



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA



TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

TEMA:

ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE VIGUERÍA DE MADERA ANTIGUA, POR MÉTODOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS. CASO DE ESTUDIO: “EL CONSERVATORIO DE LAS ROSAS”, MORELIA, MÉXICO.

PRESENTA:

ARQUITECTA CYNTIA NAYELI MIRANDA RODRÍGUEZ

ASESOR:

DOCTOR JOSÉ CRUZ DE LEÓN

MORELIA, MICHOACÁN, A ENERO DE 2018



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO
MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA**

**ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE VIGUERÍA DE MADERA ANTIGUA, POR MÉTODOS
DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS. CASO DE ESTUDIO: “EL CONSERVATORIO DE LAS ROSAS”,
MORELIA, MICHOACÁN.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

PRESENTA:

ARQ. CYNTIA NAYELI MIRANDA RODRÍGUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ CRUZ DE LEÓN

OCTUBRE DE 2017



ÍNDICE

I. Introducción General _____ 001

11.1. Mantenimiento _____ 083

CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA VIGUERÍA DEL CONSERVATORIO DE LAS ROSAS

1. Introducción _____	004
2. Antecedentes _____	005
2.1. El conservatorio de las Rosas _____	005
2.2. Estado del Arte _____	008
3. Planteamiento del problema _____	010
4. Justificación _____	011
5. Objetivo General _____	014
5.1. Objetivos Particulares _____	014
6. Hipótesis _____	014
7. Enfoque metodológico _____	015
8. Resultados _____	022
9. Discusión _____	073
10. Conclusiones _____	078
11. Recomendaciones _____	079

CAPÍTULO II. PRUEBAS Y TRATAMIENTOS

1. Introducción _____	087
2. Antecedentes _____	088
3. Justificación _____	090
4. Objetivo General _____	091
6.1. Objetivos Particulares _____	091
5. Hipótesis _____	092
6. Enfoque metodológico _____	093
7. Resultados _____	105
8. Discusión _____	120
9. Conclusiones _____	125
10. Recomendaciones _____	128

II. Bibliografía _____ 130

III. Anexo _____ 134

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA VIGUERÍA DEL CONSERVATORIO DE LAS ROSAS

Cuadro 1.	Ficha técnica del Conservatorio de las Rosas	025
Cuadro 2.	Promedios de temperatura interior y exterior por estación, monitoreados de 2015 a 2017	035
Cuadro 3.	Promedios de humedad relativa interior y exterior por estación, monitoreados de 2015 a 2017	036
Cuadro 4.	Resumen general del diagnóstico del Conservatorio de las Rosas	057

CAPÍTULO II. PRUEBAS Y TRATAMIENTOS

Cuadro 5.	Número de Probetas por tratamiento	095
Cuadro 6.	Resultados pruebas de laboratorio	111
Cuadro 7.	Tipos de fallas por estado de afectación	116
Cuadro 8.	Análisis Estadístico, prueba Tukey	117

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA VIGUERÍA DEL CONSERVATORIO DE LAS ROSAS

Figura 1.	Colegio de Santa Rosa María, 1993	007	Figura 10.	Estado medio de afectación	020
Figura 2.	Conservatorio de las Rosas, 2016	007	Figura 11.	Estado crítico de afectación	020
Figura 3.	Centro Histórico de Morelia	013	Figura 12.	Puntos críticos de las Vigas	021
Figura 4.	Metodología de diagnóstico y evaluación	015	Figura 13.	Puntos críticos de las Vigas	021
Figura 5.	Andamios para diagnóstico	018	Figura 14.	Colegio de las Rosas, 1993	024
Figura 6.	Estado mínimo de afectación	018	Figura 15.	Vegetación en azotea	026
Figura 7.	Estado medio de afectación	019	Figura 16.	Bajadas de agua sin salida	027
Figura 8.	Estado crítico de afectación	019	Figura 17.	Obstrucción por basura	027
Figura 9.	Estado mínimo de afectación	020	Figura 18.	Bajadas bloqueadas	027

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos
Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Figura 19.	Gárgolas obstruidas	027	Figura 31.	Humedad en fachada	032
Figura 20.	Fisuras en impermeabilizante	028	Figura 32.	Humedad en interior	032
Figura 21.	Impermeabilizante mal colocado	028	Figura 33.	Humedad por capilaridad	032
Figura 22.	Pendientes invertidas	028	Figura 34.	Ventilación cubierta por cristal	032
Figura 23.	Humedad en azotea	029	Figura 35.	Tránsito vehicular	033
Figura 24.	Desgaste de Impermeabilizante	029	Figura 36.	Jardín de las Rosas	033
Figura 25.	Jardín principal	030	Figura 37.	Calle Santiago Tapia	033
Figura 26.	Humedad en pisos	030	Figura 38.	Museo del Estado	033
Figura 27.	Humedad en columnas	030	Figura 39.	Espacio exterior patio	034
Figura 28.	Humedad en interior	031	Figura 40.	Espacio interior vestíbulo	034
Figura 29.	Humedad en muro exterior	031	Figura 41.	Relación temperatura interior y exterior	035
Figura 30.	Humedad en patios	031	Figura 42.	Relación humedad interior y exterior	036

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos
Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Figura 43.	Plano arquitectónico del Conservatorio de las Rosas	038	Figura 54.	Patio principal	046
Figura 44.	Plano arquitectónico planta alta	039	Figura 55.	Lavaderos	046
Figura 45.	Plano de azotea	040	Figura 56.	Pasillo cubículos	046
Figura 46.	Fachadas	041	Figura 57.	Jardín principal	046
Figura 47.	Plano de viguería	042	Figura 58.	Formato para el Diagnóstico de Viguería de madera	047
Figura 48.	Plano de viguería compacta	043	Figura 59.	Plano de espacios	056
Figura 49.	Plano de contexto	044	Figura 60.	Estado físico de los espacios	070
Figura 50.	Modelo 3D obra gris	045	Figura 61.	Plano del estado físico de la viguería	071
Figura 51.	Modelo 3D jardín principal	045	Figura 62.	Plano del estado físico de las áreas	072
Figura 52.	Modelo 3D patio principal	045			
Figura 53.	Modelo 3D fuente principal	045			

CAPÍTULO II. PRUEBAS Y TRATAMIENTOS

Figura 63.	Metodología Capítulo II	093	Figura 74.	Viga patrimonio	105
Figura 64.	Dimensiones de probetas	094	Figura 75.	Vigas seccionadas	105
Figura 65.	Astillas para identificación	094	Figura 76.	Corte de Vigas	105
Figura 66.	Probeta buen estado	095	Figura 77.	Rodajas vigas 1 y 2	105
Figura 67.	Probeta regular estado	096	Figura 78.	Rodajas vigas 3 y 4	105
Figura 68.	Probeta mal estado	096	Figura 79.	Rodajas vigas 5 y 6	105
Figura 69.	Estado mínimo de afectación	097	Figura 80.	Probetas	106
Figura 70.	Estado medio de afectación	097	Figura 81.	Canales resiníferos (Lupa E.), muestra 1	107
Figura 71.	Estado crítico de afectación	097	Figura 82.	Canales resiníferos (10x), muestra 1	107
Figura 72.	Puntos críticos de la probeta	097	Figura 83.	Canales resiníferos (40x) , muestra 1	107
Figura 73	Uniones	101	Figura 104.	Canales resiníferos (Lupa E.) , muestra 2	107

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos
Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Figura 85.	Canales resiníferos (4x) , muestra 2	107	Figura 96.	Velocidad de pulso ultrasónico	113
Figura 86.	Canales resiníferos (Lupa E.) , muestra 3	108	Figura 97.	Promedio Velocidad de pulso ultrasónico	113
Figura 87.	Canales resiníferos (40x) , muestra 3	108	Figura 98.	Resistividad eléctrica	114
Figura 88.	Canales resiníferos (Lupa E.), muestra 4	108	Figura99.	Promedio Resistividad eléctrica	114
Figura 89.	Canales resiníferos (4x), muestra 4	108	Figura 100.	Carga máxima	114
Figura 90.	Canales resiníferos (40x), muestra 4	108	Figura 101.	Promedio Carga máxima	114
Figura 91.	Impregnación de muestras con sales CCA con autoclave	109	Figura 102.	MOR	115
Figura 92.	Tratamiento de carbonato de calcio	110	Figura 103.	Promedio MOR	115
Figura 93.	Tratamiento con resina epóxica	110	Figura 104.	Deformaciones	115
Figura 94.	Densidad	113	Figura 105.	Tipos de fallas	116
Figura 95.	Promedio Densidad	113			

ÍNDICE DE ANEXOS

A	Historial de Temperatura (periodo Julio de 2015 a Enero de 2017)	134
B	Historial de Humedad (periodo Julio de 2015 a Enero de 2017)	138
C	Plano de Áreas	142
D	Daños en Viguería	143
E	Recorrido Virtual (CD)	150

RESUMEN

Para poder llevar a cabo el análisis, evaluación y diagnóstico de viguería de madera antigua, por métodos destructivos y no destructivos, es necesaria una investigación de laboratorio y de campo con un caso de estudio, por lo cual la presente investigación se divide en dos capítulos:

El primero trata sobre el diagnóstico y evaluación de la viguería de madera del inmueble que alberga al Conservatorio de las Rosas; considerando su estado, causas y posibles soluciones; proponiendo algunos parámetros de análisis. Realizando un levantamiento arquitectónico del estado, uso y detección de agentes presentes en los daños a la viguería; seguido de un análisis en el que se contempla: la relación entre temperatura y humedad del exterior e interior del inmueble, a nivel de piso y techo, durante un período aproximado de 2 años.

En el segundo capítulo, se presentan pruebas destructivas y no destructivas en muestras de madera antigua con diferentes estados de deterioro y tratamientos, para corroborar su resistencia mecánica y determinar su uso en edificios históricos, así como la determinación de la trabajabilidad y eficacia de tratamientos utilizando resinas epóxicas, como consolidante; además del tratamiento con carbonato de calcio.

Madera Análisis Evaluación Diagnóstico Pruebas

ABSTRACT

In order to carry out the analysis, evaluation and diagnostic of old wood beams, by destructive and non-destructive methods, a laboratory and field investigation with a case study is necessary, for which the present investigation is divided into two chapters:

The first deals with the diagnostic and evaluation of the wooden beams of the building that houses the Conservatory of Roses; considering its state, causes and possible solutions; proposing some analysis parameters. Performing an architectural survey of the state, use and detection of agents present in the damage to the beams; followed by an analysis in which it is contemplated: the relationship between temperature and humidity of the exterior and interior of the building, at floor and ceiling level, during a period of approximately 2 years.

In the second chapter, destructive and non-destructive tests are presented on old wood samples with different deterioration states and treatments, to corroborate their mechanical resistance and determine their use in historic buildings, as well as determining the workability and effectiveness of treatments using epoxy resins, as consolidating; besides the treatment with calcium carbonate.

Wood Analysis Evaluation Diagnostic Tests

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Arq. Cyntia Nayeli Miranda Rodríguez

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Actualmente, las investigaciones sobre madera antigua realizadas a nivel laboratorio tienen diferencias considerables con las investigaciones de trabajo *in situ*. Las diferencias entre las condiciones de trabajo son notorias, por lo que las problemáticas presentadas en el sitio no podrán presentarse en algunos casos en laboratorio; ya que la mayoría de estas no son el problema si no la causa.

Contar con un caso de estudio, que nos haga cuestionarnos sobre diversas problemáticas, y que pueda analizarse en campo y laboratorio, es lo más factible para complementar una investigación, la cual en este caso es relacionada con madera antigua en patrimonio, con caso específico de viguería.

La presente investigación está dividida en dos capítulos:

El primero trata sobre el diagnóstico y evaluación de la viguería de madera del inmueble que alberga al

Conservatorio de las Rosas; considerando su estado, causas y posibles soluciones; proponiendo algunos parámetros de análisis.

Se realizó un levantamiento arquitectónico del estado, uso y detección de agentes presentes en los daños a la viguería; seguido de un análisis en el que se contempla: la relación entre temperatura y humedad del exterior e interior del inmueble, a nivel de piso y techo, durante un período aproximado de 2 años.

En el segundo capítulo, se presentan pruebas destructivas y no destructivas en muestras de madera antigua con diferentes estados de deterioro y tratamientos, para corroborar su resistencia mecánica y determinar su uso en edificios históricos.

Es así como se hace referencia a los cuestionamientos surgidos durante el diagnóstico de la viguería de madera del caso de estudio; por lo cual se determinó con la ayuda

de muestras extraídas de vigas de madera antigua de diferentes edificios, los siguientes aspectos:

- Clasificación propuesta para las muestras por sus características: A (buen estado), B (regular estado) y C (mal estado).
- Impregnación con sales de arsenato cromado de cobre (CCA) en autoclave, de las muestras clasificadas.
- Diferencias entre muestras testigos y muestras impregnadas con sales CCA; ambas sometidas a flexión estática.
- Determinación de la trabajabilidad y eficacia de tratamientos utilizando resinas epóxicas, como

consolidante; además del tratamiento con carbonato de calcio.

- Diferencias entre muestras saturadas, clasificadas; sometidas a velocidad de pulso ultrasónico.
- Diferencias entre probetas saturadas, clasificadas; sometidas a resistividad eléctrica.
- Resultados de uniones de madera a 45 grados, con tornillos y clavos en diferentes posiciones, sometidas a flexión estática.

The image shows the exterior of a historic building, the Conservatorio de las Rosas. It features a two-story structure with a ground floor made of rough-hewn stone and an upper floor with a series of arches supported by columns. A balcony with a decorative wrought-iron railing runs along the upper floor. Green leaves from a tree are visible in the top left corner, partially obscuring the sky. The title text is overlaid in the center of the image.

CAPÍTULO I. Diagnóstico y Evaluación de la Viguería del Conservatorio de las Rosas

1. INTRODUCCIÓN

El Conservatorio de las Rosas, localizado en la ciudad de Morelia, Michoacán; representa de manera importante al patrimonio cultural de la ciudad como al de la humanidad, marcando directamente al desarrollo turístico, histórico, iconográfico, arquitectónico, económico, contextual, urbano y social desde su edificación en el siglo XVI hasta tiempos actuales (Dávila, 1998).

Actualmente, tiene como uso principal el de escuela de música, utilizando todas las instalaciones del inmueble como: salones, bodegas, oficinas, bibliotecas, sanitarios, etc; dejando de lado el uso original del sitio, el cual fue fundado en 1590 como el primer convento de monjas que hubo en la antigua Valladolid, llamado entonces monasterio dominico de Santa Catalina de Sena (Ramírez, 1985).

Considerando que el Conservatorio de las Rosas no está adaptado para todas las funciones que ha cumplido a lo largo del tiempo, existe la incertidumbre sobre el estado físico en que se encuentra el inmueble; ya que no cumple en general con las intervenciones ni el mantenimiento adecuado; afectando de manera importante su estructura que es viguería de madera.

Por lo cual, se pretende realizar un Diagnóstico de la viguería del Conservatorio; para determinar el estado físico de la viguería y los factores que influyen en ello. Conociendo lo anterior podemos definir las medidas de actuación pertinentes para su rescate, mediante una propuesta de inspección, análisis y representación del inmueble, enfocándonos en su viguería.

2. ANTECEDENTES

2.1. EL CONSERVATORIO DE LAS ROSAS

En la configuración y construcción de las ciudades de la Nueva España, los espacios y edificios religiosos significaban la presencia de la iglesia en las nuevas tierras conquistadas, en donde la atención a la vida religiosa femenina se concretaba en la fundación de conventos de monjas, como lo fue con el monasterio Dominico de Santa Catalina de Sena, fundado en el año de 1590, establecido al Norte de la ciudad; el cual, impulsado por el Obispo de Michoacán Fray Alonso Guerra; marcó la consolidación de la ciudad de Valladolid para el Siglo XVI (Ramírez, 1981).

En cuanto a las intervenciones del Monasterio, la información es limitada; ya que solo se encuentran registradas las de mayor importancia, dejando de ser de dominio público al momento de que el edificio se volvió sede de lo que hoy conocemos como el Conservatorio de

las Rosas. Por lo cual, las intervenciones de las que se tiene conocimiento son:

- Comienzos de la segunda década del siglo XVIII: El conjunto religioso de las monjas Dominicas mostraba deterioros, por lo cual el maestro arquitecto Juan Buena vida junto con Nicolás de Cobarrubias hicieron el primer dictamen del estado del convento; sin embargo no se acataron las recomendaciones, comenzando los estragos seis años más tarde (Torres, 2004).
- 23 de mayo del año 1718: Reconocimiento de los daños del conjunto religioso, efectuado por el Maestro en Arquitectura Lucas Durán y ayudantes, mientras que el encargado de las reparaciones fue el Doctor Sebastián Gutiérrez de Robles (*Ibíd*em, 61).

- 1738: Las monjas abandonan su antiguo convento (Ibídem, 22).
- 1743: Fundación del Colegio de Santa Rosa María, primer Conservatorio de América (Michoacán, 1993) (Figura 1).
- 1757: El colegio fue clausurado.
- 15 de mayo de 1861: Plano del conjunto monjil más antiguo, realizado por el Ingeniero militar Guillermo Wodon de Sorinne (Torres, 2004).
- Siglo XIX: Durante este siglo el edificio se destinó para varios usos; como cárcel, vecindad, hospicio de hombres y mujeres, cuartel de infantería y caballería del primer régimen del estado y sastrería (Michoacán, 1993).
- 1914: Plano del Hospicio de las Rosas por el Ing. Porfirio García de León (Michoacán, 1993).
- 1936-1940: recinto de la liga de comunidades agrarias: casa del agrarista (Michoacán, 1993).
- 1980: Profunda restauración del Conjunto que lo condujo hasta lo que actualmente se conoce como el Conservatorio de las Rosas, representando una

concepción de vanguardia en la educación de música (Fonseca, 2002) (Figura 2).

- 2013: Intervención de la viguería de la logia y anexos que se encontraba en mal estado; por lo cual se ejecutó la obra de cambio de viguería a cargo del Ingeniero Raúl Colín Moreno.
- 2016: Última intervención realizada en el Conservatorio de las Rosas, a cargo del Dr. José Cruz de León quien determinó en el diagnóstico del vestíbulo principal, que se requería de manera urgente el cambio de una viga y el arrastre, que representaban un riesgo latente para la integridad del edificio y los usuarios del mismo.

En dicha intervención se utilizó por primera vez como viga sustituto, una viga impregnada con sales CCA por el método de presión y vacío, lo que garantiza que las vigas tengan una vida útil 3 o 5 veces mayor que la de una viga sin tratar; previniendo pudrición y daños por insectos, ya que este método impregna al 100% de sustancias insecticidas o fungicidas.

***** NOTA:** Las intervenciones realizadas durante los años 2013 y 2016, fueron identificadas por los permisos de construcción otorgados por el INAH, que hasta la fecha siguen expuestos en las puertas principales del Conservatorio de las Rosas.



Figura 1. Colegio de Santa Rosa María, Michoacán (1993)



Figura 2. Conservatorio de las Rosas 2016

2.2. ESTADO DEL ARTE

En general, la intervención de inmuebles históricos ha partido de un criterio en el cual existen dos modos de concebirlo: uno es la metamorfosis, que transforma la realidad arquitectónica original; y el otro es la restauración, que rescata y conserva los valores del pasado como un mal menor (Capitel, 1988). Además de las aportaciones de la investigación local, llegando a encontrar soluciones que resultan adecuadas a las tradiciones, sin dejar de lado tratados y cartas que norman dichas restauraciones, siendo una de las más importantes la carta de Venecia de 1964, en la que se precisa más sobre el valor de los monumentos como portadores de un mensaje del pasado, ya que las obras monumentales permanecen en la vida presente como un testimonio vivo de sus tradiciones (Ramírez, 1985).

Es por eso, que ante la importancia de dichos espacios y su desgaste, se han realizado investigaciones para intervenir, conservar y rescatar la integridad de los inmuebles y sus materiales. Siendo el enfoque central de

esta investigación la viguería de dichos inmuebles, por lo que se vuelve vital considerar las investigaciones e intervenciones realizadas dentro de estos aspectos.

A nivel mundial se han tomado acuerdos para preservar el patrimonio arquitectónico que posee la humanidad, y Morelia consciente de su valor, expidió un reglamento para la conservación del aspecto típico y colonial de la ciudad que está en vigor desde el 27 de agosto de 1956. Sin embargo, es importante considerar intervenciones internacionales ya que otorgan un panorama de nuevas técnicas, que podrían en determinados casos ayudar a resolver las problemáticas que presenta el patrimonio en nuestro país; siendo un claro ejemplo las evaluaciones y técnicas de restauración de edificios históricos, realizadas por Alfonso Bastera *et. al.* (2005), las cuales fueron clave para la evaluación de 15 monumentos en Castilla, además de su propuesta metodológica para el diagnóstico y análisis de estructuras de madera históricas (Bastera, *et. al.*, 2004).

Por otra parte, aunque los bienes maderables son el enfoque principal de estudio, no se puede dejar de lado al patrimonio cultural del contexto, por lo que debe haber una relación entre estos que determine el tipo de análisis, conservación y restauración que se aplicará como lo menciona en su investigación Pere Roca (Pere, 2011) y Villagrán Piccolini.

Mientras que en el ámbito nacional se pueden mencionar investigaciones, técnicas e intervenciones relacionadas al patrimonio enfocadas a restauración, conservación y preservación de los bienes maderables realizadas por los investigadores: Cruz de León (Cruz, 2006) y Sotomayor (Sotomayor, 2014); así como intervenciones realizadas por Restauradores, Ingenieros y Arquitectos como: Colín Moreno, Solana Perea, Peña Mondragón, por mencionar a algunos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Estado de Michoacán la importancia que se le da a la madera que forma parte de las edificaciones es insuficiente, ya que se enfoca en el contexto patrimonial, llevando a cabo medidas de actuación para mantener la apariencia de los mismos, desde un punto de vista arquitectónico (Vázquez, 2005); sin tomar en cuenta los materiales que lo conforman y cómo influye esto en la funcionalidad y conservación de los inmuebles. En consecuencia de esto, nos enfrentamos a una problemática que existe desde la aparición de edificios Patrimonio, la cual es la falta de información sobre el estado físico en que se encuentran los materiales de dichos inmuebles, en específico la viguería de madera; y los efectos que esto tiene sobre el funcionamiento del edificio.

Además de que la mayoría de las intervenciones realizadas en viguería, son efectuadas sin realizar un diagnóstico correcto, sin una inspección, registro y análisis adecuados, al no contemplar las características del

material y su comportamiento futuro (Prado, 2010); lo cual recae directamente en el estado de conservación del inmueble, disminuyendo la vida útil de dichas intervenciones. Empeorando la situación al colocarlas de manera incorrecta y sin mejorar las condiciones que provocan dicho estado; por lo que se vuelve una cadena de inversiones innecesarias.

En el Conservatorio de las Rosas, los directivos del patronato, manifestaron su inquietud ante las implicaciones que podría traer consigo los daños a estos bienes; que van desde la inseguridad que representan la viguería en mal estado, la limitada funcionalidad del edificio, hasta la pérdida de identidad del inmueble. Contemplando también que el Instituto Nacional de Antropología e Historia busca en medida de lo posible el rescate de las piezas originales que conforman al edificio, por lo que si no se realizan las intervenciones pertinentes los problemas seguirán repitiéndose y alargándose a futuro.

4. JUSTIFICACIÓN

“Cuidad de vuestros Monumentos y no tendréis necesidad de restaurarlos”

John Ruskin (Capitel, 1988)

Dentro de la riqueza cultural de México, sobresale el empleo de la madera como soporte o estructura de nuestros bienes culturales, e innumerables son los ejemplos en los que se alcanzaron el dominio y la perfección técnica y artística (Garcés, 1990), siendo un ejemplo claro de implementación de viguería de madera, los centenares de construcciones de gran calidad y originalidad estilística de Morelia durante los siglos XVI al XX en su Centro Histórico, que la definen con carácter propio, valor histórico y estético (Tello, 2008).

Sin embargo, a pesar de su gran valor histórico, dichos inmuebles comparten varias características en cuanto a daños en la viguería de madera y causas de estos, como son humedad, ataque por insectos, hongos, pudrición, etc. Concentrándose la mayoría de los problemas en nuestro caso de estudio: El Conservatorio de las Rosas; el cual contiene una de las viguerías de madera más extensas de los edificios patrimoniales del Centro Histórico de la ciudad de Morelia y una ejemplificación general de los posibles daños.

Estudiar la viguería de madera perteneciente al patrimonio cultural implica una amplia investigación documental e *in situ*; determinando de esta manera el estado en que se encuentra la viguería, las posibles causas de esto y las medidas adecuadas para su rescate. Para ello es primordial realizar un diagnóstico a fondo, ya que determinando el estado físico de la viguería de madera, se podría considerar darle algún tipo de tratamiento,

intervención, cambio o mantenimiento; así como determinar las causas que provocaban dichas condiciones, además de determinar si el estado en que se encuentra es óptimo para seguir funcionando en la totalidad de las instalaciones, o en determinado caso realizar algunas actividades extras, que se tienen contempladas en base a las problemáticas actuales.

Para ello se podría realizar una inspección, registro y análisis adecuados, que nos permitan plantear alternativas que mejoren el funcionamiento y estado de la viguería de madera; además de dar la importancia que realmente merecen este tipo de edificaciones que son menospreciadas, y que a la vez se encargan de mantener una de las principales fuentes de ingreso de la región, como es el turismo; siendo este conjunto conventual un ícono histórico-arquitectónico y al mismo tiempo, testimonio general del uso de la madera en estructuras para construcciones patrimonio y de la sociedad que lo produjo.

El diagnóstico de la viguería de madera del Conservatorio de las Rosas en Morelia, Michoacán, viene precedido de un requerimiento previo y expreso, por parte de los dirigentes del patronato; basado en el mantenimiento funcional del edificio, teniendo como misión la revalorización del mismo mediante la conservación de su viguería, la identificación de elementos de impacto negativo, realzando además los valores históricos y artísticos del edificio (Gutiérrez y Perea, 2003). Considerando lo que representa la viguería dañada en el edificio para el alumnado, turistas y trabajadores, así como el impacto económico y cultural, no solo por la inversión económica que esto representaría si no por lo que implica este tipo de daños en un inmueble que forma parte del listado de edificios patrimonio que hacen de Morelia, patrimonio cultural de la humanidad (Michoacán, 1993).

Es por eso que se vuelve necesario diagnosticar la viguería y condiciones del lugar, considerando que mientras no exista un diagnóstico al respecto del Conservatorio de las Rosas, no se tendrán datos verídicos sobre el estado físico y agentes de deterioro de la viguería

de una de las obras que marcaron parte importante en la formación de la mujer mexicana y configuración arquitectónico-urbana (Figura 3) de la ciudad de Valladolid hoy Morelia (Torres, 2004). Sin dejar de lado, la aportación en cuanto al método de diagnóstico y datos

para realizar un programa de mantenimiento adecuado de los inmuebles que contengan madera, logrando una vida útil mayor a la que se tiene actualmente.



Figura 3. Centro Histórico de Morelia, Michoacán. Revista Juglares 2017

5. OBJETIVO GENERAL

Determinar mediante su diagnóstico, el estado físico de la viguería de madera del Conservatorio de las Rosas.

5.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- ❖ Identificar los factores que afectan el estado físico de la viguería de madera.
- ❖ Proponer alternativas para prevenir y mejorar las condiciones de la viguería de madera.
- ❖ Crear un registro a modo de levantamiento arquitectónico sobre la existencia, uso, y estado de la viguería del Conservatorio de las Rosas, así como la ubicación de los daños y agentes que los provocan.

6. HIPÓTESIS

El diagnóstico con técnicas adecuadas de inspección, registro y análisis, para el rescate de viguería de madera antigua, determina el estado físico, agentes de deterioro, seguridad, medidas de actuación a considerar y durabilidad de las edificaciones que las contengan como parte de su estructura, manteniendo la Historia y Arquitectura del edificio.

7. ENFOQUE METODOLÓGICO

La presente investigación se desarrolla de manera individual como se muestra a continuación (Figura 4):



Figura 4. Metodología de diagnóstico y evaluación

HISTORIA

Para conocer el edificio a través del tiempo, se realizaron varias consultas bibliográficas de investigaciones similares, encaminadas en una misma línea de investigación, como Fonseca (2002); Ramírez (1985); Dávila (2010), entre otros; ya que contienen datos que se utilizaron como referencia. Así como también se solicitó en las oficinas del Conservatorio de las Rosas la

información sobre las intervenciones realizadas al conjunto.

Con lo cual se pudo depurar y canalizar la información recaudada, revisar planos que pudieran contener datos arquitectónicos sobre modificaciones del lugar y realizar la ficha técnica del inmueble.

DIAGNÓSTICO E INSPECCIÓN

Diagnosticar la viguería de madera de un edificio patrimonio, implica una ardua investigación del sitio de estudio por lo cual, previo al diagnóstico de la viguería del Conservatorio de las Rosas se revisaron:

❖ Condiciones físicas del edificio:

- Revisar la azotea del caso de estudio: vegetación, bajadas de agua, estado físico de las gárgolas, estado físico del impermeabilizante, niveles de

desagüe, humedades, fisuras y estado físico de los materiales.

- Revisar jardines del caso de estudio: Tiempos de riego, tipo de vegetación y humedades.
- Revisar patios del caso de estudio: Humedades, fisuras, vegetación, insectos, manchas, estado físico de los materiales, niveles, coladeras, desagües, inclinación de muros y acabados.

- Revisar espacios internos del caso de estudio: Inclinação de muros y acabados, fisuras, humedades, insectos, manchas, estado físico de los materiales y ventilaciones.
- ❖ Condiciones del contexto:
 - Regularidad del tránsito vehicular, construcciones aledañas, estado físico de las coladeras, vegetación, estado físico de materiales, pendientes y desniveles de calle.
- ❖ Lecturas de temperatura y humedad:

El proceso se realizó identificando cada área en el plano arquitectónico, tomando lecturas con el termo-higrómetro en el área abierta más amplia, que es el patio central, y en el área cerrada donde se percibiera más intenso el cambio de temperatura, la cual es el vestíbulo principal. Este procedimiento se repitió durante un periodo de julio de 2015 hasta enero de 2017, tres días por semana, dos veces al día (mañana y tarde), a nivel de piso y en las vigas.

- ❖ Inspección de viguería:

Con el análisis del sitio de trabajo y su contexto se puede tener una idea más clara de las condiciones del lugar con lo cual se podrá comenzar con el diagnóstico de la viguería de madera, para lo cual se requirió: Andamios de metal de 1.00 m de ancho X 1.50 m de largo X 4.50 m de altura, punzón de metal de 3 mm de diámetro con mango de madera, termo-higrómetro marca Taylor, cámara fotográfica marca Olympus con lente de 16 megapíxeles, grabador de audio (móvil) marca LG, plano arquitectónico del lugar y un formato de diagnóstico de diseño propio.

En este punto se colocaron los andamios en cada una de las áreas para poder realizar la inspección de las vigas (Figura 5):

- Inspección visual: Se detecta de manera visual daños externos, como humedad, perforación por insectos, hongos, manchas, rajaduras, nudos, pandeo o torceduras.
- Método del punzón: Consiste en penetrar los 2 extremos de la viga, justo donde empotra en el muro con un punzón, para determinar el estado en

que se encuentra internamente o si hay algún daño no visible. Con ello podremos determinar si es afectación por hongos o insectos, y detectar de manera visual algún daño interno.

Lo anterior registrado en un levantamiento fotográfico de los daños y filmaciones del estado físico de cada una de las vigas por ambos sentidos.



Figura 5. Andamios para diagnóstico

El estado físico de cada viga se determinó mediante el siguiente criterio empírico:

- **Buen estado.-** Cuando el estado de afectación en la viga es casi nulo o no es significativo para crear pérdida portante en ella; considerándose una afectación de máximo 30 % del total de la viga, en puntos considerados no críticos (Figura 6).



Figura 6. Estado mínimo de afectación

- **Regular estado.-** Cuando el estado de afectación en la viga comienza a ser considerable y los daños presentes pueden volverse críticos con el paso del tiempo; representando el 50 % del total de la viga en puntos considerados no críticos. Los daños que pueden presentarse son: inhomogeneidades,

alabeos, torceduras, pérdida de materia por insectos en estado medio o inicios de humedad (Figura 7).



Figura 7. Estado medio de afectación

- **Mal estado.-** Cuando el estado de afectación en la viga es considerable y los daños son críticos representando un peligro estructural para el edificio; representando del 50 % al 100 % del total de la viga o de 30 % o más porcentaje de daños en puntos críticos. Los daños que pueden presentarse son: rajaduras paralelas a la viga o cubriendo la mayor parte de la sección en su ancho, alto o puntos críticos; nudos en puntos críticos, afectación por insectos en estado crítico, humedad, hongos,

podrición y ruptura de alguna parte de esta (Figura 8).



Figura 8. Estado crítico de afectación

Los estados de afectación por insectos se determinaron empíricamente de la siguiente manera:

- **Afectación por insectos en estado mínimo:** Cuando las perforaciones por insectos son de máximo 3 mm de diámetro, y la cantidad de estas no sobrepasan el 30 % del total de la viga (Figura 9) o no afectan en puntos considerados críticos (Figuras 12 y 13).



Figura 9. Estado mínimo de afectación

- **Afectación por insectos en estado medio:**
Cuando las perforaciones por insectos son de máximo 5 mm de diámetro, la cantidad de éstas comienza a ser considerable, y los daños presentes pueden volverse críticos con el paso del tiempo; representando el 50 % del total de la viga (Figura 10), comenzando a cubrir en puntos considerados críticos (Figuras 12 y 13).



Figura 10. Estado medio de afectación

- **Afectación por insectos en estado crítico:**
Cuando las perforaciones por insectos son de 5 mm o más de diámetro y la cantidad de estas representa un peligro para la viga, representando del 50 % al 100 % del total de la viga o de 30 % o más porcentaje de daños en puntos críticos (Figura 11).



Figura 11. Estado crítico de afectación



Figura 12. Puntos críticos de las Vigas

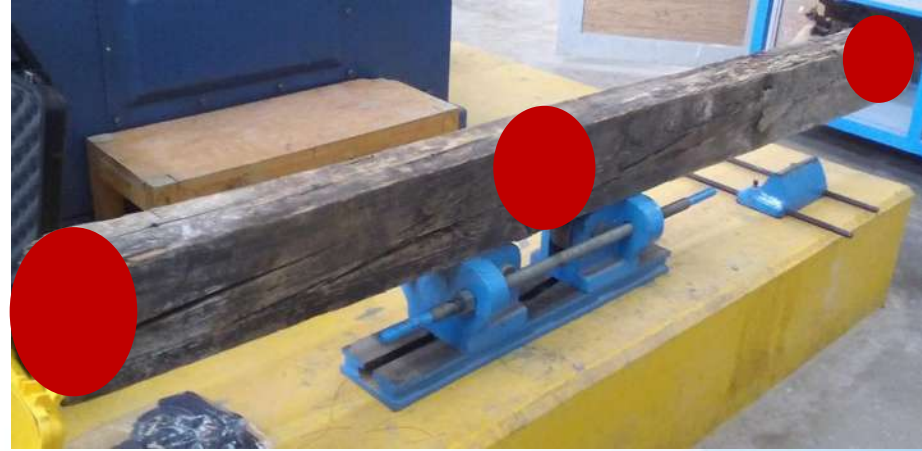


Figura 13. Puntos críticos de las Vigas

LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO

El levantamiento arquitectónico del Conservatorio de las Rosas consistió, en realizar un levantamiento de todo el conjunto, utilizando cintas de 20 m y metro láser marca Hammerhead; seguido de la Inclinação de los muros mediante una plomada láser marca Black & Decker. Lo anterior para realizar los planos generales del conjunto, como son: plano arquitectónico, plano de contexto, plano de azoteas, plano de fachadas, plano del estado físico de

las áreas, plano de viguería y planos de los daños de la viguería en cada área del Conservatorio; además de una serie de modelos en 3D y un recorrido virtual del conjunto.

Seguido de fotografías, videos, etc. sobre el Conservatorio de las Rosas, características que puedan ser de interés como infraestructura, estado, contexto, entre otras cosas que pudieran determinar los agentes que influyen en el deterioro.

8. RESULTADOS



Los resultados obtenidos del diagnóstico y evaluación de la viguería de madera del Conservatorio de las Rosas, fueron concretos y se presentan a continuación de manera independiente:

HISTORIA

Las intervenciones realizadas en el Conservatorio de las Rosas, se vieron evidenciadas en los planos del lugar; sin embargo el plano obtenido para la investigación fue el que muestra la época donde el inmueble fungió como Hospicio (Figura 14), mostrando cómo en un inicio la iglesia estaba unida a éste; sin embargo en la actualidad esto ha cambiado, ya que la iglesia se encuentra independiente del Conservatorio, se adaptó parte de la iglesia como aulas, se subdividieron espacios para crear

nuevas áreas, se creó una planta alta sobre algunos espacios, se adaptó parte del huerto para crear un cuarto patio rodeado por nuevas áreas, además de que se eliminaron varios espacios para ampliar los patios y alrededor de 10 áreas fueron derribadas para crear un auditorio.

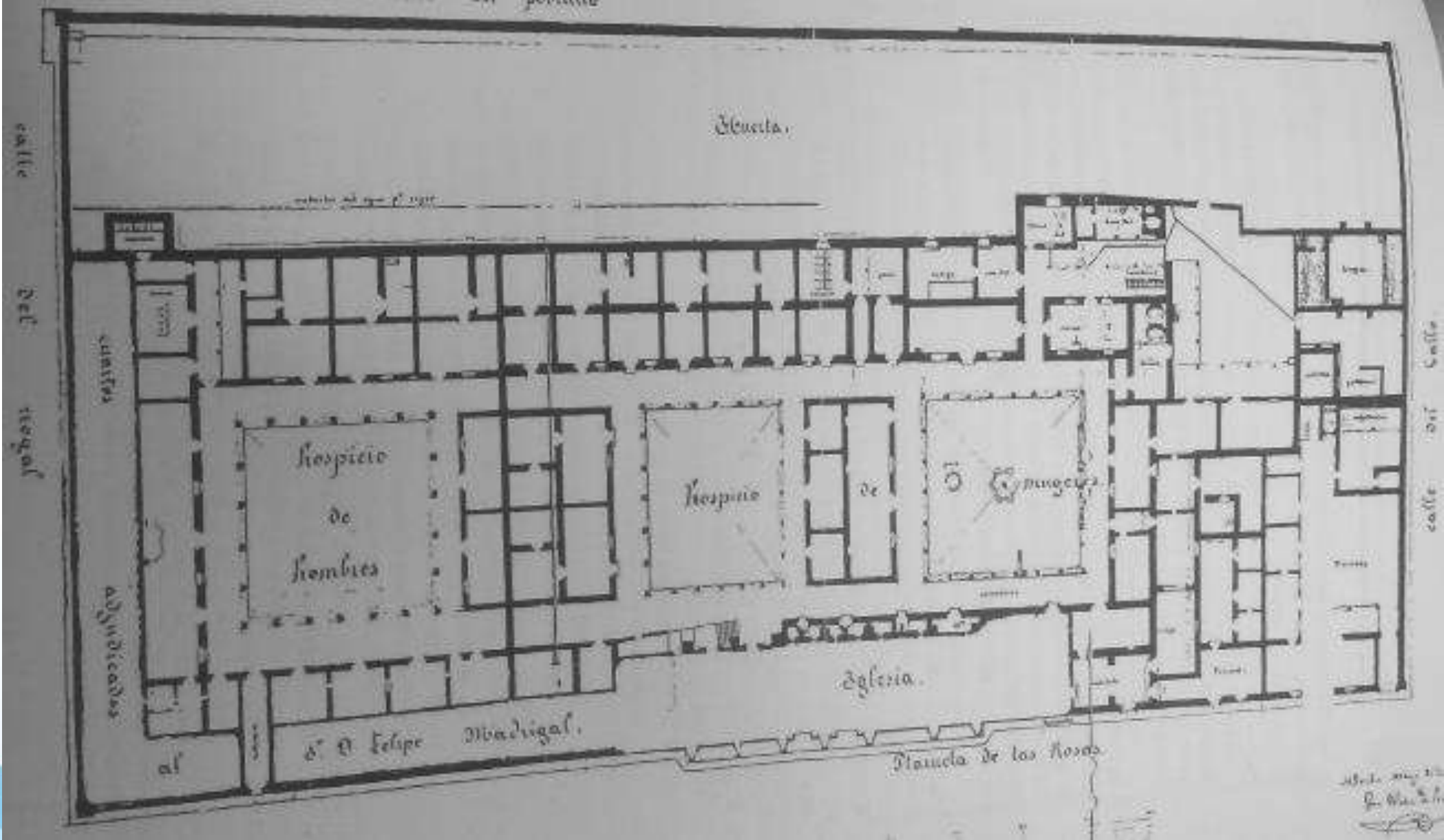


Figura 14. Colegio de las Rosas, Michoacán (1993)

FICHA TÉCNICA DEL INMUEBLE

Los resultados de la Ficha Técnica, son un resumen de la inspección y levantamiento del sitio, además de que el número de vigas se consideró únicamente de los espacios disponibles y sin cubiertas; por lo que el resultado es presentado a continuación (cuadro 1):

Cuadro 1. Ficha Técnica del Conservatorio de las Rosas

Conservatorio de las Rosas	
Fecha de levantamiento:	Julio de 2015 hasta Enero de 2017
País:	México
Estado:	Michoacán
Ciudad:	Morelia
Ubicación:	Sector República, calle Santiago Tapia no. 334 (antes Calle De las Rosas) en Morelia, Michoacán, junto al templo de las rosas y frente al jardín Luis González (Ramírez, 1981)
Estado de Conservación:	Medio-Bueno
Número de vigas:	2062
Número de espacios:	86

DIAGNÓSTICO E INSPECCIÓN

❖ Condiciones físicas del edificio:

➤ Azotea:

- Vegetación: se presenta vegetación descontrolada y dominante, que en tiempo de lluvias retiene más humedad en sus raíces; la cual es absorbida por las vigas que se encuentran en contacto con estas, deteriorándose por pudrición (Figura 15).



Figura 15. Vegetación en azotea.

- Bajadas de agua: Bloqueadas por basura, vegetación y discontinuas; algunas con salidas a espacios cerrados sin pendiente de escorrentía, por lo cual no cumplen su función, provocando acumulación de agua (Figuras 16, 17 y 18).



Figura 16. Bajadas de agua sin salida



Figura 17. Obstrucción por basura



Figura 18. Bajadas bloqueadas

- Estado físico de las gárgolas: En mal estado por fisuras, bloqueos por basura, vegetación, impermeabilizante y tubos metálicos; sin cumplir su función, provocando acumulación de agua, escurrimientos y filtración (Figura 19).



Figura 19. Gárgolas obstruidas por impermeabilizante

- Estado físico del impermeabilizante: En mal estado por cuestiones climáticas, colocación inadecuada, falta de mantenimiento y colocación sobre material dañado; provocando escurrimientos y humedad en azoteas y terrados (Figura 20 y 21).



Figura 20. Fisuras en impermeabilizante



Figura 21. Impermeabilizante mal colocado

- Niveles de desagüe: Contrarios a caídas de agua, provocando acumulación de agua, humedades y escurrimientos (Figura 22).



Figura 22. Pendientes invertidas

- Humedades: Provocadas por acumulación de agua y bajadas de agua con gárgolas tapadas o en mal estado (Figura 23).



Figura 23. Humedad en azotea

- Fisuras: Delgadas por desgaste natural y colocación inapropiada de impermeabilizante (Figura 24).



Figura 24. Desgaste de Impermeabilizante

En general el estado físico de los materiales no es el adecuado por desgaste natural y mantenimiento inadecuado.

➤ Patios y Jardines:

Las áreas jardinadas son regadas todos los días del año durante la mañana y la tarde, provocando una humedad constante en las áreas continuas a estos, lo cual es notorio en columnas, pisos, muros (Figuras 25, 26 y 27) y en determinadas épocas del año, en techos.



Figura 25. Jardín principal



Figura 26. Humedad en pisos



Figura 27. Humedad en columnas

- Manchas: extensas, cubriendo la mayor parte de los muros y pisos, provocadas por humedad y escurrimientos (Figuras 28, 29 y 30).



Figura 28. Humedad en interior



Figura 29. Humedad en muro exterior



Figura 30. Humedad en patios

- Estado físico de los materiales: mal estado, por desgaste, humedad y ataque de hongos e insectos.
 - Niveles: pendiente aceptable en algunos sitios.
 - Coladeras: insuficientes para el edificio y sin mantenimiento, afectadas por vegetación.
 - Inclinación: máxima de 30° y en su mayoría por colocación de acabados y no por inclinación de muros.
 - Acabados: en su mayoría afectados por humedades, con pérdida de color, abombados y con poca adherencia.
- Espacios internos y fachada del caso de estudio:
- Inclinación de muros: Máxima de 30° y en su mayoría por colocación de acabados y no por inclinación de muros.
 - Acabados: en su mayoría afectados por humedades, con pérdida de color, abombados y con poca adherencia
 - Fisuras: delgadas provocadas por asentamiento de losas y cambios drásticos de temperatura.
 - Humedades: permanentemente húmedo al interior por escurrimientos y falta de ventilaciones; así como fachada húmeda por capilaridad (Figuras 31, 32 y 33).



Figura 31. Humedad en fachada



Figura 32. Humedad en interior



Figura 33. Humedad por capilaridad

- Manchas: extensas, cubriendo la mayor parte de los muros y pisos, provocadas por humedad y escurrimientos.
- Estado físico de los materiales: mal estado, por desgaste, humedad y ataque de hongos e insectos.
- Ventilaciones: inapropiadas por estar selladas o cubiertas con cristal, y en algunas áreas inexistentes (Figura 34).



Figura 34. Ventilación cubierta por cristal

➤ Condiciones del contexto:

- Regularidad del tránsito vehicular: Alto tránsito vehicular, tanto de particulares como vehículos pesados de transporte público (Figura 35).



Figura 35. Tránsito vehicular

- Construcciones aledañas: Afectadas por condiciones similares al caso de estudio (Figura 36, 37 y 38).



Figura 36. Jardín de las Rosas



Figura 37. Calle Santiago Tapia



Figura 38. Museo del Estado

- Coladeras, Pendientes y desniveles de calle: Corrientes en dirección del caso de estudio, funcionando este como barrera de dos manzanas aledañas, con coladeras insuficientes para el área.
- ❖ Lecturas de temperatura y humedad: se tomaron en el espacio exterior más amplio (Figura 39) y en el espacio interior con cambios más marcados que fue el vestíbulo principal (Figura 40). La temperatura interior resulta mayor en verano y la exterior en primavera; mientras que en humedad interior y exterior verano resulta con mayor humedad. Además de que la diferencia entre la temperatura y humedad inferior con la superior varía máximo 5 ° C y 5%.



Figura 39. Espacio exterior patio



Figura 40. Espacio interior vestíbulo

Cuadro 2. Promedios de temperatura interior y exterior por estación, monitoreados de 2015 a 2017.

TEMPERATURA °C		
	INTERIOR	EXTERIOR
PRIMAVERA	27.21 °C	28.24 °C
VERANO	23.99 °C	25.21 °C
OTOÑO	20.29 °C	22.36 °C
INVIERNO	19.63 °C	21.24 °C

En términos generales, la temperatura interior es menor a la exterior en aproximadamente 2°C (Figura 41).

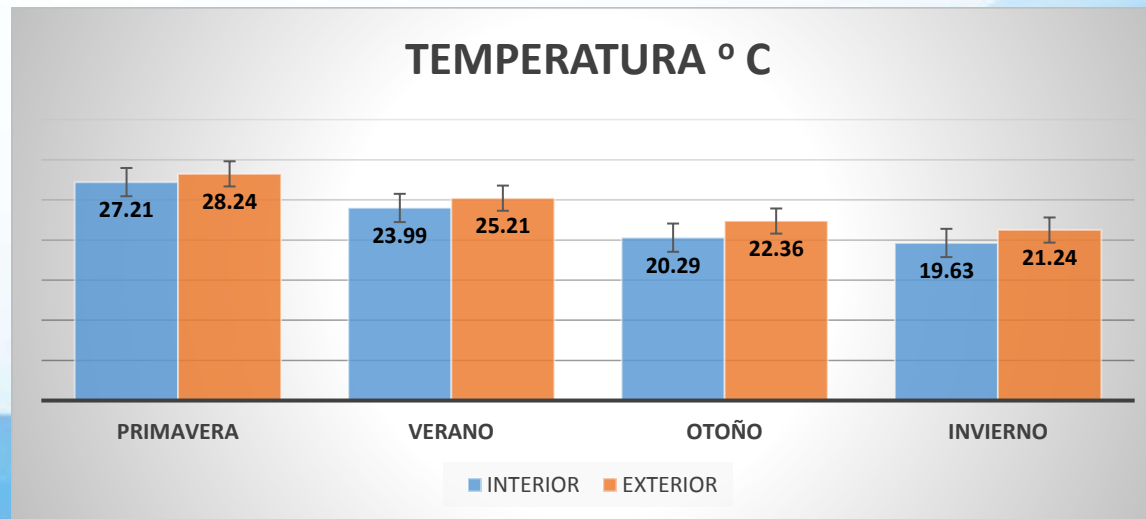


Figura 41. Relación entre promedio de temperatura interior con temperatura exterior

Cuadro 3. Promedios de humedad relativa interior y exterior por estación, monitoreados de 2015 a 2017.

% HUMEDAD RELATIVA		
	INTERIOR	EXTERIOR
PRIMAVERA	65.50 %	57.75 %
VERANO	74.86 %	71.33 %
OTOÑO	63.71 %	61.96 %
INVIERNO	57.97 %	57.62 %

Se presenta mayor humedad en el interior del inmueble durante primavera, verano y otoño, volviéndose similar al exterior durante el invierno (Figura 42).

***** NOTA: Historial de Temperatura y Humedad en anexos.**

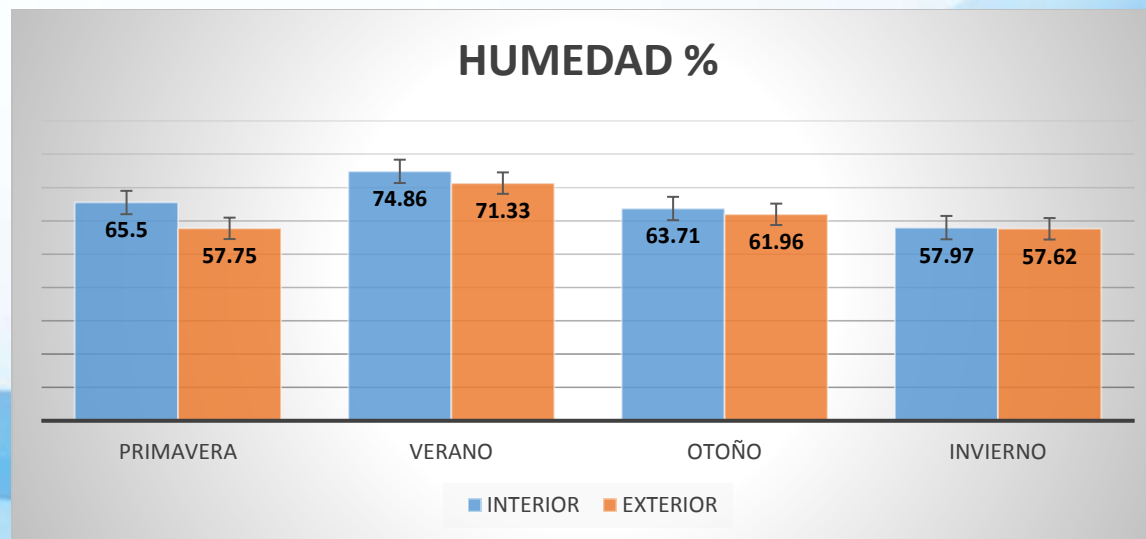
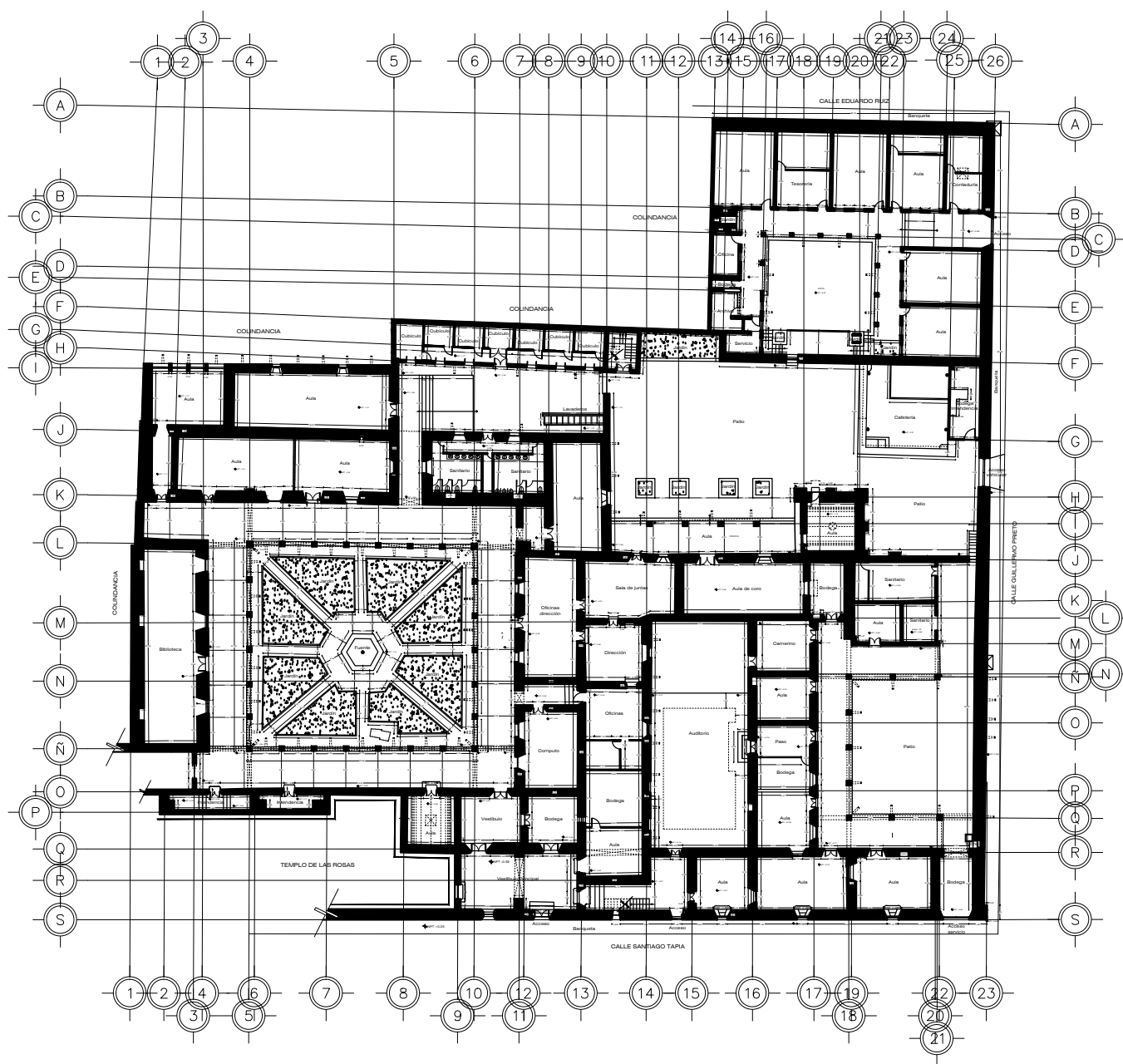
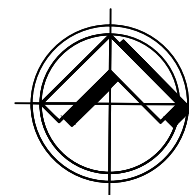


Figura 42. Relación entre promedio de humedad interior con humedad exterior

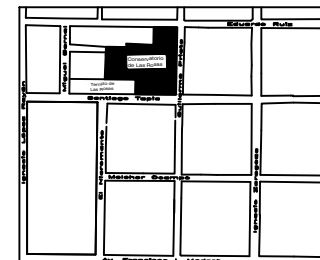
**LEVANTAMIENTO
ARQUITECTÓNICO**



NORTE :



LOCALIZACIÓN :



NOTAS :

* Ángulos en muros y Niveles obtenidos de ADE arquitectos

FIRMA :

PROYECTO :

PLANTA ARQUITECTÓNICA

UBICACIÓN :

Santiago Tapia no. 334, Centro Histórico, Morelia Michoacán

PROYECTÓ :

Arq. Cyntia Nayeli Miranda Rodríguez

CÉDULA PROFESIONAL:

09581717

ESCALA :

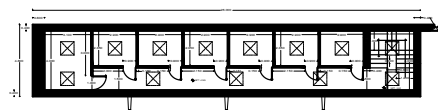
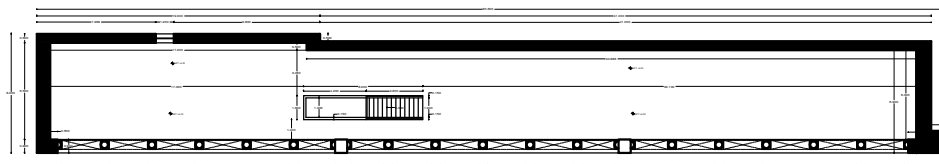
1:200

CLAVE :

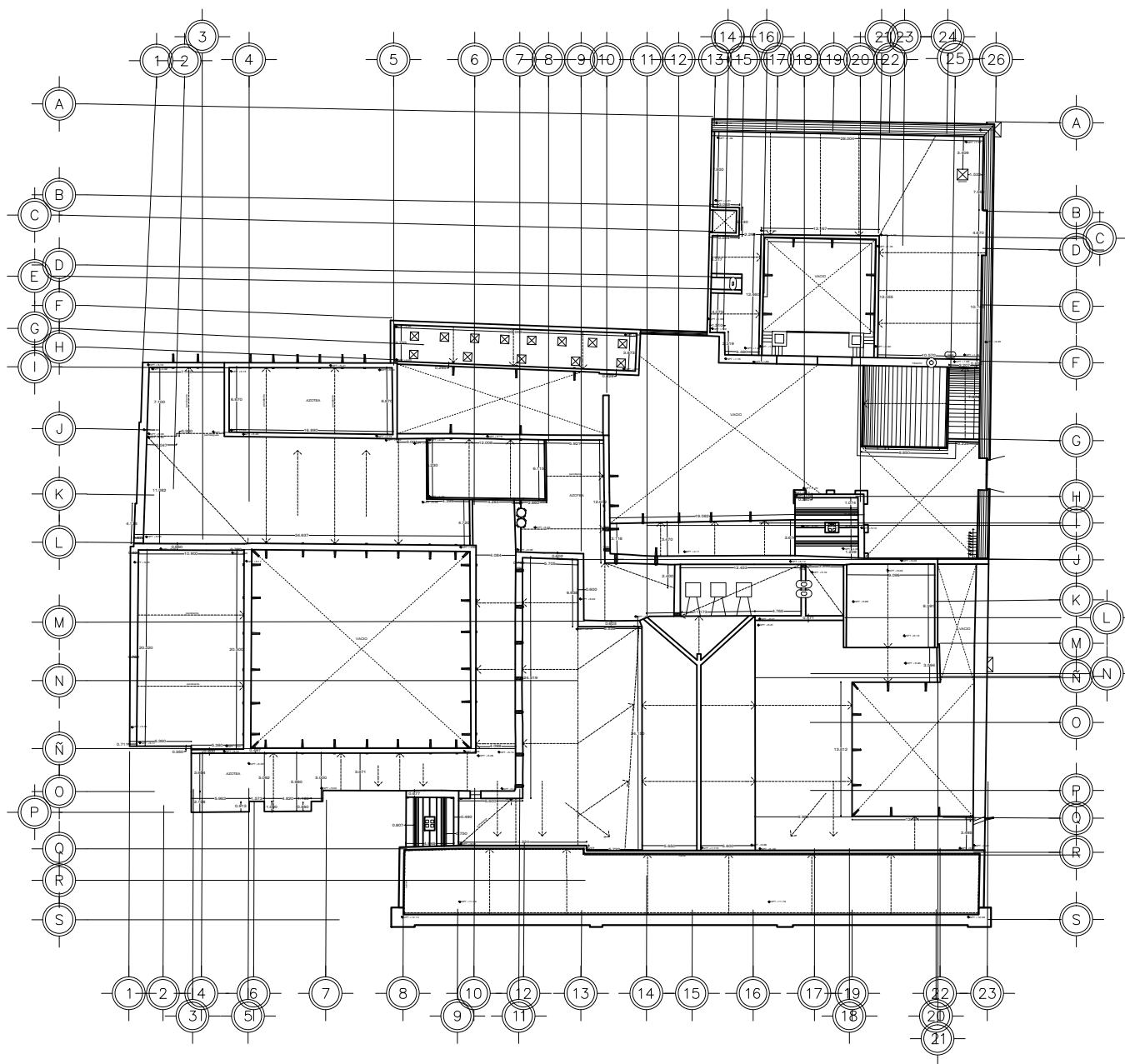
Figura 43

NO. PLANO :

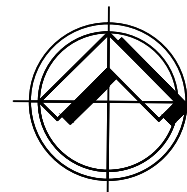
1



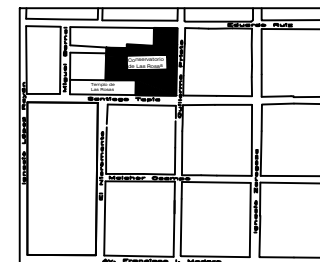
NORTE :	
LOCALIZACIÓN :	
NOTAS :	
FIRMA :	
PROYECTO : PLANTA ALTA	
UBICACIÓN : Santiago Tapia no. 334, Centro Histórico, Morelia Michoacán	
PROYECTÓ : Arq. Cyntia Nayeli Miranda Rodríguez	CÉDULA PROFESIONAL: 09581717
ESCALA : 1:150	
CLAVE : Figura 44	NO. PLANO : 2



NORTE :



LOCALIZACIÓN :



NOTAS :

* Ángulos en muros y Niveles obtenidos de ADE arquitectos

FIRMA :

PROYECTO :

PLANTA DE AZOTEA

UBICACIÓN :

Santiago Tapia no. 334, Centro Histórico, Morelia Michoacán

PROYECTÓ :

Arq. Cyntia Nayeli Miranda Rodríguez

CÉDULA PROFESIONAL:

09581717

ESCALA :

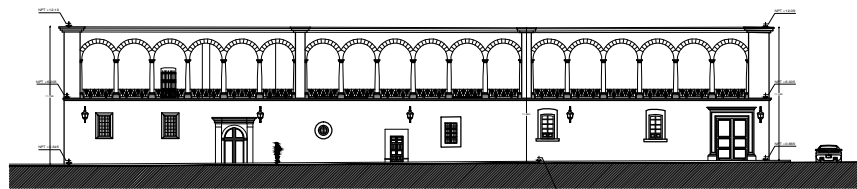
1:200

CLAVE :

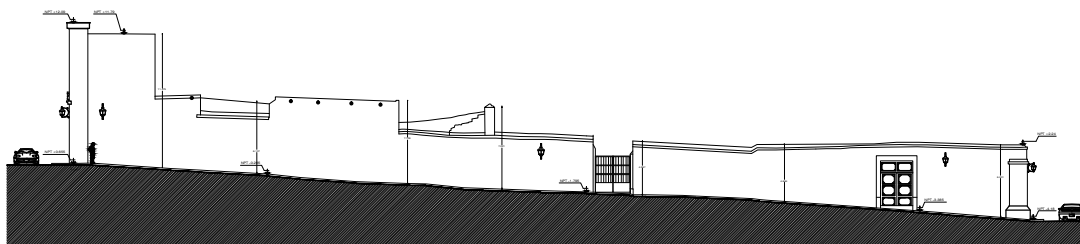
Figura 45

NO. PLANO :

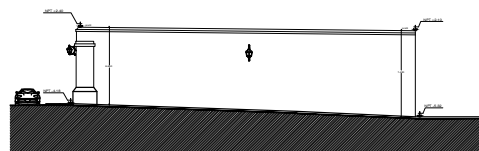
3



FACHADA SUR

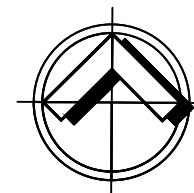


FACHADA ORIENTE

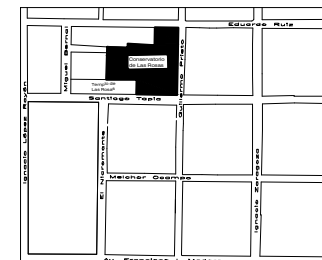


FACHADA NORTE

NORTE :



LOCALIZACIÓN :



NOTAS :

* Ángulos en muros y Niveles obtenidos de ADE arquitectos

FIRMA :

PROYECTO :

FACHADAS

UBICACIÓN :

Santiago Tapia no. 334, Centro Histórico, Morelia Michoacán

PROYECTÓ :

Arq. Cyntia Nayeli Miranda Rodríguez

CÉDULA PROFESIONAL:

09581717

ESCALA :

1:200

CLAVE :

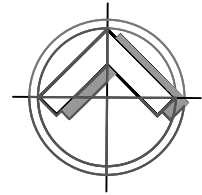
Figura 46

NO. PLANO :

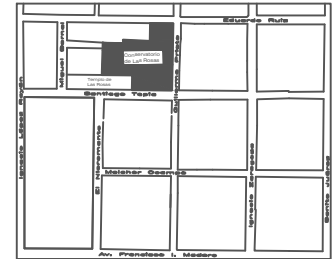
4



NORTE :



LOCALIZACIÓN :



NOTAS :

FIRMA :

PROYECTO :

PLANTA ARQUITECTÓNICA

UBICACIÓN :

Santiago Tapia no. 334, Centro Histórico, Morelia
Michoacán

PROYECTÓ :

Arq. Cyntia Nayeli Miranda
Rodríguez

CÉDULA PROFESIONAL:

09581717

ESCALA :

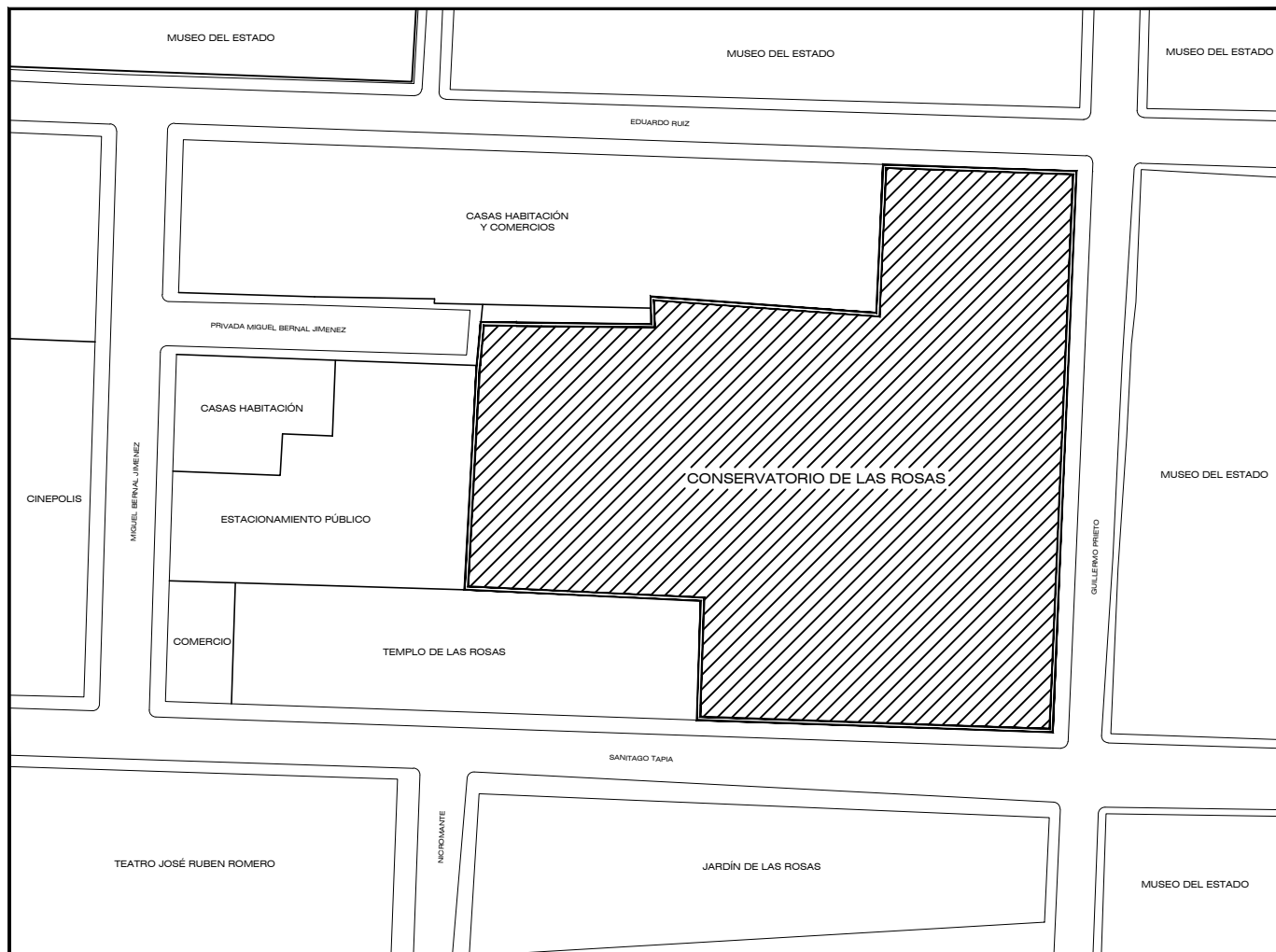
1:200

CLAVE :

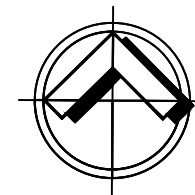
Figura 47

Nº. PLANO :

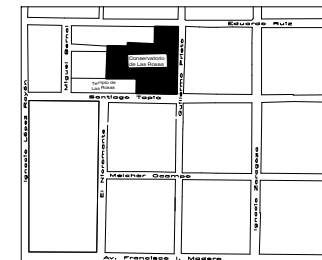
5



NORTE :



LOCALIZACIÓN :



NOTAS :

FIRMA :

PROYECTO :

CONTEXTO

UBICACIÓN :

Santiago Tapia no. 334, Centro Histórico,
Morelia Michoacán

PROYECTO :

Arq. Cyntia Nayeli Miranda
Rodríguez

CÉDULA PROFESIONAL :

09581717

ESCALA :

1:200

CLAVE :

Figura 49

NO. PLANO :

7

➤ Modelos 3D y recorrido virtual

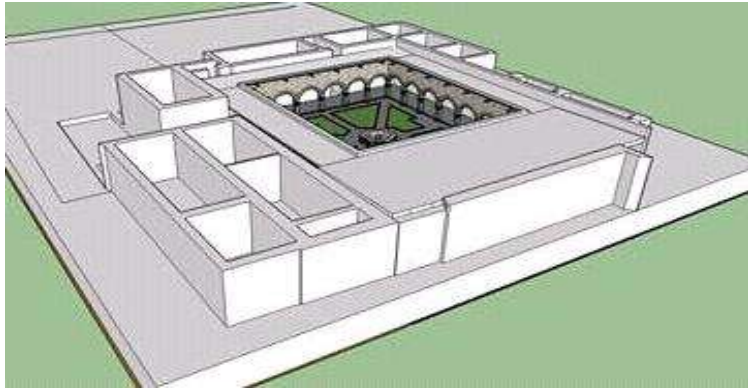


Figura 50. Modelo 3D obra gris

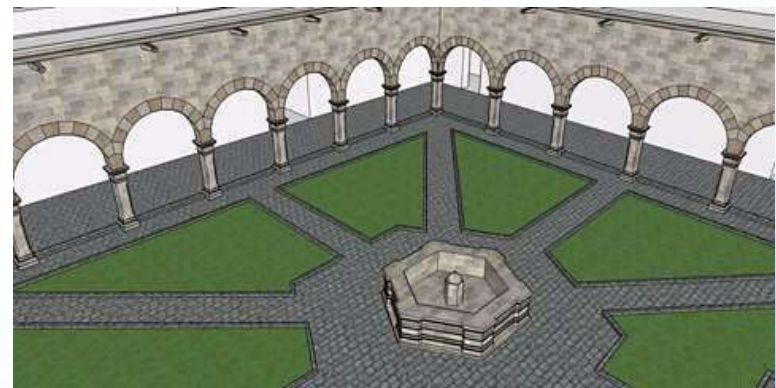


Figura 51. Modelo 3D jardín principal

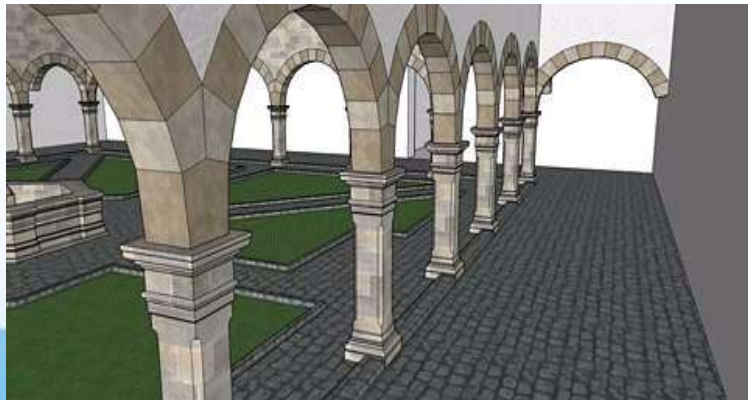


Figura 52. Modelo 3D patio principal

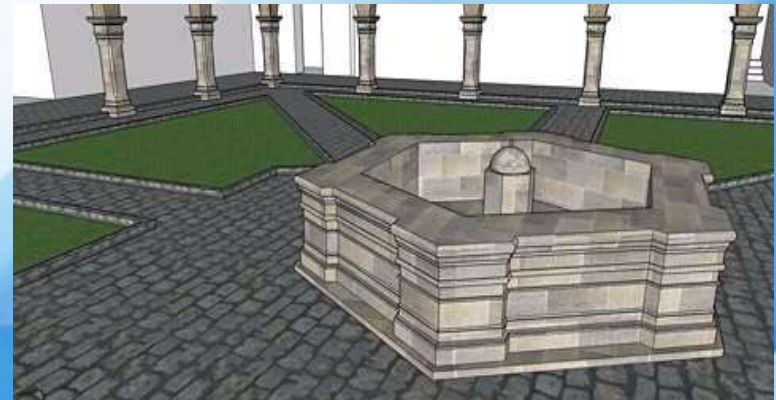


Figura 53. Modelo 3D fuente principal

*** **Nota:** Recorrido virtual en CD de anexos.

➤ Fotografías



Figura 54. Patio principal



Figura 55. Lavaderos



Figura 56. Pasillo cubículos



Figura 57. Jardín principal

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

❖ Inspección de viguería:

➤ Diagnóstico

- Formato de diagnóstico

LUGAR:					EDIFICIO:				FECHA:			
RESPONSABLE : Arq. Cyntia Nayeli Miranda Rodríguez												
ÁREA	ESPACIO	NO. VIGA	LADO A	LADO B	ORIENTACIÓN	TORCEDURA	GRIETAS	DEFLEXIÓN	B	R	M	OBSERVACIONES
		1										
		2										
		3										
		4										
		5										
		6										
		7										
		8										
		9										
		10										
		11										
		12										

Figura 58. Formato para el Diagnóstico de Viguería de madera

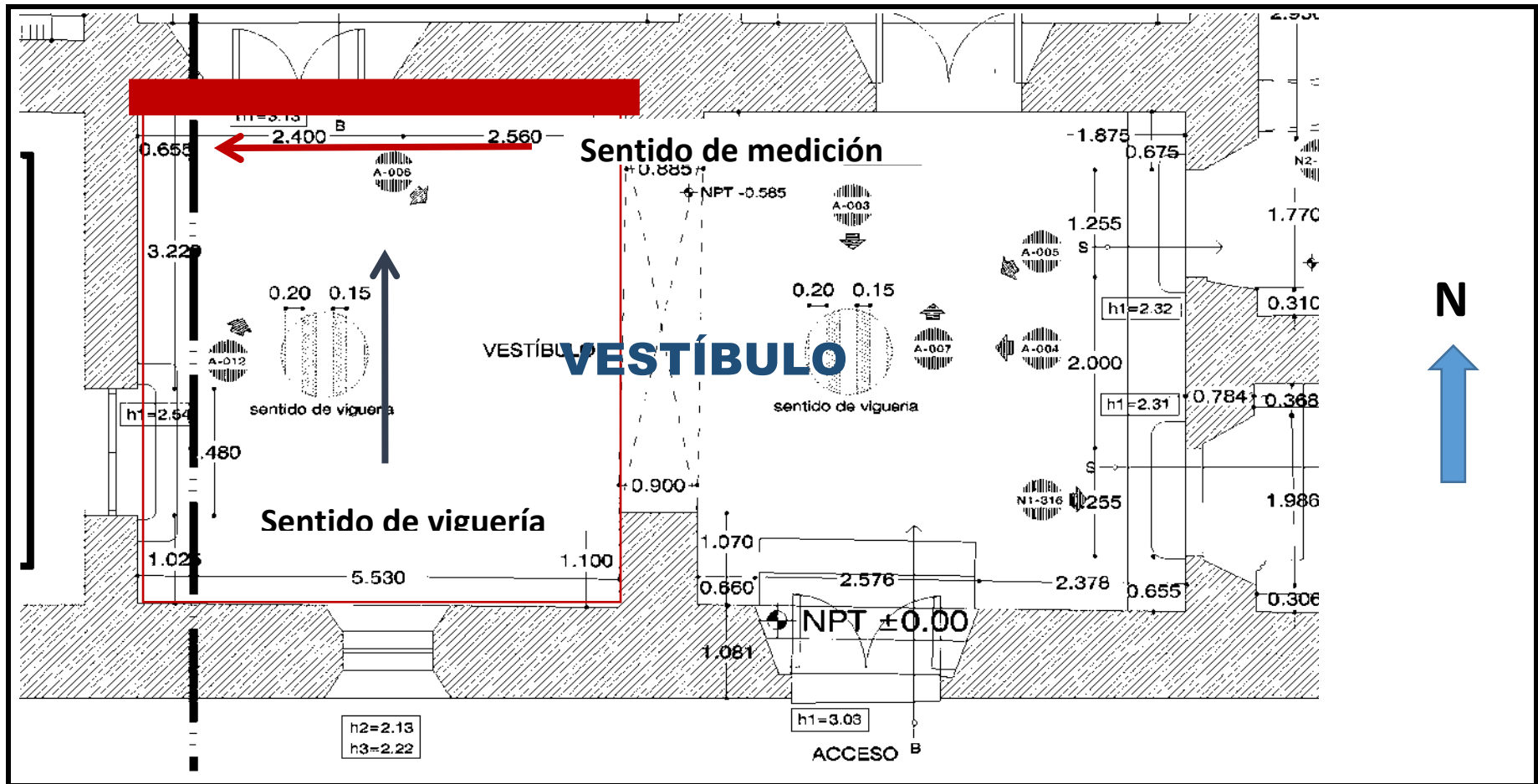
**EJEMPLO DE DIAGNÓSTICO: VESTÍBULO PRINCIPAL
DEL CONSERVATORIO DE LAS ROSAS**

DIAGNÓSTICO CONSERVATORIO DE LAS ROSAS

CONSERVATORIO DE LAS ROSAS				Morelia, Michoacán	
INICIO	Diagnóstico del Conservatorio de las Rosas			22 de Julio de 2015	
AREA 1 :	Vestíbulo Oeste	LADO: Norte		CORTE: Este a Oeste	

VIGA	TORCEDURA	GRIETAS	DEFLEXIÓN	LADO 1: Este			LADO 2: Oeste			OBSERVACIONES
				B	R	M	B	R	M	
1					x					
2				x						
3						x				
4				x						
5				x						
6				x						
7	x				x					
8				x						
9						x				
10		x			x					
11				x						
12				x						
13				x						
14	x				x					
15				x						
16					x					
17				x						
18				x						
19					x					
20	x				x					

CONSERVATORIO DE LAS ROSAS		Morelia, Michoacán
INICIO	Diagnóstico del Conservatorio de las Rosas	22 de Julio de 2015
AREA 1:	Vestíbulo Oeste	LADO: Norte CORTE: Este a Oeste

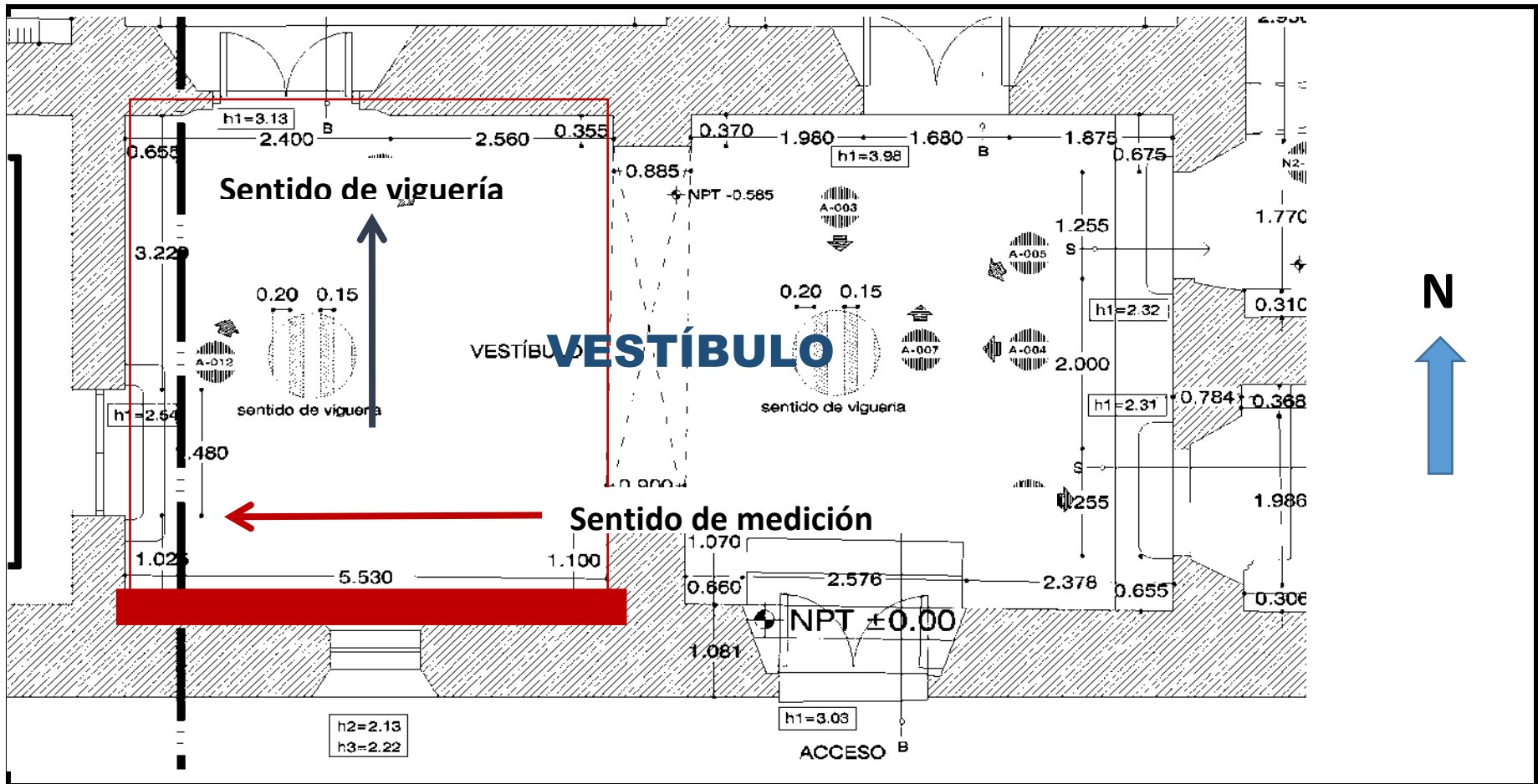


DIAGNÓSTICO CONSERVATORIO DE LAS ROSAS

CONSERVATORIO DE LAS ROSAS				Morelia, Michoacán	
INICIO	Diagnóstico del Conservatorio de las Rosas			22 de Julio de 2015	
AREA 1 :	Vestíbulo Oeste	LADO: Sur		CORTE: Este a Oeste	

VIGA	TORCEDURA	GRIETAS	DEFLEXIÓN	LADO 1: Este			LADO 2: Oeste			OBSERVACIONES
				B	R	M	B	R	M	
1					x					
2				x						
3						x				
4				x						
5		x			x					
6				x						
7						x				
8					x					
9				x						
10				x						
11				x						
12	x				x					
13		x				x				
14		x			x					
15				x						
16						x				Viga en 2 piezas
17				x						
18				x						
19					x					
20	x				x					Antigua

CONSERVATORIO DE LAS ROSAS		Morelia, Michoacán
INICIO	Diagnóstico del Conservatorio de las Rosas	22 de Julio de 2015
AREA 1:	Vestíbulo Oeste	LADO: Sur CORTE: Este a Oeste



CONSERVATORIO DE LAS ROSAS

Morelia, Michoacán

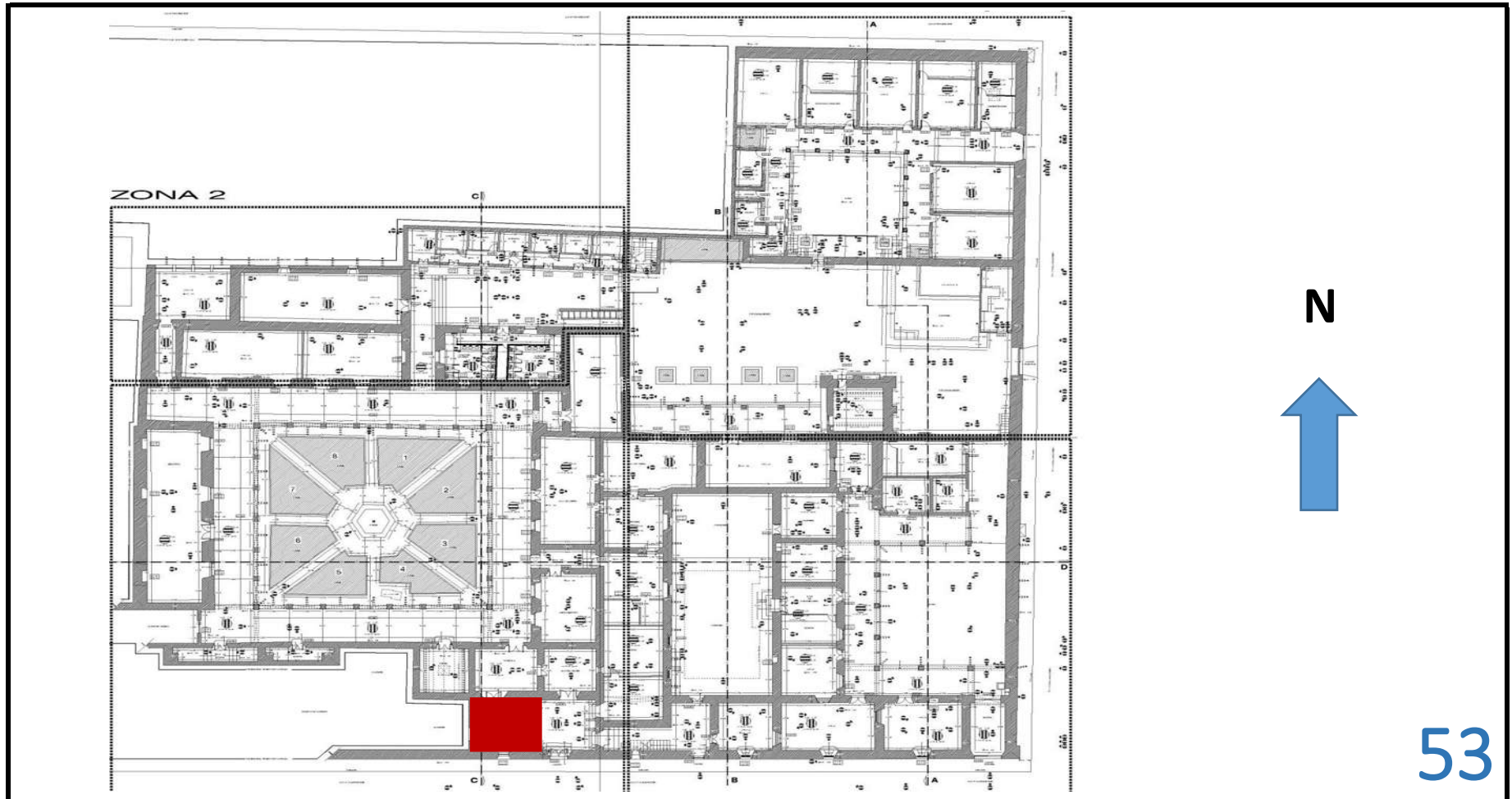
INICIO Diagnóstico del Conservatorio de las Rosas

22 de Julio de 2015

AREA 1 : Vestíbulo Oeste

OBSERVACIONES GENERALES

- * Arrastre Norte en malas condiciones, URGE Cambiarlo
- * Arrastre Sur en estado regular
- * Vigas en mal estado: 3, 7, 9, 13 y 16



CONSERVATORIO DE LAS ROSAS

Morelia, Michoacán

INICIO Diagnóstico del Conservatorio de las Rosas

22 de Julio de 2015

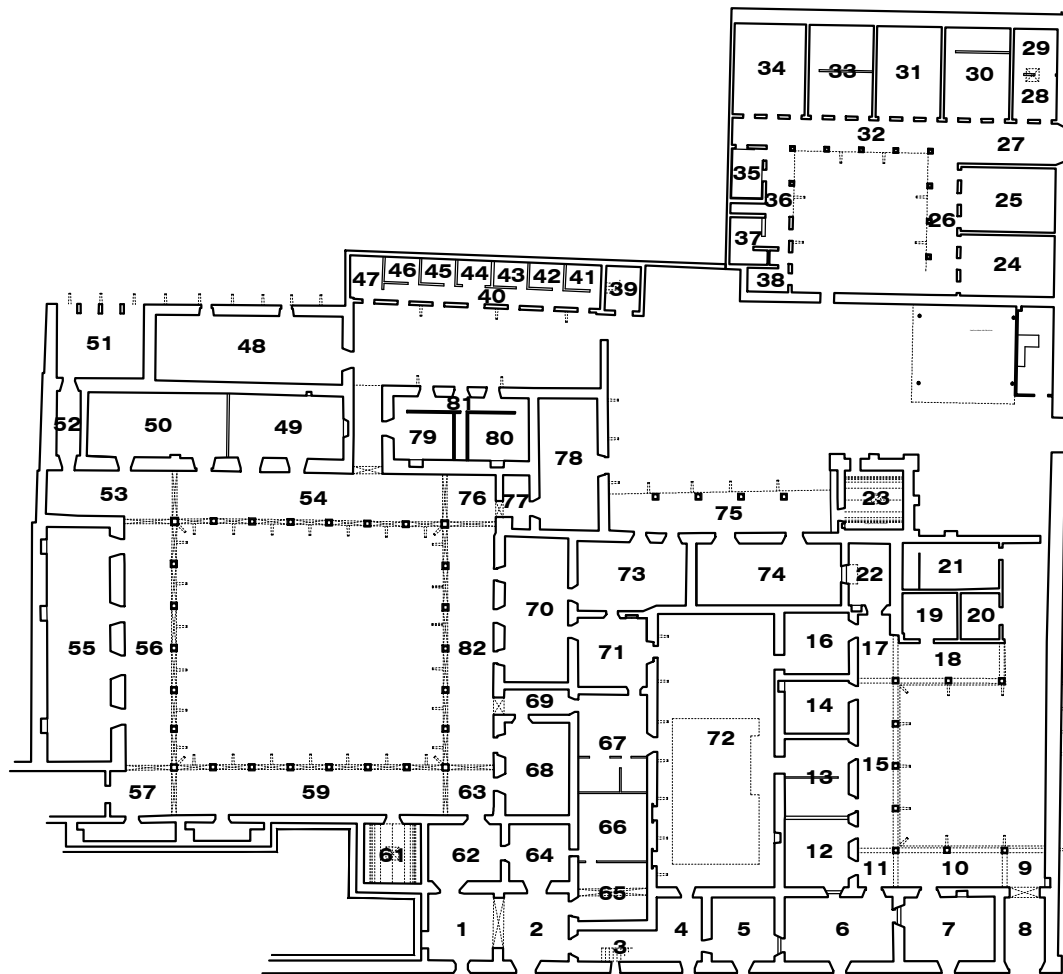
AREA 1 : Vestíbulo Oeste

FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA

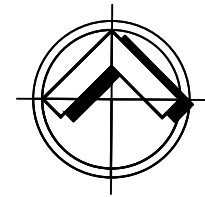


RESUMEN DEL DIAGNÓSTICO GENERAL

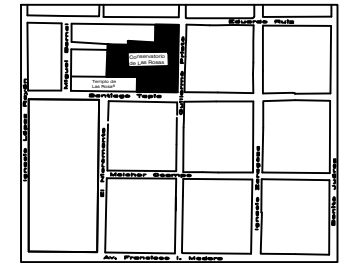




NORTE :



LOCALIZACIÓN :



NOTAS :

FIRMA :

PROYECTO :

ESPACIOS

UBICACIÓN :

Santiago Tapia no. 334, Centro Histórico, Morelia
Michoacán

PROYECTÓ :

Arq. Cyntia Nayeli Miranda
Rodríguez

CÉDULA PROFESIONAL:

09581717

ESCALA :

1:200

CLAVE :

Figura 59

NO. PLANO :

8

A continuación se presenta un resumen general del estado de la viguería de cada área del Conservatorio de las Rosas (Cuadro 4).

***** NOTAS:**

- ❖ Planos con ubicación de daños en Anexos.
- ❖ Para identificar cada área dirigirse a la Figura 59.
- ❖ La simbología para interpretar el resumen general es la siguiente:

B= buen estado, **R**= regular estado, **M**= mal estado, **N**= sin vigas, **SA**= sin acceso

Cuadro 4. Resumen general del diagnóstico del Conservatorio de las Rosas

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
1	20	3,4,6,10,15,17,19	1,2 ,7,9,11,13,16,20	5,8,12,14,18	Humedad, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	R
2	18	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,18	12,14,17	6,13,15,16	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
3	20	1 - 20	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
4	13	1 – 13	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
5	17	1 – 17	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
6	29	2,3,4,6,7,8,13,14,1 5,16,17,18,19,20,2 1,22,23,24,25,26	5,9,10,11,12,27, 28	1,29	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
7	24	4,6,8,9,10,11,12,13 ,14,16,17,21	3,5,7,15,18,19,20,22	1,2,23,24	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
8	12	1 – 12	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
9	11	5,6,7	8,9	1,2,3,4,10,11	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
10	42	6,11,15,18,22,23,3 1,32,33,37	4,7,8,9,17,19,20,24,2 6,27, 34,35,36	1,2,3,5,10,12,13,14 ,16,21,25,28,29,30, 38,39,40,41,42	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
11	11	5,6,8	3,7	1,2,4,9,10,11	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
12	20	6,9,10,13,14,16	2,5,7,8,11,12, 15,19,20	1,3,4,17,18	Humedad, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	R

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
13	23	3,5,6,9,10,12,13,16,17,19,20,21, 22,23	4,7,8,14,15	1,2,11,18	Humedad, pandeos, insectos, rajaduras y torceduras	B
14	16	1,3,4,5,6,9,10,12,13,14	2,7,8,11,15,16	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
15	49	14,15,18,19,22,26,34,35,36	4,7,9,13,27,28,29,30,31,33,39,40	1,2,3,5,6,8,10,11,12,16,17,20,21,23,24,25,32,37,38,41,42,43,44,45,46,47,48,49	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
16	25	1,2,5,6,7,8,10,11,12,13,14,15,16, 17, 18, 19, 21, 25	3,4,9,20,22,23,24	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
17	19	11,16,17	6,7,8,13,15	1,2,3,4,5,9,10,12,14,18,19	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
18	32	14,20,25,28,	10,13,15,18,19,21	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,16,17,22,23,24,26,27,29,30,31,32	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
19	14	1 – 14	-	-	Humedad, pandeos, insectos, rajaduras y torceduras	B
20	15	6,7,8,9,14,15	1,2,3,4,5,10,11,12,13	-	Humedad, pudrición, pandeos, insectos, rajaduras y torceduras	R

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
21	12	2,4,5,10	1,3,6,7,8,9,11, 12	-	Humedad, pudrición, insectos, pandeos, rajaduras y torceduras	R
22	14	6,8,10,12	4,5,9,11	1,2,3,7,13,14	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
23	¿?	-	-	-	Cúpula	N
24	27	2,3,4,5,6,7,8,9,10,1 1,12,13,14,15,16,1 7,18,19,20,21,22,2 3,24,25,26	1,27	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
25	27	1,2,3,4,5,8,9,10,13, 14,15,16,17,18,19, 20,21,22,23,24,25, 26,27	6	7,11,12	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
26	42	9,22,23,24,28,29,3 3,35,38,39,40,41	34	1,2,3,4,5,6,7,8,10,1 1,12,13,14,15,16,1 7,18,19,20,21,25,2 6,27,30,31,32,36,3 7,42	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
27	30	1 – 30	-	-	Humedad, pandeos, insectos, rajaduras y torceduras	B
28	13	1,2,3,4,6,10,11	12	5,7,8,9,13	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
29	13	5,6,7,8,12,13	1,2,3	4,9,10,11	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
30	26	1,2,4,5,6,7,8,9,10,1 1,13,14,15,16,17,1 8,19,20,21,23,24,2 5	3,12	22,26	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
31	26	1,3,4,5,6,7,8,9,10,1 1,12,13,14,15,16,1 7,19,20,22,23,24,2 5,26	2	18,21	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
32	59	2,3,4,5,6,7,8,9,10,1 1,12,13,16,17,18,1 9,25,26,27,29,30,3 1,32,33,38, 39,40,41,42,43,44, 45,46,47,48,49, 50,51,52,53,54,55, 56,57,58,59	20,21,22,23,24	1,14,15,28,34,35,3 6,37	Humedad, pandeos, insectos, rajaduras y torceduras	B
33	26	8,9,10,12,15,18,24, 25	1,2,4,5,6,13,16, 17,19, 20,21,22,23,26	3,7,11,14	Humedad, pudrición, pandeos, insectos, rajaduras y torceduras	R

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
34	26	4,5,6,9,10,11,14,16,19	1,2,3,7,8,12,13,15,17,18,20,25	21,22,23,24,26	Humedad, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	R
35	¿?	¿?		¿?	¿?	S · ¿? A
36	29	4, 5, 6, 7, 8, 9,10,11,12,19,22,23,24,25,26,27,28,29	-	1,2,3,13,14,15,16,17,18,20,21	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
37	13	1 – 13	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
38	6	1 – 6	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
39	10	1 – 10	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
40	70	1,2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,	25	21,22,23,24	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
		43,44,45,46,47,48, 49,50,51,52, 53,54,55,56,57,58, 59,60,61,62,63,64, 65				
41	¿?	-	-	-	Plafón	N
42	¿?	-	-	-	Plafón	N
43	¿?	-	-	-	Plafón	N
44	¿?	-	-	-	Plafón	N
45	¿?	-	-	-	Plafón	N
46	¿?	-	-	-	Plafón	N
47	¿?	-	-	-	Plafón	N
48	71	3,5,9,19,20,26,27,3 2,33,36,37,38, 41,43,45,47	1,2,4,6,7,8,11,12,17, 18,21,22,23,24,25,28 ,29,30,39,40,42,44,4 6,48	10,13,14,15,16,31, 34,35	Humedad, pandeos, insectos, rajaduras y torceduras	B
49	32	1 – 32	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
50	39	1 – 39	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: "El Conservatorio De Las Rosas", Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
51	25	1,2,3,16,17,18,19,20,21,22	4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,23,24,25	-	Humedad, pudrición, insectos, pandeos, rajaduras y torceduras	R
52	18	1,2,3,4,5,6,10,11	7,8,9,12,13,14,15,16,17,18	-	Humedad, pudrición, insectos, pandeos, rajaduras y torceduras	R
53	36	4,5,11,12,13,14,15,16,19,24, 25,26,	3,8,17,22,23,27,28,29,30	1,2,6,7,9,10,18,20,21,31,32,34,35,36	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
54	68	18,19,20,30,33,34,36,37,41,42,48,53,57,60,61,63	8,9,13,15,31,32,35,43,44,45,46,47,49,50,51,52,58,59	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,16,17,21,22,23,24,25,26,27,28,29,38,39,40,54,55,56,62,64,65,66,67,68	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
55	65	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 64, 65	18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 39, 42, 46, 51, 52, 54, 61, 62	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: "El Conservatorio De Las Rosas", Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
56	71	2,4,5,6,12,18,21,22,30,40,41,45,50,53,60,67	3,7,13,14,15,20,23,24,26,31,32,33,36,39,42,43,49,56,59,61,65,69	1,8,9,10,11,16,17,19,25,27,28,29,34,35,37,38,44,46,47,48,51,52,54,55,57,58,62,63,64,66,68,70,71	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
57	15	5,8,11	2,4,9,12	1,3,6,7,10,13,14,15	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
58	¿?	-	-	-	Plafón	N
59	64	4,8,12,20,23,25,29,31,36,39,45,50,57	1,11,15,18,27,34,35,38,41,47,48,49,51,52,56,58	2,3,5,6,7,9,10,13,14,16,17,19,21,22,24,26,28,30,32,33,37,40,42,43,53,54,55,59,60,61,62,63,64	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
60	¿?	-	-	-	Plafón	N
61	¿?	-	-	-	Cúpula	N
62	21	3,5,9,10,13,14,16,18	4,6,8,11,12,17,	1,2,7,15,19,20,21	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
63	12	-	4,5,8,10	1,2,3,6,7,9,11, 12	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
64	¿?	¿?	¿?	¿?	S.A	¿?
65	16	1 – 16	-	-	Humedad, pudrición, insectos, pandeos, rajaduras y torceduras	R
66	¿?	¿?	¿?	¿?	S.A	¿?
67	28	1 – 28	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
68	26	1 – 26	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
69	8	1 – 8	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
70	40	1 – 40	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
71	19	1 – 19	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
72	¿?	-	-	-	Cubierta	N
73	31	1 – 31	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
74	42	1 – 42	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
75	63	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,	18, 24, 27, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 51, 52, 53, 62, 63	10, 19, 21, 22, 50, 51	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras Canes podridos: 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 43, 44, 45, 47, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61. Canes torcidos: 3, 12, 13, 22, 26, 32, 41. Gualdra de arrastre podrida	B
76	12	2,10	3,5,6,7	1,4,8,9,11,12	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M
77	16	1 – 16	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
78	38	1 - 38	-	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
79	¿?	-	-	-	Plafón	N
80	¿?	-	-	-	Plafón	N
81	¿?	-	-	-	Plafón	N
82	59	6,11,13,19,22,24,29,32,40,42,49,52,56	4,5,12,15,16,17,21,27,28,31,39,48,51,55	1,2,3,7,8,9,10,14,18,20,23,25,26,30,33,34,35,36,37,38,4	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	M

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: "El Conservatorio De Las Rosas", Morelia, Michoacán.

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
				1,43,44,45,46,47,5 0,53,54,57,58,59		
83	24	5,8,9,10,18,22	3,4,7,11,12,13,17,21, 23,24	1,2,6,14,15,16, 19,20	Humedad, insectos, pudrición, pandeos, rajaduras y torceduras	R
84	10	3,4,5,6,7,8,9	1,2,10	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
85	70	1,2,3,5,6,7,8,9,10,1 1,12,15,16,17,18,1 9,20,21,22,23,24,2 6,27,28,29,31,35,3 6,37,38,40,41,43,4 5,46,47,48,49,50,5 2,53,54,55,56,59,6 2,63,64,65,66,67,6 8,69,70	13,14,25,30,32,33,34 ,39,42,44,51,57,58,6 0,61	-	Humedad, pandeos, rajaduras y torceduras	B
86	195	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 ,11,12,13,18,19,20, 21,22,25,26,27,28, 29,30,31,32,33,34, 43,44,45,54,55,56, 72,73,74,82,83,96,	,14,15,16,23,35,36,3 7,40,41,42,46,47,48, 49,50,52,53,57,58,59 ,60,63,64,65,66,70,7 1,75,79,81,85,86,87, 88,90,91,93,94,98,10	17,24,38,39,51,56, 61,62,67,68,69,76, 77,78,80,84,89,92, 95,99,104,105,107, 108,115,124,125,1 26,127,128,130,13	Humedad, pudrición, insectos, pandeos, rajaduras y torceduras	R

Área	Total de Vigas	Vigas en buen estado	Vigas en estado regular	Vigas en mal estado	Daños	Estado físico del área
		97,106,116,117,12	0,101,102,103,109,1	3,134,135,136,139,		
		9,140,145,150,151,	10,111,112,113,114,	146,147,161,162,1		
		152,153,154,157,1	118,119,120,121,122	63,166,184,188,19		
		58,159,160,164,17	,123,131,132,137,13	0,191,192,193		
		1,172,173,174,176,	8,141,142,143,144,1			
		177,178,179,180,1	48,149,155,156,165,			
		81,189,195	167,168,169,170,175			
			,182,183,185,186,18			
			7,194			

En general el Terrado está suelto y las losetas en mal estado en las áreas que no han sido intervenidas en los últimos 10 años.

En la Figura 50 se muestra el estado físico de cada espacio del Conservatorio de las Rosas, en el cual sobresale con un 47.67 % el buen estado, seguido del mal estado con un 19.77 %, con lo cual indica el estado físico del sitio en general. Mientras que en la Figura 51 se muestra el estado físico de cada una de las vigas del inmueble, seguido por el estado de los espacios (Figura 52).

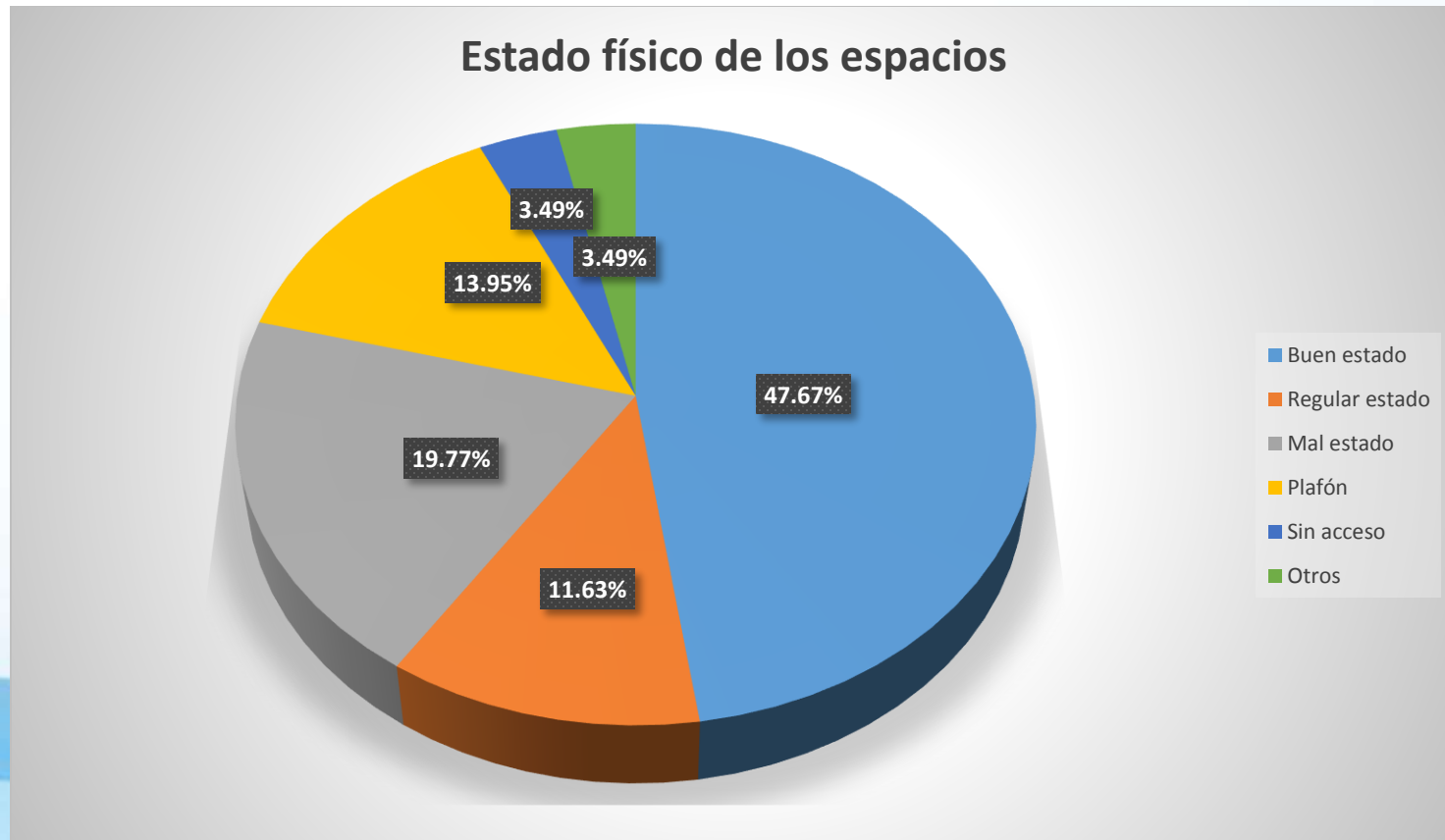
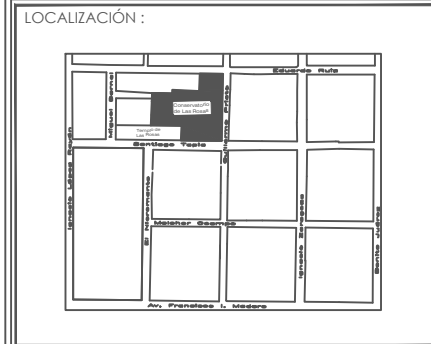
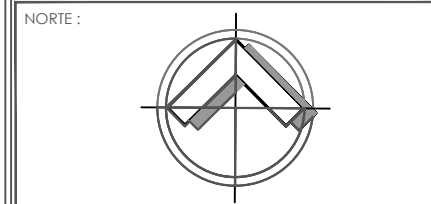


Figura 60. Estado físico de los espacios



NOTAS :

- * Ángulos en muros y Niveles obtenidos de ADE arquitectos.
- * VERDE: Viguería en buen estado.
- * AZUL: Viguería en estado medio.
- * ROJO: Viguería en mal estado.
- * GRIS: Espacios con plafón.
- * NEGRO: Espacios sin acceso.
- * AMARILLO: Espacios con otro tipo de cubierta.

FIRMA :

PROYECTO :
ESTADO FÍSICO DE LA VIGUERÍA

UBICACIÓN :
Santiago Tapia no. 334, Centro Histórico, Morelia
Michoacán

PROYECTÓ : Arq. Cyntia Nayeli Miranda Rodríguez	CÉDULA PROFESIONAL: 09581717
---	---------------------------------

ESCALA :
1:200

CLAVE : Figura 61	NO. PLANO : 9
----------------------	------------------

9. DISCUSIÓN

Al momento de comenzar con la investigación para el diagnóstico, se contó únicamente con dos levantamientos relevantes: la planimetría considerada más antigua del Conservatorio de las Rosas, realizada por el Ingeniero militar Guillermo Wodon de Sorinne (Torres, 2004), y el último levantamiento realizado por la empresa ACD, que consta de plantas arquitectónicas, fachadas, cortes, azoteas y contexto. Sin embargo, al momento de revisar y comparar las planimetrías se detectó que no coincidían en espacios, por lo cual se realizaron algunas mediciones para corroborar las dimensiones de la última planimetría; con lo cual quedó claro que no coincidía con las dimensiones actuales del inmueble.

Se realizó un nuevo levantamiento arquitectónico, que cumpliera como base para el registro del edificio, constando de: plantas arquitectónicas, fachadas, viguería, azoteas, contexto y un recorrido virtual del espacio.

Seguido del levantamiento arquitectónico, se inició con la revisión del inmueble y su contexto, con la cual se detectó:

- En azoteas, las pendientes están contrarias al flujo de las bajadas de agua, provocando encharcamientos, humedades, escurrimientos y deslave del terrado; algunas bajadas de agua no se encuentran en funcionamiento por obstrucción o clausura; las gárgolas se encuentran en mal estado por vegetación, tubos metálicos en mal estado y obstrucción por basura; el impermeabilizante en general se encuentra en mal estado por deterioro natural, colocación y mantenimiento inadecuado.
- En el interior, falta ventilación en todos los espacios, ya que normalmente se encuentran cerrados, y las ventilaciones cubiertas por cristal o en ciertos casos son inexistentes; el deslave del

terrado y encharcamientos en azoteas, provoca escurrimientos que manchan y provocan pudrición en la viguería de madera y muros; las losetas y viguería en general se encuentra en estado inconveniente, ya que las condiciones, intervenciones y mantenimiento no son los adecuados; provocando con lo anterior que el edificio se encuentre constantemente húmedo en su interior, creando microclimas que aportan beneficios a hongos o insectos.

- En general el edificio se mantiene constantemente húmedo sin importar la estación del año; aumentando su temperatura en temporada de secas; variando también si las mediciones se realizan a nivel de piso o entrepiso, así como al interior o exterior de este.

La humedad es mayor en el interior en comparación con el exterior, mientras que la temperatura interior es menor a la exterior, esto durante el año. Por lo cual se da a notar la falta de ventilación en el lugar

y la eminente afectación por humedad en muros y techos.

Además de que la temperatura y humedad que se presentan son del ambiente no de la viguería, ya que como lo menciona Capuz (2005), si las condiciones del sitio se encuentran en un 65% de humedad y una temperatura entre 20 y 30 grados centígrados, la madera debe encontrarse a un 12% de humedad; sin embargo en la realidad del caso de estudio, se cuenta con condiciones que deberían mantener a la viguería en estado seco, lo cual se vuelve irreal, ya que las vigas se encuentran en algunos casos totalmente saturadas.

- En los patios y jardines, la humedad es constante por el riego continuo de los jardines, ya que esto se realiza dos veces por día durante todo el año, los muros y columnas se encuentran afectados por humedad, siendo la capilaridad eminente,

aportando con esto a la aparición de vegetación descontrolada.

- En la fachada exterior, la humedad de los muros se presenta la mayor parte del año, ascendiendo hasta las losas durante temporada de lluvias, con lo cual proliferan la pudrición e insectos, degradando la madera de manera considerable, ya que estos problemas se presentan de manera permanente.
- Los muros en general, se encuentran desplomados por los acabados, ya que con el paso del tiempo se han ido rellenando los espacios vacíos creando formas irregulares.
- En el contexto, el tránsito vehicular es alto; las coladeras son insuficientes para la zona y los escurrimientos recaen en la fachada principal del Conservatorio; y las construcciones aledañas

comparten características similares en cuanto a daños, con lo cual se comprueba que en la mayoría de los edificios del centro Histórico no se realizan mantenimientos adecuados, son nulos o inexistentes..

- En la viguería, canes¹ y gualdras internas y externas, los daños observados superficialmente son:
 - Perforaciones por insectos: presentes en más del 50% de la viguería, beneficiados por el microclima creado en los espacios y la falta de preservantes en la madera.
 - Manchas: deterioro interno y externo resultado de la humedad constante y escurrimientos en muros, techos y vigas, mostrando el inicio de la pudrición futura, y en ciertos casos cubriendo los daños.

¹ **Can:** cabeza de las vigas del techo que sobresalen al exterior, sosteniendo la cornisa y adornando por la parte inferior el vuelo (RAE, 2014).

- Hongos: presentes principalmente en la viguería y en los muros, mostrando un nivel de desarrollo excesivo.
- Pudrición: se encuentra aproximadamente en un 30% de la viguería, lo cual es indicador de las condiciones inapropiadas del sitio y del posible crecimiento del daño si no se toman las medidas pertinentes.
- Rajaduras: presentes en grandes dimensiones, aportando al daño de los muros donde empotran las vigas, colaborando a la filtración de la humedad.
- Torceduras: la mayor afectación presente en más del 75% de la viguería, lo cual es evidencia de los cambios de humedad a los que están expuestas las vigas, así como el uso de madera húmeda, verde, sin tratamiento, etc.
- Pandeos: presentes en espacios donde el terrado está caído.
- Acanalamiento: poco visibles pero no inexistentes, ya que las vigas afectadas que han sido retiradas presentan este problema y ante los escurrimientos y la humedad presentes, es probable que esté presente en un gran porcentaje de las vigas.
- Intervenciones y mantenimiento inadecuado o inexistente: esto es la respuesta al cuestionamiento sobre los deterioros del edificio, ya que si no se tiene la cultura de un mantenimiento adecuado, los problemas seguirán existiendo y aumentando a niveles críticos, así como también el intervenir de manera adecuada a los inmuebles históricos.

Al concluir la revisión del inmueble y diagnosticar la viguería de madera en sus extremos, es claro que es un trabajo poco viable; ya que la revisión de toda la viguería se vuelve tediosa y costosa, por lo que es mejor la revisión

por un solo extremo de ciertos porcentajes de vigas por espacio, dependiendo del claro y la cantidad de vigas.

Considerando también, que los daños en la viguería al interior y exterior del edificio comparten ciertas similitudes que van desde: torceduras, pandeos, humedad y manchas; mientras en el exterior que son los patios se presentan daños extras más agresivos como: pudrición, insectos y hongos.

Por lo anterior, se detecta que la mayoría de los daños son por: intervenciones y mantenimiento inadecuados; al detectar que algunas de las áreas intervenidas hace menos de diez años, se encuentran en estado regular o malo; por no solucionar el problema de raíz, al no eliminar los agentes que provocan dichos daños.

Con lo cual, al momento de evaluar las áreas consideramos una holgura mayor, para evitar en medida de lo posible el cambio de viguería; ya que mientras no se eliminan los agentes que provocan los daños, ni se cuente

con algún programa de mantenimiento formal, las intervenciones que se realicen se vuelven temporales, con un tiempo de vida útil muy corto.

Lamentablemente en la mayoría de los casos, el resultado de los diagnósticos suele ser negativo, ya que el avance de los daños es mayor; por lo que las intervenciones para sustitución de viguería son muy comunes. Así que es necesario seguir algunas condiciones para alargar la vida útil de la madera al momento de colocarla y solucionar las problemáticas presentadas.

10. CONCLUSIONES

El diagnóstico con técnicas adecuadas para el rescate de viguería de madera, sí determina el estado físico de estas y los agentes de deterioro que lo provocan; reflejándose en medidas de actuación para así mejorar las condiciones del sitio, garantizando la durabilidad de las edificaciones que las contengan como parte de su estructura, manteniendo la historia y arquitectura de los edificios.

Si dicho diagnóstico se realiza de manera temprana, se puede evitar un daño permanente o grave tanto en la viguería de madera como en las edificaciones; garantizando la seguridad de los espacios y una inversión menor a la que se tendría que realizar continuamente si se repararan de manera parcial los daños; ya que erradicando el problema de raíz, lo único que se tendría que seguir es un mantenimiento adecuado de las áreas, para evitar posibles daños futuros; mejorando las condiciones actuales y futuras en la viguería.

Por lo cual, al erradicar los problemas de raíz se garantiza una vida útil mayor de la viguería y del edificio en general.

Siendo los problemas a solucionar:

- Arreglo adecuado de las pendientes en techos
- Impermeabilización
- Limpieza de bajadas de agua, coladeras y gárgolas
- Sellado correcto de grietas
- Ventilación de espacios internos y de viguería cubierta por plafones
- Tratamiento adecuado de viguería
- Arreglo de losetas y terrado

Para el registro de temperatura y humedad, si se requiere un historial para el control de la humedad en la madera, los datos no se deben tomar del ambiente, ya que no siempre reflejan el estado real de las vigas.

11. RECOMENDACIONES

Investigaciones en las que se cuenta con un caso de estudio, permiten tener una visión más real de las problemáticas que deben atacarse; tal es el caso de El Conservatorio de las Rosas, el cual por medio de su diagnóstico, nos permitió realizar una inspección real de su viguería de madera y agentes de deterioro, así como el análisis de sus problemáticas, para poder realizar un registro actual sobre su estado. Dicho diagnóstico nos permitió identificar de manera general, los agentes de ataque que debemos revisar y el mantenimiento adecuado para prevenir dichos ataques; así como una serie de recomendaciones prácticas para tratar de la mejor manera a la madera, en caso de sustitución de la viguería.

Es también importante, que los inmuebles que son considerados patrimonio y en general contengan algún bien de madera, cuenten con registro del sitio; lo que se traduce en planos arquitectónicos, fotografías, y en lo

posible renders; que permitan registrar todas las intervenciones realizadas en la construcción y en este caso su viguería. Ya que al momento de comenzar un diagnóstico, es necesario tener el levantamiento del sitio, por lo menos su planta arquitectónica; por lo cual, se debe revisar si existen planimetrías del inmueble, y en dado caso que no existieran se tiene que realizar el debido levantamiento arquitectónico, de manera general para identificar los espacios del sitio que se analizará.

Una vez que se tenga la planta arquitectónica del inmueble, se realiza una inspección del contexto detectando posibles problemáticas que pudieran afectar al objeto de estudio, como tránsito vehicular pesado, estado físico de coladeras, pendientes de las calles y problemáticas de las construcciones vecinas en dado que existieran. Seguido de una inspección al interior del lugar, comenzando por las azoteas, pendientes, estado del

impermeabilizante, gárgolas, bajadas de agua, vegetación, basura, etc.; una revisión de los daños visibles del lugar como manchas de agua, estado físico de las coladeras, vegetación sin control, etc.

Complementando lo anterior con los registros de temperatura y humedad de espacios y viguería en zonas que a simple vista sean detectadas críticas, como lo son patios junto a áreas jardinadas y espacios interiores con humedad elevada. Así como también es recomendable realizar lecturas directamente de la viguería y solo utilizar los datos del ambiente, para realizar un estudio completo de los espacios que rodean a la madera.

En dado caso de que se detectaran problemas al interior del edificio, se deben rectificar; como por ejemplo: si en la azotea las pendientes son inversas, se deben rectificar de manera primordial, ya que se provoca estancamiento de agua y por ende filtraciones; las cuales impactan de manera negativa e importante en edificios que cuentan con terrado, ya que hacen que éste se deslave, dándose

un asentamiento sobre la viguería, dejándolas a la intemperie de los agentes destructivos en mayor medida en la parte superior. Además de provocar escorrentías por los muros, provocando el desprendimiento de los acabados y aportando a la humedad continua de los espacios.

Si existiera vegetación en azoteas, es señal de que dicho espacio se encuentra constantemente húmedo y no se le da un mantenimiento continuo, al igual que si se encontrara basura; por lo cual se requiere implementar medidas de actuación para el mantenimiento de estas.

Al igual que las bajadas de agua que deben estar en condiciones óptimas constantes; así como las gárgolas, que deben estar limpias y con tubería correctamente colocada para evitar acumulación de agua. En relación con las azoteas se encuentran las humedades en muros, ya que si se detectan desde abajo se puede determinar donde se puede dar las filtraciones.

Cuando se tiene recaudada la información sobre el inmueble, se comienza a realizar el diagnóstico de la viguería por cada espacio, de manera visual y de manera interna con la ayuda de un punzón; en estos casos es poco práctico inspeccionar las vigas al 100%, ya que si el 50% de la viguería está en mal estado, no tiene sentido revisar el resto; por lo cual se realiza la inspección del 30% al 50% del total de las vigas por área, distribuidas en todo el espacio; contemplando un solo extremo de la viga. Lo anterior dependiendo del claro del espacio y la cantidad de vigas en él.

No debemos olvidar que existen áreas que no requieren de inspección profunda ya que se encuentran en buen estado, condiciones óptimas y sus elementos de madera están intactos en coloración y olores, según observación ocular; por lo cual no es necesario inspeccionarlas a profundidad; excepto si existe duda razonable o se requiere para algún proyecto, etc., solo basta con una inspección del 10% de su total. Sin embargo, no debemos confundir esto con áreas que visualmente no se

encuentran dañadas, pero que presentan indicios de humedad, manchas, olores, y viguería con torceduras o pandeos; ya que dichas áreas pueden contener daños internos, que pueden ser detectados con la prueba del punzón, penetrómetro, etc.

Una vez que se realizó la inspección de los espacios en general, se recomienda analizar la información para determinar o confirmar el estado de las áreas; las cuales pueden ser diagnosticadas en bueno o regular estado, con lo que se podrían plantear alternativas ajenas a las vigas para mejorar las condiciones de estas, sin necesidad de cambios.

Por otro lado, si la viguería es diagnosticada en mal estado, requiriendo la sustitución de la misma, el cambio debe realizarse si es posible por la parte de arriba con las debidas recomendaciones para alargar la vida útil de la madera, como son aislar las vigas con recubrimientos, etc.; además de considerar que si se realiza el cambio de la mayoría de las vigas, y el resto están en estado medio,

se debe intervenir el área completa; con las precauciones adecuadas, como lo es aislar el espacio y apuntalar los muros.

Si fuese necesario el cambio de algunas vigas, se debe utilizar madera tratada a presión y vacío, garantizando la impregnación real de las vigas; utilizando sales CCA, ya que son sustancias que permiten que la madera no sea atacada por hongos o insectos en un periodo de tiempo de 3 a 5 veces mayor al de una viga sin tratar, permitiendo que esta tenga una vida útil mayor.

Es importante siempre recordar, que el hecho de diagnosticar e intervenir los bienes de madera no es suficiente para detener los problemas; estos deben atacarse de raíz o al menos trabajar en su mejora, por medio del implemento de acciones para revertir los agentes que lo provocan, además de mantener un plan de mantenimiento permanente, evitando de esta manera deterioros futuros, alargando el tiempo de vida del material y el inmueble. Una vez completo el diagnóstico del caso de estudio, es factible contemplar los factores que se detectaron, afectan al sitio para plantear alternativas que ayuden a la previsión, mejora e intervenciones de los inmuebles en general.

11.1. MANTENIMIENTO

❖ PARA PREVENIR DAÑOS:

Es importante tener una bitácora en la cual se registren los daños e intervenciones; además de una rutina, en la cual se inspeccione mensualmente ciertos aspectos para un mantenimiento adecuado; por ejemplo:

- Ventilar los espacios cerrados o que contengan plafones, manteniendo abiertas las puertas el mayor tiempo posible; en dado caso que se encontraran objetos de valor u otras razones que impidieran la apertura de los espacios, existen opciones como puertas con rejillas, ventilaciones por medio de respiraderos o rejillas, etc.
- Dar mantenimiento a coladeras, bajadas de agua y gárgolas; retirando vegetación y basura que obstruya el flujo del agua, así como retirando el material que impida su función, cuidando que los

tubos que contienen algunas de las gárgolas tengan una inclinación igual a la de su base para evitar bloqueos.

- Mantener una azotea correctamente impermeabilizada y limpia, con pendientes en dirección de los desagües; en dado caso que existieran filtraciones, se tendría que revisar si existen fisuras en la azotea para que sean reparadas de manera inmediata, evitando daños internos en las losas. En el caso de las azoteas del Conservatorio de las Rosas, por los daños que presenta, es necesario impermeabilizarlas nuevamente.
- Rectificar las pendientes en azoteas es de vital importancia, en especial en el caso de estudio.

- Evitar el riego excesivo e innecesario de las áreas jardinadas; o aislar el espacio para evitar afectaciones continuas.

❖ PARA VIGAS:

- Para considerar el cambio de viguería, se debe realizar un diagnóstico.
- En caso de cambio de viguería, se debe realizar con medidas de seguridad, como lo es:
 - Cerrar el área al público
 - Apuntalar los muros por ambos lados
 - Si es posible realizar el cambio desde arriba
 - Colocar aislantes en las cabezas de las vigas como cartón asfaltado, etc.
 - Colocar aislantes en los huecos donde empotrarán las vigas.

- Las vigas que sustituirán a las dañadas deben estar secas.
- Las vigas que sustituirán a las dañadas deben ser tratadas para evitar el ataque por insectos u hongos.
- Colocar las vigas en posiciones que no afecten la resistencia de las mismas.
- Evitar colocar vigas con daños importantes, como nudos extensos en zonas críticas, torceduras, pandeos, hongos, insectos o rajaduras muy pronunciadas.
- Si es posible llevar las vigas tiempo antes de ser colocadas, para que se encuentren en equilibrio con el ambiente del inmueble.

❖ PARA DIAGNOSTICAR:

- Es importante realizar una inspección del contexto antes de realizar el diagnóstico, para identificar patrones de daños.

- Revisar azoteas, bajadas de agua, impermeabilizantes, escurrimientos, temperatura, humedad, vegetación, etc.
- Diagnosticar mínimo 30% de las vigas por área, asegurándonos de distribuir en toda la viguería ese porcentaje; guiándonos por manchas de humedad, hongos o perforaciones por insectos.
- Únicamente revisar un extremo de las vigas, en esos casos elegir el que se vea con más daño superficial.
- No dejarse guiar por los daños externos, siempre se debe verificar penetrando los extremos de las vigas ya sea con un punzón o algún otro objeto similar.

A large, weathered wooden beam is positioned horizontally in a laboratory setting. The beam is supported by a blue metal frame. Above the beam, a large blue metal structure with two circular weights is visible. The beam shows significant signs of aging and decay, with a rough, splintered surface. The background includes a concrete floor, a metal railing, and a door. The text "CAPÍTULO II. Pruebas Y Tratamientos" is overlaid in yellow on the beam.

CAPÍTULO II. Pruebas Y Tratamientos

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en México, las investigaciones relacionadas con madera en su mayoría se enfocan a madera considerada sana, así como a los productos derivados de esta; dejando de lado a la madera antigua o patrimonial y sus problemas, que van desde la veracidad de las pruebas y tratamientos con las que se interviene, hasta la vida útil de la misma.

Al tratar a la madera antigua o patrimonial como si fuera una madera sana, se deja de lado todo lo que esto puede llevar consigo; con lo cual más allá de analizar o proponer nuevas técnicas, pruebas y tratamientos, para analizar e intervenir este tipo de madera; se vuelve más fácil retirarla o sustituirla.

Por lo cual en la investigación, se pretendió analizar a la madera antigua o patrimonial, desde el punto de vista de las pruebas de laboratorio, no destructivas y destructivas; con lo cual se arrojarán datos en cuanto a:

- Pruebas no destructivas: la factibilidad de utilizar las pruebas de velocidad de pulso ultrasónico y resistividad eléctrica, para determinar el estado interno de las vigas en tres estados de afectación, y su posible uso factible *in situ*.
- Pruebas destructivas: la carga máxima real que soporta la madera en tres estados de afectación, sometida a flexión estática.
- Tratamientos: Cómo reacciona la madera antigua o patrimonial, ante los tratamientos de resina epóxica, carbonato de calcio, e impregnándola con sales CCA; para determinar qué tan viable es su aplicación y si alguno de ellos se puede llevar a cabo *in situ*.

2. ANTECEDENTES

En el rescate de edificaciones patrimoniales y sus materiales; es primordial, en medida de lo posible conservarlos como en sus inicios (INC, 2007). Siendo el enfoque central de esta investigación la viguería de madera de dichos inmuebles, por lo que se vuelve de vital importancia considerar las investigaciones e intervenciones realizadas dentro de estos aspectos.

Considerando que las principales investigaciones, en cuanto a tratamientos y pruebas en madera antigua, se realizan en Europa; ya que los lineamientos en cuanto a intervenciones e investigaciones son muy amplios, por lo cual existen diferencias notorias con las investigaciones en nuestro país.

Es así como no se puede comparar avances en cuanto a la evaluación de tratamientos, con otros que no sean nacionales; sin embargo podemos basarnos en algunas investigaciones que pueden servir en cuanto al análisis; además de que en cuanto a pruebas no destructivas, los

procedimientos son muy similares, ya que se aplican en laboratorio, como lo muestran en sus investigaciones Hermoso *et. al.* (2007), Basterra *et. al.* (2009) y Sotomayor (2014), con la única diferencia de que Hermoso y Bateria lo aplican también en campo.

Una de las investigaciones que es parte importante para la conservación de las edificaciones patrimonio que contienen vigas de madera, es determinar las propiedades físicas y mecánicas de estas, como resistencia de la madera estructural *in situ* y su capacidad como lo investigaron Arriaga *et. al.* (2003) y Herrero (2003), entre otros. Coincidiendo en varias de las investigaciones, que parte fundamental para determinar los deterioros de una pieza de madera es la densidad de esta, sin embargo *in situ* es muy complejo determinarla.

Por lo que la investigación de Bobadilla *et. al.* (2007) es importante, ya que se dieron a la tarea de proponer la estimación de la densidad de la madera aserrada de

conífera mediante técnicas no destructivas de arranque de tornillos y penetrómetro, para de esta manera obtener el dato *in situ* sin necesidad de dañar la pieza (Maldonado, *et. al.*, 2007).

Sin embargo, para poder evaluar los tratamientos y realizar las pruebas, debemos contemplar las

investigaciones nacionales; por lo que se pueden mencionar investigaciones, técnicas e intervenciones relacionadas al patrimonio enfocadas a restauración, conservación y preservación de los bienes de madera, realizadas por Cruz de León (2006); y pruebas no destructivas en madera antigua por Sotomayor (2014).

3. JUSTIFICACIÓN

En México, actualmente las investigaciones enfocadas en madera antigua son muy aisladas, ya que es un tema de poco interés por la poca participación que se tiene en él; sin embargo, se encuentra presente la importancia de los inmuebles patrimoniales que la contienen, y de los cuales ésta es un punto clave. Es por eso que, al momento de analizarla es importante cuestionarse la practicidad, veracidad y productividad de las pruebas y métodos con los que se ha analizado.

Sin embargo, las pruebas y tratamientos, se realizan en investigaciones enfocadas a madera relativamente nueva y sana; dejando de lado que para poder intervenir o evaluar a la madera en patrimonio o antigua, se debe trabajar para dichas pruebas y tratamientos, sobre un material similar y que cumpla con las características reales de este. Además de determinar el uso adecuado de determinados tratamientos y materiales, diferenciando entre las aplicaciones a muebles e inmuebles.

Considerando además, que las investigaciones en las cuales si se trabaja sobre madera antigua, son en su mayoría de laboratorio; por lo cual, se dificulta su uso *in situ*, volviéndose de cierta manera inaccesible para los encargados de intervenir estos bienes en el patrimonio; lo cual recae en la obsolescencia de dichos tratamientos y pruebas, o en su caso la preferencia de tratamientos y pruebas inadecuados pero de fácil acceso y aplicación.

Se hace necesario el análisis de diversos aspectos en cuanto a pruebas y tratamientos, buscando la factibilidad de estos, en cuanto a desempeño, costos, tiempo y productividad; para de esta manera concientizar a los involucrados en las intervenciones de madera antigua, sobre las implicaciones que esto puede traer consigo; ya que es fundamental estudiar lo que se va a intervenir y valorar si con ello se da solución a los problemas (Buitrago, G, González, O, 1995); mostrando que tan viable es aplicar estos métodos y tratamientos *in situ*.

4. OBJETIVO GENERAL

Determinar si es viable el uso *in situ*, de diferentes tratamientos para restauración, así como las pruebas destructivas y no destructivas, en viguería de madera antigua; observando los resultados generales obtenidos.

4.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar a nivel de género, las maderas que se emplearon en la viguería de la que se obtuvieron las probetas para el análisis.
- Determinar la carga máxima de 2 vigas de madera antigua sometidas a flexión estática.
- Determinar la carga máxima de probetas testigos.
- Determinar el nivel de daño al tratar probetas con sales CCA en autoclave.
- Determinar la viabilidad del tratamiento para restauración de bienes muebles, para la consolidación de vigas de madera antigua, mediante la prueba de flexión estática.
- Determinar la viabilidad de utilizar tratamientos con resinas epóxicas, para consolidación de vigas de madera patrimonio, mediante la prueba de flexión estática.
- Determinar si con las pruebas de velocidad de pulso ultrasónico y resistividad eléctrica se puede determinar el estado físico interno de vigas de madera antigua.
- Determinar la resistencia de la unión a 45 grados en vigas de madera antigua, con pijas y clavos en diferentes posiciones; sometidas a flexión estática.

5. HIPÓTESIS

La evaluación de tratamientos para la consolidación, pruebas destructivas y pruebas no destructivas de madera antigua, determina la viabilidad de su uso *in situ*; además de promover la evaluación y uso de nuevas técnicas, tratamientos y materiales en el reforzamiento y rescate de la viguería de madera; mejorando la conservación, consolidación (propiedades físicas, estéticas y mecánicas), restauración, e interpretación de esta.

6. ENFOQUE METODOLÓGICO

A continuación se presenta el esquema (Figura 63) de cómo se realizó la investigación, y las pruebas a las que fueron sometidas las muestras. Para lo cual se utilizaron: 30 muestras testigos de madera antigua, 30 muestras testigos de madera sana, 30 muestras para impregnarlas con CCA de madera antigua, 30 muestras para aplicar tratamiento de restauración de madera antigua, 30 muestras para aplicar tratamiento con resina epóxica de madera antigua y 60 muestras para realizar las uniones de madera sana.

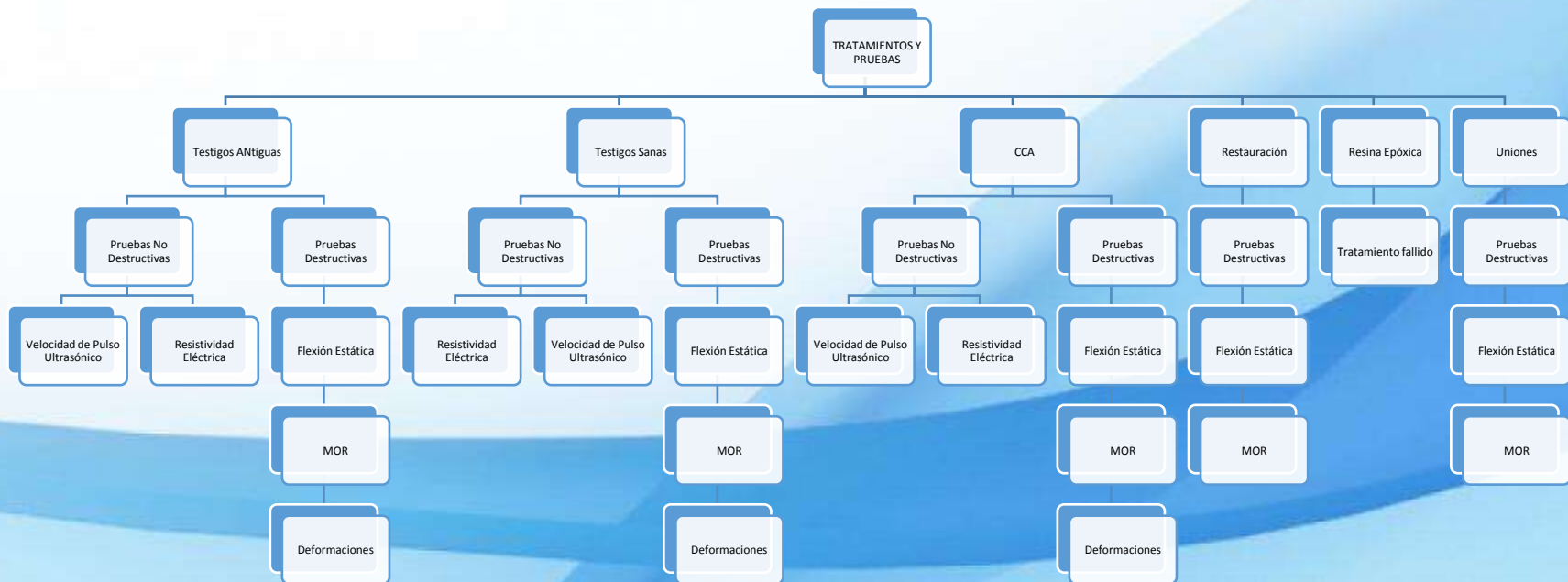


Figura 63. Metodología Capítulo II.

❖ Probetas²

- El material para realizar la experimentación consistió en 200 probetas de madera en diferente estado de degradación en dimensiones de 2" x 2" x 30" (Figura 64) y con un contenido de humedad promedio de 11 %, extraídas de 6 de las 7 vigas de madera patrimonio de 11.50 cm x 19.00 cm x 229.50 cm donadas por el Dr. José Cruz de León y cuatro vigas de madera considerada sana para testigos de comparación.

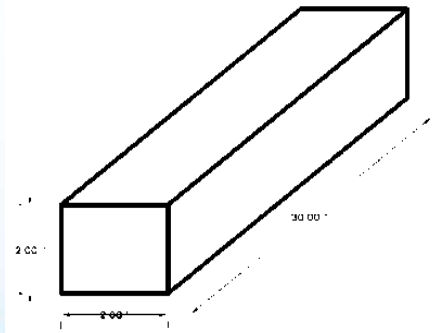


Figura 64. Dimensiones de probetas

² Las probetas y las características de éstas se elaboraron bajo la Norma Chilena NCh 987-Of86, Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de flexión estática.

- De las partes sobrantes de las vigas patrimonio con corte transversal, se labraron rodajas y probetas de 2cm x 2cm x 6 cm para la identificación del material de trabajo.
- Para la identificación se utilizan láminas extraídas con el microtomo, sin embargo como los cortes pequeños mostraron imágenes claras de los canales resiníferos, se decidió utilizar astillas (Figura 65).



Figura 65. Astillas para identificación

Cuadro 5. Número de Probetas por tratamiento

Tratamientos	Número de probetas
Viga patrimonio	2
Testigos	30
Buen estado	30
Alto vacío con sales CCA	30
Uniones	60
Tratamiento Carbonato de Calcio	30
Tratamiento resinas	30
Rodajas	6
Identificación 2 cm x 2 cm x 6 cm	6

- Las probetas se dividieron de manera visual en tres categorías, de la siguiente manera:

El estado físico de cada viga se determinó mediante el siguiente criterio empírico:

- **Buen estado.-** Cuando el estado de afectación en la viga es casi nulo o no es significativo para crear algún daño en ella; considerándose una afectación de máximo 30 % del total de la viga, en puntos considerados no críticos (Figura 66).



Figura 66. Probeta buen estado

- **Regular estado.-** Cuando el estado de afectación en la viga comienza a ser considerable y los daños presentes pueden volverse críticos con el paso del tiempo; representando el 50 % del total de la viga

en puntos considerados no críticos. Los daños que pueden presentarse son: rajaduras, pandeo, torceduras, afectación por insectos en estado medio o inicios de humedad (Figura 67).



Figura 67. Probeta regular estado

- **Mal estado.-** Cuando el estado de afectación en la viga es considerable y los daños son críticos representando un peligro para la seguridad de los usuarios y de la estructura del edificio; representando del 50 % al 100 % del total de la viga o de 30 % o más porcentaje de daños en puntos críticos. Los daños que pueden presentarse son: rajaduras paralelas a la viga o cubriendo la mayor parte de la sección en su ancho, alto o puntos

críticos, nudos en puntos críticos, afectación por insectos en estado crítico, humedad, hongos, pudrición y ruptura de alguna parte de esta (Figura 68).



Figura 68. Probeta mal estado

Los estados de afectación por insectos se determinaron empíricamente de la siguiente manera:

- **Afectación por insectos en estado mínimo:** Cuando las perforaciones por insectos son de máximo 3 mm de diámetro, y la cantidad de estas no sobrepasan el 30 % del total de la viga (Figura 69) o no afectan en puntos considerados críticos (Figura 72).



Figura 69. Estado mínimo de afectación

- **Afectación por insectos en estado medio:** Cuando las perforaciones por insectos son de máximo 5mm de diámetro, la cantidad de estas comienza a ser considerable, y los daños presentes pueden volverse críticos con el paso del tiempo; representando el 50 % del total de la viga (Figura 70), comenzando a cubrir en puntos considerados críticos (Figura 72).



Figura 70. Estado medio de afectación

- **Afectación por insectos en estado crítico:** Cuando las perforaciones por insectos son de 3 mm o más de diámetro y la cantidad de estas representa un peligro para la viga, representando del 50 % al 100 % del total de la viga o de 30 % (Figura 71) o más porcentaje de daños en puntos críticos (Figura 72).



Figura 71. Estado crítico de afectación



Figura 72. Puntos críticos de la probeta

- Posteriormente dichas probetas se repartieron en igual cantidad para poder realizar diferentes procesos, excepto las probetas resultantes de las vigas en buen estado compradas en maderería.
- Después de agrupar las probetas se pusieron a secar al aire libre en tongas hasta alcanzar el 10 % de humedad en promedio. Así como también se pesaron y tomaron dimensiones.
- ❖ Identificación:
 - Se colocaron las 4 probetas de 2 cm x 2 cm x 6 cm, en un frasco con glicerina y alcohol durante 72 horas.
 - Después se ablandaron mediante cocción, para obtener muestras que en este caso son astillas.
 - Se colocaron las muestras en un frasco con 50% de alcohol y 50% de agua.
 - Se tiñeron de verde yodo y se dejaron reposar una hora.
 - Se volvieron a colocar en un frasco con 70% de alcohol y 30% de agua durante otra hora, y después en otro con 80% de alcohol y 20% de agua durante otra hora; para después colocarlo con alcohol absoluto y terminar con xilol.
 - Después se colocaron en un portaobjetos y se les colocó resina para pegar los cortes.
 - Se observaron y fotografiaron en el microscopio Primo Star Zeiss y lupa estereoscópica marca LEICA GZ6.

PRUEBAS DESTRUCTIVAS³ Y NO DESTRUCTIVAS

❖ Viga patrimonio:

- Se midió, pesó, fotografió, se tomó % de humedad, se tomaron fotografías térmicas y detectaron ataques, de la viga completa.
- Se realizaron pruebas no destructivas:
 - Velocidad de pulso ultrasónico: se colocó la viga de manera horizontal y con peso se tomaron 6 mediciones, dos en cada extremo y dos al centro en ambas caras. El equipo utilizado en dicha prueba es de marca UPV Controls, modelo E48.
 - Resistividad eléctrica: se colocó la viga de manera horizontal y con peso se tomaron 6 mediciones, dos en cada extremo y dos al centro en ambas caras. El equipo utilizado en

dicha prueba es de marca NEL, James Instrument (Neville, 1999).

- La viga completa se sometió a flexión estática, con dos apoyos y carga puntual, con ayuda de un perfil I, en la máquina universal de pruebas Forney con capacidad de 150 toneladas, en el Laboratorio de Materiales “Ing. Luis Silva Ruelas” de FIC-UMSNH.
 - Se cuantificaron las deformaciones con micrómetro a cada 1 mm, 0.5 mm y 0.25 mm.

❖ Probetas Testigos:

- Se midieron, pesaron, fotografiaron, se tomó el porcentaje de humedad y detectaron ataques, de las 30 probetas testigo.
- Se saturaron las probetas durante poco más de 48 horas, hasta que alcancen peso constante.

³ Las pruebas destructivas se realizaron bajo la Norma Chilena NCh 987-Of86, Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de flexión estática.

- Una vez constante el peso, se volvieron a pesar, fotografiar y medir.
- Se realizaron pruebas no destructivas:
 - Velocidad de pulso: se colocó la probeta de manera horizontal y con peso se tomaron 6 mediciones por probeta, dos en cada extremo y dos al centro en ambas caras. El equipo utilizado en dicha prueba es de marca UPV Controls.
 - Resistividad: se colocó la probeta de manera horizontal y con peso se tomaron 6 mediciones por probeta, dos en cada extremo y dos al centro en ambas caras. El equipo utilizado en dicha prueba es de marca NEL.
- Las probetas se colocaron nuevamente en tongas (caballete) para su secado al aire libre hasta alcanzar el 11 % de humedad en promedio.
- Una vez secas las 30 probetas testigos, se sometieron a flexión estática, con dos apoyos y carga puntual, en la maquina universal Forney, en el Laboratorio de Materiales “Ing. Luis Silva Ruelas” de FIC-UMSNH.
- Se cuantificaron las deformaciones con micrómetro a cada 1 mm, 0.5 mm y 0.25 mm.
- Se analizaron las fisuras de cada probeta, resultantes de la prueba de flexión estática.
- ❖ Probetas en Buen estado:
 - Se midieron, pesaron, fotografiaron y se tomó % de humedad actual, de 30 de las probetas de madera sana.
 - Se saturaron las probetas durante poco más de 48 horas, hasta que alcancen peso constante.
 - Una vez constante el peso, se volvieron a pesar, fotografiar y medir.
 - Se realizaron pruebas no destructivas:
 - Velocidad de pulso: se colocó la probeta de manera horizontal y con peso se tomaron 6 mediciones por probeta, dos en cada extremo y dos al centro en ambas caras.

- Resistividad: se colocó la probeta de manera horizontal y con peso se tomaron 6 mediciones por probeta, dos en cada extremo y dos al centro en ambas caras.
 - Las probetas se colocaron nuevamente en tongas (caballete) para su secado al aire libre hasta alcanzar el 11 % de humedad en promedio.
 - Una vez secas 30 de las probetas de madera sana, se sometieron a flexión estática, con dos apoyos y carga puntual.
 - Se cuantificaron las deformaciones con micrómetro a cada 1 mm, 0.5 mm y 0.25 mm.
 - Se analizaron las fisuras de cada probeta, resultantes de la prueba de flexión estática.
- ❖ Probetas a Alto vacío con sales CCA:
- Se midieron, pesaron, fotografiaron y se tomó % de humedad, de 30 probetas.
 - Se preservaron con sales CCA a alto vacío, en el Laboratorio de Conservación y Preservación de Madera y Medio Ambiente (LACOPREMMA), con presentación al 2%.
- Se dejó reposar el tratamiento durante una semana, para posteriormente saturar las probetas durante poco más de 48 horas, hasta que alcanzaron peso constante.
 - Una vez con peso constante, se volvieron a pesar, fotografiar y medir.
 - Se realizaron pruebas no destructivas:
 - Velocidad de pulso: se colocó la probeta de manera horizontal y con peso se tomaron 6 mediciones por probeta, dos en cada extremo y dos al centro en ambas caras.
 - Resistividad: se colocó la probeta de manera horizontal y con peso se tomaron 6 mediciones por probeta, dos en cada extremo y dos al centro en ambas caras.
 - Las probetas se colocaron nuevamente en tongas (caballete) para su secado al aire libre hasta alcanzar el 11 % de humedad en promedio.

- Una vez secas 30 de las probetas de madera sana, se sometieron a flexión estática, con dos apoyos y carga puntual.
- Se cuantificaron las deformaciones con micrómetro a cada 1 mm, 0.5 mm y 0.25 mm.
- Se analizaron las fisuras de cada probeta, resultantes de la prueba de flexión estática.
- ❖ Probetas con tratamiento de Carbonato de Calcio:
 - Se midieron, pesaron, fotografiaron y se tomó % de humedad, de 30 de las probetas.
 - Se saturaron las probetas durante poco más de 48 horas, hasta que alcancen peso constante.
 - Una vez constante el peso, se volvieron a pesar, fotografiar y medir.
 - Se realizaron pruebas no destructivas:
 - Velocidad de pulso: se colocó la probeta de manera horizontal y con peso se tomaron 6 mediciones por probeta, dos en cada extremo y dos al centro en ambas caras.
 - Resistividad: se colocó la probeta de manera horizontal y con peso se tomaron 6 mediciones por probeta, dos en cada extremo y dos al centro en ambas caras.
- Las probetas se colocaron nuevamente en tongas (caballete) para su secado al aire libre hasta alcanzar el 10 % de humedad en promedio.
- Se consolidaron con el tratamiento de carbonato de calcio de la siguiente manera:
 - Se reprodujo el tratamiento de carbonato de calcio, trementina, acetato de polivinilo y aserrín (pasa malla 40), en diferentes porcentajes, hasta conseguir una muestra trabajable y que pueda inyectarse con una jeringa de veterinario.
- Una vez trabajable la muestra, se inyecta en las perforaciones y ranuras de las probetas.
- Las probetas se colocaron nuevamente en tongas (caballete) para su secado al aire libre hasta alcanzar el 12 % de humedad en promedio.

- Una vez secas 30 de las probetas de madera sana, se sometieron a flexión estática, con dos apoyos y carga puntual.

❖ Probetas con tratamiento de resinas:

- Se midieron, pesaron, fotografiaron y se tomó % de humedad, de 20 de las probetas.
- Se reprodujeron diferentes tratamientos con resinas como: resina epóxica de uso automotriz, resina epóxica marca Berel y resina epóxica marca Comex.
- Se observó la trabajabilidad del material antes de seguir probando.

Uniones:

- 30 de las probetas de madera sana se cortaron al centro a 45 grados.
- Se unieron con pegamento Resistol amarillo 5000,
- Se perforaron y ajustaron con pijas y clavos de una pulgada y media (en proporción al tamaño real de la viga), de la siguiente manera:

- Un clavo abajo con corte vertical (A), un clavo arriba con corte vertical (B), dos clavos arriba con corte vertical (C), dos clavos abajo con corte vertical (D), un clavo de lado con corte horizontal (E), dos clavos a los costados con corte horizontal (F), una pija abajo con corte vertical (G), una pija arriba con corte vertical (H), dos pijas arriba con corte vertical (I), dos pijas abajo con corte vertical (J), una pija de lado con corte horizontal (K), dos pijas a los costados con corte horizontal (L), como se muestra en la figura 73.

Se sometieron a flexión estática, con dos apoyos y carga puntual, en la máquina universal Forney, en el Laboratorio de materiales Ing. Luis Silva Ruelas.

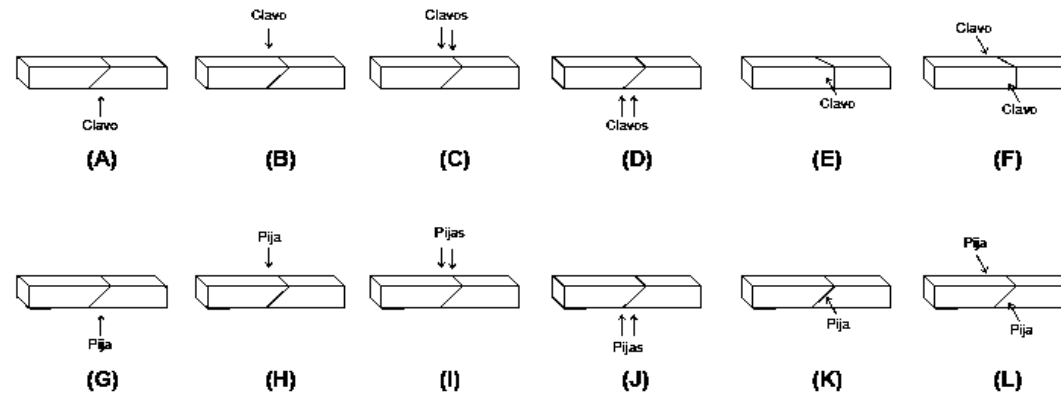


Figura 73. Uniones

- De los resultados de la prueba de flexión estática se observó cual unión es la que dio mejores resultados, para reproducir 30 probetas más.
- Estas últimas probetas, se sometieron a flexión estática, con dos apoyos y carga puntual, en la maquina universal Forney, en el Laboratorio de materiales Ing. Luis Silva Ruelas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos los datos fueron evaluados con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2004), mediante la prueba Tukey. Los valores obtenidos en las pruebas, como: densidad, velocidad de pulso ultrasónico y resistividad eléctrica; así como los de las pruebas destructivas, como; flexión estática, MOR y deformaciones; para determinar posibles diferencias entre los tres estados de afectación de las probetas (Mendenhall, *et. al.*, 2007).

7. RESULTADOS

Para la obtención de las muestras se seccionaron las vigas (Figuras 74, 75 y 76), obteniendo trozos de 30" de longitud y rodajas para la identificación (Figuras 77, 78 y 79).



Figura 74. Viga patrimonio



Figura 75. Vigas seccionadas



Figura 76. Corte de Vigas



Figura 77. Rodajas vigas 1 y 2



Figura 78. Rodajas vigas 3 y 4



Figura 79. Rodajas vigas 5 y 6



Figura 80. Probetas

Los resultados que arrojaron las muestras para la identificación, mostraron mediante fotos obtenidas en microscopio y lupa, que las vigas de las cuales fueron extraídas son de pino; ya que muestran claramente los canales resiníferos en las 6 muestras analizadas (Figuras 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, y 90); por lo cual para fines de la investigación no es necesario continuar buscando más datos que la identifiquen.

Viga 1. (Cortes transversales)



Figura 81. Canales resiníferos (Lupa E.)

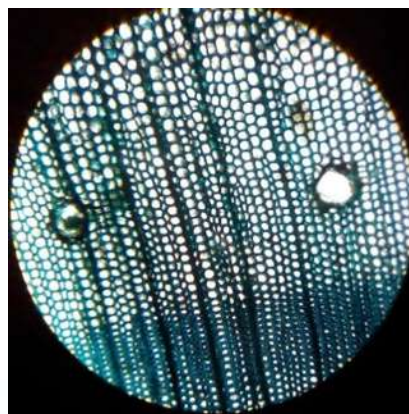


Figura 82. Canales resiníferos (10x)



Figura 83. Canales resiníferos (40x)

Viga 2. (Cortes transversales)



Figura 84. Canales resiníferos (Lupa E.)

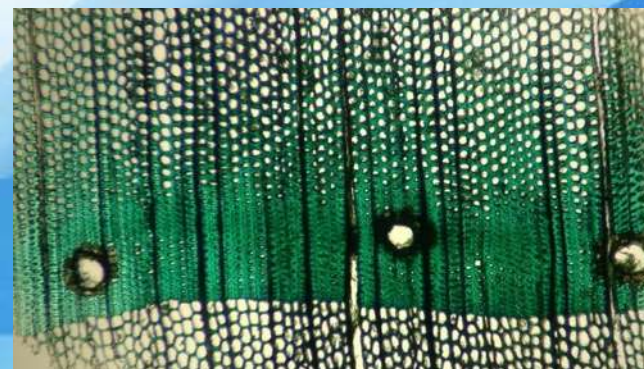


Figura 85. Canales resiníferos (4x)

Viga 3. (Cortes transversales)



Figura 86. Canales resiníferos (Lupa E.)

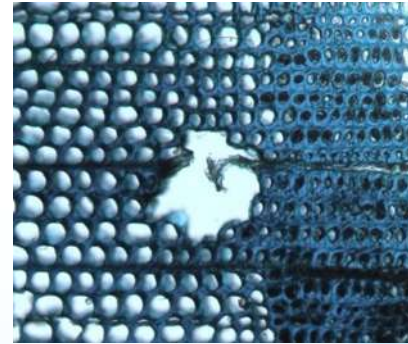


Figura 87. Canales resiníferos (40x)

Viga 4. (Cortes transversales)



Figura 88. Canales resiníferos (Lupa E.)



Figura 89. Canales resiníferos (4x)

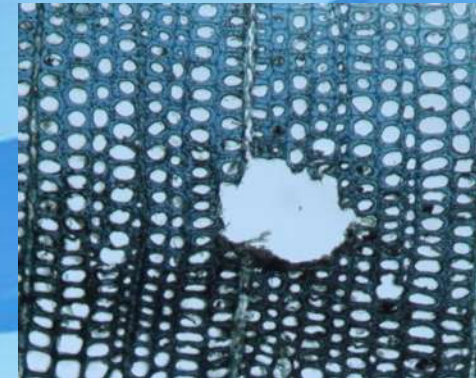


Figura 90. Canales resiníferos (40x)

PRUEBAS DESTRUCTIVAS Y NO DESTRUCTIVAS

❖ Viga patrimonio:

Las vigas antiguas sometidas a flexión estática en su tamaño real, arrojaron como resultado que aunque hayan sido retiradas por considerarse en mal estado, aún tienen la suficiente resistencia ya que sus daños son externos y no internos; sin embargo por la carga que resistieron podemos darnos cuenta que son vigas fatigadas.

❖ Probetas impregnadas a Alto vacío con sales CCA:

- Se observó cuánta masa perdieron las probetas, en sus tres estados de afectación, al ser impregnadas con sales CCA a presión y vacío (Figura 91); las cuales resultaron ser las de mal estado las más afectadas.



Figura 91. Impregnación de muestras con sales CCA con autoclave.

- ❖ Probetas con tratamiento de Carbonato de Calcio: Se reprodujo el tratamiento con carbonato de calcio, trementina, acetato de polivinilo y aserrín (Figura 92), observando la trabajabilidad del material antes de seguir probando, y como los resultados no fueron satisfactorios ya no se siguió con la investigación.



Figura 92. Tratamiento de carbonato de calcio

- ❖ Probetas con tratamiento de resinas: Se reprodujeron diferentes tratamientos con resinas como: resina epóxica de uso automotriz, resina epóxica marca Berel y resina epóxica marca Comex (Figura 93). Se observó la trabajabilidad del material antes de seguir probando, y como los resultados no fueron satisfactorios ya no se siguió con la investigación.



Figura 93. Tratamiento con resina epóxica

- ❖ Pruebas de laboratorio: los resultados de las pruebas de laboratorio se resumen en el Cuadro 6, mostrando desde densidad, pruebas destructivas y no destructivas, y el tipo de falla que presentaron; representadas en las figuras 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103 y 104.

Cuadro 6. Resultados pruebas de laboratorio

	PROBETAS	TESTIGO	CCA	SANAS	CARBONATO DE CALCIO	UNIONES
Densidad (Kg/m³)	Malas	0.035	0.029	-	0.031	0.058
	Regulares	0.039	0.045	-	0.038	-
	Buenas	0.045	0.049	0.049	0.044	-
	PROMEDIO	0.040	0.041	0.049	0.038	0.058
Carga máxima (Kgf) Promedio	Malas	408.20	170.50	-	301.20	293.50
	Regulares	420.70	316.50	-	458.20	-
	Buenas	417.50	446.20	692.23	649.90	-
	PROMEDIO	415.47	311.07	692.23	469.77	293.50
MOR Promedio	Malas	326.94	136.56	-	241.24	264.54
	Regulares	336.95	253.50	-	366.99	-
	Buenas	334.39	357.38	554.44	520.53	-
	PROMEDIO	332.76	249.15	554.44	376.25	264.54
Deformación	Malas	4.12	1.58	-	-	-

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos
Y No Destructivos. Caso De Estudio: "El Conservatorio De Las Rosas", Morelia, Michoacán.

(mm)	Regulares	4.22	1.08	-	-	-
	Buenas	4.29	4.28	6.33	-	-
	PROMEDIO	4.21	2.31	6.33	-	-
Resistividad (Ohms)	Malas	95.77	73.11	-	-	-
	Regulares	42.25	70.20	-	-	-
	Buenas	53.93	74.80	123.36	-	-
	PROMEDIO	63.98	72.70	123.36	-	-
Velocidad de Pulso Ultrasónico (m/s)	Malas	1092.60	960.70	-	-	-
	Regulares	1126.70	1141.50	-	-	-
	Buenas	982.40	1115.60	1364.43	-	-
	PROMEDIO	1067.23	1072.60	1364.43	-	-
Tipo de falla PROMEDIO	Malas					
	Regulares	C	B	D	A	-
	Buenas					

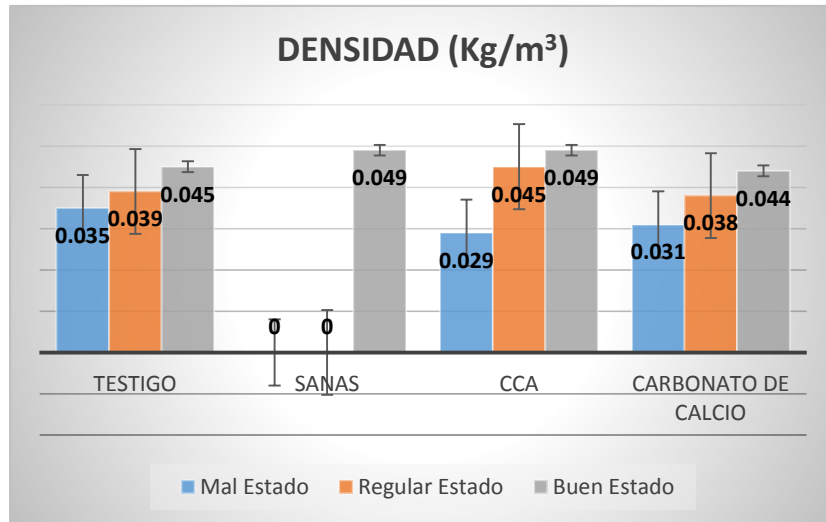


Figura 94. Densidad

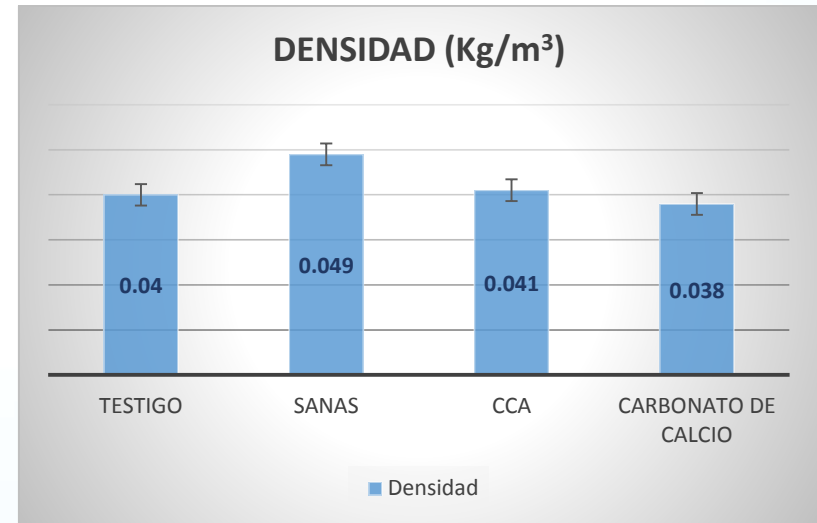


Figura 95. Promedio Densidad

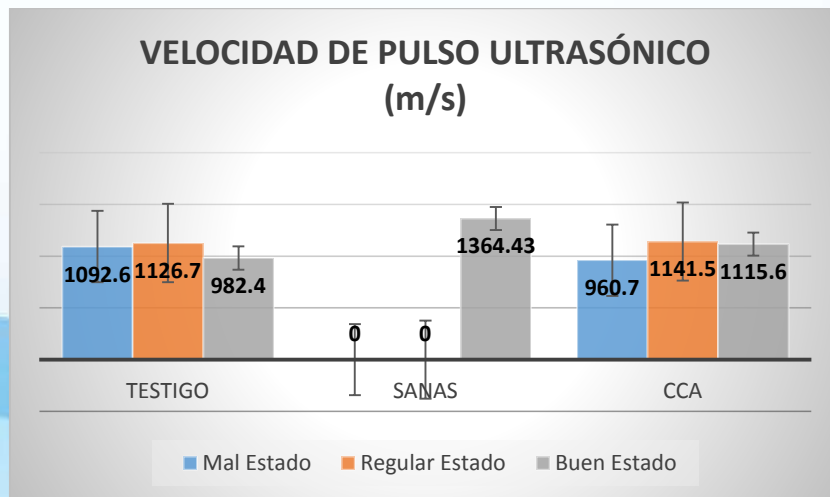


Figura 96. Velocidad de pulso ultrasónico

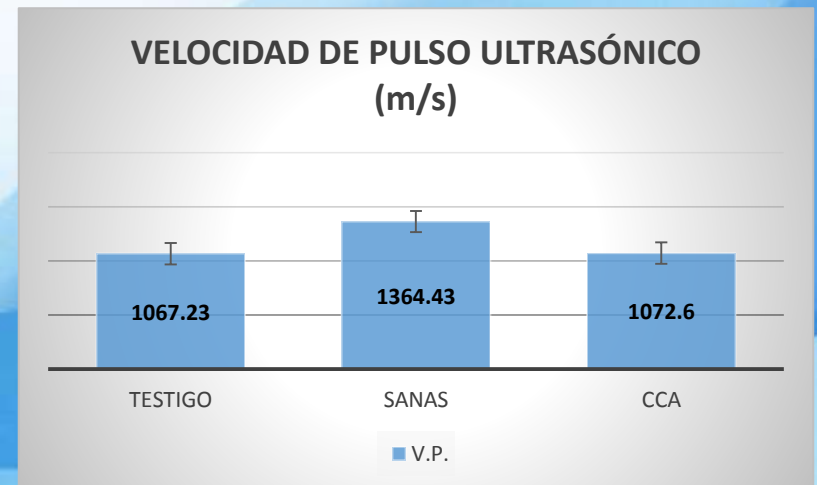


Figura 97. Promedio Velocidad de pulso ultrasónico

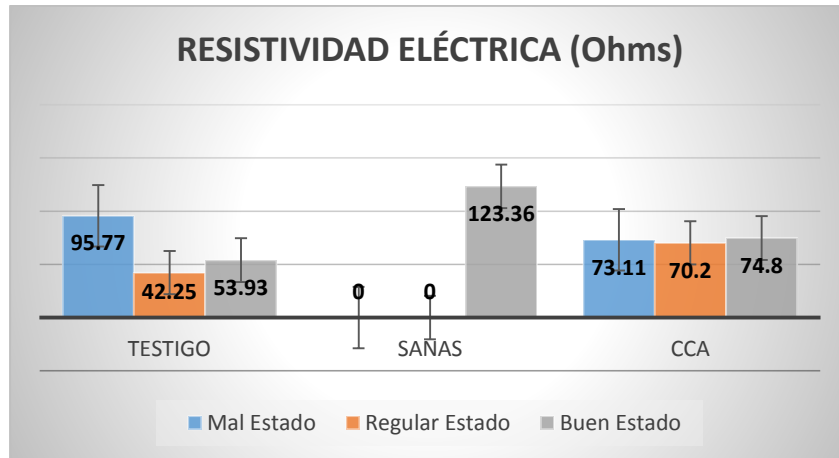


Figura 98. Resistividad eléctrica

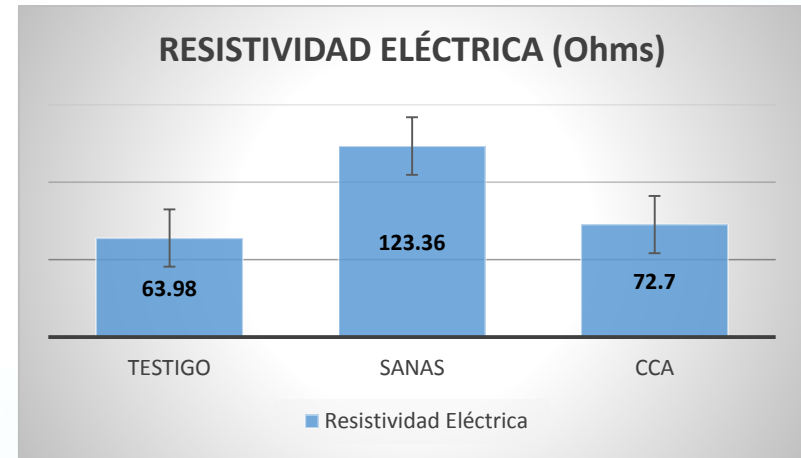


Figura 99. Promedio Resistividad eléctrica

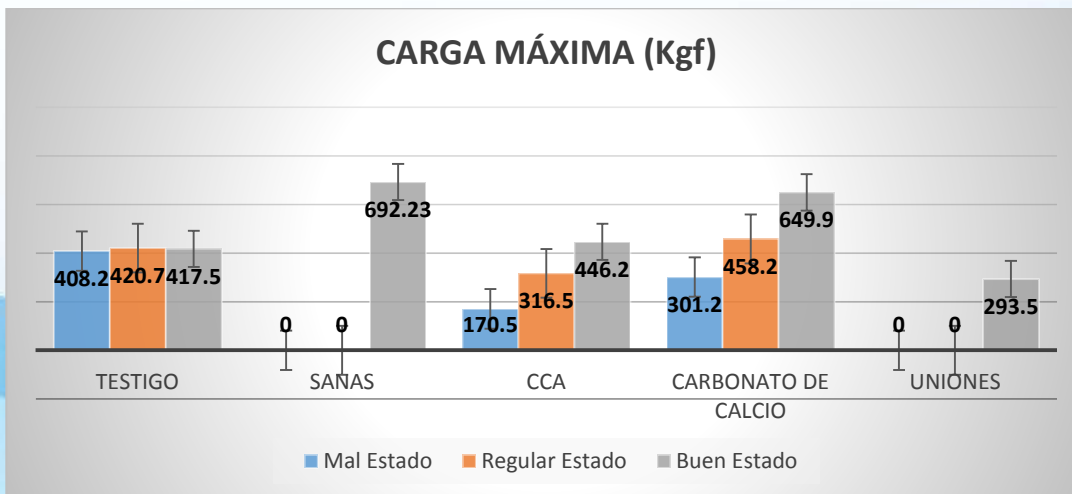


Figura 100. Carga máxima

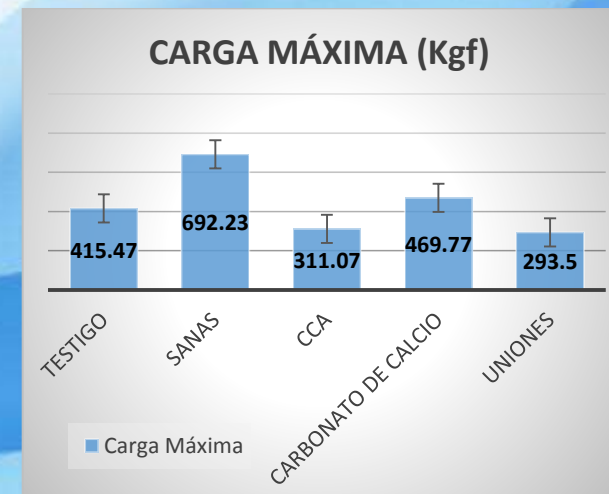


Figura 101. Promedio Carga máxima

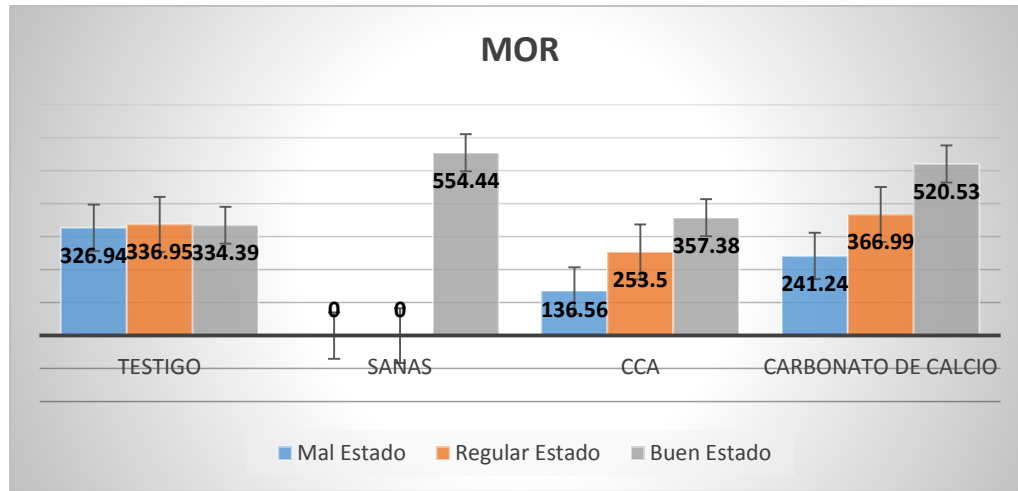


Figura 102. MOR

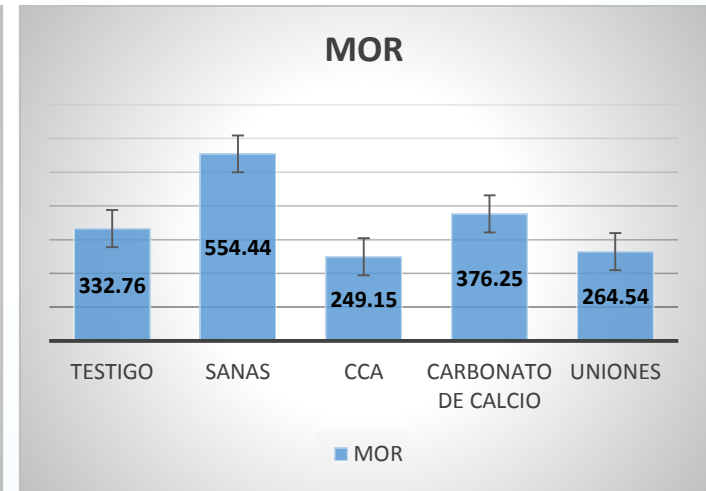


Figura 103. Promedio MOR

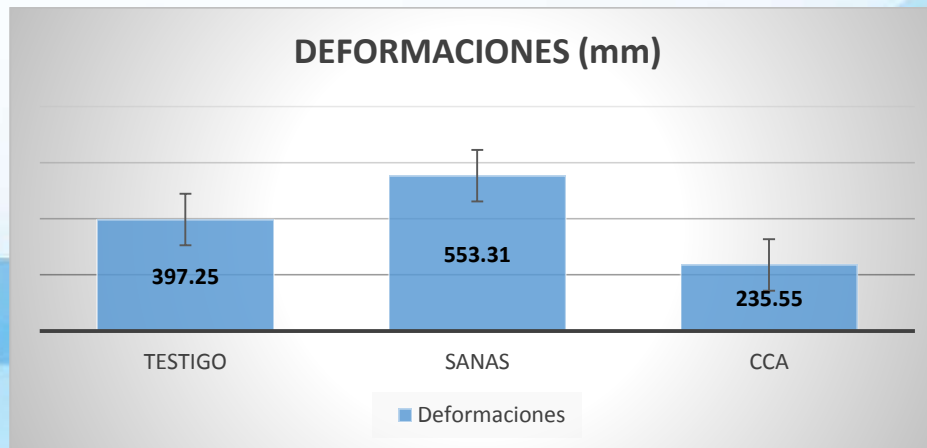


Figura 104. Deformaciones

Cuadro 7. Tipos de fallas por estado de afectación

Probetas	Tipo de falla promedio	Buen Estado	Regular Estado	Mal Estado
Testigos	C	A	C	C
CCA	B	B	B	A
Sanas	D	D		
Carbonato de Calcio	A	B	A	A
Uniones	-	Deslice de unión		

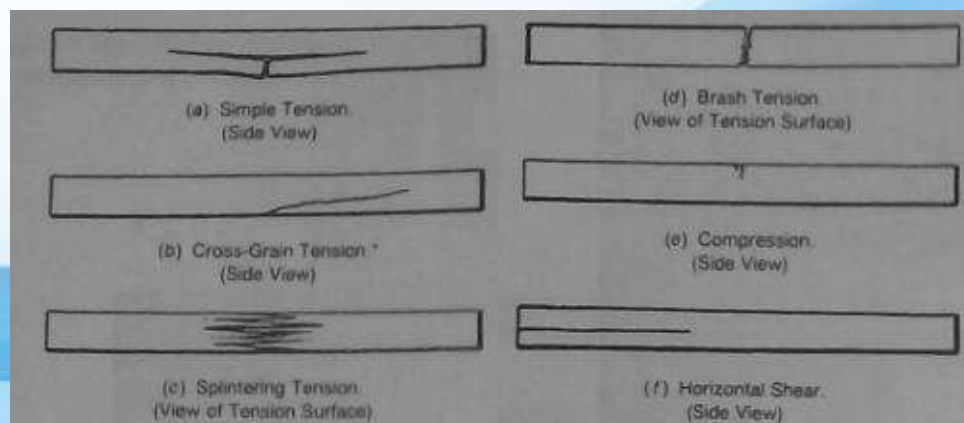


Imagen 105. Tipos de fallas (Norma ASTM 2000)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico muestra mediante el ANOVA⁴ que: en densidad existen diferencias significativas entre las muestras en buen estado en comparación con las muestras en regular y mal estado; en cuanto a carga máxima, MOR y deformaciones no existen diferencias significativas; sin embargo en las pruebas no destructivas como resistividad eléctrica si existen diferencias significativas entre las muestras en mal estado en comparación con las regulares y buen estado, así como en velocidad de pulso ultrasónico las únicas diferencias significadas se presentan entre las muestras de buen y regular estado.

Cuadro 8. Análisis Estadístico, prueba Tukey

Tukey agrupamiento	Media	N	Tratamiento
Densidad			
A	0.045750	30	3 (Buen Estado)
B	0.040427	60	1 (Mal Estado)
B	0.038427	30	2 (Regular Estado)

⁴ ANOVA: Análisis que evalúa la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores.

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: "El Conservatorio De Las Rosas", Morelia, Michoacán.

Carga Máxima			
A	504.53	30	3
A	492.77	60	1
A	398.47	30	2
MOR			
A	404.10	30	3
A	394.67	60	1
A	319.15	30	2
Deformaciones			
A	4.97	27	1
A	4.16	13	3
A	3.60	12	2
Resistividad Eléctrica			
A	107.79	50	1

Análisis, Evaluación Y Diagnóstico De Viguería De Madera Antigua Por Métodos Destructivos Y No Destructivos. Caso De Estudio: “El Conservatorio De Las Rosas”, Morelia, Michoacán.

B	64.36	20	3
B	56.22	20	2
Velocidad de Pulso Ultrasónico			
A	1229.32	50	1
B A	1134.10	20	2
B	1049.00	20	3

8. DISCUSIÓN

Identificar la madera con que se realizan las pruebas y tratamientos es de suma importancia a la hora de realizar pruebas de laboratorio, ya que al saber con que se trabaja podemos determinar ciertas características, reacciones y cambios que presente el material.

Las muestras obtenidas para las pruebas, cuyas medidas son de 2” x 2” x 30”; resultaron eficientes, ya que su dimensión es proporcional a la de una viga de tamaño real, por lo que se tiene mayor control del proceso al ser más visibles las reacciones. Mientras que el clasificar las muestras por grado de degradación, ayuda a conocer de manera aislada las diferentes reacciones que se presentan, permitiendo evaluarlas de manera directa.

Sin embargo, es obvio que no siempre la clasificación visual o superficial será la correcta, ya que el estado interno de las muestras puede ser totalmente diferente, como resultó al momento de tomar la densidad, peso, y realizar las pruebas de flexión estática; con lo cual se hizo

obvio el verdadero estado de las muestras, las cuales en algunos casos resultaron tener mejor estado físico que el que se les asignó a la hora de clasificarlas.

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

Para determinar si con las pruebas de velocidad de pulso ultrasónico y resistividad eléctrica se puede determinar el estado físico interno de vigas de madera antigua, se utilizaron probetas saturadas, por lo que se observó: respecto a la prueba de velocidad de pulso ultrasónico, el equipo requiere capacitación para su uso, además de ser un equipo que requiere estar calibrado adecuadamente; mientras que en la prueba de Resistividad Eléctrica, el equipo es de uso rudo; por lo cual para la finalidad del trabajo que es que sea factible para uso *in situ*, la prueba de resistividad eléctrica es más apropiada. Lo anterior, sin basarnos en las pruebas de ultrasonido realizadas a

madera antigua (Sotomayor, 2014), ya que estas utilizan probetas con cortes específicos y aplicado únicamente en condiciones de laboratorio.

Mientras que los resultados arrojaron que las muestras en mal estado presentan una lectura mayor que las consideradas en buen estado, esto mediante la prueba de resistividad eléctrica y velocidad de pulso ultrasónico. Sin embargo, no deberían ambas pruebas arrojar los mismos resultados, ya que la intención es que arrojen resultados sobre los vacíos internos del material, mostrando la resistencia que opone el material y la velocidad con que viaja la onda, por lo cual los resultados deberían ser contrarios.

Sin embargo, hay varios factores que pueden ser los responsables de dichos resultados, siendo el principal de ellos la clasificación errónea de algunas muestras.

PRUEBAS DESTRUCTIVAS⁵

El someter las muestras a flexión estática, se realizó con la intención de conocer la resistencia de estas, para de esta manera poder realizar una comparación entre estados de degradación, y efectividad de algunos tratamientos y uniones.

Al igual que las muestras, se sometieron a flexión estática dos vigas de madera antigua, las cuales arrojaron:

- La primera de tamaño real (11.50 cm x 19.00 cm x 229.5 cm), con una distancia entre apoyos de 185.5 cm, la cual fue retirada por considerarse en mal estado; con lo cual se pudo corroborar que los daños superficiales, no son totalmente coincidentes, ya que dicha viga soportó 3,395.00 kgf, además de contener un centro en buen estado. Considerando también que al concluir la prueba, la viga ya fallada fue dividida en dos partes;

⁵ Las pruebas destructivas se realizaron bajo la Norma Chilena NCh 987-Of86, Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de flexión estática.

sometiendo la parte en mejor estado de 11.50 cm x 19.00 cm x 130.00 cm, nuevamente a flexión estática, obteniendo 7,588.00 kg/f.

- La segunda viga de tamaño real (11.00 cm x 16.00 cm x 254.5 cm), la cual fue retirada por considerarse en mal estado; con lo cual se pudo corroborar que los daños superficiales no son los únicos que afectan a la función de la viga, la cual soportó 2,570.00 kgf; aún considerando que su centro estaba en buen estado, por lo que la afectación de ésta es por sus dimensiones (Capuz, 2005) aunado a los daños.

En cuanto a las probetas que se impregnaron con Arsenato Cromado de Cobre (Sales CCA) con autoclave; fué notoria la reacción de los tres grados ante la impregnación, ya que las probetas grado A y B no sufrieron daños aparentes; mientras las probetas grado C, sufrieron pérdida de masa superficial; sin embargo esto dependió de la posición en que fueron colocadas, mostrando menos pérdida de masa las que fueron

colocadas con las caras más dañadas hacia adentro de los bloques.

Sin embargo, al momento de someterlas a la prueba de flexión estática; se observó una disminución en la carga máxima en comparación con las probetas testigo, por lo cual es evidente la pérdida de masa al momento de la preservación.

En cuanto al tratamiento para restauración de bienes muebles, aplicado para la consolidación de vigas de madera antigua (Prado, 2010), al momento de recrear la mezcla con las proporciones: 60% carbonato de calcio con aserrín, 20% acetato de polivinilo y 10% trementina (Godeke, 2006); la mezcla no fue trabajable, por lo cual se requirió utilizar otras proporciones; que al momento de someter a flexión estática arrojaron resultados menores en comparación a las muestras testigo.

Es así como la evaluación del método quedó de lado por no ser: elástico, penetrante, resistente, trabajable, fácil de teñir, adhesivo, consistente y reversible, como lo menciona Ordoñez, *et. al.*, (1997).

Para el tratamiento con resina epóxica (Alvarado, 2005), las muestras impregnadas resultaron ser menos trabajables que el tratamiento anterior, además de tener un costo elevado y un tiempo de secado de entre 3 y 5 minutos; por lo cual, la evaluación del método no se acepta como propuesta de restauración.

En cuanto a las uniones, al someter la unión más común en los edificios históricos en el centro de Morelia (clavo debajo con corte a 45 grados) a flexión estática, se demostró que dichas uniones no son funcionales, ya que su resistencia es mínima y al momento de someterlas a flexión estática, estas no reaccionan como un solo elemento, si no que fallan por no tener una buena adherencia.

Por lo cual se crearon diferentes uniones para determinar cuál funcionaba mejor; con lo cual se determinó sometiéndolas a flexión estática, que la mejor unión es la de dos pijas a los costados con corte horizontal, ya que los clavos y la posición vertical no permiten que se complete la adherencia de la unión por su posición; además de que

en las uniones, las deformaciones se vieron en el objeto de la unión, como fueron los clavos y pijas, y no en la pieza completa. Sin embargo, la evaluación de una unión es un trabajo que conlleva toda una investigación independiente, por lo cual no se continuó con la evaluación.

En general, al momento de realizar la prueba de flexión estática a las diferentes probetas, se calculó Modulo de Ruptura (MOR), y en algunos casos se tomaron deformaciones; sin embargo estas se dejaron de lado ya que al momento de tratar de graficarlas, no se encontró una diferencia notoria entre la zona plástica y la zona elástica.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con el análisis estadístico se corroboró, que existen diferencias significativas entre las densidades de las probetas en mal y regular estado en comparación con las de buen estado; mientras que en carga máxima, deformaciones y MOR, no existen diferencias significativas entre las probetas de buen, regular y mal estado.

En cuanto al análisis a la prueba de resistividad, los resultados arrojaron, que existe diferencia significativa entre las probetas en buen y regular estado, en comparación con las de mal estado. Así como en la prueba de resistividad cuyos resultados fueron iguales, con la única diferencia de que las probetas en regular estado no arrojan diferencias o no.

9. CONCLUSIONES

Al realizar el análisis visual de nuestro material de trabajo, que en este caso son vigas de madera antigua, se reconocen los daños por los cuales fue retirada de su inmueble de origen, como son: rajaduras, pandeo, insectos y en algunos casos hongos; por lo cual, es de gran ayuda determinar la resistencia de las vigas con más agentes de deterioro someténdola a flexión; con lo cual queda claro, que aunque la inspección visual arroje resultados negativos, la parte interna puede diferir de esto.

Por lo anterior se puede implementar el uso de algún otro método de inspección, como lo es, el método del punzón; que ayuda a determinar o confirmar el estado interno del material, en este caso de las vigas de madera; sin embargo, existen también algunas otras opciones menos invasivas, como lo son: las pruebas no destructivas, en este caso velocidad de pulso ultrasónico y resistividad eléctrica; las cuales funcionan de manera adecuada mientras el material se encuentra saturado, ya que en

estado seco, la única funcional es velocidad de pulso ultrasónico.

Una vez comenzado el análisis de las pruebas y tratamientos, debemos contemplar que toda investigación realizada en madera antigua, influye en sus características dependiendo de la especie que se trabaje; aunque no es obligatorio en la mayoría de los casos, es importante considerarlo si formará parte de la evaluación de algún método o resultado de algunas pruebas. Por lo que se debe identificar mínimo a nivel género, las maderas que se emplearon en la viguería de la que se obtuvieron las probetas para el análisis; facilitando la interpretación de los resultados.

Ya identificado el material, se debe elegir alguna norma que permita realizar la investigación de una manera más efectiva, ya que depende el enfoque de esta; por lo cual se observa que para vigas, la norma Alemana DIN (que normalmente es utilizada en investigaciones en el área de

física de la madera), no es viable; ya que debe aplicarse una norma cuyas dimensiones de los especímenes sean proporcionales en menor escala, con las de una viga de tamaño real; con lo cual la norma chilena es la más aproximada.

En cuanto al material para la investigación, debemos contemplar que como es madera antigua, es necesario clasificarla por sus características; por lo cual, es de gran ayuda clasificarlas dependiendo del grado de daños que presenten; con lo cual se obtuvieron grados: A (Buen estado), B (Regular estado) y C (Mal estado). De esta manera se tiene un mejor control del material, considerando aspectos diferentes para cada grupo; determinando de esta manera cómo reaccionan ante cada prueba y tratamiento.

Una vez clasificado el material de trabajo, se deben considerar primordialmente: peso, el cual es más certero si se toma con báscula en gramos; dimensiones, se deben realizar con vernier para mayor exactitud; humedad, la cual se vuelve innecesaria en horno si se tiene una

cantidad grande de probetas, por lo cual es mejor con xilohigrómetro; y para registro se deben identificar con algún código, además de tomar todos sus detalles, como; fisuras, pandeos, insectos, hongos, mancha, etc.; siendo mejor en registro fotográfico.

Cuando las probetas para la experimentación están listas, se puede comenzar con las pruebas y tratamientos; en este caso al tener que realizar pruebas destructivas y no destructivas, se debe comenzar con las no destructivas.

Si las muestras serán impregnadas con sales CCA a alto vacío, considerar la posición en la que se colocan en la autoclave para el tratamiento es prioridad, así como el acomodo en arpillas bien sujetas para poder impregnarlas, como por ejemplo: las probetas grado A Y B, no es necesaria alguna orientación; mientras que las probetas grado C, es necesario orientar el área con mayor afectación hacia adentro de las arpillas.

Mientras que en el tema de las uniones, es importante abordarlo de manera individual como caso de estudio central; ya que con los resultados obtenidos mediante la

prueba de flexión estática, es notorio que la resistencia de las uniones analizadas no es suficiente para garantizar que esta funcione como un elemento, ni que cumpla con las resistencias adecuadas para su uso.

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

Es importante considerar a la hora de realizar pruebas no destructivas, que saturar las muestras para realizar las pruebas de velocidad de pulso ultrasónico y resistividad eléctrica, funciona únicamente a nivel laboratorio, ya que en campo se presentan condiciones diferentes. Por lo que a nivel práctico, se deben considerar las condiciones del lugar para decidir que instrumento utilizar.

Considerando también que a nivel laboratorio: las probetas deben estar completamente saturadas al

momento de la pruebas; deben realizarse simulando el peso proporcional real del sitio; las pruebas se vuelven complicadas si se realizan individualmente, por lo cual es necesario que se realicen entre dos o más personas.

PRUEBAS DESTRUCTIVAS

Al momento de comenzar con las pruebas destructivas (Flexión estática), deben estar completamente secas las probetas; por lo que deben secarse de la manera correcta para evitar acumulación de humedad, manchas, pandeos y fisuras; volviéndose la manera más sencilla por sus dimensiones, el secado al aire bajo techo en arpillas.

10. RECOMENDACIONES

- Identificar el material con el que se trabaja para facilitar la investigación e determinar parámetros que podrían dar la pauta para resolver algunos cuestionamientos.
- Utilizar la Norma Chilena NCh 987-Of86 es más viable para realizar un análisis sobre viguería; ya que cumple con las dimensiones que permiten identificar fallas de una manera más clara.
- Clasificar la madera en tres grados: A (Buen estado), B (Regular estado) y C (Mal estado); para tener un mejor control del material, e identificar cómo reacciona cada grupo ante la prueba o tratamiento realizado.
- Identificar con algún código cada probeta, para facilitar la obtención de datos y control de estos
- Llevar un registro fotográfico por separado, que identifique las características y reacciones de cada probeta.
- Si son varias probetas es mejor tomar el porcentaje de humedad con xilohigrómetro; ya que se realiza en un

tiempo menor y provoca un daño mínimo, por ser una prueba pseudo-no destructiva.

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

- No utilizar la prueba de velocidad de pulso ultrasónico en campo; ya que aunque funciona en estado seco, el equipo no es funcional en condiciones de campo.
- En la prueba de velocidad de pulso ultrasónico, no considerar la dirección del corte; ya que para fines de determinar el estado interno de las muestras es suficiente y más fácil de trabajar.
- Utilizar la prueba de resistividad eléctrica en campo, únicamente cuando sean vigas de madera protegida por el patrimonio de manera individual; siempre consciente de que la prueba funciona únicamente en madera saturada, por lo cual los resultados serán enfocados a la humedad que pudiera tener la viga.

- En trabajo de laboratorio utilizar la prueba de resistividad eléctrica, ya que da una idea más integral del estado interno del material.
- Si se requiere realizar pruebas destructivas y no destructivas con un mismo material, comenzar por las no destructivas, aunque esto conlleve un secado posterior de las muestras.
- Antes de aplicar un tratamiento para consolidación de muebles (carbonato de calcio + aserrín + acetato de polivinilo + trementina), se debe evaluar si es funcional su uso, primero a nivel laboratorio con material de prueba y no en madera patrimonial.
- Para aplicar el tratamiento con algún tipo de resina epóxica, se debe evaluar si es funcional su uso, primero a nivel laboratorio.
- Para llevar a obra la unión a 45 grados, utilizada en la mayoría de los edificios del centro histórico de Morelia; se debe evaluar si es funcional su uso, primero a nivel laboratorio.
- No es recomendable tomar deformaciones de madera dañada, ni de piezas que contengan una unión; cuando el objetivo sea ver como se deforma la pieza completa.

PRUEBAS DESTRUCTIVAS

- Al momento de comenzar con las pruebas destructivas (Flexión estática), se deben secar las probetas hasta un 12 a 15% de humedad; ya que si no se alteran los resultados.
- Las pruebas de flexión estática, deben realizarse siempre colocando las caras más afectadas de la probeta hacia arriba; ya que esto influye directamente en la manera en que la máquina universal comienza a ejercer la carga sobre la muestra.

II. BIBLIOGRAFÍA

- I. Alvarado, F. J. J., 2005. *Comparación de algunas propiedades físico-mecánicas de probetas con resina epóxica y sin resina epóxica de vigas de pino y oyamel del centro histórico de Morelia, Michoacán*. Morelia, Michoacán: UMSNH.
- II. Arriaga, F., García, L., Gebremedhin, K. & Pedraza, F., 2003. *Evaluación de la capacidad portante de forjados antiguos con vigas de madera*. s.l.:s.n.
- III. Basterra, L.A.; Ramón-Cueto, G.; Barranco, I.; López, G.; 2004. *Evaluación preliminar de la estructura de madera de Quince (12+3) Monumentos declarados B.I.C. en Castilla-León*. s.l.:Congreso Ibérico, Guimares.
- IV. Basterra, L.A.; Ramón-Cueto, G.; Barranco, I.; López, G.; Acuña, L.; Casado, M., 2005. *Avance de propuesta metodológica para el diagnóstico y análisis de estructuras de madera históricas*. Actas del IVº Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Santiago Huerta (Ed.) Madrid. Pp. 121-131.
- V. Basterra, L. A. y colaboradores, 2009. *Diagnóstico y análisis de estructuras de madera mediante técnicas no destructivas: aplicación a la Plaza Mayor de Chinchón (Madrid)*. Informes de la Construcción, 61(516), pp. 21-36.
- VI. Bobadilla, M. I.; Esteban, H. M.; Íñiguez, G. G.; Arriaga, M. F.; Ballarín, M. D.; Palacios, M. J., 2007. *Estimación de la densidad de la madera aserrada de conífera mediante técnicas no destructivas de arranque de tornillos y penetrómetro y su aplicación en la estimación del módulo de elasticidad*. Informes de la Construcción. Madrid.
- VII. Buitrago, S. G.; González, C. O. L., 1995. *El conocimiento de la técnica de manufactura como base para comprender e intervenir un bien cultural*. Ciudad de México: INAH.
- VIII. Capitel, A. 1988. *Metamorfosis de monumentos y teorías de la restauración*. Madrid: Alianza Forma.
- IX. Capuz, L. R., 2005. *Materiales Orgánicos. Maderas*. Valencia: UPV.

- X. Cruz, d. L. J., 2006. *Manual para la Conservación y Preservación de Madera Estructural en Edificios Históricos*. Morelia: Ediciones Michoacanas.
- XI. Dávila, M. C. ,. A., 1998. *La Orden del Carmen Descalzo en Valladolid 1593-1681*. Morelia(Michoacán): UMSNH
- XII. Dávila, M. C. A., 2010. *Una Ciudad Conventual: Valladolid de Michoacán en el Siglo XVII*. Morelia: Morevallado Ediciones.
- XIII. Fonseca, R. C. d. C., 2002. *El Convento de Monjas Dominicanas de Santa Catalina de Siena de Valladolid-Morelia, Rol Social y Vida Cotidiana (1738-1887)*. Morelia(Michoacán): s.n.
- XIV. Garcés Fierros, C.F. 1990. *Consolidación de soportes de madera atacados por carcomas*. México(D.F.): Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete".
- XV. Godeke, S., 2006. *Alacena Ropero Policromado*. Informe de los Tratamientos de Conservación y Restauración. Guadalajara, Jalisco: ECRO.
- XVI. Gutiérrez, R. & Perea, S., 2003. *La Arqueología en la Restauración de la Iglesia de El Salvador en Escaño (Burgos)*. Dialnet - Arqueología de la Arquitectura, Issue 2, pp. 151-157.
- XVII. Hermoso, P. E.; Fernández, J. I.; Seco, G.; Díez, B. M. R.; Mier, P. R., 2007. *Aplicación de los ultrasonidos a la evaluación de las propiedades mecánicas de la madera en rollo de pequeño diámetro*. Informes de la Construcción, CIFOR-INIA.
- XVIII. Herrero, E. M., 2003. *Determinación de la capacidad resistente de la madera estructural de gran escuadría y su aplicación en estructuras existentes de maderas de conifera*. Madrid: s.n.
- XIX. INC, 2007. *Documentos fundamentales para el patrimonio cultural. Textos internacionales para su recuperación, repatriación, conservación, protección y difusión*. Lima, Perú.
- XX. Mendenhall, W.; Beaver, R. J.; Beaver, B. M., 2007. *Introducción a la probabilidad y estadística*. 12ª edición, México:THOMSON.

- XXI. Michoacán, 1993. *El Conservatorio de las Rosas*. Morelia(Michoacán): PROBURSA.
- XXII. Neville, A., 1999. *Tecnología del concreto, Michoacán*. 1^{ra} edición, IMCYC, ISBN 968-464-092-7, México.
- XXIII. Ordoñez, C.; Ordoñez, L.; Rotaecche, M.D.M., 1997. *El Mueble. Su Conservación y Restauración*. NEREA/NARDINI.
- XXIV. Prado, N. R., 2010. *Procedimientos de Restauración y Materiales. Protección y Conservación de Edificios Artísticos e Históricos*. Trillas.
- XXV. Ramírez, R. E., 1981. *Catálogo de Construcciones Artísticas, Civiles y Religiosas de Morelia*. s.l.:Grama Editora, S. A.
- XXVI. Ramírez, R. E., 1985. *Morelia, en el Espacio y en el Tiempo. Defensa del Patrimonio Histórico y Arquitectónico de la ciudad. Morelia (Michoacán): Comité Editorial del Gobierno del Estado de Michoacán*.
- XXVII. Real Academia Española. 2014. Internet. *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=internet
- XXVIII. Roca, F. P., 2011. *Estructuras y patrimonio cultural. Análisis, conservación y restauración. it*, Issue 92.
- XXIX. SAS Institute, 2003. *SAS/STAT Guide For Personal Computers*. Versión 9.1, Raleigh, North Carolina, USA. 1028p.
- XXX. Sotomayor Castellanos, J.R. 2014. *Caracterización mecánica de la madera con métodos no destructivos*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 339 p.
- XXXI. Tello, M. G., 2008. *Evaluación del deterioro y medidas de conservación de la madera del Museo del Estado y su casa anexa en Morelia, Michoacán*. Morelia (Michoacán): UMSNH.
- XXXII. Torres, V. J. M., 2004. *Los Conventos de Monjas en Valladolid de Michoacán, Arquitectura y Urbanismo en el Siglo XVIII*. Morelia: s.n.

- XXXIII. Vázquez, N. B. A., 2005. *Posibilidades de conservación de la madera de tres edificios del centro histórico de Morelia*. Morelia (Michoacán): UMSNH.

III. ANEXOS

A) Historial de Temperatura (periodo Julio de 2015 a Enero de 2017)

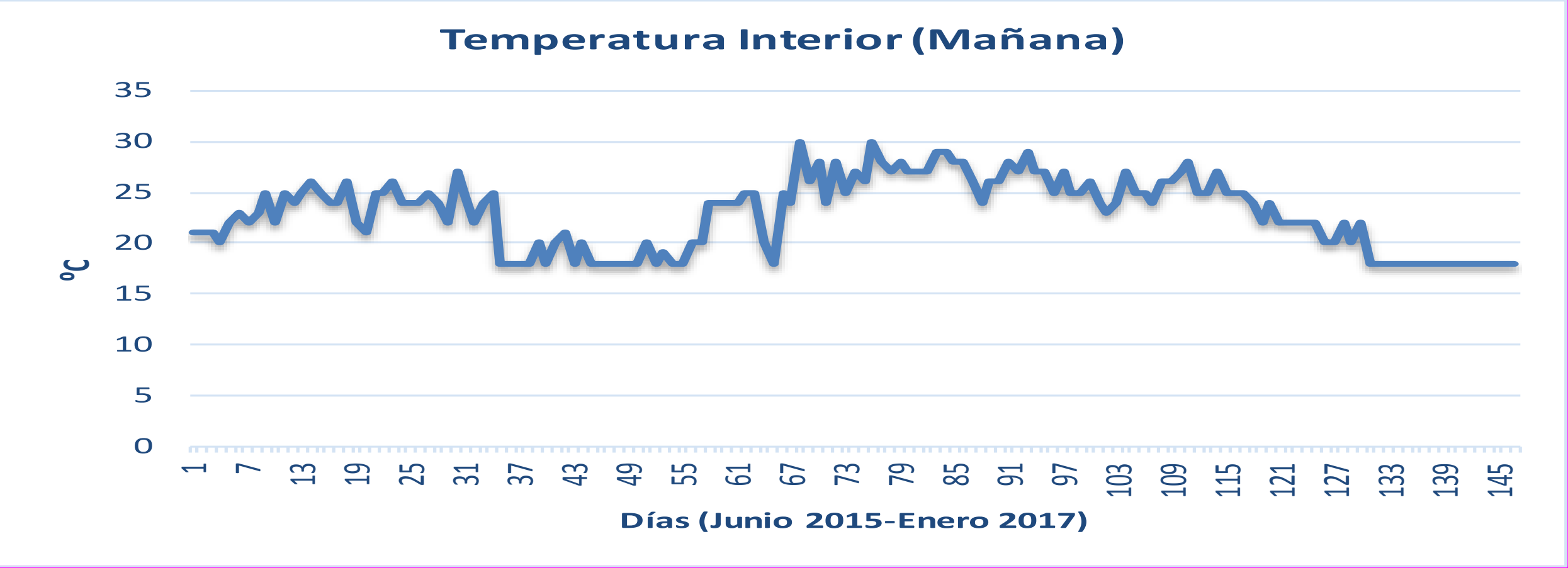


Figura 96. Temperatura Interior (Mañana)

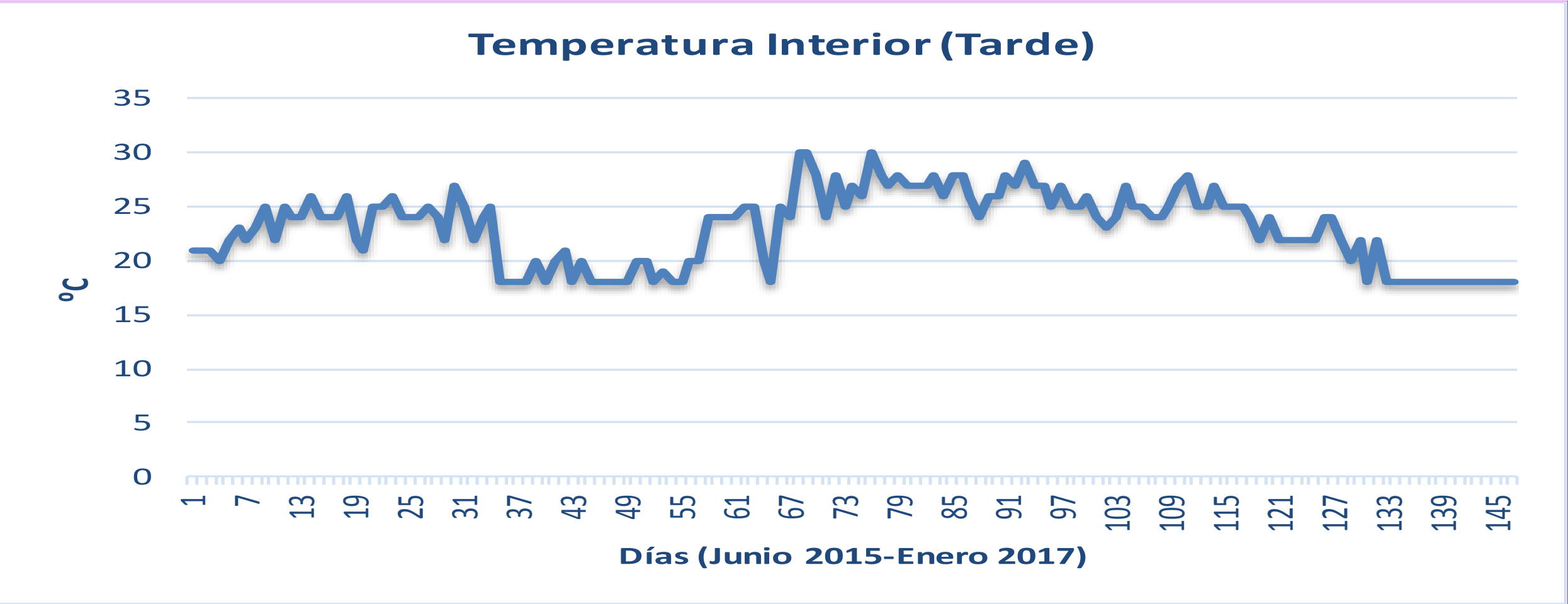


Figura 97. Temperatura Interior (Tarde)

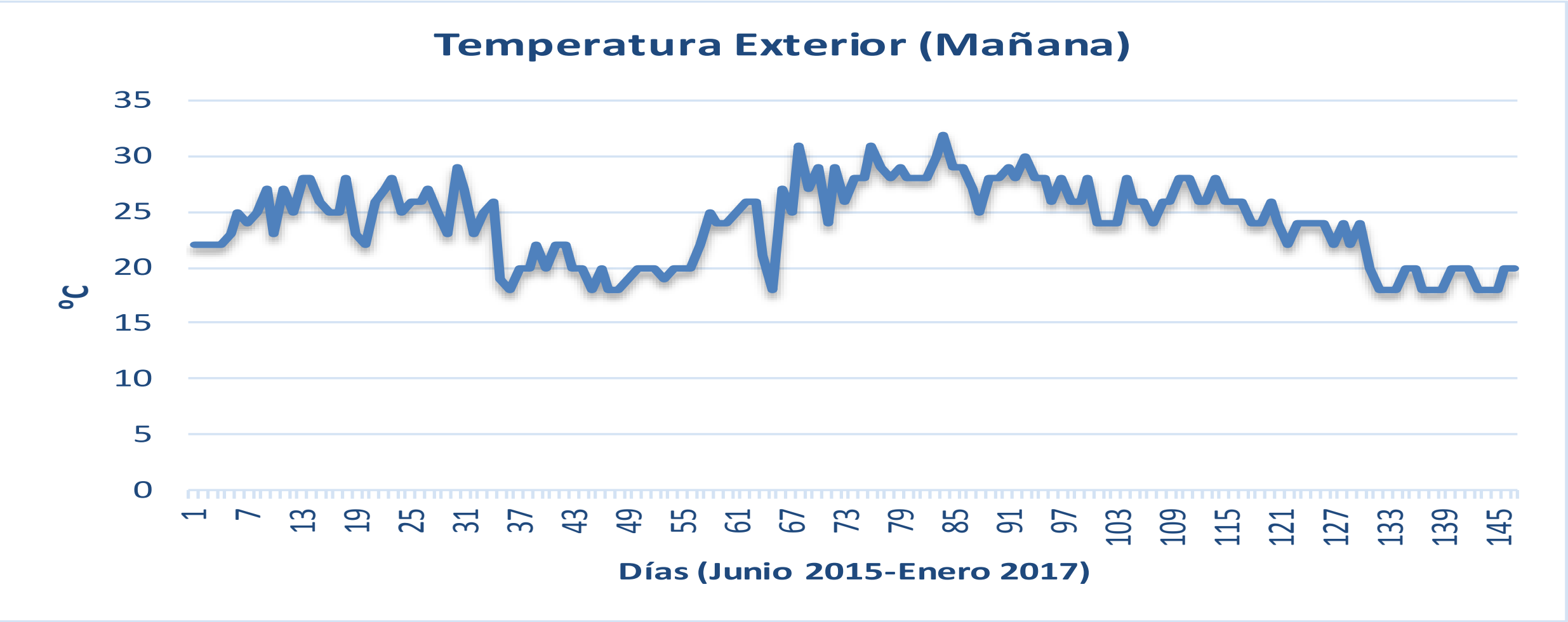


Figura 98. Temperatura Exterior (Mañana)

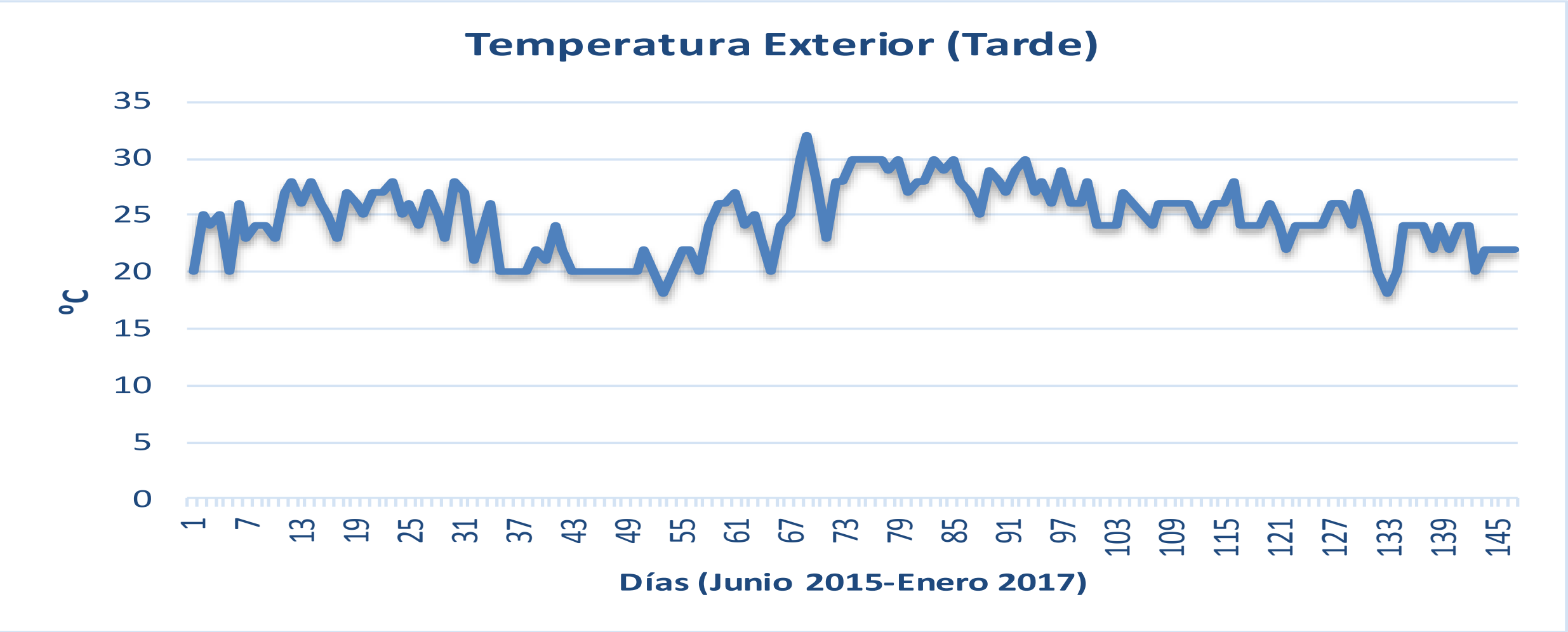


Figura 99. Temperatura Exterior (Tarde)

B) Historial de Humedad (periodo Julio de 2015 a Enero de 2017)

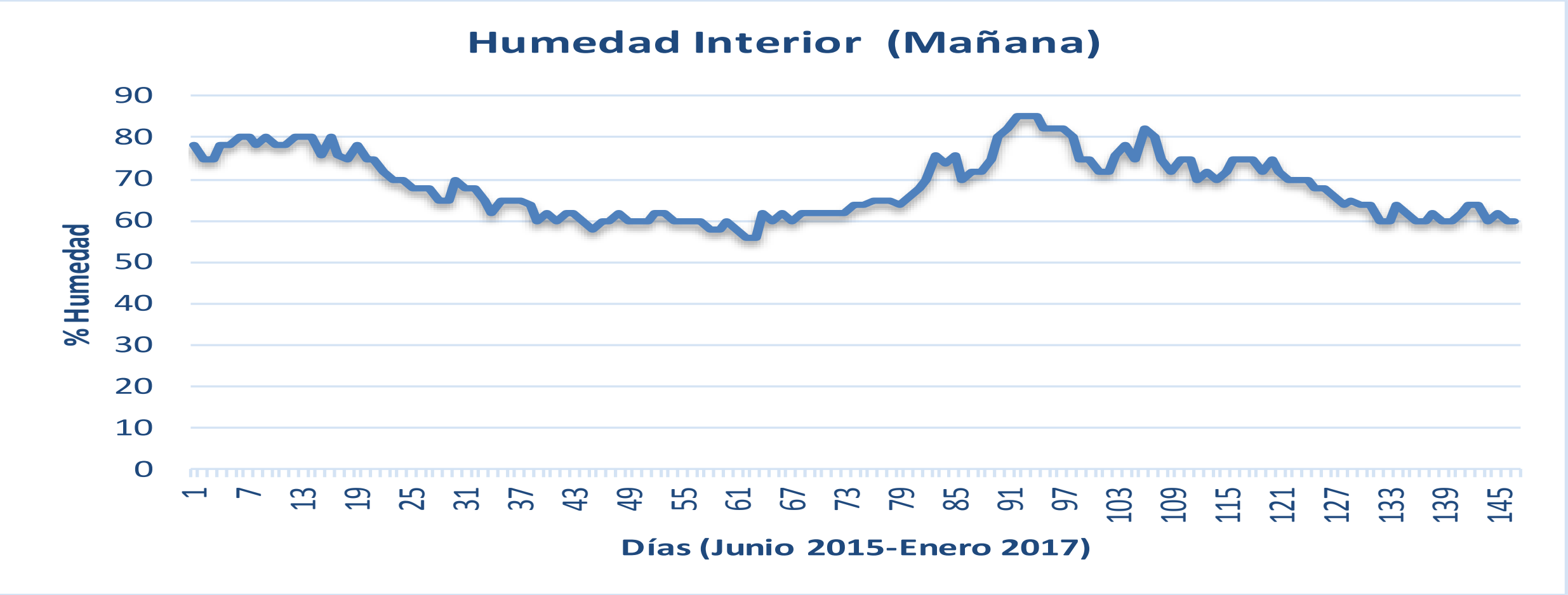


Figura 100. Humedad Interior (Mañana)

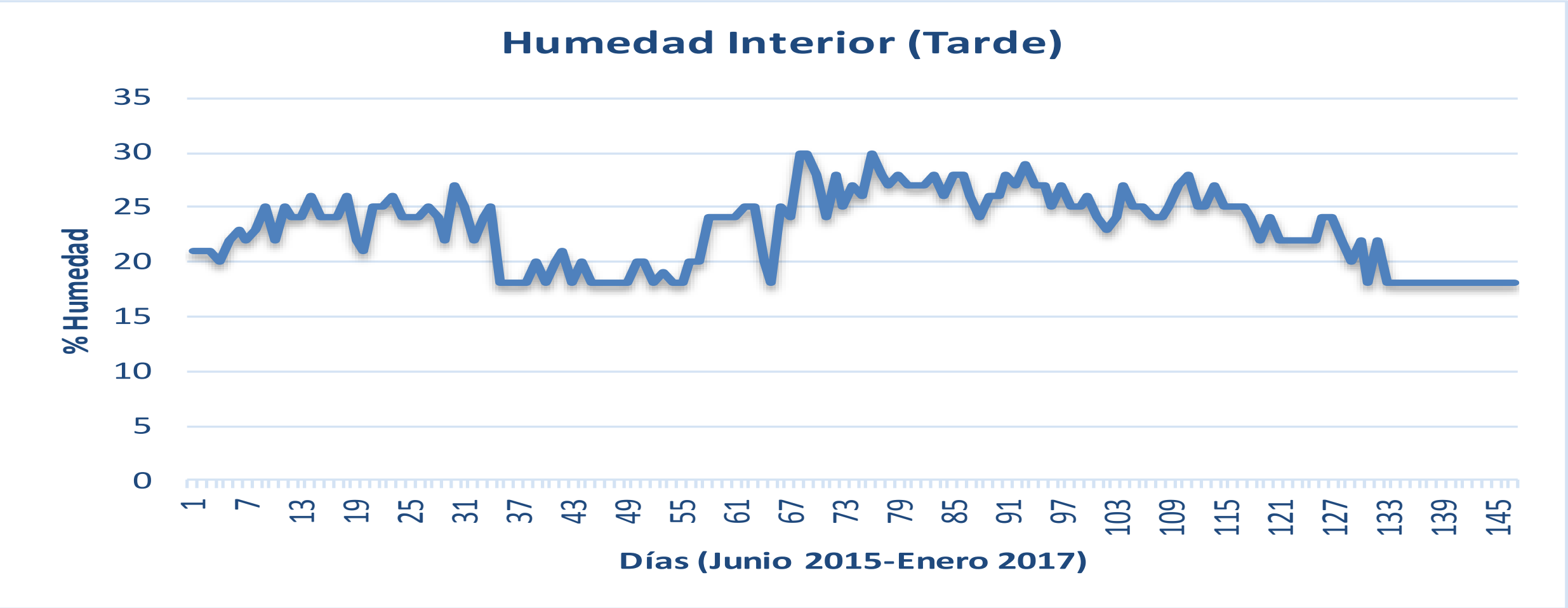


Figura 101. Humedad Interior (Tarde)

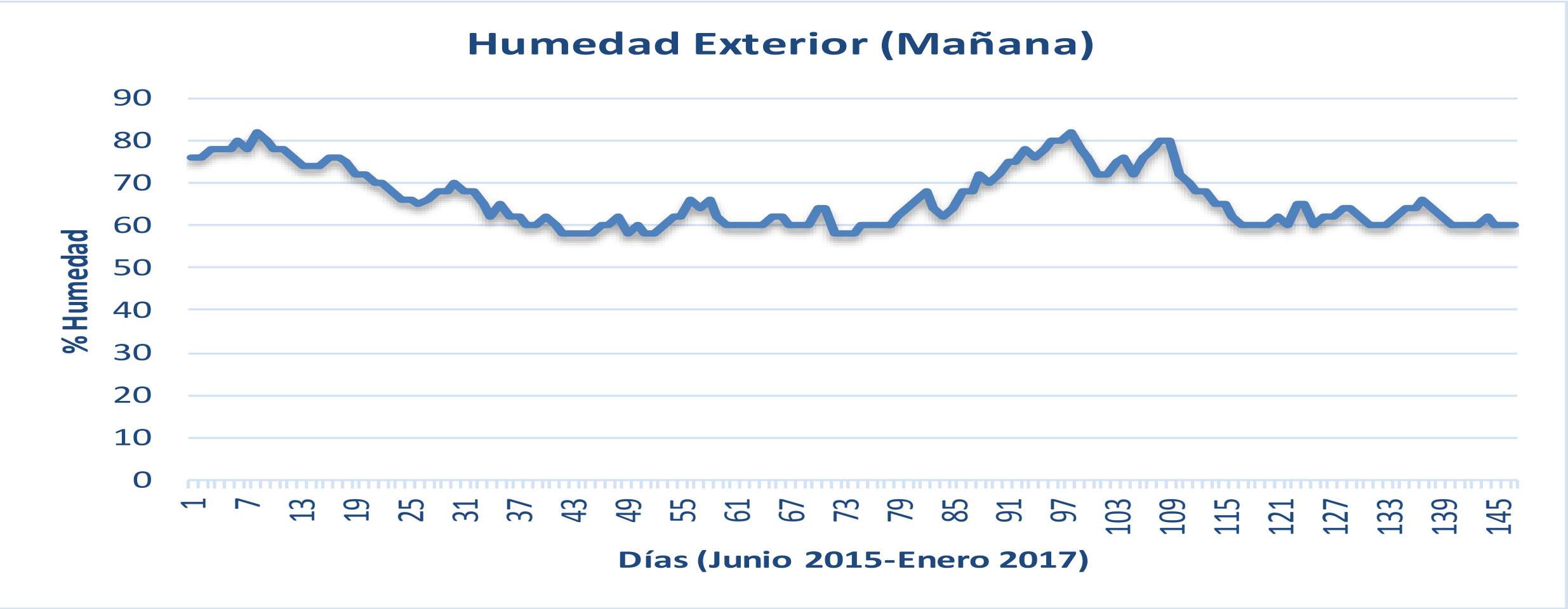


Figura 102. Humedad Exterior (Mañana)

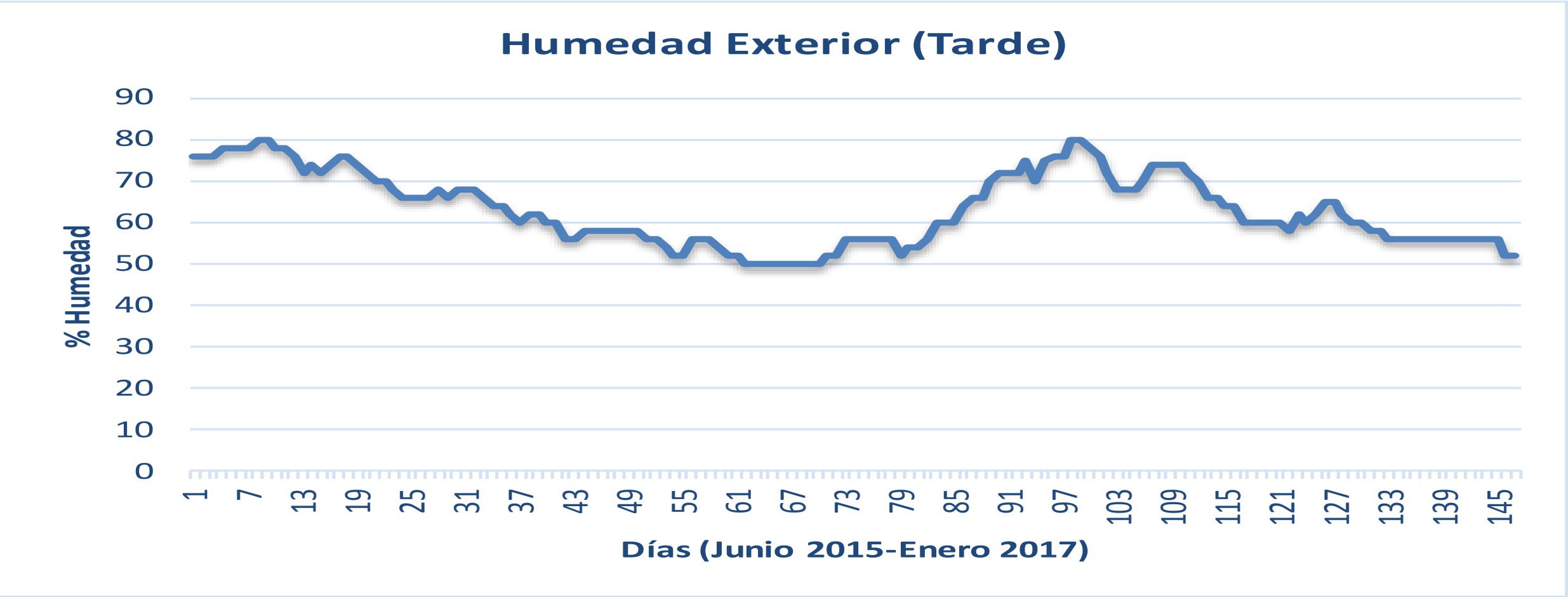
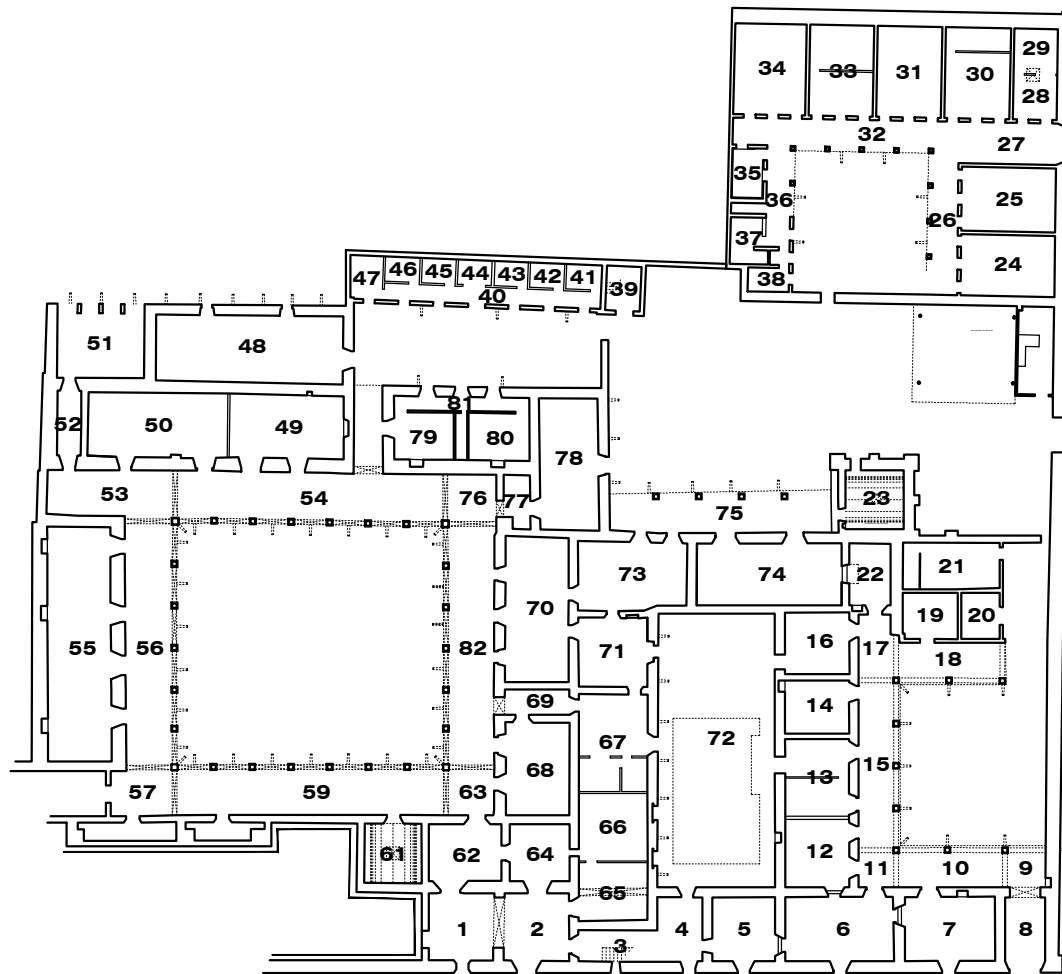
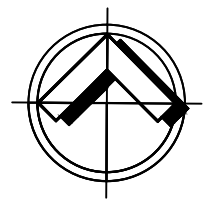


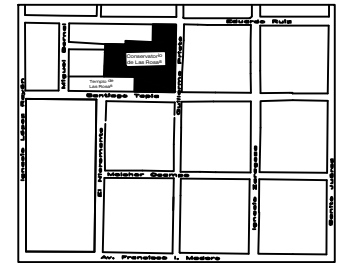
Figura 103. Humedad Exterior (Tarde)



NORTE :



LOCALIZACIÓN :



NOTAS :

FIRMA :

PROYECTO :

ESPACIOS

UBICACIÓN :

Santiago Tapia no. 334, Centro Histórico, Morelia
Michoacán

PROYECTÓ :

Arq. Cyntia Nayeli Miranda
Rodríguez

CÉDULA PROFESIONAL:

09581717

ESCALA :

1:200

CLAVE :

Figura 59

NO. PLANO :

8

D) Daños en Viguería

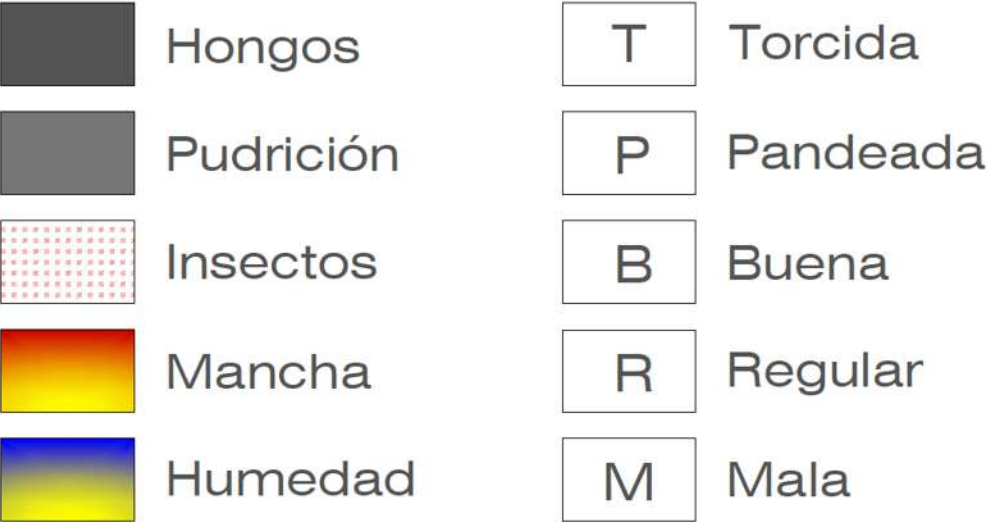
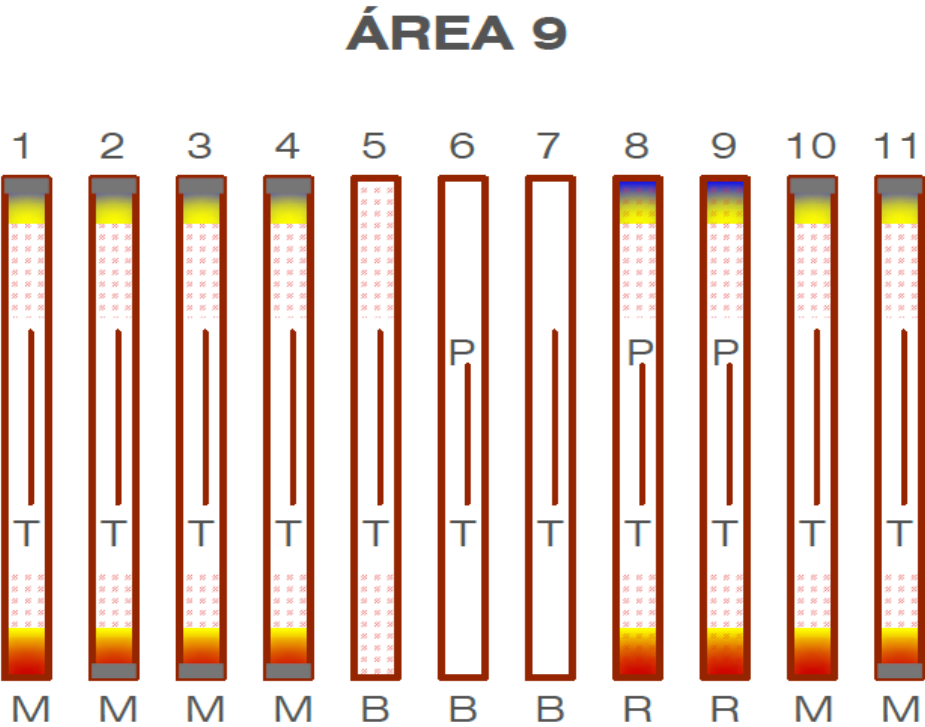
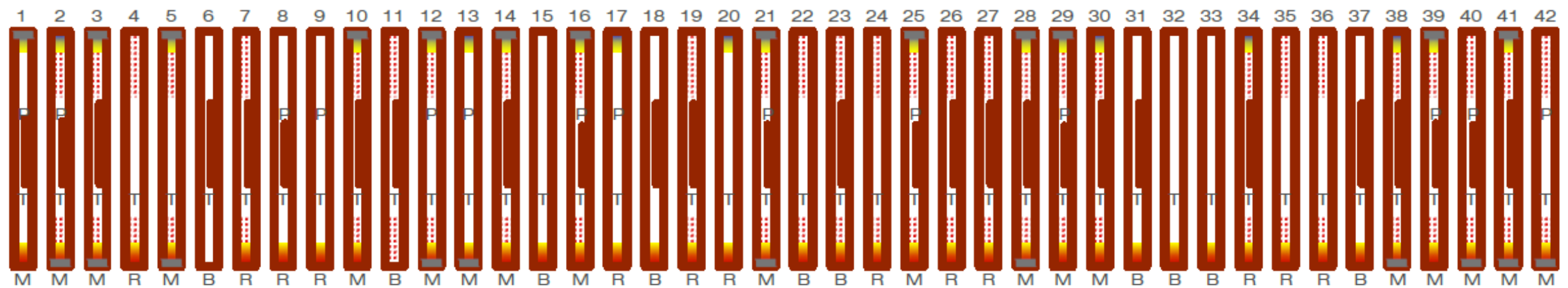


Figura 104. Simbología de daños

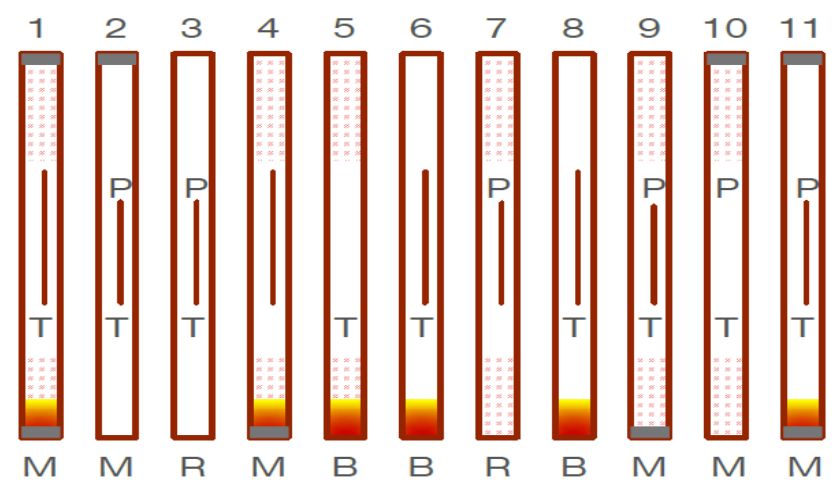
*** NOTA: Ver plano de áreas (Figura 107)



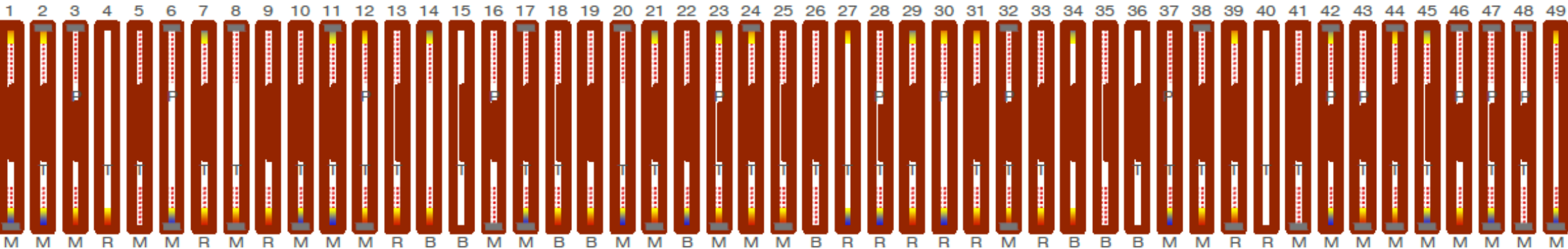
ÁREA 10



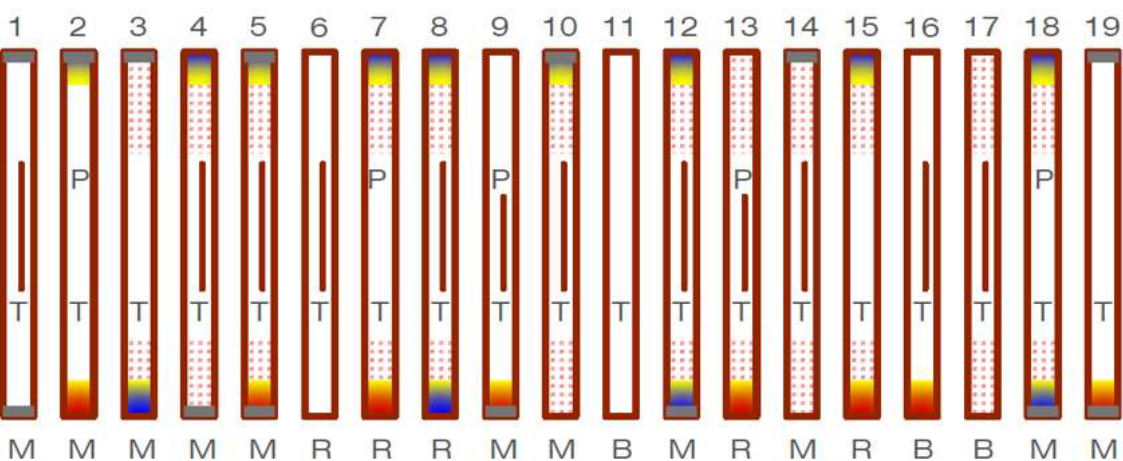
ÁREA 11



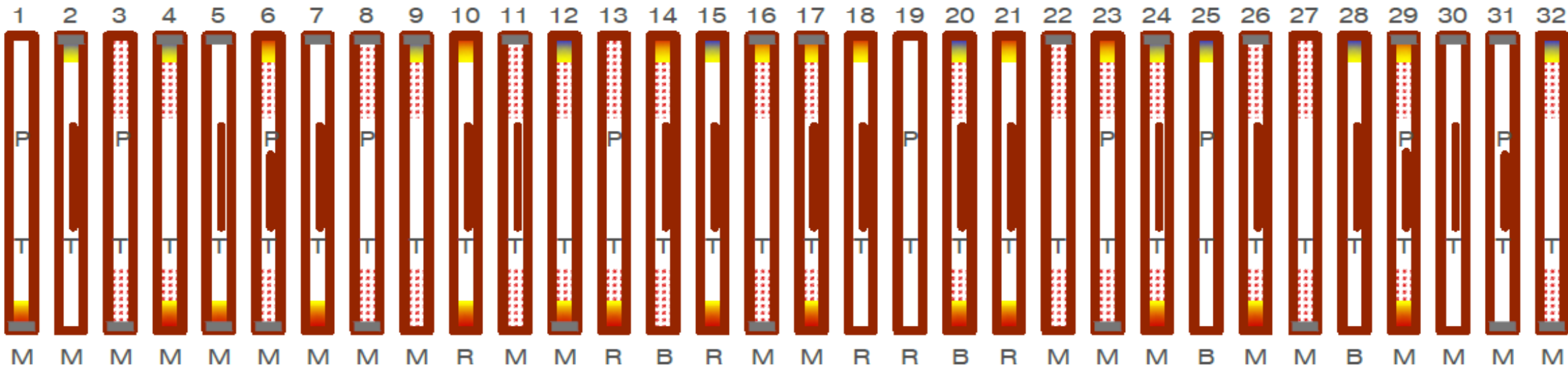
ÁREA 15



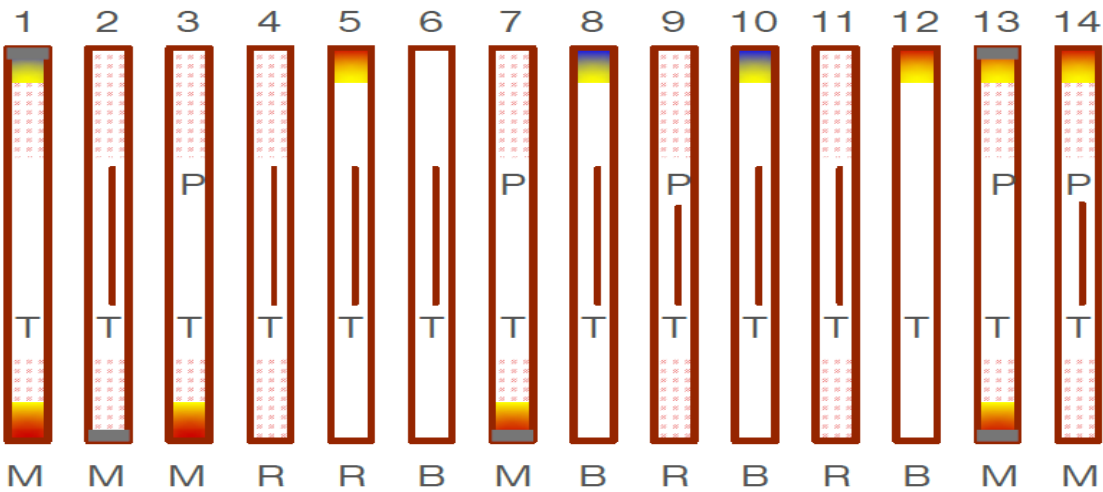
ÁREA 17



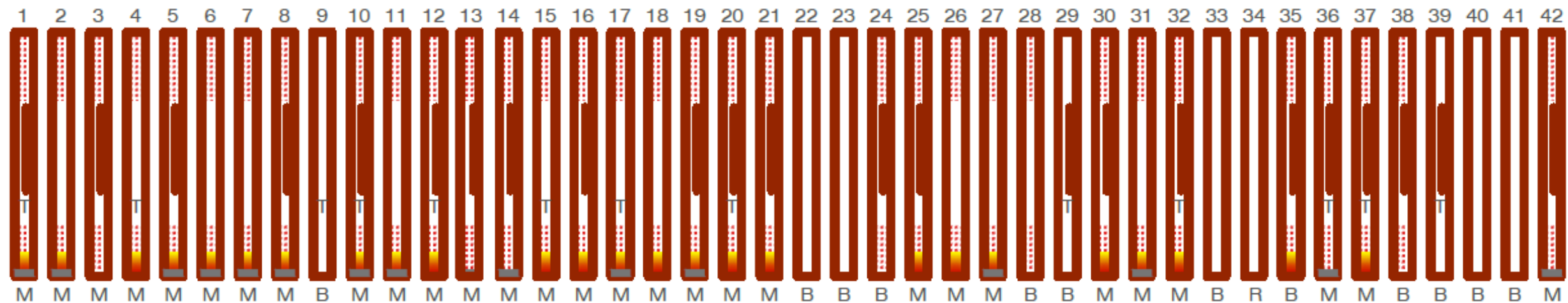
ÁREA 18



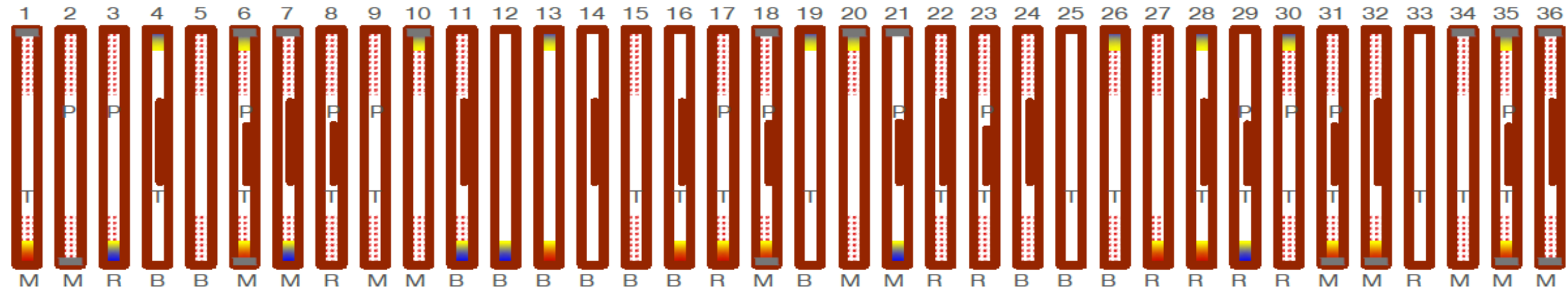
ÁREA 22



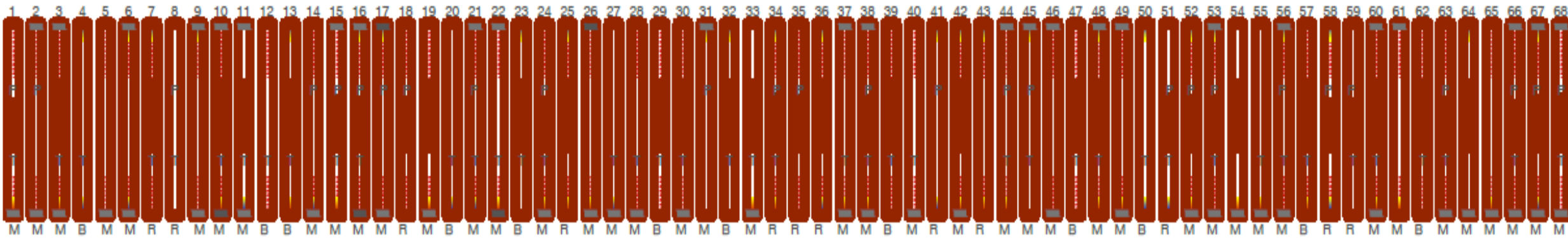
ÁREA 26



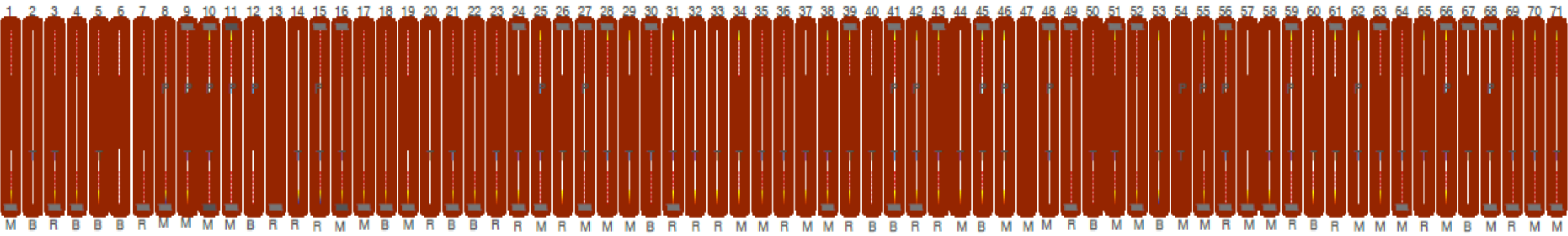
ÁREA 53



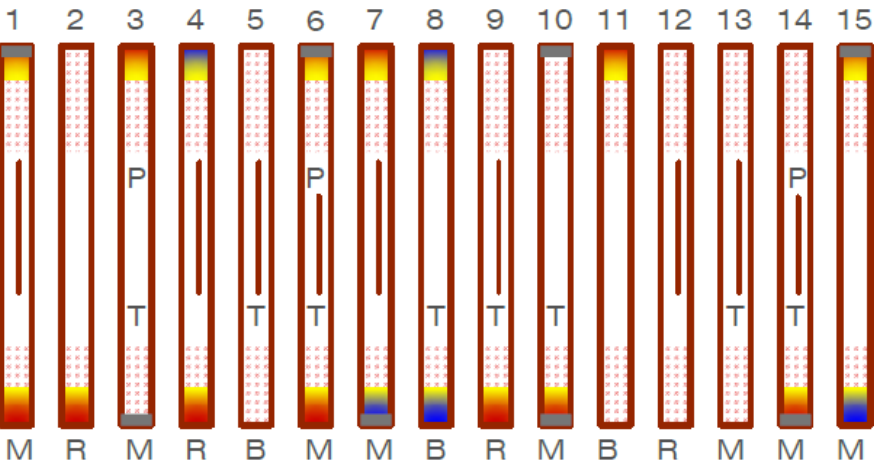
ÁREA 54



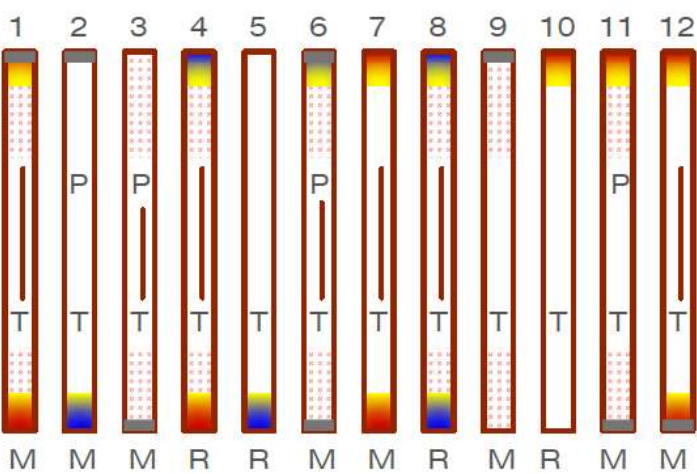
ÁREA 56



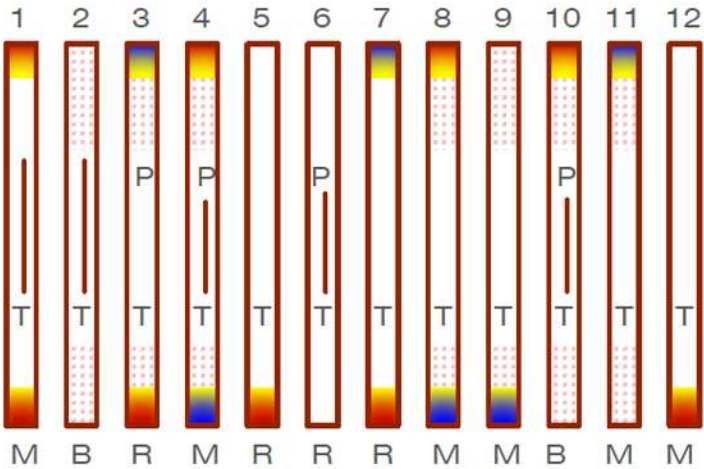
ÁREA 57



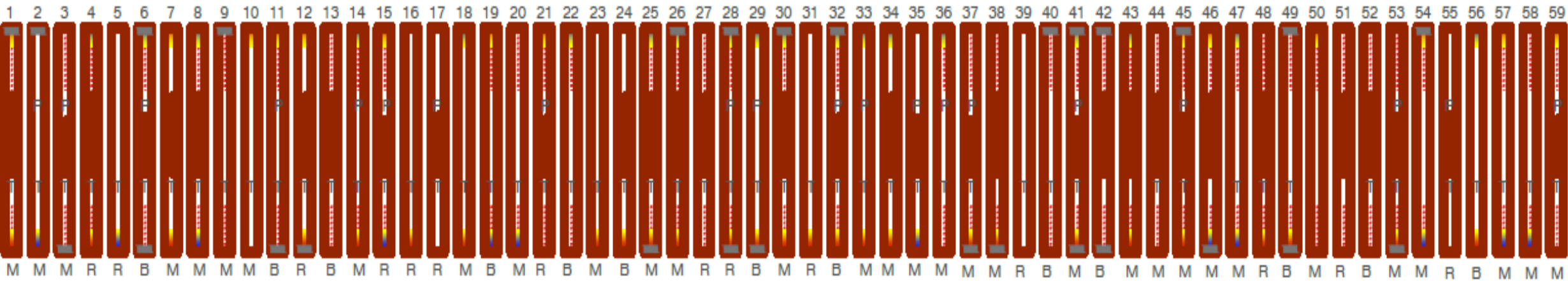
ÁREA 63



ÁREA 76



ÁREA 82



E) Recorrido Virtual (CD)