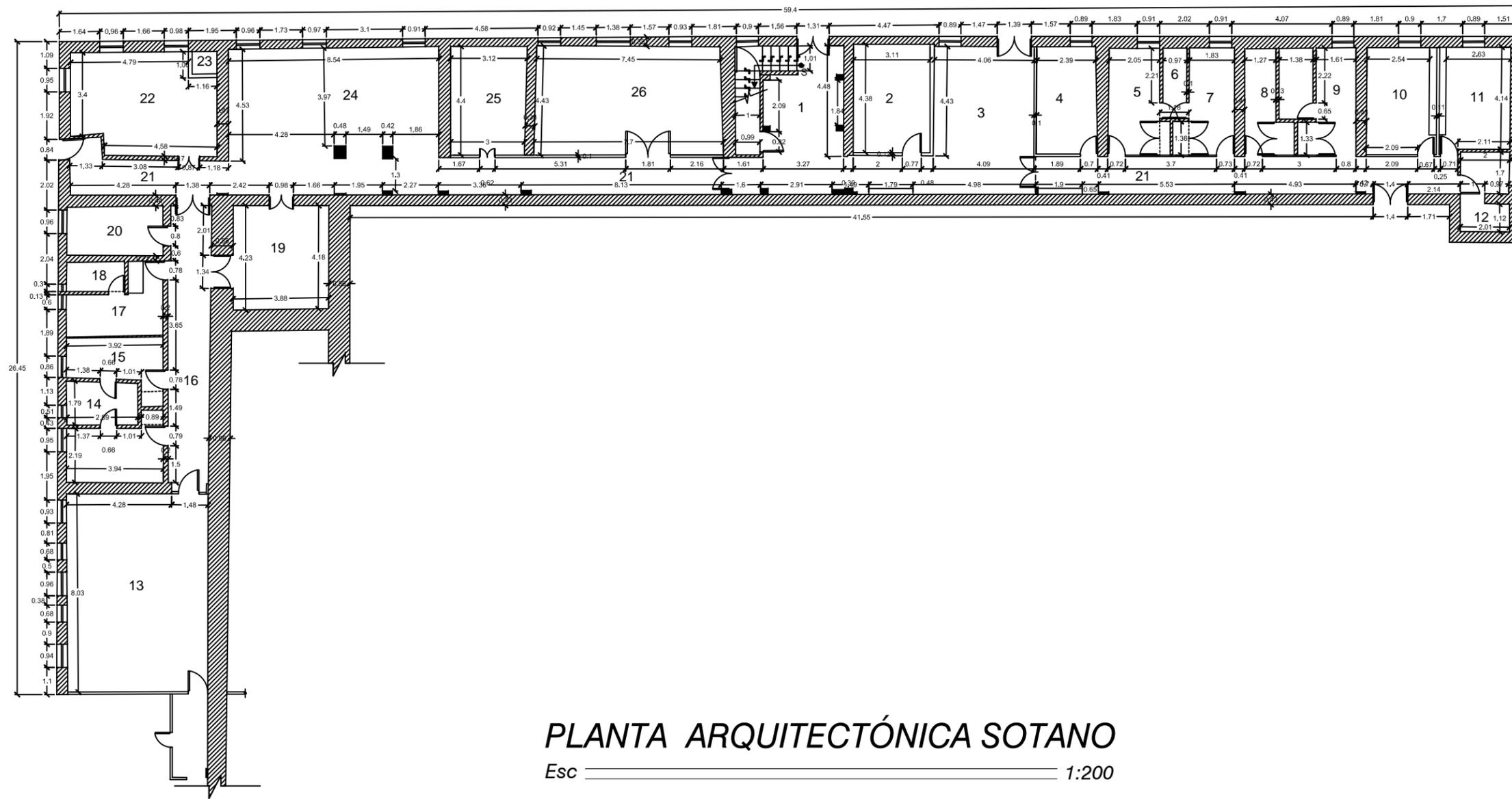
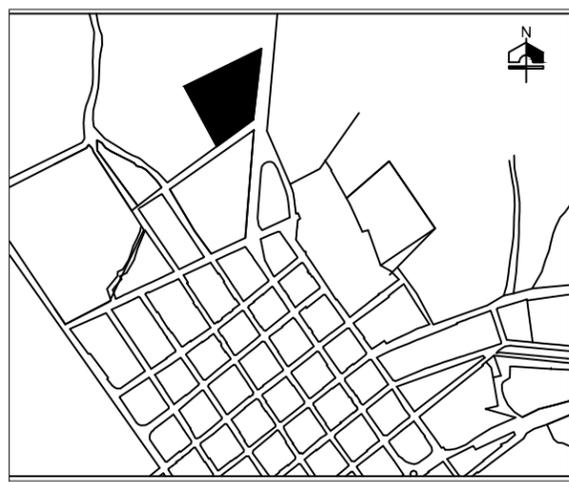
- × Cuando se aplique bajo incidencia directa del sol y/o vientos fuertes, extreme precauciones de curado y protección.
- × No añadir agua por encima de la dosificación recomendada.
- × Aplicar sólo sobre soportes sanos y preparados.
- × No añadir agua adicional durante el acabado superficial, puesto que esto puede causar decoloración y fisuración.
- × Proteger el material fresco recién aplicado de las heladas.

### Información de seguridad e higiene

Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento y eliminación de residuos de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad.

### Información Adicional

Todos los datos técnicos aquí contenidos están basados en ensayos de laboratorio. El valor real puede variar debido a circunstancias fuera de nuestro control. Las Hojas Técnicas de Productos son actualizadas periódicamente. Para asegurar que tenga la versión más actual, visite la sección de hojas técnicas de productos en [www.sika.com.mx](http://www.sika.com.mx). La aplicación adecuada del material es responsabilidad de quien lo aplica. Las visitas in situ de personal de Sika son únicamente para recomendaciones técnicas, y no para supervisión o control de calidad.



# PLANTA ARQUITECTÓNICA SOTANO

Esc \_\_\_\_\_ 1:200

INVENTARIO NACIONAL DE BIENES CULTURALES.



INSTITUTO NICARAGUENSE DE CULTURA  
 AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO



CÓDIGO:

02-01-01-014-EA  
 Colegio de la Inmaculada

DEPARTAMENTO: Carazo  
 MUNICIPIO: Diriamba

CONTENIDO:  
 PLANTA ARQUITECTÓNICA SOTANO

LEYENDA:

- |                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| 1. Sala.          | 15. Dormitorio.        |
| 2. Lavandería.    | 16. Pasillo.           |
| 3. Sala de estar. | 17. Dormitorio.        |
| 4. Dormitorio.    | 18. S.S.               |
| 5. Dormitorio.    | 19. Despensa.          |
| 6. S.S.           | 20. Despensa.          |
| 7. Dormitorio.    | 21. Pasillo.           |
| 8. Dormitorio.    | 22. Cocina.            |
| 9. Dormitorio.    | 23. Ascensor de comida |
| 10. Dormitorio.   | 24. Comedor.           |
| 11. Dormitorio.   | 25. Biblioteca.        |
| 12. S.S.          | 26. Capilla.           |
| 13. Salón.        |                        |
| 14. S.S.          |                        |

ESCALA:

1:200

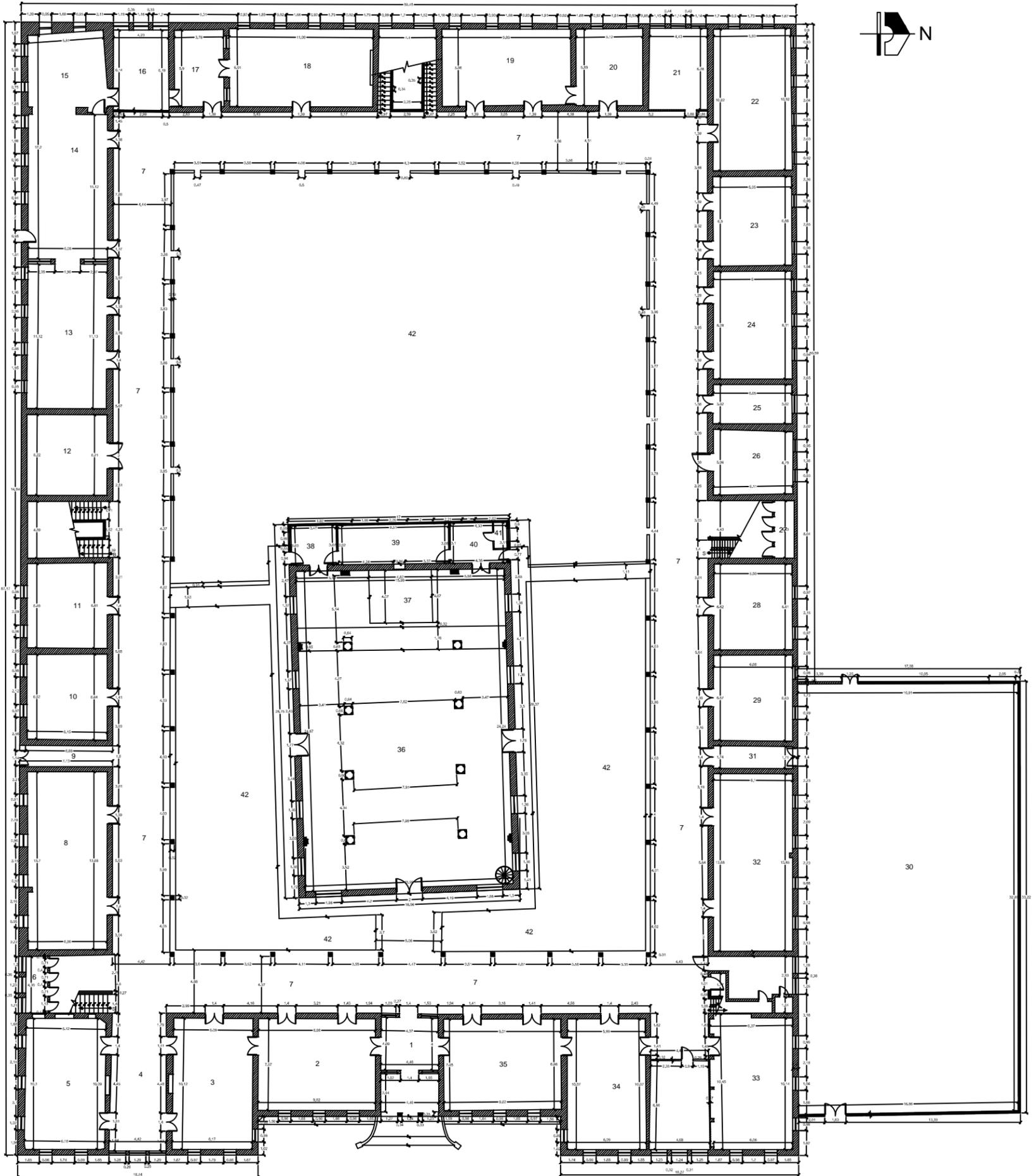
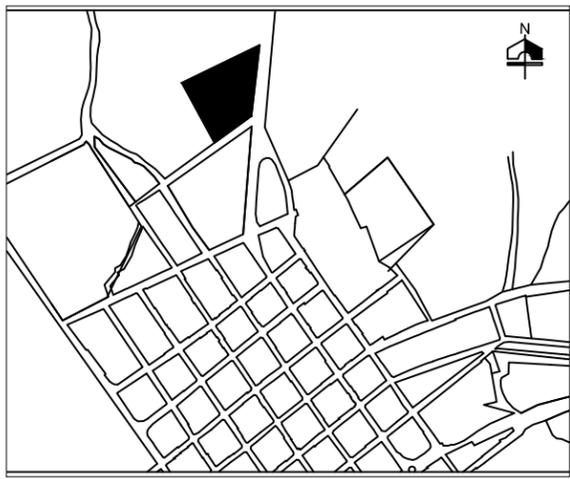
APROBADO POR:

Arq. Brissa Suárez

DIBUJADO POR:

Alvaro Muñoz Chaves





PLANTA ARQUITECTÓNICA PRIMER NIVEL

Esc 1:100

INVENTARIO NACIONAL DE BIENES CULTURALES.



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE CULTURA  
AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
PARA EL DESARROLLO

CÓDIGO:  
02-01-01-014-EA  
Colegio de la Inmaculada

DEPARTAMENTO: Carazo  
MUNICIPIO: Diriamba

CONTENIDO:  
PLANTA ARQUITECTÓNICA  
PRIMER NIVEL

LEYENDA:

- |             |             |               |
|-------------|-------------|---------------|
| 1. a n.     | 14.Comedor. | 28.Aula.      |
| 2.Oficina.  | 15.Cocina.  | 29.Aula.      |
| 3.Oficina.  | 16.Ca etín. | 30.Gimnasio.  |
| 4.Pasillo.  | 17.Aula.    | 31. a n.      |
| 5.Aula.     | 18.Aula.    | 32.Aula.      |
| 6.S.S.      | 19.Aula.    | 33.Aula.      |
| 7.Corredor. | 20.Aula.    | 34.Aula.      |
| 8.Aula.     | 21.Aula.    | 35.Oficina.   |
| 9. a n.     | 22.Aula.    | 36.Nave cent  |
| 10.Aula.    | 23.Aula.    | 37.Altar.     |
| 11.Aula.    | 24.Aula.    | 38.Sacristía. |
| 12.Aula.    | 25.Aula.    | 39.Sacristía. |
| 13.Aula.    | 26.Aula.    | 40.Sacristía. |
|             | 27.S.S.     | 41.Sacristía. |

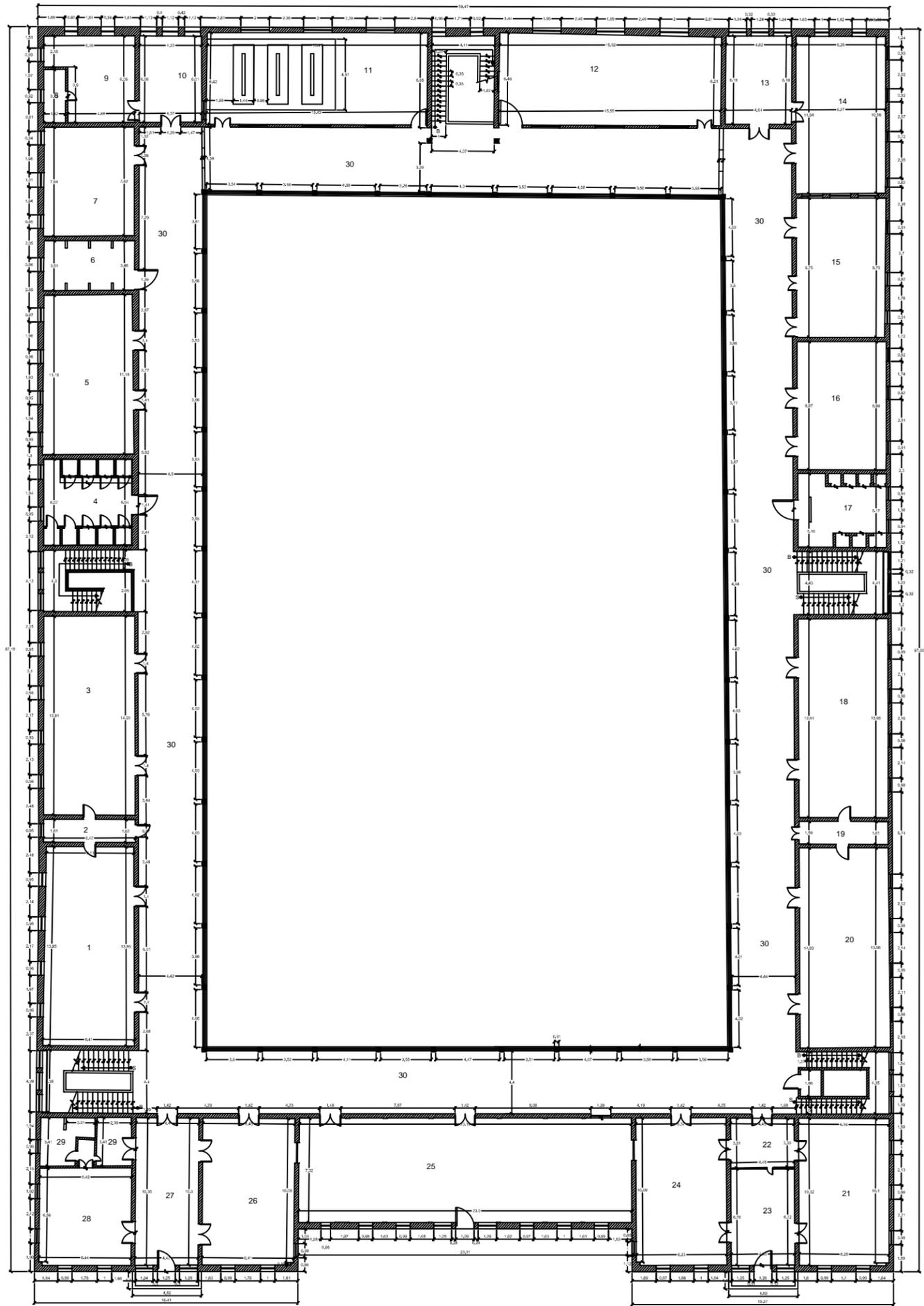
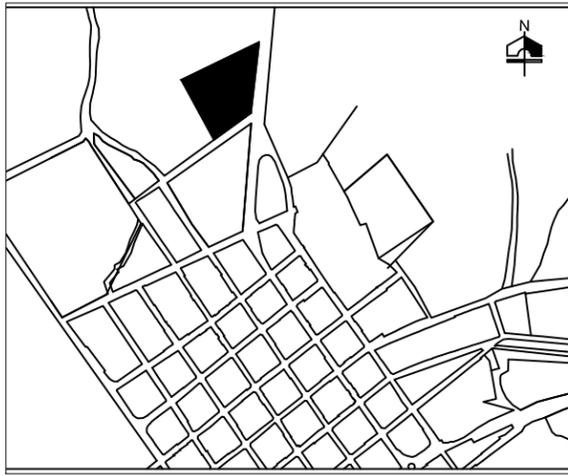
ESCALA:

1:350

APROBADO POR:  
Arq. Brissa Suárez  
Arq. Myriam Castillo

DIBUJADO POR:  
Alvaro Muñoz Chaves





PLANTA ARQUITECTÓNICA SE UN O NI EL  
Esc \_\_\_\_\_ 1:100

INVENTARIO NACIONAL DE BIENES CULTURALES.



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE CULTURA  
AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
PARA EL DESARROLLO

CÓDIGO:  
02-01-01-014-EA  
Colegio de la Inmaculada

DEPARTAMENTO: Carazo  
MUNICIPIO: Diriamba

CONTENIDO:  
PLANTA ARQUITECTÓNICA  
TERCER NIVEL

LEYENDA:

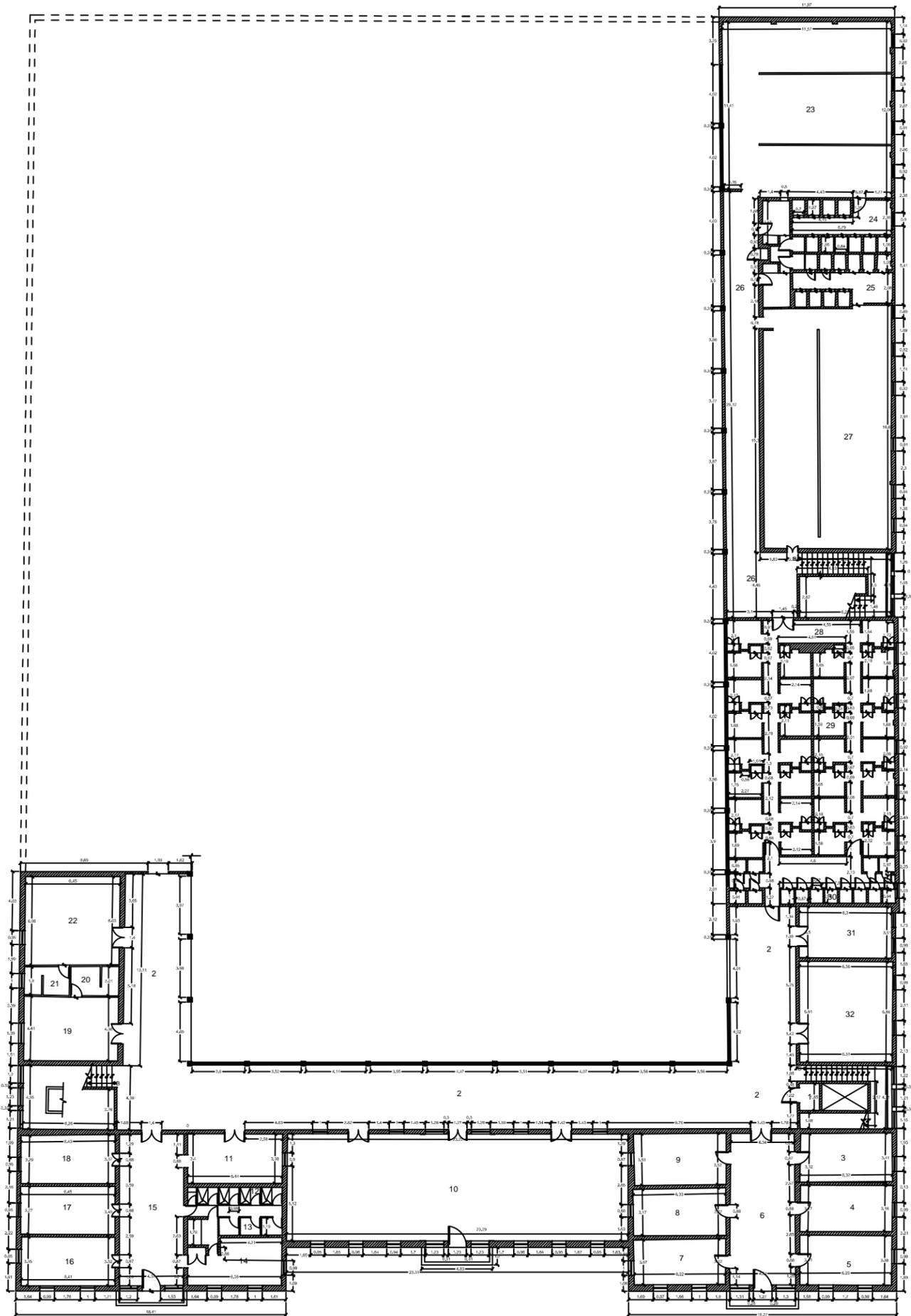
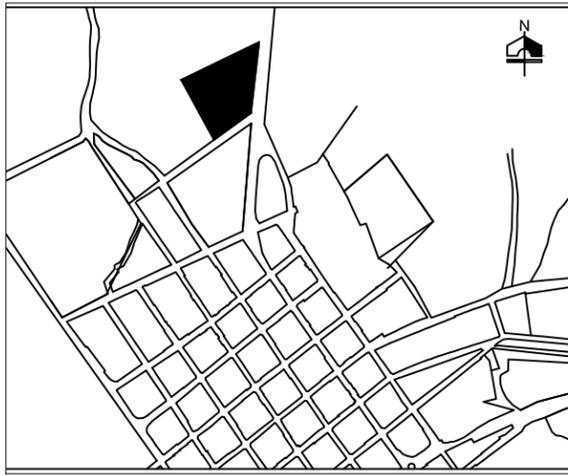
- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1. Salón.          | 16. Aula.           |
| 2. ?.              | 17. S.S.            |
| 3. Salón.          | 18. Aula.           |
| 4. Duchas.         | 19. Vestib. lo.     |
| 5. Salón.          | 20. Aula.           |
| 6. oficina.        | 21. Salón.          |
| 7. Corredor.       | 22. Sala de espera. |
| 8. S.S.            | 23. Oficina.        |
| 9. Dormitorio.     | 24. Salón.          |
| 10. Dormitorio.    | 25. Auditorio.      |
| 11. Laborotio.     | 26. Salón.          |
| 12. Laborotio.     | 27. Cuarto.         |
| 13. Sala de estar. | 28. Dormitorio.     |
| 14. Aula.          | 29. S.S.            |
| 15. Aula.          |                     |

ESCALA:  
1:350

APROBADO POR:  
Arq. Myriam Castillo

DIBUJADO POR:  
Alvaro Muñoz Chaves





**PLANTA ARQUITECTÓNICA TERCER NI EL**  
 Esc: 1:1000

**INVENTARIO NACIONAL DE BIENES CULTURALES.**



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE CULTURA  
 AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
 PARA EL DESARROLLO

**CÓDIGO:**  
 02-01-01-014-EA  
 Colegio de la Inmaculada

**DEPARTAMENTO:** Carazo  
**MUNICIPIO:** Diriamba

**CONTENIDO:**  
 PLANTA ARQUITECTÓNICA  
 TERCER NIVEL

**LEYENDA:**

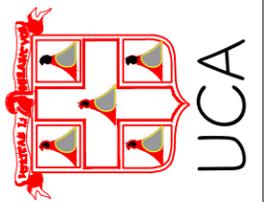
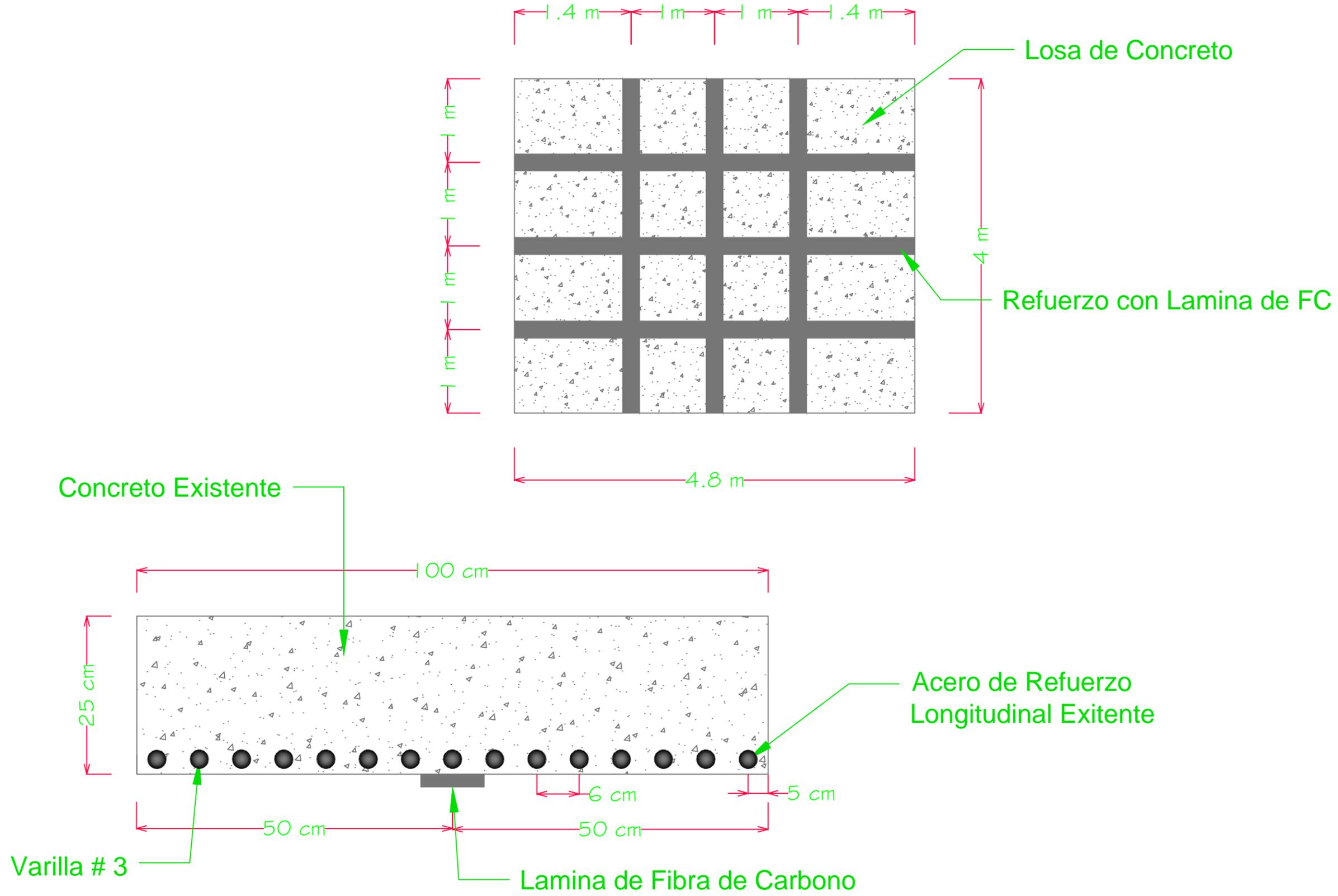
- |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1. Ascensor.    | 12. Duchas.     | 23. Vestidores. |
| 2. Corredor.    | 13. S.S.        | 24. S.S.        |
| 3. habitación.  | 14. Cuarto.     | 25. S.S.        |
| 4. habitación.  | 15. Vestib. lo. | 26. Vestib. lo. |
| 5. habitación.  | 16. habitación. | 27. Vestidores  |
| 6. habitación.  | 17. habitación. | 28. Pasillo.    |
| 7. habitación.  | 18. habitación. | 29. Cuarto      |
| 8. habitación.  | 19. habitación. | 30. multiple.   |
| 9. habitación.  | 20. S.S.        | 31. Duchas.     |
| 10. Salón.      | 21. S.S.        | 32. Cuarto.     |
| 11. habitación. | 22. habitación. |                 |

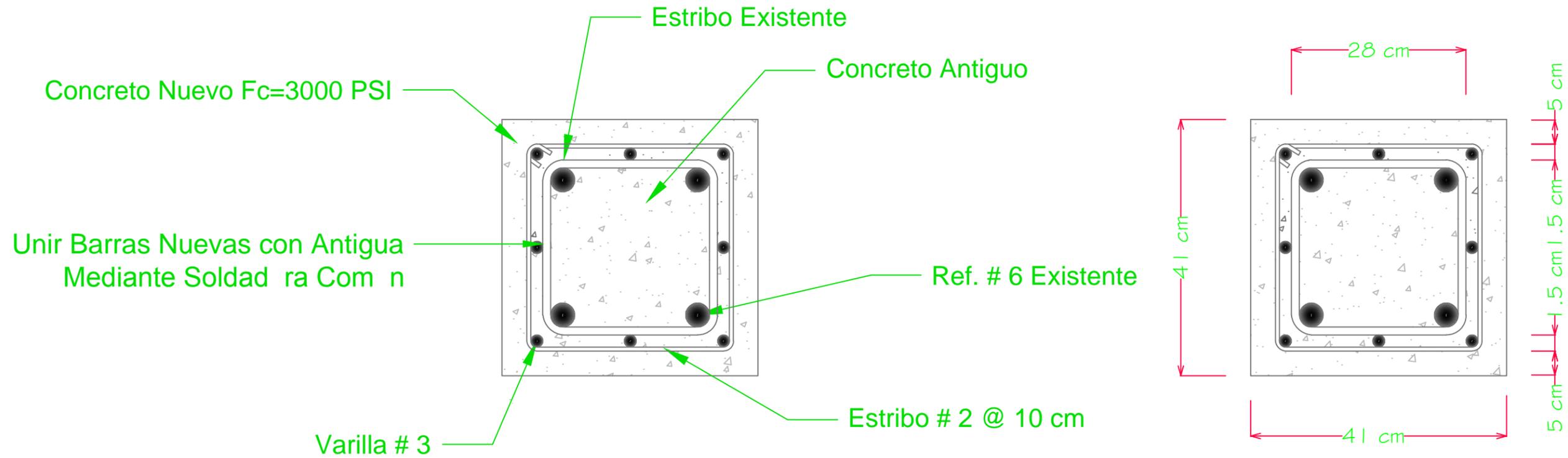
**ESCALA:**  
 1:350

**APROBADO POR:**  
 Arq. Myriam Castillo

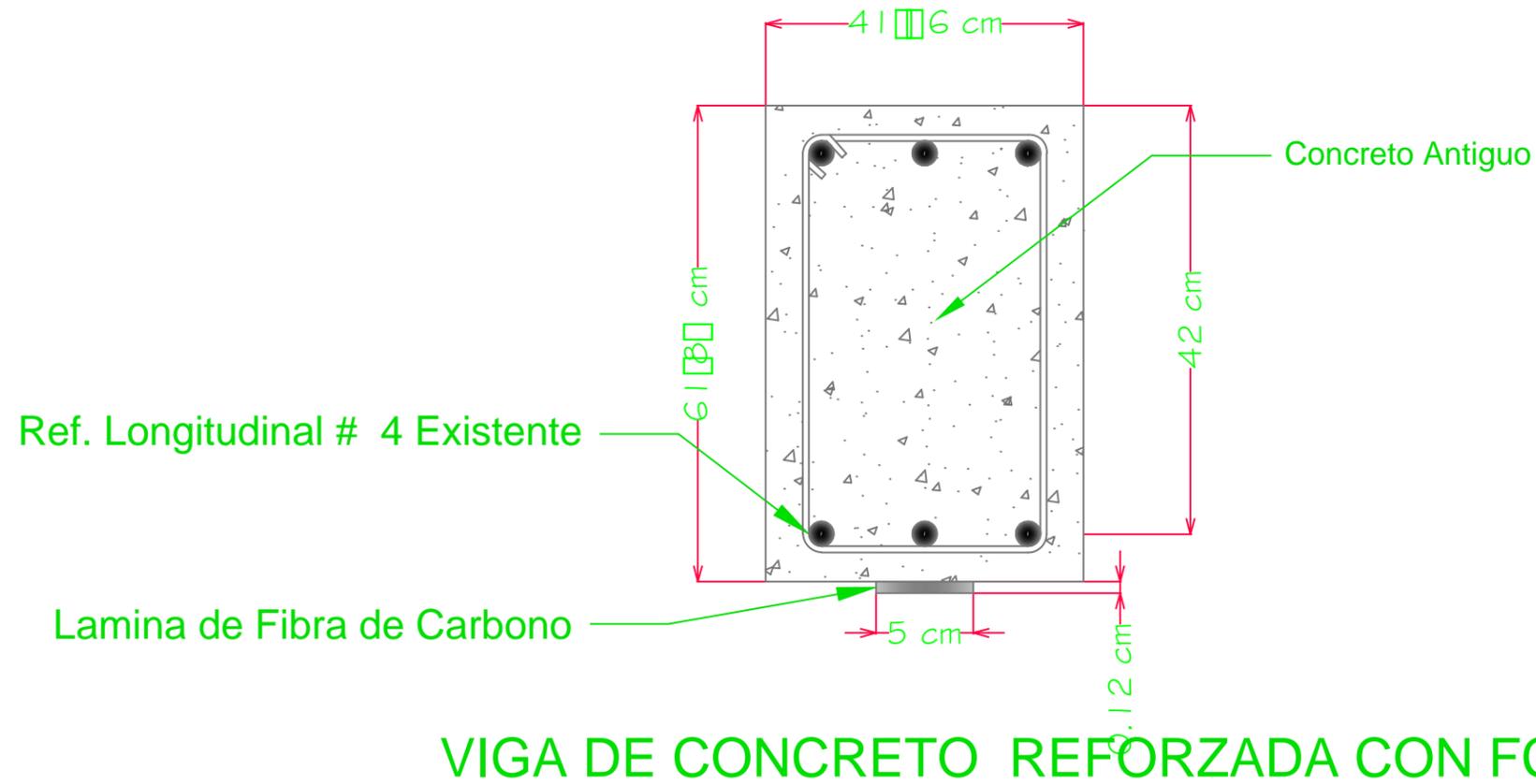
**DIBUJADO POR:**  
 Alvaro Muñoz Chaves







### COLUMNA REFORZADA CON TECNICA DE ENCAMISADO



### VIGA DE CONCRETO REFORZADA CON FC

D1 - (1/2)

FSC. - S/E

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA

FACULTAD DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y AMBIENTE

Estudio Patológico y Propuesta de Recuperación Estructural

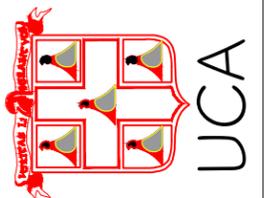
del Instituto La Inmaculada, ubicado en Dinamba

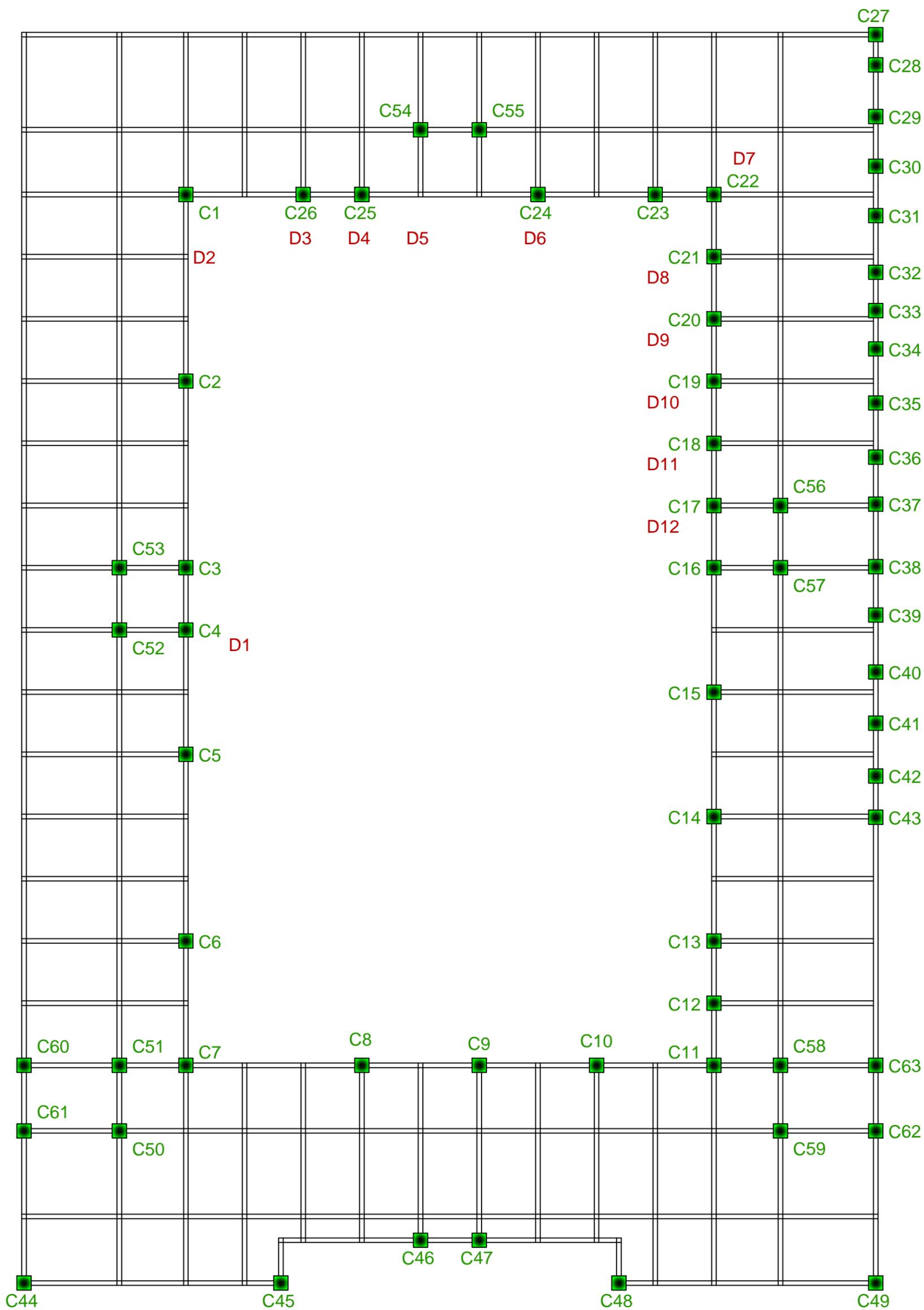
DETALLE DE COLUMNA REFORZADA

BR. Harvin Antonio Hernandez Aguirre

DETALLE DE VIGA REFORZADA

BR. Joan Alejandro Duarte Santiesteban



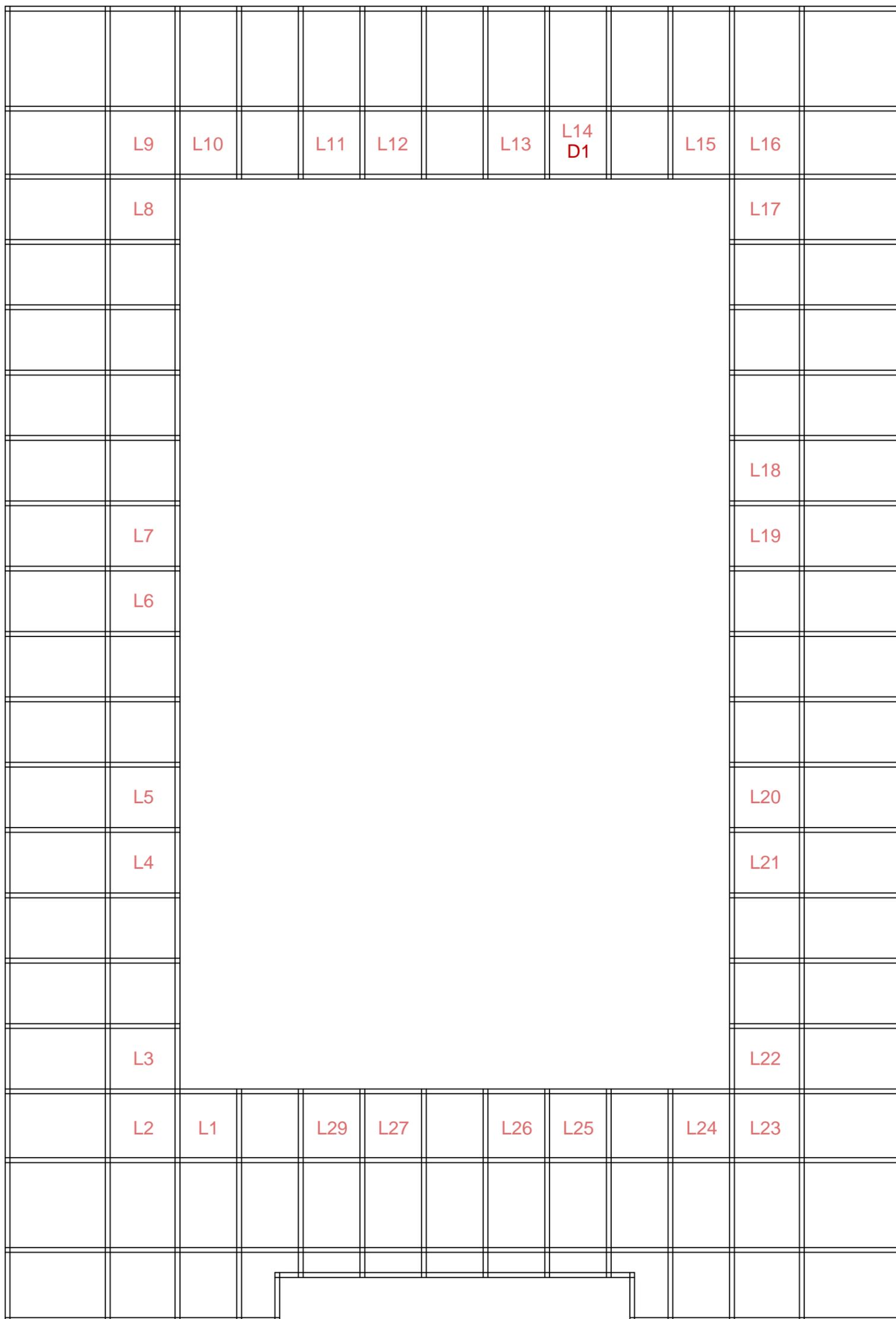


UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA  
FACULTAD DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y AMBIENTE  
Estudio Patológico y Propuesta de Recuperación Estructural  
del Instituto La Inmaculada, ubicado en Diriamba

CONTENIDO : UBICACIÓN DE COLUMNAS MUESTREADAS.	BR. Harvin Antonio Hernandez Aguirre BR. Joan Alejandro Duarte Santiesteban
---	--

ESC.- I :350

UI - (1/3)



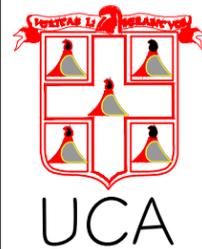
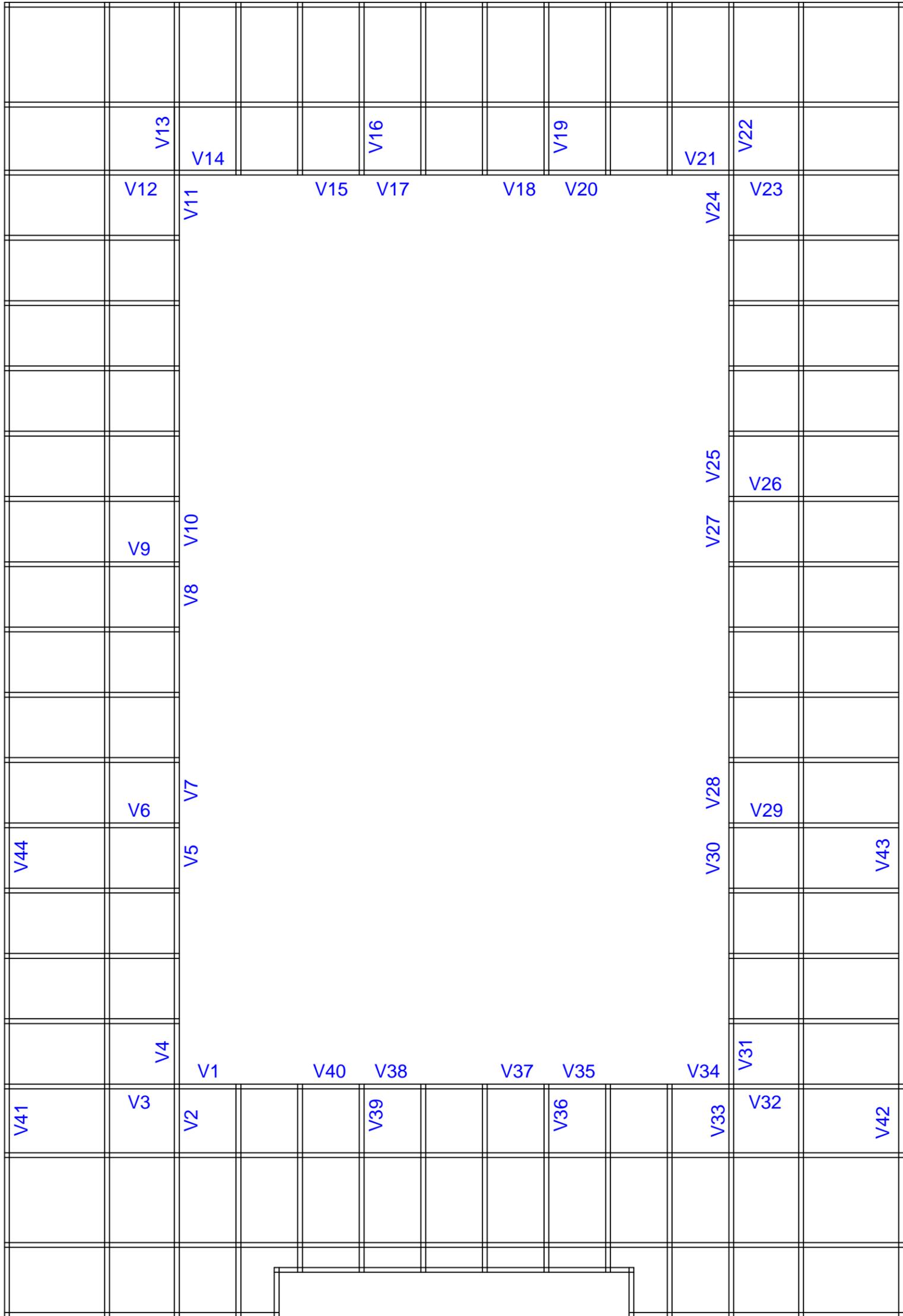
UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA  
FACULTAD DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y AMBIENTE  
Estudio Patológico y Propuesta de Recuperación Estructural  
del Instituto La Inmaculada, ubicado en Diriamba

CONTENIDO: UBICACIÓN DE LOSAS  
MUESTREADAS.

BR. Harvin Antonio Hernandez Aguirre  
BR. Joan Alejandro Duarte Santiesteban

ESC.- I :350

U2 - (2/3)



UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA  
 FACULTAD DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y AMBIENTE  
 Estudio Patológico y Propuesta de Recuperación Estructural  
 del Instituto La Inmaculada, ubicado en Diriamba

CONTENIDO: UBICACIÓN DE VIGAS MUESTREADAS.	BR. Harvin Antonio Hernandez Aguirre BR. Joan Alejandro Duarte Santiesteban
---	--

ESC.- I :350  
U3 - (3/3)