

# **Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña**

**Facultad de Ciencias y Tecnología**

**Escuela de Ingeniería Civil**

**“Análisis Estructural y Patologías de los Materiales Constructivos en  
el Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya”**



**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil**

**Sustentado por:**

**Joan Frangel Paulino Polanco**

**José Agustín Pérez**

**Asesor:**

**Dr. Esteban Prieto.**

**Santo Domingo D.N**

**2016**

Índice	
Dedicatoria y agradecimiento.....	I
Introducción.....	II
<b>CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2 Objetivos de la investigación.....	1
1.2.1 Objetivo general.....	1
1.2.2 Objetivos específicos.....	1
1.3 Preguntas de la investigación.....	2
1.4 Aportes de la investigación.....	2
1.5 Justificación e importancia.....	2
1.6 Alcance y límites.....	2
1.7 Delimitación de la investigación.....	2
<b>CAPÍTULO II: CAPITULO II: ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y PATOLOGÍAS DE LOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS EN EL SANTUARIO DE NUESTRA SEÑORA DE AGUAS SANTAS EN BOYA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 El santuario.....	7
2.3 Concepto de Estructura.....	10
2.4 Los contrafuertes.....	14
2.5 Los arcos, bóvedas y cúpulas.....	17
2.6 Las cubiertas.....	20
2.7 Clasificación de las estructuras de fábrica por su forma, y comportamiento.....	21
2.8 Análisis estructural.....	21
2.9 La Ingeniería estructural.....	22
2.10 Mecánica estructural.....	23
2.11 El Ingeniero y las estructuras.....	25
2.12 Patologías constructivas de los materiales.....	26
2.13 Tipos de patologías en la construcción.....	27
2.14 Caracterización, edificación, piedra y hormigón.....	28
2.15 Tipos de materiales de construcción.....	31
2.16 Materiales de construcción.....	31

2.17	Clasificación de los materiales.....	32
2.18	Metodología para el estudio de los materiales.....	33
2.19	Descripción de la patología grietas vegetación.....	35
2.20	Grietas estructurales.....	38
2.21	Localización y determinación de las patologías.....	40
 <b>CAPÍTULO III: ASPECTOS METODOLÓGICOS.....</b>		<b>42</b>
3.1	Diseño metodológico.....	44
3.2	Tipo de investigación.....	44
3.3	Tipos del diseño.....	44
3.4	Análisis e interpretación de resultados.....	48
 Conclusión.....		III
Referencias bibliográficas.....		IV
Anexos.....		V
 <b>Anexos: 1</b> Elevación frontal derecho del Santuario en Boyá.....		<b>XIII</b>
<b>Anexos: 2.</b> Elevación frontal izquierdo del Santuario en Boyá.....		<b>XIV</b>
<b>Anexos: 3.</b> Elevación lateral derecho del Santuario en Boyá.....		<b>XV</b>
<b>Anexos: 4.</b> Elevación lateral izquierda del Santuario en Boyá.....		<b>XVI</b>
<b>Anexos: 5.</b> Planta arquitectonica en Boyá.....		<b>XVII</b>
<b>Anexos: 6</b> Plano del Santuario en Boyá.....		<b>XVIII</b>
<b>Anexos: 7.</b> Artículos de Periódicos que hablan del estado actual en que se encuentra el Santuario De Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya en esa época.....		<b>XIX</b>
 Ilustración.....		
<b>Ilustración 1.</b> Santuario en Boyá.....		<b>4</b>
<b>Ilustración 2.</b> Vista trasera del santuario.....		<b>5</b>
<b>Ilustración 3.</b> Vista lateral derecha del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya.....		<b>8</b>
<b>Ilustración 4.</b> Imágenes Antiguas del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas.....		<b>9</b>
<b>Ilustración 5.</b> Los elementos estructurales de la obra de fábrica de la Catedral de Santo Domingo.....		<b>13</b>

<b>Ilustración 6.</b> Vista Trasera del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya.....	14
<b>Ilustración 7.</b> Foto 195 (a, b). Contrafuertes del ábside de la Catedral de Santo Domingo.....	15
<b>Ilustración 8.</b> Contrafuertes del ábside vista Frontal del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya.....	16
<b>Ilustración 9.</b> Foto 196 (a, b). Contrafuertes de la Catedral. Se puede apreciar los sillares de piedra coralina que conforman los contrafuertes.....	16
<b>Ilustración 10.</b> Arte interior de la Cúpula central y la media cúpula del Santuario aguantada.....	17
<b>Ilustración 11.</b> Arte iinterior de la cúpula central y la media cúpula del Santuario en Boyá.....	18
<b>Ilustración 12.</b> Interior del santuario.....	18
<b>Ilustración 13.</b> Interior de la Falsa Bóveda de Cañón del Santuario.....	19
<b>Ilustración 14.</b> Elementos que constituyen un edificio.....	30
<b>Ilustración 15.</b> Vista trasera del santuario.....	41
<b>Ilustración 16.</b> Vista lateral derecho del Santuario.....	46
<b>Ilustración 17.</b> Vista lateral izquierda del Santuario en Boyá.....	47
<b>Ilustración 18.</b> Vista lateral Derecha del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya.....	47

## **AGRADECIMIENTOS/DEDICATORIA**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar y antes que todo quiero agradecerle a Dios por la grandeza y la oportunidad que nos ha brindado para realizar este proyecto.

A mis padres Juan Francisco Paulino y Gladys Mercedes Polanco por haberme dado su apoyo en los momentos más difíciles de manera incondicional en todo este periodo de mis estudios desde mis inicios educativos.

A mi hermana y amiga Franchesca Paulino quien siempre estuvo presente desde el comienzo para apoyarme en cada momento del trabajo con sus críticas y aportando sus conocimientos en gran parte de mi vida.

A mis tíos Elba Polanco y Vitico Marmolejos quienes introdujeron en mí sus destrezas y logros en los momentos que más los necesitaba.

Mis primos y hermanos Yisel, Mabel y Víctor les agradeceré con todo el corazón por el resto de mi vida, por siempre haber estado ahí cuando siempre los necesitaba.

Agradezco de manera personal a nuestro asesor el Dr. Esteban Prieto y la Dra. Virginia Flores por el conocimiento y el interés que nos mostraron en todo este trayecto del proyecto de investigación.

Gracias a todos mis compañeros y educadores de la escuela de ingeniería civil que de alguna u otra manera dejaron sus huellas en cada uno de nosotros, formándonos como el profesional que hoy en día somos y seremos por el resto de nuestras vidas.

**Joan Paulino Polanco**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre Nildia Pérez, agradezco la confianza y el apoyo brindado, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida, me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

## **DEDICATORIA**

A mi Señor, Jesús, quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para lograr tan ansioso objetivo.

A mi madre, Nildia Pérez quien me enseñó desde pequeño a luchar para alcanzar mis metas. Mis triunfos son tus triunfos, ¡te amo!

A mi esposa, Geivi Francisco Escarfuller, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante. Su cariño, comprensión y paciente espera para que pudiera terminar el grado, son evidencia de su gran amor. ¡Gracias!

A mi amado hijo Hans Pérez quien me prestó el tiempo que le pertenecía para terminar y me motivó siempre con sus notitas, "No te rindas" y "Sé fuerte". ¡Gracias, mi heredero!

A mí amado hijo Hamil Pérez, que a pesar de ser pequeño cada vez que lo veía me motivaba a seguir adelante.

A mi querida suegra, Deisi Escarfuller, quien cuidó de mis hijos mientras realizaba mis estudios, sin su ayuda no hubiese podido lograrlo.

A nuestra universidad Pedro Henríquez Ureña (UNPHU) que nos honró al ponernos como asesor al Doctor Esteban Prieto, que se desprendió de muchos compromisos para dedicarnos tiempo, al Ing. William Read y la Dra. Virginia Flores que nos brindó la ayuda necesaria para lograr tan deseado triunfo, a ellos con igual importancia.

**José Agustín Pérez**

## **INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCION

El proyecto a presentar se enfocará en la patología aplicada a las obras de fábrica, caso el Santuario Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya, el cual es considerado de suma importancia para que todo profesional de la construcción comprenda el sistema de edificación antiguo, y el mismo contribuirá a la optimización de la ejecución en obra en los tiempos actuales.

Las iglesias se consideran parte importante de los lugares donde están construidas debido a su valor religioso y cultural. Además, desde el punto de vista ingenieril, estos edificios son importantes porque ahí se reúnen personas que buscan apoyo espiritual, representan las primeras ideas estructurales y arquitectónicas durante la época Colonial y porque generalmente resguardan obras de gran valor religioso.

Las iglesias fueron diseñadas como estructuras de gravedad, por lo que su resistencia a compresión generalmente no es un problema para el comportamiento estructural. Sin embargo, las iglesias que se localizan en zonas vulnerables deben resistir fuerzas impuestas por factores externos, además de las gravitatorias. Esta combinación de fuerzas puede generar tanto tensiones como compresiones en los elementos estructurales. Por lo general, la construcción antigua tiene una resistencia a tensión menor que la de compresión por la falta de refuerzo interior. Además, debido a la diversidad de materiales encontrada en las iglesias es complicado establecer una resistencia estándar a severidad.

Esta característica dependerá del proceso constructivo de la mampostería y del material disponible en la zona. Por lo tanto, la incertidumbre de la capacidad del material, la ocurrencia aleatoria de los factores externos y el estado actual de las iglesias hacen necesarias revisiones estructurales frecuentes para asegurar su estabilidad estructural de la edificación.

La República Dominicana cuenta con cantidades de patrimonio como las iglesias y santuarios que deberían ser monitoreadas y evaluadas estructuralmente para evitar su deterioro y posible desaparición. Las iglesias constituyen los espacios donde el hombre puede sentir una relación más cercana con la religión que predica.

La belleza de estos edificios recae en su estado estructural y arquitectónico. Cuanto mejor estén preservados, más belleza darán al lugar donde están ubicados y las personas que recurran a ellos se sentirán más seguras. Además, tendrán mayores posibilidades de permanecer a través del tiempo.

La construcción de las iglesias en Boyá fue reconstruida, varias veces, aunque se encuentra en su estado arquitectónico, igual a como fue construida en el siglo XVII, lo que indica que han estado sometidas a varios tratamientos a causa de factores internos y externos. Al igual que algunas de las construcciones religiosas, ésta todavía se mantiene en un buen estado, pero otras probablemente ya no existan hoy en día. Una de las principales razones es que inicialmente se diseñaron para soportar fuerzas gravitatorias; sin embargo, hay que reconocer que a través del tiempo, dentro del diseño de construcciones religiosas empezaron a considerarse fuerzas sísmicas siendo vulnerables por la incertidumbre de la intensidad y recurrencia del mismo o por la degradación del material al paso del tiempo.

Es por esto que, debido a la gran cantidad de templos religiosos, el desconocimiento del estado estructural de muchos de ellos y a la protección del patrimonio histórico de República Dominicana, surge la importancia de establecer una metodología rápida para evaluar este tipo de construcciones.

El Santuario Nuestra Señora de Aguas Santas en Boyá se ubica en las estructuras coloniales que debido a su antigüedad y, a la falta de un sistema de construcción moderno, ha experimentado cambios en su fachada exterior e interior, que le han generado grietas, humedades, vegetaciones, desprendimiento del pañete, entre otros deterioros, de los elementos estructurales que la componen, ya que, están a la intemperie y azotando por fuertes lluvias, vientos y cambios de temperatura que le han afectado a través del tiempo.

Esta investigación está estructurada en cuatro apartados lo cual presentaremos a continuación:

En el capítulo I: Haremos referencia al planteamiento, y formulación del problema, la sistematización, objetivo general y específicos, aportes de la investigación, justificación e importancia, alcance y límites, delimitación del estudio.

El capítulo II: Trata sobre el marco teórico y sus antecedentes, los cimientos, pilares, contrafuertes, muros, arcos, bóvedas y cúpulas, las cubiertas técnicas constructivas utilizadas en las bóvedas de la catedral.

Capítulo III: Hacemos referencias a la reseña histórica de Boyá, como es el templo histórico de la iglesia de Boyá, su fundación, Boyá en la actualidad, clasificación de las estructuras de fábrica por su forma, y comportamiento, la ingeniería estructural, mecánica estructural, el ingeniero y las estructuras, caracterización, edificación, piedra y hormigón, tipos de materiales de construcción, clasificación de los materiales, metodología para el estudio de los materiales, descripción de la patología grietas vegetación, grietas estructurales, localización y determinación de las patologías y sobre el comportamiento estructural de una cúpula.

El capítulo IV: Se describe todo lo relacionado a los aspectos metodológicos de esta investigación, diseño metodológico, tipo de investigación, tipos de diseño, análisis e interpretación de resultados, donde daremos las conclusiones pertinentes a esta investigación.

**CAPÍTULO 1:**  
**PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Las estructuras góticas coloniales no han sido lo suficientemente estudiadas en el país, debido a la falta de conocimiento y de métodos normalizados actuales, ya que, estas edificaciones antiguas no eran calculadas con la seguridad estructural ni diseñadas con normas que aseguren la estructura de la manera correcta para evitar que fallen.

También, no se les da mantenimiento, por tal razón, se producen roturas y grietas debido al medio ambiente que afecta a todas las estructuras del santuario al igual que la fachada; a su vez el deterioro de los elementos históricos, que son la joya arquitectónica del santuario y la identifican como la más importante.

Es muy importante aprender, cómo realizar los cálculos en este tipo de edificación para tratarlas, al momento en que presentan la ausencia de algún elemento o de la misma estructura y a la vez, darle una correcta rehabilitación para evitar el deterioro progresivo con la aplicación de las normas actuales sobre construcción de edificaciones históricas, aunque la misma haya sido reconstruida, varias veces, aún se encuentra en su estado arquitectónico, igual a como fue construida en el siglo XVII.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar el comportamiento estructural y constructivo de la edificación histórica del siglo XVII, del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boyá.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los materiales constructivos utilizados en el santuario Agua Santas de Boyá.
- Analizar las patologías que presenta la estructura.
- Determinar los elementos estructurales que componen la edificación histórica.
- Análisis del comportamiento estructural en el santuario.

### **1.3 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN**

- a. ¿Cuál es el comportamiento estructural?
- b. ¿Cuáles son los tipos de materiales que componen el santuario?
- c. ¿Cuáles son las causas que provocan la patología de los materiales constructivos?
- d. ¿Cuáles son los elementos estructurales que componen la edificación?

### **1.4 APORTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Este proyecto formará parte del UNPHU-FONDOCYT titulado: “Influencia del medioambiente en el proceso de deterioro de los materiales constructivos en edificios históricos y propuesta para su conservación”.

Este proyecto será de gran importancia, para todo aquel que deseen conocer sobre el Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boyá, como son los investigadores, estudiosos y público en general.

### **1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Las edificaciones históricas han sido poco estudiadas en nuestro país, a pesar de tener un gran valor histórico y patrimonial. Por tal razón se hace necesario promover el estudio de estas, en especial, la que están fuera de la ciudad de Santo Domingo, como es el caso del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boyá.

### **1.6 ALCANCE Y LÍMITES**

El alcance de la investigación abarcará los estudios de patología que presenta en la actualidad la edificación y el análisis estructural.

### **1.7 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación tuvo como objetivo general analizar el comportamiento estructural y constructivo de la edificación histórica del siglo XVII, del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas, ubicado en Boyá, República Dominicana.

**CAPITULO II: ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y PATOLOGÍAS DE LOS  
MATERIALES CONSTRUCTIVOS EN EL SANTUARIO DE NUESTRA  
SEÑORA DE AGUAS SANTAS EN BOYA**

## 2.1 ANTECEDENTES

Los orígenes del templo están a la reducción de los últimos indios, naturales como los traídos de otras partes de Américas. Todavía está por aclarar que en aquel reducto de indios fueron llevados los últimos indios del Cacique Enriquillo. En vista de que existieron dos pueblos con el nombre de Boyá, uno primitivo llamado Del monte y Tejada: Boyá de Santa María de Azua, cuyo lugar se desconoce, solo, que estaba en la parte norte de Santo Domingo.

Según fuentes documentales, el pueblo de Boyá se va a originar debido a la penosa extensión de los indios naturales en la Isla, pues a mitad del siglo dieciséis (1544), apenas si quedaban pequeños grupos dispersos.



Ilustración 1. Santuario en Boyá. Elaboración propia. Fausto H. Moreno

La iglesia del pueblo de Boyá, situada al norte de la ciudad de Santo Domingo, puede afirmarse que es el único templo construido en el siglo XVII. A pesar que su primitiva iglesia, data después del 1577, según los informes históricos más antiguos que se conocen hasta la fecha.

Frente a las reparaciones y conclusiones de fábricas tratadas hasta ahora, el santuario de nuestra señora de aguas santas en boyá constituye la primera nueva edificación en ese siglo.

Después del traslado de boyá viejo, donde en 1571 existió una iglesia de paja, y de la reorganización del pueblo de indios alrededor de 1606, en 1650 Alcocer informa que la iglesia está bien labrada y adornada aunque de paja y con ornamentos y lámparas de plata”. La devoción que había dotado la iglesia de enseres más ricos de lo que se podía esperar en un lugar tan apartado, es destacada también en 1656. Con no tener vecindad es la casa más aseada y de mejores ornamentos que en la pobreza de otras se halla.



Ilustración 2. Vista trasera del santuario.

Aquí se puede ver más detallado como la cúpula central en la parte superior y la media cúpula se coloca en la parte inferior a la central para distribuir las fuerzas generadas hacia los contrafuertes traseros y la cúpula central con respiraderos que se estaciona en el mismo centro de la estructura siendo aguantada por los muros y arcos en su interior.

Queda sin determinar si se trata ya de una iglesia de piedra o, más probablemente, de la misma construcción de paja mencionada seis años antes. Solo en 1666 se menciona una iglesia de piedra: la actual. Pocos años después, en 1681, leemos en la relación de Navarrete que la Hermita de Nuestra Señora de Aguas Santas esta se recomendando ahora”. Probablemente a consecuencia del terremoto de 1673. Estos trabajos se extienden por algunos años, puesto que aun después de 1686 la iglesia es mencionada como “de tapias, el techo de yaguas, sacristía de tablas”.

La lapida de la bienhechora del santuario, doña catalina Martín, muerta en 1691, quizá indique el término ante que de la conclusión de esos trabajos. En 1740, Álvarez Abreu encuentra la “capilla de bóveda muy decente”. No he podido establecer si Sánchez Valverde, al enumerar las iglesias de Boya y de Higuey entre las que se han comenzado y acabado mucho después de los principios de nuestro siglo [el XVIII] y a costa todo de una congregación de vecinos de la capital, se refiere a los trabajos de fines del XVII o si la iglesia había sufrido nuevos daños en los terremotos de 1751. Por lo pronto, aun en 1783, cuando Moreau de Saint Mery visita la parte española de la isla, la misma cofradía mantiene un capellán en Boya.<sup>1</sup>

La iglesia, en su forma actual esencialmente producto de los trabajos de la segunda mitad del siglo XVII, es quizás la manifestación más genuina de la arquitectura popular del seiscientos en la española. Frente al carácter áspero de las construcciones dieciochescas de santo domingo, frente a la renovada acentuación de la vertical en toda la arquitectura hispánica, salta a la vista la reposada anchura del frontis de la iglesia de boya, coronado por un tímpano de gusto clasicista. Las pilastras fueron reforzadas por estribos o a fines del siglo XVII o a mediados del XVIII.

La cúpula de cuatro luces, relativamente chata, corresponde a la proporción de la fachada. Se cree advertir un reflejo del tipo de cúpulas sobre pechinas con penetración en el cascaron, cuyo perfil sin tambor es tan característico en la arquitectura pueblana de México desde principios del siglo XVII. El ábside, con su media cúpula aplastada y sus contrafuertes-pilastras coronados por chapiteles, recuerda el baptisterio de la parroquial, coetánea, de Sancti spiritus (Cuba), de lejana derivación herreriana.

Cabe insistir en la sensación de las masas cubicas escalonadas compuestas por espacios agregados. Los cuerpos estereométricos simples: paralelepípedo, cubo y poliedro, manifestaciones del prístino sentido de robustez de los alarifes españoles, se sostienen contra la indisciplina del paisaje.

---

<sup>1</sup> Palm, Erwin Walter (1955). Monumentos Arquitectónicos de la española. Universidad Santo. Editora SEIX y Barral. Barcelona.

El interior es de tres tramos con arcos torales apuntados y falsa bóveda de cañón, articulada en cada tramo por una estría paralela a los arcos fajones. Es el sistema empleado a principios del siglo en el cabildo de la catedral y en la iglesia de la tercera orden de los franciscanos. La armonía arcaica de tres espacios paratáticos, interferida por la altura del tramo central, repite los efectos advertidos al exterior. La puerta de la sacristía conserva el arco ligeramente conopial que en Santo Domingo se emplea hasta el siglo XVIII.

El cubo que marca el espacio de la cúpula, aparece también en las reparaciones del santuario de Higüey debidas al siglo XVII, con la diferencia de que allí la cúpula ya ha sido hundida. La línea oblicua que indica al exterior la unión del ábside y su tramo adyacente, se repite también en el perfil de la capilla del Carmen en la capital. Acerca de la construcción de esa capilla sabemos que en 1615 una cofradía de Nuestra Señora de los Remedios, agregando al título indicado el del Carmen, se obligó en su constitución de hacer a su costa una capilla en el hospital del señor San Andrés en la parte y lugar donde está señalado. Tal parte se había definido en una concesión de 1592 como situada delante de la puerta del hospital.

La parte correspondiente a la construcción del siglo XVII es la del ábside con su decoración de estrías y el tramo adyacente cubierto por una bóveda de crucería. Por fin, hay que mencionar, entre las construcciones religiosas del siglo, las transformaciones de la capilla del Rosario de la iglesia del convento dominico, acerca de cuyo alcance tratare en el último capítulo.

## **2.2 EL SANTUARIO**

Después de un vacío documental de más medio siglo, se tienen noticias nuevamente sobre el pueblo e iglesia de Boyá. El presbítero Antonio Sánchez Valverdes, siglo XVII, había asegurado que el templo era anterior a su siglo, es decir, que era del XVII. En el 1650 Luis Jerónimo menciona el culto a Nuestra Señora de Aguas Santas de Boyá, informaba a demás que la iglesia estaba bien labrada y adornada, aunque de paja, seguramente refiriéndose a la techumbre, indicando que la obra no estaba terminada, sin embargo parece que estaba construida su espadaña.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Manuel Arredondo. Manuel. El pueblo y santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boyá, R.D. Oficina de Patrimonio Cultural. Departamento de Investigaciones

En el 1988 la iglesia de Boyá por un temblor de San Bruno, este causo daños en la comunidad de Boyá, donde según informe el santuario se agrieto por varias partes del techo del templo.<sup>3</sup>



Ilustración 3. Vista lateral derecha del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya.

La imponente iglesia se visualiza rodeada por los vecinos y las majestuosas montañas que, erguidas, acarician las nubes para, tras el estímulo, hacerlas llover. Según el investigador Yddar de los Santos, su construcción se remonta al año 1690 y fue inspirada en el palacio Escorial bajo el reinado de Felipe II. Refiere que desde que fue erigida ha sido el alma de la religiosidad y la fe de los residentes en la comunidad, siendo el día más sobresaliente el 14 de agosto, cuando se celebra el día de Aguas Santas, patrona del lugar.

---

<sup>3</sup> En el 1988 la iglesia de Boyá por un temblor de San Bruno. Nuestra página en la historia. Listín diario viernes 14 de octubre, p.2



Ilustración 4. Imágenes Antiguas del Libro de Walter Palm titulado: (Monumentos Arquitectónicos de la española 1955) del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boyá.

De los Santos asegura, que entre los acontecimientos históricos de mayor relevancia que se han recopilado con relación al santuario de Boyá, figuran la sepultura del cacique Enriquillo y el bautismo de Monseñor Fernando Arturo de Meriño, denominado “pico de oro”, por su extraordinario dominio de la oratoria. Aunque los últimos estudios realizados demuestran que Enriquillo no está enterrado en la iglesia de Boyá.

## 2.3 CONCEPTO DE ESTRUCTURA

Una estructura se refiere a un sistema de partes conectadas que se utiliza para soportar una carga. Cuando se diseña una estructura para que desempeñe una función específica para el uso público, el ingeniero debe considerar su seguridad, estética y facilidad de mantenimiento, y a la vez tener presentes las limitantes económicas y ambientales.<sup>4</sup>

A pesar de que algunos piensen lo contrario, no podemos negar que las estructuras de fábricas son extremadamente estables, son una gran hazaña de la ingeniería estructural. Ejemplo de esto es ver todos esos edificios en la Ciudad Colonial de Santo Domingo, la mayoría de ellos con cinco siglos y todavía resistiendo terremotos, huracanes, guerras y todo tipo de agresiones; no obstante a eso, siguen en pie y demostrándonos esa sorprendente estabilidad, como es la Catedral de Santo Domingo.<sup>5</sup>

Antes de estudiar su obra de fábrica, no podemos dejar de lado el hecho de que la el Santuario ha sido reconstruido construido por diferentes arquitecto desde su epoca, formados en la Europa de finales de la Edad Media y que fue una obra que duró unos 20 años; donde el proyecto original pudo haber sido cambiado o modificado según avanzaban las obras y llegaban las nuevas tendencias italianizantes.

De hecho hemos encontrado rastros, en su interior y sus fachadas, que reflejan la implementación de estas nuevas tendencias estilísticas que se usaban en el momento, y vemos como poco a poco se van agregando en las partes laterales, cada una con su estilo, materiales y sistema constructivo diferente.

---

<sup>4</sup> Hibbeler, R.C. (2012). Análisis estructural. 8va edición. Person Educación. México, p.3.

<sup>5</sup> Flores Sasso, Virginia. Estudio de los materiales constructivos de la Catedral de Santo Domingo, primada de América: [recurso electrónico] / code 1.6.74 / Virginia Flores Sasso, Esteban Prieto Vicioso, p. 676-684 : [http://181.36.9.115/oasis/Documentos/Estudio\\_materiales\\_constructivos\\_CatedralSD\(2\).pdf](http://181.36.9.115/oasis/Documentos/Estudio_materiales_constructivos_CatedralSD(2).pdf)

En toda obra de fábrica, en general, los tres criterios estructurales fundamentales utilizados en ella son: los de resistencia, rigidez y estabilidad. De todos estos criterios la estabilidad es la que resulta más importante para las fábricas.<sup>6</sup>

La estabilidad está asegurada por la compactación de los elementos estructurales bajo el efecto de la gravedad, el cual se obtiene por medio de cargas que convierten las diversas fuerzas oblicuas en fuerzas verticales y la reducción de las secciones horizontales de los apoyos.<sup>7</sup> Estas cosas las conocían y sabían muy bien los constructores, pero sin los conceptos numéricos de tensión o resistencia del material.

Hoy día nos encontramos que en la obra arquitectónica el tamaño y la proporción de los elementos sostenedores y sustentantes, se relacionan directamente con las funciones estructurales que deben desempeñar y, por consiguiente, pueden operar a modo de indicaciones visuales del tamaño y escala de los espacios que ayudan a cerrar. Pero en el momento que se construyen las catedrales no se pensaba así. Antiguamente la experiencia mostraba qué formas se sostenían y cuáles no, y las reglas, extraídas de la observación empleadas para dimensionar adecuadamente, eran reglas geométricas gráficas.<sup>8</sup>

Los constructores tomaban muy en cuenta la resistencia de los materiales y las reglas de proporción, las cuales permitían una comprensión básicamente correcta del proyecto y del comportamiento de las fábricas. Como nos dice el historiador español Fernando Chueca: el gótico fue, estructuralmente, un estilo aristocrático, propio para las grandes ocasiones (que fueron las que realmente le dieron existencia en Francia, Inglaterra y Alemania).<sup>9</sup>

El comportamiento de las estructuras de fábricas pueden simplificarse bajo tres hipótesis: primero, la fábrica no tiene resistencia a tracción; segundo, las tensiones son tan bajas que, a efectos prácticos, la fábrica tiene una ilimitada resistencia a compresión y tercero, el fallo por deslizamiento es imposible.

---

<sup>6</sup> Heyman, Jacques, *El Esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica* ed. Herrera, Instituto Juan de, trans. Manzanares, Gema M. López (Madrid: EFCA, 1999). Pág.6

<sup>7</sup> Viollet-le-Duc. *La construcción Medieval*. Pág.55

<sup>8</sup> Ching, F. *Arquitectura: Forma, Espacio y Orden* (México: Editorial Gustavo Gili, S.A. y Talleres de EDIMEX, S.A., 1982). Pág.293

<sup>9</sup> Chueca Goitia, *Historia de la Arquitectura Española* Pag. 294

Estas tres hipótesis permiten estudiar el comportamiento de las fábricas dentro del marco general de la teoría plástica. En la teoría plástica el problema consiste en encontrar la mayor carga que la estructura, actuando como unidad, puede cargar con seguridad.

Este tipo de diseño también permite observar dos cualidades: que un marco o elemento hiperestático no puede fallar a consecuencia de que una sola sección fluya, y que de la primera fluencia a la falla generalmente existe una amplia reserva de carga debida a la redistribución de momentos que ocurre cuando se excede el rango elástico. Esta redistribución de momentos hace que el diagrama de momentos final no sea proporcional al diagrama de momentos correspondiente a una carga menor a la que cede.<sup>10</sup>

Hay una diferencia de los constructores de la Catedral en ningún momento se preocuparon por el estilo<sup>11</sup> arquitectónico como tal, nunca trataron de ser purista, sino el de crear una fábrica que respondiera satisfactoriamente a las condiciones del lugar, utilizando las técnicas constructivas del momento, el gótico tardío, y que ellos conocían y trabajaban muy bien. Sus objetivos eran crear una fábrica que no colapsara ante las inclemencias de los fenómenos naturales que sucedían en estas nuevas tierras, además de crear un hermoso monumento que respondiera a las necesidades del momento. Y así lo consiguieron.

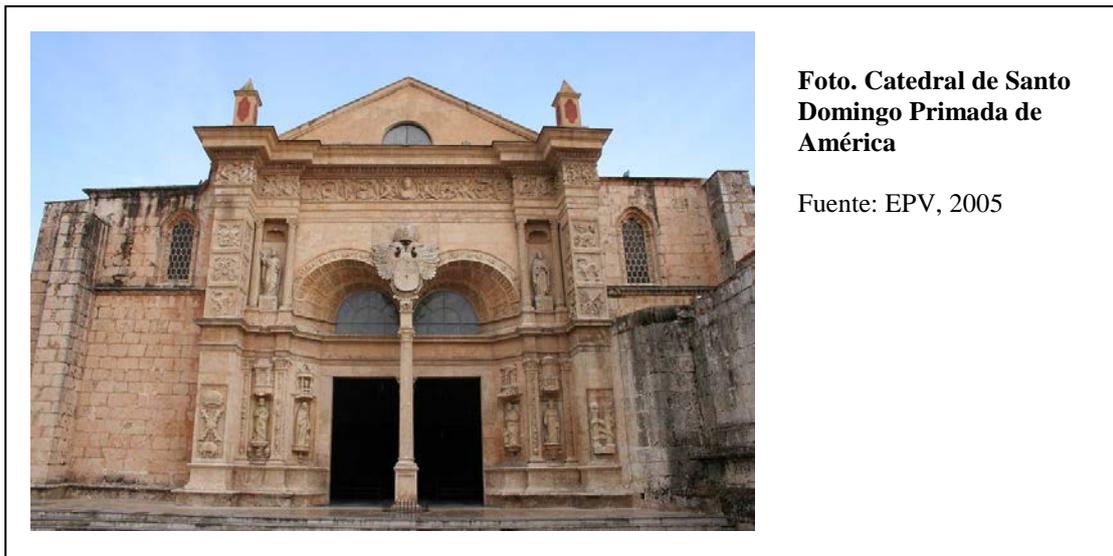
Iniciándose esta en las primeras décadas del siglo XVI cuando se inicia la obra de la Catedral. Hay pocos relatos que den datos específicos sobre ello, sólo se menciona que la obra ha comenzado y que se está trabajando en ella. Lamentablemente mucha de la información de esas primeras décadas se perdió, la mayoría durante los ataques piratas. Todos los materiales constructivos utilizados en las obras arquitectónicas tienen distintas propiedades de rigidez, dureza y durabilidad, y todos ellos tienen un límite de resistencia el cual no pueden sobrepasar sin romperse, destruirse o fracturarse.

---

<sup>10</sup> Heyman. *El Esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica* Pág.7-8

Para Oviedo, nos menciona la cantería de la obra y nos recalca su fortaleza. Pero no sólo de piedra está hecha la obra de la Catedral, también aparecen otros materiales, que aunque no tienen una función importante a nivel estructural, sí la tienen a nivel de cerramientos. La resistencia de un material debido a la fuerza de gravedad, aumenta con su tamaño, por lo tanto todos los materiales poseen unas dimensiones racionales (que vienen dictadas por sus propiedades intrínsecas de resistencia y fragilidad) que no deben superarse para evitar el colapso.

Como veremos más detalladamente, los materiales empleados en esta fábrica, básicamente son la piedra caliza, el ladrillo y la tapia, utilizados de diferentes maneras, encontrando: sillerías de piedra caliza, mampostería ciclópea de piedras, mampostería de materiales diversos, mampostería con esquina de sillares, mampostería de ladrillos, mampostería de tapia y enlucido de cal.



**Foto. Catedral de Santo Domingo Primada de América**

Fuente: EPV, 2005

Ilustración 5. Los elementos estructurales de la obra de fábrica de la Catedral de Santo Domingo.

Estructuralmente en la Catedral de Santo Domingo predomina el gótico como sistema constructivo, el cual, como ya hemos visto, era el utilizado en España en esos momentos. A finales del siglo XV y principios del XVI, se producía una transición estilística y de pensamientos del gótico al renacimiento, un momento donde el renacimiento está desplazando al gótico, aunque en España este proceso se dio con mayor lentitud que en el resto de Europa.

Como todo sistema constructivo, en la Catedral de Santo Domingo, la obra de fábrica se compone de distintos elementos, encontrando tres tipos de elementos, dos de ellos estructurales y uno simplemente decorativo. Los dos tipos de elementos estructurales son los elementos sostenedores y los sustentantes. Cada uno de estos elementos estructurales, a su vez, se componen de otros.

## 2.4 LOS CONTRAFUERTES



Ilustración 6. Vista Trasera del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya donde se observan los contrafuertes traseros que sostienen la media cúpula.

En el sistema constructivo, del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya encontramos otra similitud con relación a la Catedral de Santo Domingo son los contrafuertes. Los contrafuertes de la época románica, constituían solo puntas levantadas en línea recta desde el suelo hasta la cornisa, disimulados bajo la forma de pilastras o de semi-columnas empotradas.

En el siglo XII, los flancos son casi siempre verticales; a principios del siglo XII, estos, así como la cara frontal, ofrecen entrantes escalonados.<sup>12</sup>En los siglos XV y XVI como los contrafuertes soportan las bóvedas y estas están divididas por tramos, la ubicación de los contrafuertes en el exterior, señalan los tramos.<sup>13</sup>Presentando semejanza al Santuario de Boyá.

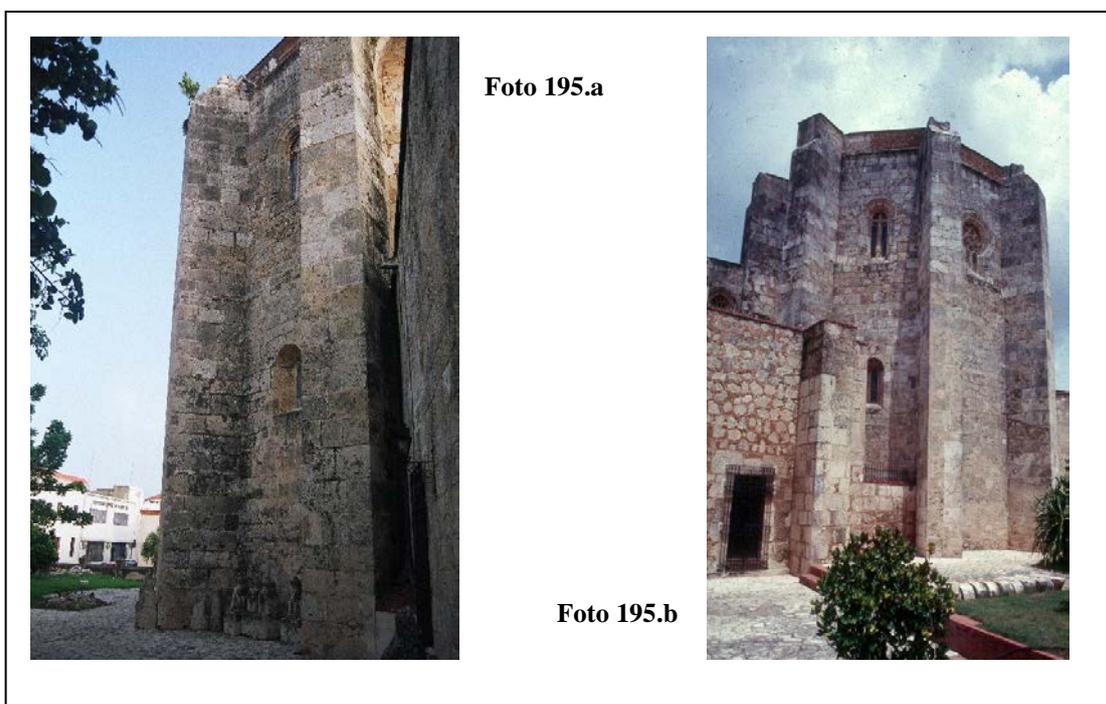


Ilustración 7. Foto 195 (a, b). Contrafuertes del ábside de la Catedral de Santo Domingo.  
Fuente: VFS, 2004

Entre los contrafuertes se generan estos espacios en los cuales se desarrollan las capillas laterales. Por su ubicación, cada una de ellas trabaja de manera independiente sin aportarle cargas a la edificación, y al mismo tiempo, esto hace que tengan la libertad de que cada una de ellas pueda ser diferente como lo vemos en el caso de la Catedral de Santo Domingo.<sup>14</sup>

<sup>12</sup> Pero estos grandes contrafuertes producían sombra hacia el interior, exactamente lo contrario a lo que se deseaba que fuera buscar mayor luz. Los arquitectos del siglo XV, construyen en la parte terminal con una sección triangular y los orientan a 45°. Choisy, *Historia de la Arquitectura. Prehistoria y Antigüedad*. Tomo I, Pág. 517.

<sup>13</sup> *Ibíd.* Pág.9

<sup>14</sup> *Ibíd.* Pág.9



Ilustración 8. Contrafuertes del ábside vista Frontal del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya, en la actualidad, donde se puede observar que se conforma de contrafuertes que sostienen la falsa bóveda de cañón, los cuales sufren un deterioro en su fachada estructural por la presencia de humedad ocasionada por las lluvias.

Como vemos hay muchas semejanzas entre uno y otra edificación, ya que los contrafuertes del ábside ochavado de la Catedral tienen 1.79 metros de largo por 1.15 metros de ancho y están hechos de sillares de piedra. Estos sillares no son homogéneos en sus medidas, varían mucho no importa su ubicación. Por otro lado, los contrafuertes que están ubicados en los laterales de las naves tienen un ancho de 1.05 metros y 1.02 metros de largo.

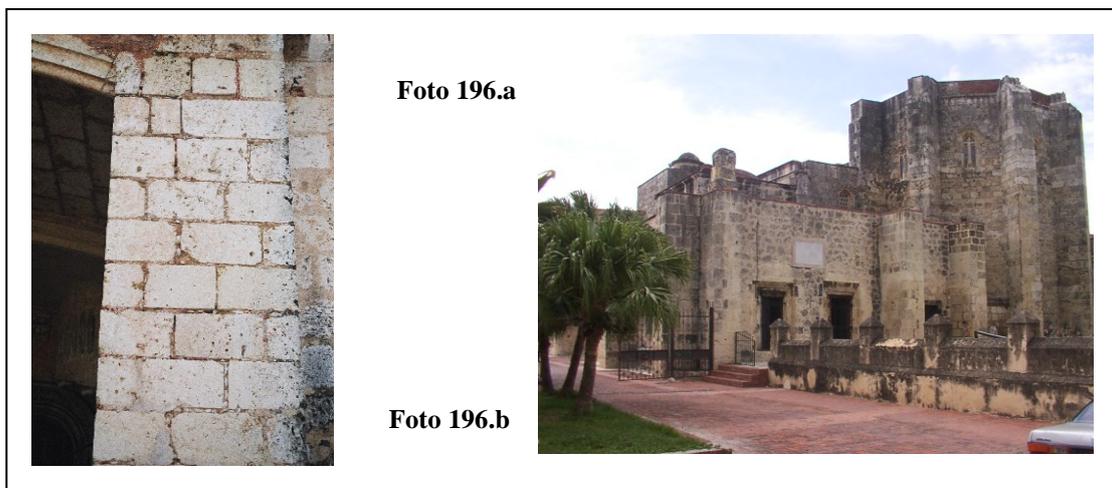


Ilustración 9. Foto 196 (a, b). Contrafuertes de la Catedral. Se puede apreciar los sillares de piedra coralina que conforman los contrafuertes.

Fuente: VFS, 2004

## 2.5 ARCOS, BÓVEDAS Y CÚPULAS

Los elementos estructurales sostenedores o de protección que son los arcos, las bóvedas, las cúpulas y las techumbres, son características muy destacadas en este Santuario en Boyá. A estos elementos que son de suma importancia le dedicamos todo un tema el cual tratamos a continuación.

Aquí sólo haremos mención de lo que es un arco, bóveda y cúpula, donde se describen las técnicas específicas utilizadas en la en el santuario en Boyá. El arco es una estructura que cierra superiormente una abertura o vano de manera que todos los elementos que la componen son comprimidos y en ninguno se produce extensiones. Estas presiones, producidas por el peso propio de los elementos y de las cargas que soportan, son transmitidas a los apoyos que sostienen el arco por sus extremos.<sup>15</sup> El arco ha adoptado las más variadas formas, y adquiere las características de la época o estilo en que se construye, de manera que cada vez que cambia recibe un nombre diferente.



Ilustración 10. Arte interior de la cúpula central y la media cúpula del Santuario aguantada por los arcos y los muros de carga que trabajan recibiendo fuerzas de gravedad con su mismo peso.

---

<sup>15</sup> Moreno García, Francisco. *Arcos y Bóvedas*, Monografías CEAC de la construcción (Barcelona: Grupo Editorial Ceac, S.A.). Pág. 7



Ilustración 11. Arte interior de la cúpula central y la media cúpula del Santuario en Boyá

En esta imagen se puede visualizar los arcos de ladrillos que aseguran las puertas funcionando como dinteles o vigas, los cuales están siendo deteriorados por un insecto o polilla no identificada.



Ilustración 12. Interior del santuario.

Las bóvedas son elementos estructurales de la fábrica que cierran el espacio, formando techumbre, y que se sostienen gracias a la estabilidad mecánica, que les otorga su propia forma geométrica. La superficie interna a que da lugar esta forma geométrica es la que suele caracterizarse y, por ende, dar nombre de bóveda.

Existen dos tipos de bóvedas, las que presentan una sola superficie (cuya ley geométrica puede ser la más elemental o la más compleja) y las que se componen de varias superficies, bien definidas, que se cortan entre sí, dando lugar a líneas geométricas en el espacio que reciben el nombre de aristas.

Si a estas bóvedas simples o compuestas se les añaden unos arcos, como costillas o nervios más prominentes, para su refuerzo, tenemos una estructura más complicada en que arco y bóveda se conjugan con vistas a un determinado propósito técnico y estético lo más frecuente es que estos arcos coincidan con las aristas de las bóvedas compuestas: este es el caso de la típica bóveda ojival. Pero la arquitectura presenta también no pocos casos en que los nervios no coinciden con aristas, como cuando refuerzan a una superficie unida siguiendo su misma curvatura.<sup>16</sup> La bóveda de ojivas, cubriendo su tramo de nave respectivo, tiene la perfecta autonomía de una capilla y responde plenamente a la configuración orgánica de todo el conjunto.<sup>17</sup>



---

<sup>16</sup> Chueca Goitia. *historia de la arquitectura española* Pág.290-291

<sup>17</sup> *Ibíd.* Tomo I, Pág.291



Ilustración 13. Interior de la Falsa Bóveda de Cañón del Santuario donde presenta desprendimiento del pañete que le fue reparado, la cual es sostenida por arcos punteados que descansan en los contrafuertes.

## 2.6 LAS CUBIERTAS

Otro aspecto importante del Santuario son las techumbres son la parte superior de un edificio, más o menos inclinadas, destinadas a recibir las aguas pluviales y verterlas, por medio de canaletes y gárgolas. En las catedrales góticas las techumbres son estructuras de madera que cubren las bóvedas del interior, generalmente se apoyaban directamente sobre el material de relleno que cubría las bóvedas, pero luego por problemas estructurales y para aligerar el peso de la bóveda se construye un armazón de madera, con bastante inclinación, que se apoya en los muros perimetrales, descargando un poco la bóveda.

Está considerada por los investigadores como monumento histórico y religioso. También es calificada como un símbolo del patrimonio cultural dominicano. Con su impresionante campanario y su estructura gótica, se ubica en el corazón del poblado de Boyá, distante a 62 kilómetros al norte de Santo Domingo y a sólo seis de la ciudad de Monte Plata.

## **2.7 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE FÁBRICA POR SU FORMA, Y COMPORTAMIENTO**

Qué se entiende por estructura, se puede definirse, como: conjunto de elementos resistentes capaz de mantener sus formas y cualidades a lo largo del tiempo, bajo la acción de las cargas y agentes exteriores a que ha de estar sometido. La estructura soporta las cargas exteriores (acciones y reacciones), las cuales reparten su efecto por los diferentes elementos estructurales que resultan sometidos a diferentes esfuerzos, los cuales inducen un estado tensional, que es absorbido por el material que la constituye. Las estructuras son de diferentes tipos: Elementos lineales sencillos (vigas y pilares) estructuras de barras estructuras articuladas estructuras reticuladas estructuras laminares continuos tridimensionales.

## **2.8 ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

El objetivo del análisis estructural consiste en calcular las fuerzas internas y las deflexiones en un punto cualquiera de una estructura. En el análisis estructural deben tomarse en cuenta las siguientes condiciones: 1. Equilibrio entre fuerzas internas y externas en todos los elementos de la estructura. 2. Compatibilidad de deformaciones de todos los elementos estructurales. 3. Relación fuerza desplazamiento.<sup>18</sup>

El análisis estructural de una estructura histórica es necesario hacer tanto un estudio matemático, para determinar las cargas y esfuerzos que afectan a la estructura, como un estudio arquitectónico, para determinar el material a utilizar en la construcción de la estructura así como sus dimensiones.

Analizar una estructura es fundamental para conocer el comportamiento de esta frente a las diferentes sollicitaciones tanto estáticas como dinámicas. Frente a estas sollicitaciones las estructuras sufren pequeñas deformaciones internas, tanto en los nudos como en la viga misma, siempre que los apoyos o la viga misma permita alguna deformación.

---

<sup>18</sup> Apuntes de análisis estructural. Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería, 1982.  
[http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/814/An%C3%A1lisis%20Estructural\\_CAMBA\\_ocr.pdf?sequence=1](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/814/An%C3%A1lisis%20Estructural_CAMBA_ocr.pdf?sequence=1)

El conocer estos comportamientos permite saber si la deformación será resistida por la estructura y así no falle. Para determinar estas deformaciones se pueden utilizar tres métodos matemáticos diferentes en su forma de cálculo, pero que entregan los mismos resultados, hay varios métodos de análisis de deformaciones de vigas, de los cuales usaremos cuatro, método de doble integración, método de viga conjugada, método de área de momento y método matricial, este último se presenta a través de un programa computacional llamado SAP 2000.<sup>19</sup>

## **2.9 LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

Se conoce como Ingeniería Estructural el área o disciplina de la ingeniería que incluye el conjunto de conocimientos científico-técnicos necesarios en las fases del proceso de concepción, diseño y fabricación de los sistemas estructurales que son necesarios para soportar las actividades humanas.

Este proceso se desglosa en fases consecutivas que son las siguientes: Fase 1: Concepción.- Fase inicial que parte de una especificación de requisitos y que requiere imaginación creativa y juicio ingenieril para plantear alternativas y seleccionar una solución.

Fase 2: Análisis.- Fase que incluye las actividades conducentes a ratificar la adecuación de la estructura a su objetivo de soportar unas cargas dadas en unas condiciones predefinidas. En esta fase se precisa determinar (mediante cálculos que se basan en técnicas y métodos específicos) la respuesta de la estructura a cargas o acciones predefinidas; esta respuesta se mide, usualmente, estableciendo los esfuerzos en los elementos de la estructura y los desplazamientos en sus puntos más representativos.

Fase 3: Diseño. Dimensionamiento detallado de los elementos estructurales en base a los esfuerzos que han de soportar y los materiales de que están compuestos.

---

<sup>19</sup> R.C. Hibbeler. Análisis estructural”,

Fase 4: Construcción o fabricación. Fase final en la que se realiza la estructura Aunque puede parecer que está más directamente asociada con la ingeniería civil, tiene una fuerte relación con todas aquellas especialidades de ingeniería que requieren un sistema estructural o componente para alcanzar sus objetivos.

Son ejemplos de proyectos que requieren el uso de los métodos y técnicas de la ingeniería estructural los proyectos de estructuras de vehículos, componentes de máquinas, estructuras civiles, plantas industriales, medios de transporte, almacenamientos de gases o de líquidos, mecanismos de transmisión, estaciones de generación de potencia, plantas de tratamiento de aguas, naves y plantas industriales,...

La evolución de la Ingeniería Estructural está asociada a la evolución de la Mecánica de Materiales y del Análisis Estructural, al desarrollo de técnicas computacionales, a la introducción de nuevos materiales constructivos, a la creación de nuevas formas estructurales y al desarrollo de las técnicas constructivas.

## **2.10 MECÁNICA ESTRUCTURAL**

La base teórica de la Ingeniería Estructural es la Mecánica Estructural que tiene por objeto la investigación de las mejores formas y dimensiones que se han de dar a los elementos de una construcción para permitirle resistir a las acciones que la solicitan así como para obtener el resultado de la manera más económica posible.

La Mecánica Estructural es una teoría de los cuerpos deformables que se aplica, sobre todo, a las estructuras y cuyo carácter técnico contrasta con el carácter matemático de la Mecánica de Sólidos (de la que constituye una rama especialmente sencilla) o, más generalmente, de los Mecánica de los Medios Continuos.

En lugar de exigir un razonamiento matemático rigurosamente complejo, la Mecánica Estructural admite hipótesis simplificadoras, razonables y plausibles, verificables por la experiencia; gracias a estas simplificaciones se pueden resolver eficazmente, con un grado de aproximación suficiente, un gran número de problemas de interés práctico.

Aunque utiliza en sus planteamientos todas las nociones de la Estática, puede decirse que las que utiliza de forma constante son las 5 nociones de equilibrio, de reducción de sistemas de fuerzas y de seccionamiento de sólidos. Esquemáticamente, una estructura puede ser analizada planteando, solamente, tres conjuntos de ecuaciones: a) las ecuaciones de la estática, que aseguran el equilibrio de la estructura y de cualquiera de sus partes, b) las ecuaciones geométricas que aseguran que todas las partes de la estructura permanecen juntas antes y después de la deformación, y c) las ecuaciones en las que, utilizando las propiedades del material.

Se establece la relación entre las deformaciones en los elementos de la estructura y las cargas aplicadas. El comportamiento de un elemento constructivo no depende solamente de las leyes fundamentales de la estática, tales como el equilibrio de fuerzas, sino también de las propiedades físicas que caracterizan los materiales con los cuales aquellos se construyen.

Estas propiedades recogen la manera con la que los materiales resisten y se deforman ante diversas sollicitaciones (tracción, flexión) aplicadas en diversas condiciones (rápidamente, lentamente, en frío, en caliente. Las propiedades físicas de los materiales (cuyos conocimientos detallados y determinación experimental son objeto de la mecánica de los materiales), son una de las componentes esenciales de la mecánica estructural. Los problemas de Mecánica Estructural se presentan bajo dos aspectos diferentes, a saber: conocidas las fuerzas actuantes, las dimensiones y los materiales, obtener las fuerzas internas (esfuerzos) en los elementos estructurales y verificar su adecuación o, también las fuerzas actuantes, dimensionar la estructura a fin de que los esfuerzos o los desplazamientos no sobrepasen ciertos límites prefijados.

La Mecánica Estructural es por excelencia una ciencia de los ingenieros: su carácter aproximado requiere la intervención intensiva del juicio ingenieril para llegar a resultados numéricos con un valor práctico suficientemente satisfactorio. Es una disciplina de enorme interés en todas las ramas de la ingeniería: civil (puentes, edificios, industriales naves, mecánica máquinas, tuberías, aeronáutica fuselajes, aviones, química, tanques, conducciones, naval navíos, submarinos, minas galerías, encofrados.

## 2.11 EL INGENIERO Y LAS ESTRUCTURAS

La deducción, a partir de un conjunto de cargas o fuerzas exteriores y de las características mecánicas del material, de los estados de sollicitación de los elementos estructurales, es el objetivo inmediato de las técnicas de análisis de la Ingeniería Estructural. El Ingeniero que se enfrenta al diseño de una estructura, sea ésta un simple entramado plano de piezas prismáticas o sea una estructura tridimensional de 6 formas complejas, debe, naturalmente, conocer las técnicas analíticas asociadas a los necesarios cálculos. Estas técnicas habrán de ser utilizadas en el contexto de normativa cuya aplicación garantizará la estandarización de los métodos, el control de los resultados, la repetitividad de los cálculos.

El conocimiento de esta normativa y de su razón de ser y aplicabilidad debe ser simultáneo al estudio de los métodos y técnicas aplicables al cálculo de estructuras. Pero el cálculo de estructuras no es, en sí mismo, más que una herramienta que se utiliza para prever si las formas y dimensiones de una construcción son aptas para soportar las cargas de trabajo.

El Ingeniero que se enfrenta al diseño de una estructura, debe ir más allá que a la simple aplicación (probablemente en la mayoría de los casos auxiliado por un ordenador que hará esta tarea más sencilla) de los métodos y técnicas del análisis estructural; debe, a nuestro criterio, conocer la razón de ser de la morfología de la estructura y las causas profundas de su comportamiento.

Las estructuras no se construyen solamente para que resistan, sean estables, mantengan sus formas, soporten la agresión del medio, tengan un aspecto estético, se construyen, también, para que cumplan unas determinadas finalidades o funciones soporte, aislamiento, contención, transmisión de esfuerzos cuya consecución en el tiempo es lo que condiciona, generalmente, su tipología y las características exigibles a su comportamiento; el conocimiento y comprensión de estas funciones es imprescindible en el proceso de diseño y cálculo de una estructura.

Con la toma en consideración de estos factores (probablemente con énfasis diferentes de un caso a otro así como de los posibles condicionantes o limitaciones comportamiento del material disponible, técnica constructiva, costo, ha de comenzar el proceso de planteamiento del problema que trata de resolver el Ingeniero.

## **2.12 PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS DE LOS MATERIALES**

Se consideran Patologías Constructivas las diferentes lesiones patológicas habituales en la construcción, que se clasifican según su causa o agente causante.

Estas lesiones pueden ser, según su origen:

- Lesiones físicas: causadas por la humedad, la suciedad, la erosión.
- Lesiones mecánicas: sus causas se deben a un factor mecánico: grietas, fisuras, deformaciones, desprendimientos y erosión debida a esfuerzos mecánicos.
- Lesiones químicas: previamente a su aparición interviene un proceso químico (oxidación, corrosión, eflorescencias, organismos vivos, etc.). Conocer las Patologías Constructivas es clave para evitarlas en futuras obras.<sup>20</sup>

Según a qué área de la construcción afecten pueden clasificarse como:

- Patologías de los acabados o lesiones menores
- Patologías de los suelos en las que el comportamiento del suelo puede generar lesiones en el edificio.

Patología de los elementos estructurales del hormigón que son las debidas a los esfuerzos no controlados. Para poder diagnosticar correctamente una patología primero se debe conocer cuál es el origen que causa la misma, para poder así encontrar la solución óptima para su reparación.

Las lesiones patológicas deben ser analizadas mediante el diagnóstico de un especialista, ya que es muy importante un diagnóstico acertado para proceder al tratamiento y la óptima recuperación de la parte afectada.

---

<sup>20</sup> Patologías constructivas de los materiales. Recuperado en:  
[http://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Patolog%C3%ADas\\_Constructivas](http://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Patolog%C3%ADas_Constructivas)

La Patología es un concepto inicialmente utilizado en la medicina y que ya hace unas décadas se ha incorporado a la construcción y que significa "estudio de una lesión".

La patología constructiva en la edificación es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio después de su ejecución y las soluciones a los mismos. Esto abarca todas las imperfecciones, visibles o no, de la obra edificada desde el momento del desarrollo del proyecto.

Estas pueden presentarse en diferentes partes de un edificio, y responden a una gran cantidad de causas, que es necesario identificar en cada caso para poder resolverlas.

### **2.13 TIPOS DE PATOLOGÍAS EN LA CONSTRUCCIÓN**

Las Patologías en la construcción se clasifican según el tipo de causa que las ocasionan.

Una primera clasificación, según sus causas, es la siguiente:

- Tipo físico: son las que han sido causadas por la acumulación de suciedad, por acción de la humedad, por la erosión, entre otras.
- Tipo mecánico: son las que se ocasionan por esfuerzos mecánicos y se visualizan en forma de fisuras, grietas, deformaciones, descascaramientos, que se visualizan en los diferentes elementos de la construcción.
- Tipo químico: son las que se presentan por los procesos químicos de los componentes de los materiales, tales como oxidación, eflorescencias (generación de cristales), organismos vegetales.
- Otro tipo de clasificación de la Patología constructiva de la edificación es a partir del sector que ha sido afectado o lesionado. Y es aquí donde aparecen las Patologías de cimientos, Patologías de las estructuras, Patologías de los suelos, Patologías de los acabados

## **2.14 CARACTERIZACIÓN, EDIFICACIÓN, PIEDRA y HORMIGÓN**

La construcción es el arte de construir, es decir, realizar con los elementos y maquinaria necesarios, y siguiendo un plan previamente establecido, las obras requeridas para la ejecución de una edificación, una infraestructura (puente, presa), una máquina, empleando los materiales adecuados y las correspondientes normas técnicas según el caso. La parte de la misma que se ocupa del estudio, desarrollo y dirección de obras industriales recibe el nombre de Construcción Industrial.

Partiendo de elementos simples como ladrillos, cemento, áridos, vidrio, madera, acero, plásticos, y utilizando combinaciones adecuadas de los mismos, se proyectan otros conjuntos parciales como cimentaciones, muros, pilares, vigas, forjados, , que en su totalidad completarán el conjunto final que no será sino el edificio que se pretende construir.

Este estudio abarca el conocimiento de los materiales que se utilizan en la realización de los trabajos constructivos llevados a cabo con mayor asiduidad, con el fin de elegir aquellos que por sus características reúnan las mejores condiciones técnicas y económicas. Por otra parte se estudia la disposición de los distintos elementos que integran el conjunto, de acuerdo con el material empleado y las hipótesis de cálculo, para lograr una eficaz resistencia además de una buena armonía en sus formas.

A la hora de diseñar una estructura o dispositivo, el ingeniero dispone de un presupuesto adecuado o suficiente, por lo que debe conocer cómo seleccionar los materiales o combinación de ellos, que mejor se ajusten a las demandas de su diseño o a su propósito, proporcionándole las propiedades que él requiere.

Los errores pueden causar desastres, por tanto, a la hora de realizar un diseño de la obra el Ingeniero debe conocer: 1. Conocer como seleccionar los materiales que mejor se ajusten a las demandas de su diseño (Económicas, estéticas, resistencia, durabilidad, etc.). 2. Conocer las propiedades y limitaciones de los distintos tipos de materiales y seleccionar aquellos que le proporcionen valores adecuados de las propiedades que él requiere. Para ellos existen ensayos normalizados para su determinación.

Tabla 1.1.1.- Clases de propiedades de los materiales.

Class	Property	Symbol	Units
General	Relative cost	$C_R$	(\$/kg)
	Density	$\rho$	(kg/m <sup>3</sup> )
Mechanical	Elastic modulus (tension/compression/shear/bulk)	$E, G, K$	Pa
	Strength (yield/ultimate/fracture)	$\sigma_y$	Pa
	Toughness	$G_c$	J/m <sup>3</sup>
	Fracture toughness	$K_{Ic}$	Pa*m <sup>3/2</sup>
	Damping capacity	$\eta$	(--)
	Fatigue ratio	$f$	(--)
Thermal	Thermal conductivity	$\lambda$	(W/m*K)
	Thermal diffusivity	$a$	(m <sup>2</sup> /s)
	Specific heat	$C_p$	(J/kg*K)
	Melting point	$T_m$	(K)
	Glass temperature	$T_g$	(K)
	Thermal expansion coefficient	$\alpha$	(1/K)
	Thermal shock resistance	$\Delta T$	(K)
	Creep resistance	-	(--)
Wear	Archard wear constant	$K_A$	(1/Pa)
Corrosion and Oxidation	Corrosion rate	--	(--)
	(Parabolic rate constant)	$K_p$	(m <sup>2</sup> /s)

Economic	Price and availability Recyclability
General Physical	Density
Mechanical	Modulus Yield and tensile strength Hardness Fracture toughness Fatigue strength Creep strength Damping
Thermal	Thermal conductivity Specific heat Thermal expansion coefficient
Electrical and Magnetic	Resistivity Dielectric constant Magnetic permeability
Environmental Interaction	Oxidation Corrosion Wear
Production	Ease of manufacture Joining Finishing
Aesthetic	Colour Texture Feel

Tabla1. Elementos que constituyen un edificio.

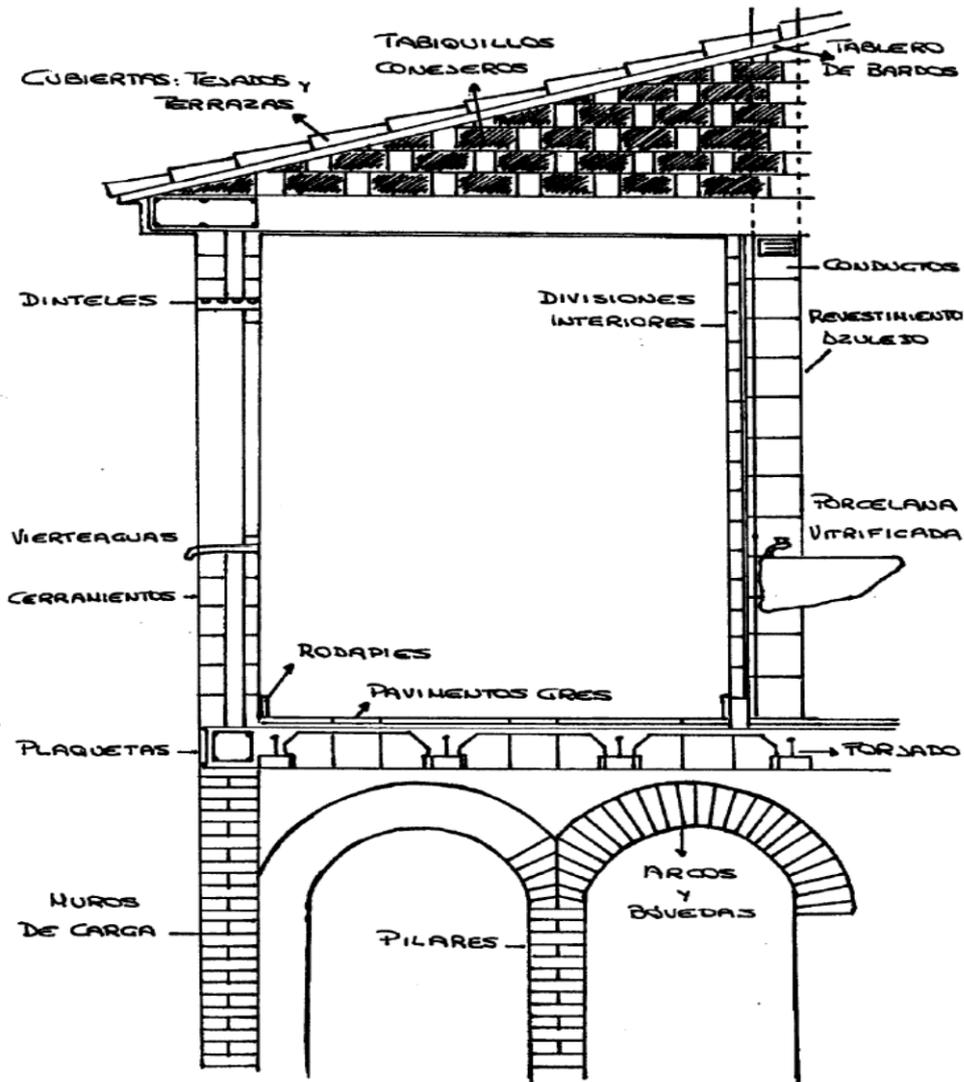


Figura 1.1.1.- ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN EDIFICIO

Ilustración 14. Elementos que constituyen un edificio.

Los distintos elementos que integran una edificación u obra civil pueden clasificarse según la función que realizan en dos grupos diferentes: Elementos fundamentales o estructurales (resistentes), acero, rocas, hormigón, complementarios. Los elementos fundamentales constituyen la estructura resistentes del edificio u obra civil, y su función es absorber y soportar las cargas que actúan sobre el mismo transmitiéndolas al terreno a través de la cimentación.

Como integrantes de los mismos se tienen: Cimentaciones, bases de los edificios, elementos verticales de sustentación, muros, pilares y entramados verticales, elementos horizontales de sustentación, forjados, vigas y losas de suelo, elementos inclinados, cubiertas, elementos de enlace y escaleras.<sup>21</sup>

Los elementos complementarios proporcionan al edificio habitabilidad, comodidad, funcionalidad y confort, de entre ellos se pueden destacar: Cerramientos exteriores de estructuras entramadas, tabiques: elementos de separación no resistentes, puertas y ventanas, instalaciones: fontanería, saneamiento, electricidad, ascensores, etc.

Se pueden considerar, además de los dos grupos anteriores, una serie de elementos auxiliares que aunque no quedan incorporados al edificio son necesarios para su construcción como los andamios, las cimbras y los apeos.

## **2.15 TIPOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

El concepto de material puede definirse como una porción finita de materia con sus mismas características generales, pero siendo un elemento real con tamaño y dimensiones, pudiendo ser trabajable y transformable para su mejor aprovechamiento. El hecho de tener una determinada composición química y unas características físicas determinadas, con dimensiones finitas y la posibilidad de transformar tanto unas como otras, nos permite la adaptación de los materiales para el uso específico que se le requiere en la obra, mediante distintos procesos de fabricación.

## **2.16 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Se definen como los cuerpos que integran las obras de construcción, cualquiera que sea su naturaleza, composición y forma. Dentro de los materiales son aquellos que sirven para la realización de una edificación u obra de ingeniería civil. Según la función que desempeñan en la obra se pueden clasificar en materiales fundamentales, materiales conglomerantes y materiales complementarios o auxiliares.

---

<sup>21</sup>Elementos que constituyen un edificio. Recuperado en:  
<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema.1.Introduccion.pdf>

Los materiales fundamentales (Acero, hormigón, rocas) sirven para construir las unidades de obra capaces de soportar los esfuerzos mecánicos y las acciones atmosféricas a que va a estar sometida la construcción que se proyecta. Los materiales conglomerantes son aquellos que constituyen la base de los morteros y hormigones, empleándose en construcción para unir o enlazar materiales del grupo anterior, además de constituir los últimos, por sí solos y en combinación con el acero, un material de construcción fundamental por excelencia.

Las pastas que con ellos se consiguen permiten ser extendidas y moldeadas convenientemente para adquirir, después de endurecidas, unas características mecánicas similares a las de los materiales pétreos naturales y artificiales. Los principales conglomerantes empleados en la construcción son el cemento Pórtland, el yeso y la cal. Los materiales complementarios o auxiliares son aquellos que se utilizan dentro de las edificaciones como complementos utilitarios de las mismas.

El vidrio, pinturas, aislantes, materiales eléctricos, de fontanería, carpintería de madera, de aluminio, de PVC, etc., constituyen algunos ejemplos.

## **2.17 CLASIFICACION DE LOS MATERIALES**

Los materiales utilizados en construcción en una primera clasificación se pueden dividir en dos tipos generales atendiendo a su origen (Clasificación genética): naturales y artificiales. Los materiales naturales, son aquellos que pueden ser empleados tal como se hallan en la naturaleza, labrándolos para darles la forma y dimensiones adecuadas, pero sin realizar en ellos transformación físico-química alguna.

Los materiales artificiales, son aquellos que, tras un proceso de elaboración y transformación de su composición, adquieren las características apropiadas a su uso. Se utilizan como materias primas para su obtención los materiales naturales, que modificados a base de los distintos procesos de fabricación, dan como resultado el material artificial. Esta primera gran clasificación, se divide a su vez en dos grupos de acuerdo con la naturaleza del material, pudiendo ser de carácter orgánico o inorgánico.

Los materiales orgánicos, proceden de animales o vegetales, crecen y mueren de acuerdo a las leyes biológicas, con una forma propia definida, reproduciéndose y siendo perecederos, por lo que son necesarios tratamientos que impidan su alteración. Como ejemplo de material natural orgánico, tenemos las maderas y como artificial orgánico los plásticos.

Los materiales inorgánicos, están formados por yuxtaposición de sus moléculas, y pueden adoptar estructura vítrea o cristalina. Forman parte de este grupo las rocas y minerales utilizados para la obtención de la mayoría de materiales artificiales. Pertenecientes a este grupo, son los materiales más importantes utilizados en construcción. Como ejemplo de material natural inorgánico, todos los pétreos naturales y como artificial inorgánico: los cerámicos, los aglomerantes, los metales, etc.

### **CUADRO 1.2.1.- CLASIFICACION DE LOS MATERIALES**

CUADRO 1.2.1.- CLASIFICACION DE LOS MATERIALES

- PÉTREOS NATURALES: Rocas
- PÉTREOS ARTIFICIALES: {
  - Cerámicos y vidrios
  - Aglomerantes: Yesos, cales y cementos
  - Aglomerados: Morteros, hormigones, y prefabricados.
- METÁLICOS.
- ORGÁNICOS NATURALES: Maderas y corchos.
- ORGÁNICOS ARTIFICIALES: Resinas y plásticos
- BITUMINOSOS.
- PINTURAS.

### **2.18 METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LOS MATERIALES**

La correcta utilización de un material en una determinada obra, pasa por analizar si éste es adecuado para la misión que debe cumplir en la misma, para ello debe poseer ciertas características que justifiquen su uso.

A lo largo de la historia, el problema se ha resuelto de forma experimental, es decir, en base al conocimiento adquirido según se iba comprobando si el material cumplía o no las exigencias que de él se precisaban en cada caso.

Actualmente se ha llegado, tras el conocimiento científico-técnico, a dominar el comportamiento de un determinado material para una cierta aplicación, pudiéndose medir y comprobar si el mismo posee una propiedad en el nivel adecuado exigible en cada parte de la obra, lo que nos conduce a la elección del material más idóneo para cada uso determinado.

El proceso se basa en el estudio de la reacción que se produce ante cualquier acción del exterior, ya sea mecánica, eléctrica, química, etc. El control de esta reacción nos define y mide las propiedades del material.

La reacción dependerá de:

- La clase y forma de la acción.
- Las características del material.
- La forma y dimensiones del mismo.

Como resumen, la metodología a seguir para el estudio de los materiales, puede ser la siguiente:

- Conocer y valorar las propiedades que queremos exigirles.
- Conocer y realizar los ensayos adecuados para obtener la medida que indica el cumplimiento de dichas propiedades.
- Adoptar los usos apropiados a los que se puede destinar el material.
- Analizar las ventajas e inconvenientes ante otros materiales similares.

De acuerdo a los datos que nos aporten dichos estudios, podremos elegir el material más apropiado para cada necesidad. Sin embargo, la utilización de un material en obra, no se realiza únicamente en base a los estudios citados, ya que, los factores que intervienen a la hora de su elección son mucho más complejos, pudiendo agruparse del siguiente modo:

- Características técnicas.
- Condicionantes económicos.
- Condicionantes estéticos.

## **2.19 DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA GRIETAS VEGETACIÓN**

La de patologías estructurales es relativamente nuevo a nivel académico, pero siempre ha existido y se ha manifestado a lo largo de la historia, dando a conocer la importancia de ser conscientes de la trascendencia que tiene el examinar los posibles problemas que puede llegar a tener una edificación en su sistema estructural o en elementos no estructurales, bien sea por factores internos o externos.

Cerca de la década de los sesenta, se comienza a indagar acerca las patologías del concreto reforzado. Si se deseara definir el concepto de patología estructural, se tendrá que partir inicialmente de una analogía entre las estructura o edificaciones y el ser humano o cualquier otro ser vivo, puesto que se entenderá entonces una patología estructural como la presencia o evidencia de fallas o comportamiento irregular de una edificación, con las cuales, no se puede garantizar la seguridad de la misma.

De esta manera surgen tres conceptos claves para manejar una patología estructural; los cuales son:

- Identificar cual es el comportamiento defectuoso, (Enfermedad).
- Realizar una investigación de las posibles causas de ese comportamiento irregular. (Diagnostico).
- Plantear acciones inmediatas (Tratamiento o Terapia.)

Todo esto con el fin de garantizar las condiciones necesarias de seguridad y confort que pueda ofrecer una edificación en función de su estructura. Para iniciar cualquier tipo de investigación patológica a una estructura siempre se deben tener presentes los antecedentes históricos de la misma.

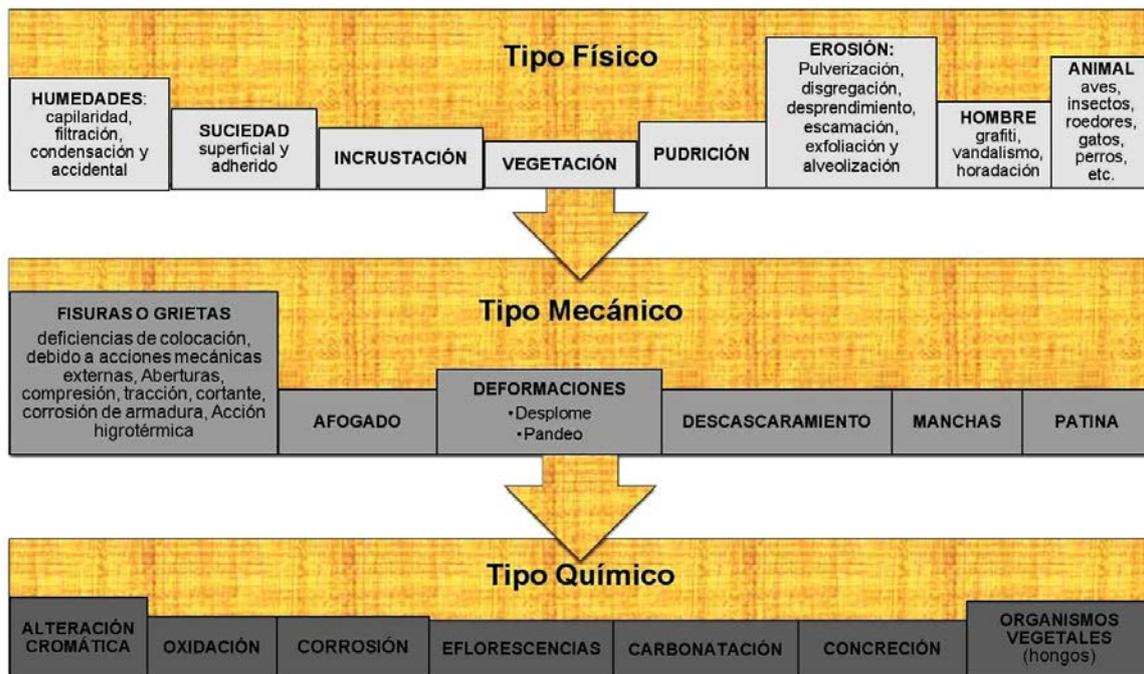
Estos antecedentes permitirán a los investigadores tener una idea más clara de cuáles son las causas por las que se pueda estar presentando dicha patología en la estructura. A continuación se hacer referencia a los aspectos que se deben tener claros al inicial un estudio patológico:

- **Sismos:** Los movimientos telúricos ocurridos durante la vida útil de la estructura.
- **Proceso constructivo:** Dependiendo de la forma en que estén dispuestos todos los elementos que componen el sistema estructural primario de las edificaciones, se logrará de una forma más acertada diagnosticar las causas y de igual forma dar las recomendaciones para el tipo de intervención que se le deba realizar a la estructura afectada.
- **Estado de los materiales:** en la calidad y la forma de como sea su composición se podrá determinar por medio de modelación y cálculos matemáticos los parámetros mínimos de resistencia que tiene la estructura.
- **Entorno:** Depende de la geografía, topografía, características ambientales donde se encuentra ubicada la estructura y de todo su entorno, el que permita que por diferentes causas (físicas, mecánicas o químicas) se puedan estar presentando los síntomas para una patología estructural.
- **Identificar adecuadamente las causas de las patologías.**  
Al realizar un estudio patológico para una estructura de concreto reforzado se debe tener muy presente tanto para la recopilación de datos como para la realización de los informes todas las características cualitativas y cuantitativas de cada patología. Estas características para cada caso deben ser entre otras de forma, estado, color, humedad, cantidad, dimensión, sentido.
- **Niveles de riesgo**  
Los niveles de riesgo son indicadores que permiten de primera mano tomar las medidas de seguridad necesarias, para que la integridad de quienes habitan las estructuras afectadas no se vea afectada y de igual forma su funcionamiento dependiendo de sus características.

Estos indicadores pueden determinarse por medio de colores, letras o números dependiendo del tipo o lugar donde se lleve a cabo la investigación o estudio patológico.

De esta manera podemos identificar tres niveles de riesgo para una estructura de concreto reforzado:

- **Nivel de riesgo bajo:** Cuando la vulnerabilidad sísmica de la estructura no se ha visto afectada de forma significativa después de un evento o por la afectación directa o indirecta de algún agente externo o interno y que no representa un daño o peligro de colapso para la integridad del sistema estructural. Este nivel de riesgo se puede manifestar en pequeñas fisuras en los elementos de concreto y que muchas veces no se pueden percibir a simple vista.
- **Nivel de riesgo medio:** Sucede cuando la estructura afectada muestra síntomas o signos puntuales, con fisuras o pérdida de recubrimientos que se pueden percibir a simple vista, las cuales pueden comprometer de una manera no muy significativa pero que de igual forma son importantes el sistema estructural de la edificación.  
En este caso las edificaciones pueden ser utilizadas pero bajo medidas de tratamiento y supervisión.
- **Nivel de riesgo alto:** Este se da cuando las a las estructuras después de un evento sísmico o después de una grave lesión por causa de alguna patología severa, se le producen desprendimientos parciales o totales de materiales, dejando al descubierto el refuerzo, también se presentan pandeos o deformaciones en los en los elementos. En este caso se recomienda de forma inmediata el desalojo de las estructuras afectadas puesto que su sistema estructural primario esta tan afectado que en cualquier momento se puede presentar un colapso.



Fuente: Patología estructural

<http://patologiasestructurasconcreto.blogspot.com/p/definicion-patologia-estructural.html>

Baja resistencia, relación agua, el cemento: es el factor principal. la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incorporado disminuye con el aumento de la relación agua-cemento, el contenido de cemento: la resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento, el tipo de cemento: la rapidez y el desarrollo de la resistencia varia para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento, las condiciones de curado: dado que las reacciones de hidratación del cemento solo ocurren en presencia de una cantidad adecuada de agua, se debe mantener la humedad durante el periodo de curado para que el concreto pueda incrementar su resistencia con el tiempo.

## 2.20 GRIETAS ESTRUCTURALES

Clasificación de grietas por el tipo de esfuerzo que las produce:

- Grietas debidas a esfuerzos de flexión.
- Grietas debidas a esfuerzo cortante.
- Grietas debidas a esfuerzos de torsión.

Clasificación de grietas por su ancho:

- Fisuras: ancho < 0.4 mm.
- Grietas: 0.4 ≤ ancho < 1.0 mm.
- Fractura: 1.0 ≤ ancho < 5.0 mm
- Dislocación: ancho > 5.0 mm.

Tipos de grieta en concreto	Después del endurecimiento	Causas físicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregados con contracción</li> <li>• Contracción por secado</li> <li>• Cuarteado superficial</li> </ul>
		Causas químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosión en el esfuerzo</li> <li>• Reacción alcali-agregado</li> <li>• Carbonatación del cemento</li> </ul>
		Causas térmicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclos hielo/deshielo</li> <li>• Variaciones térmicas por cambios estacionales a lo largo del año</li> <li>• Contracción térmica temprana:</li> <li>• Restricción externa</li> <li>• Gradientes temperatura interna</li> <li>• Incendio</li> </ul>
		Causas mecánicas	
	Causas estructurales		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobrecarga accidental</li> <li>• Flujo plástico</li> <li>• Cargas de diseño</li> <li>• Otras causas</li> </ul>

Clasificación de grietas por su movimiento:

- Grietas muertas: son aquellas cuyo ancho y longitud no varían con el tiempo; es decir, son estables.
- Grietas vivas: son aquellas cuyo ancho y longitud varían con el tiempo, presentando movimiento bajo la acción de cargas, efectos térmicos, sollicitaciones dinámicas, etc. Son grietas inestables.

#### Causas estructurales

- Sobrecarga accidental
- Flujo plástico
- Cargas de diseño
- Otras causas

#### Antes del endurecimiento plasticidad

- Daños por congelamiento temprano
- Contracción plástica
- Asentamiento plástico
  - Movimientos durante la construcción
  - Movimientos del molde
  - Movimientos de la sub-base

## **2.21 LOCALIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS**

El análisis de las patologías estudiadas y visualizadas al ojo por ciento pudimos identificar todo aquello que presentaba un desgaste y agrietamiento de la estructura, ya sea debido a la humedad, insectos o polillas, vegetación y elementos químicos que de alguna u otra manera afecten la fachada o debilite algunos elementos estructurales como los arcos, contrafuertes, muros de carga, bóvedas y cúpulas, entre otras no mencionadas.



Ilustración 15. Vista trasera del santuario. Aquí se puede ver el campanario compuesto por tres campanas, dos inferiores de mayor tamaño y una en la parte superior más pequeña. Esta descansa en los muros que sostienen la cúpula vaída. Se evidencia el crecimiento de humedad en las paredes del santuario.

Según el resultado se pudo visualizar como un tipo de polilla afectaban los arcos de ladrillos que aseguran las puertas y ventanas del Santuario en Boyá, funcionando como dinteles. También la humedad ha afectado la fachada exterior despegando el revestimiento de mortero en concreto hecho de cal, cemento, arena y agua. Otro factor que debilita el revestimiento del mortero es la vegetación que se forma en donde exista humedad en cualquier parte de la estructura generando grietas pequeñas que a medida que pasa el tiempo se va haciendo más profundas, ya que las raíces se van esparciendo dentro de la roca debilitando su centro de masa y por lo tanto, perdiendo resistencias a fuerzas que se generen sobre ellas.

En el interior del santuario iglesia, solo presenta desprendimiento del revestimiento de pañete en la parte inferior de la cúpula sin ser afectada por la humedad ni la vegetación en su interior.

**CAPITULO III.**  
**DISEÑO METODOLÓGICO**

### 3.1 DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación tuvo como el comportamiento estructural y constructivo de la edificación histórica del siglo XVII, del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas objetivo general analizar en Boyá, y los factores que influyen en su deterioro, la cual como metodología se utilizaron un enfoque descriptivo y la explicativa, las cuales permitirán emplear un guía racional y veraz de las informaciones consultadas.

Los niveles de investigación serán: Descriptivo y explicativo y de campo.

Método descriptivo: en este método se exponen las características, circunstancias y rasgos del tema en cuestión, así como también, se analizan las diferentes variables relacionadas a la investigación.

Método explicativo: busca plantear las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos. Dicho estudio sirve para aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo la investigación más completa sobre un contexto particular de la vida real, investigar problemas del comportamiento humano que consideren cruciales los profesionales de determinada área, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones posteriores o sugerir afirmaciones postulados verificables.<sup>22</sup>

#### **De campo:**

Son los estudios que se realizarán en el lugar del proyecto, aquí se obtendrán los datos constructivo de la edificación después que fue realizado un diagnostico al santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya.

---

<sup>22</sup> Hernández Sampieri y Batista P. (2008). Metodología de la investigación. México: Editorial”, México, D.F. McGraw Hill de México. Capítulo 4. p. 57.

## **Bibliográfica:**

Este tipo de investigación brindará el sustento necesario para el desarrollo del presente estudio. Para la realización de esta investigación se hizo uso de la recopilación de datos como fuentes secundarias que son libros de textos, libros electrónicos, páginas Web, enciclopedias, entre otros, todos relacionados al tema de investigación. Y un levantamiento de información ofrecido por experto en la materia y autoridades de la zona.

### **3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Se realizará una investigación con un enfoque cualitativo por medio de la cual observaremos constantemente la estructura de la obra, como una manera de identificar y analizar el santuario la cual se formula bajo la técnica documental, con carácter exploratorio, donde serán consultados diferentes fuentes tales como: Fuentes bibliográficas, fuentes digitales e informaciones de tesis y monográficos, la cual es la riqueza máxima de este estudio, ya que aporta la posibilidad de reunir información amplia y diversa sobre el comportamiento estructural y constructivo de la edificación histórica del siglo XVII, del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boyá, por esas razones se requiere mantener el eje central del estudio.

Tomado varias fuentes, analizados y descritos de forma condensada, luego de reunir la máxima información disponible actualmente, sobre el tema específico, con una postura personal que se refleja de forma directa en las conclusiones realizadas.

### **3.3 TIPOS DEL DISEÑO**

Los lineamientos técnicos del estudio donde se le aplicó el diagnóstico realizado al diseño estructural del Santuario Nuestra Señora de Aguas Santas en Boyá en relación a las condiciones medio ambientales de la humedad y temperatura, los datos arrojados son:

-Datos del muro interior:

Temperatura \_ 29.1 ^ (grado Celsius)

Humedad \_ 99.99% (aparato más exacto)

Humedad \_ 98% (aparato no tan exacto)

Reflejo de Luz \_ 76.9 Klux

-Datos del muro exterior:

Temperatura \_ 31.6 ^ (grado Celsius)

Humedad \_ 10.0% (aparato más exacto)

Humedad \_ 98% (aparato no tan exacto)

Reflejo de Luz \_ 13.11 Klux

-Datos de la columna de contención exterior (Le da el sol):

Temperatura \_ 32.2 ^ (grado Celsius)

Humedad \_ 20.3% (aparato más exacto)

Humedad \_ 98% (aparato no tan exacto)

Reflejo de Luz \_ 18.09 Klux

-Datos del muro exterior (Le da el sol):

Temperatura \_ 31.0 ^ (grado Celsius)

Humedad \_ 52.7% (aparato más exacto)

Humedad \_ 98% (aparato no tan exacto)

Reflejo de Luz \_ 22.08 Klux



Ilustración 16. Vista lateral derecho del santuario donde también se presenta fisuras provocado por el nacimiento de la vegetación, debido a la humedad.

Después de la visita realizada al Santuario en Boyá, donde se le realizó un diagnóstico al lugar con el uso de equipos como el termo higrómetro digital para realizar un muestreo medio ambiental al lugar, donde se determinó con relación a la temperatura y humedad de que estos se encontraban fuera de los parámetros ambientales.

Algo que se pudo determinar es que a diferencia entre la temperatura del lugar y la de la edificación presentan niveles diferentes, por ejemplo la temperatura de los muros interiores era de 29.6 grado Celsius, del muro exterior fue de 31.6, de la columna de contención exterior le da el sol temperatura 32.2 ^ (grado Celsius, del muro exterior 31.0 ^ grado Celsius. la humedad del muro interior 99.99%, la del muro exterior 98%, la columna de contención exterior con 98% y con un reflejo de luz \_ 22.08 Klux.



Ilustración 17. Vista Lateral Izquierda del Santuario en boya. En esta se visualiza el deterioro ocasionado por la aparición de vegetación en la techumbre de la iglesia, agrietando el revestimiento provocado por la humedad.



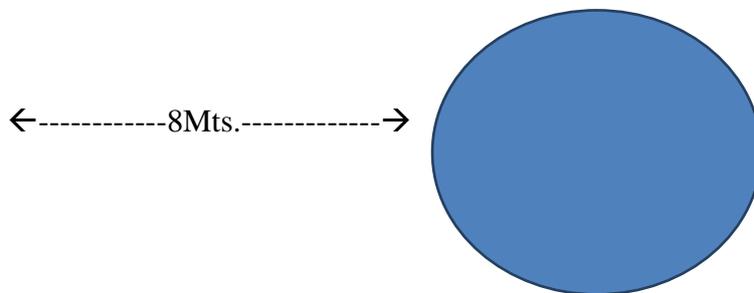
Ilustración 18. Vista Lateral Derecha del Santuario de Nuestra Señora de Aguas Santas en Boya. De este lado en el muro izquierdo de la iglesia obtuvimos los datos correspondientes a las humedades, la temperatura y el nivel de luz que se genera en ese muro de carga para determinar si afecta la fachada.

La edificación refleja una humedad fuera de los parámetros de aceptación, provocando con esto un desprendimiento en el revestimiento en la pintura de los muros, pero además se visualiza un crecimiento de hongo acelerando el deterioro en toda la edificación.

### 3.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Según los resultados en el diagnóstico realizado a la edificación, de la iglesia en Boya, se hizo un levantamiento fotográfico de la construcción.

Para realizar el levantamiento planimétrico de la estructura nos dirigimos a la Provincia de Monte Plata en Boyá, donde se ubica el Santuario de Aguas Santas, donde para hacer dicho levantamiento fueron utilizados una cinta métrica que nos permitió visualizar la planta dimensionada en un borrador para luego traspasarlo al Autocad y formalizar nuestro trabajo de investigación realizando en planos y dividido en secciones la estructura como una manera de visualizar la realidad y actualidad en el estado que se presenta la iglesia.



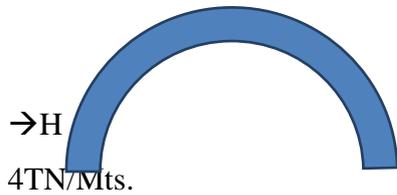
$$\text{Perímetro Cúpula} = \pi \cdot D = (3.14) \cdot (8\text{Mts.}) = 25.12\text{Mts.}$$

$$\text{Peso Cúpula} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot 1 \text{ TN/M}^2 \rightarrow (3.14) \cdot \left(\frac{8^2}{4}\right) \cdot 1 \text{ TN/M}^2 = 50.24 \text{ TN}$$

$$W \text{ Cúpula} = \frac{\text{Peso Cúpula}}{\text{Perímetro Cúpula}} \rightarrow \frac{50.24 \text{ TN}}{25.12\text{Mts.}} = 2\text{TN/Mts.}$$

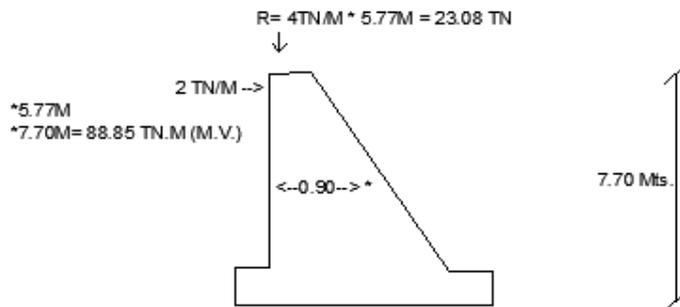
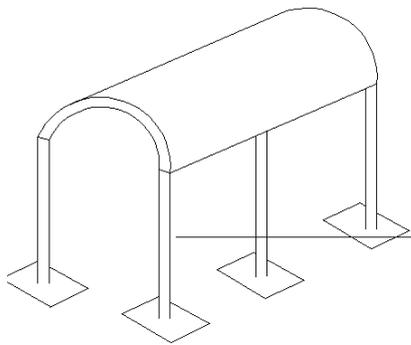
### Bóveda de Cañón

←-----8Mts. -----→



←H      R (Reacción) = 8Mts. / 2 \* 1 TN/Mts. =

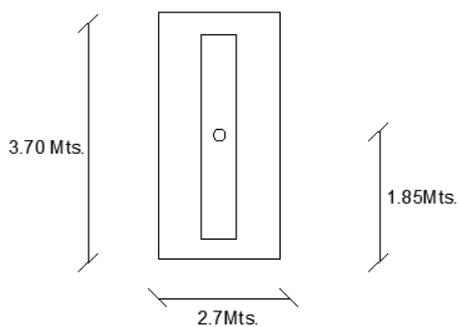
$$H = \frac{R^2 - R^2/2}{R} = \frac{(4TN/M)^2 - (4TN/M)^2/2}{4TN/M} = 2TN/Mts.$$



4 TN/Mts. 5.77Mts = 21.62 TN -----→ \*0.20M (Base de la corona) = 4.32 TN.M

2.2 TN/M^3. 2.8 Mats. 6.7 Mts. 0.90 = 37.14 -----→ \*0.90 = 33.43TN.M

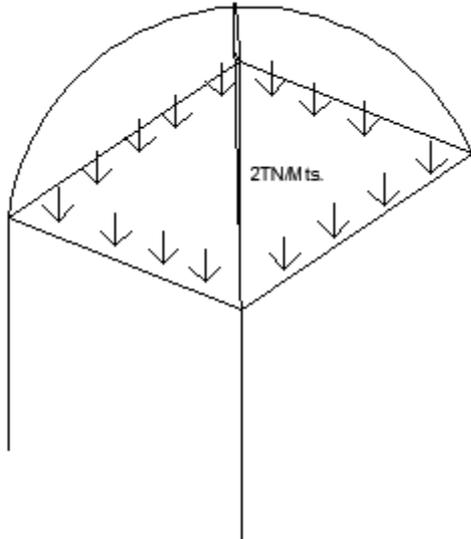
2.2 TN/M^3. 2.7 Mts. 3.70 Mts. 1Mts = 21.978TN -----→ \*1.85 = 40.65 TN.M



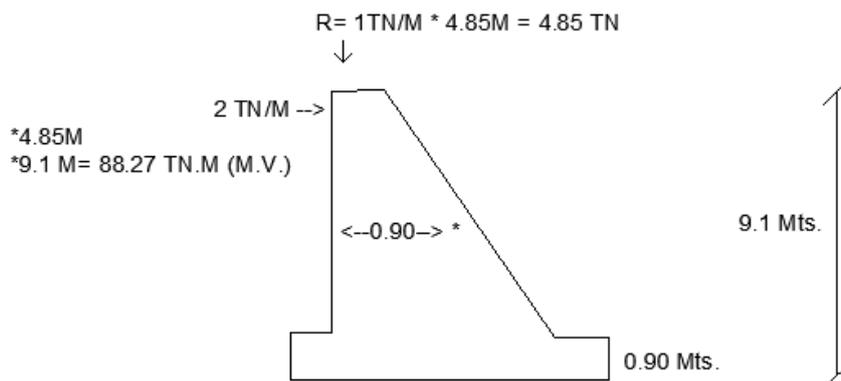
$\Sigma V = 80.738TN$

$\Sigma \text{Momentos } V = 78.4 TN.M + 88.25 TN.M = 167.25$

TN.M



$R = 1 \text{ TN/Mts.}$        $H = 2 \text{ TN/Mts.}$

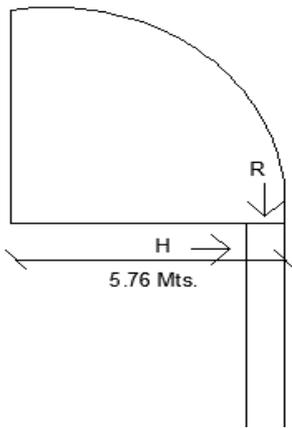
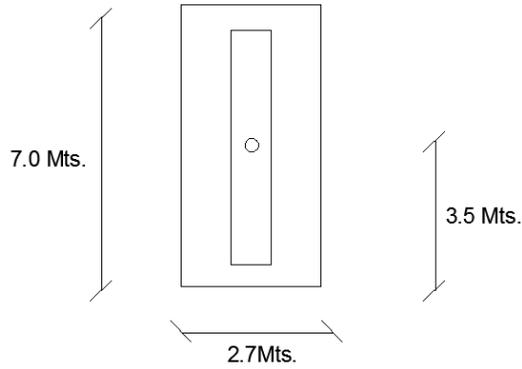


$1 \text{ TN/Mts. } 4.85 \text{ Mts} = 4.85 \text{ TN} \text{ -----} \rightarrow *0.20 \text{ M (Base de la corona)} = 0.97 \text{ TN.M}$   
 $2.2 \text{ TN/M}^3. 2.8 \text{ Mts. } 8.2 \text{ Mts. } 0.90 = 45.46 \text{ -----} \rightarrow *0.90 = 40.914 \text{ TN.M}$   
 $2.2 \text{ TN/M}^3. 2.7 \text{ Mts. } 7 \text{ Mts. } 1 \text{ Mts (Espesor Zapata de muro)} = 41.58 \text{ TN -----}$   
 $\text{-----} \rightarrow *3.5 = 145.53 \text{ TN.M}$

$\Sigma V = 91.89 \text{ TN}$

$\Sigma \text{Momentos V} = 187.414 \text{ TN.M} + 88.27 \text{ TN.M} =$

$275.684 \text{ TN.M}$



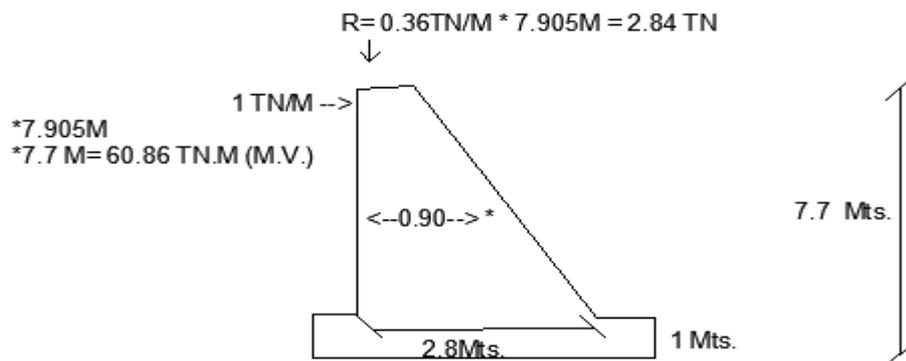
Perímetro Cúpula  $\frac{1}{2} = \pi \cdot D = (3.14) \cdot (11.52) / 2 = 18.09$  Mts.

Peso Cúpula  $\frac{1}{2} = \pi \cdot (5.76)^2 / 4 \cdot 1 \text{ TN/M}^2 = 26.057$  TN

$W$  Cúpula =  $26.057 \text{ TN} / 18.09 \text{ M} = 1.44 \text{ TN/M}$

$R = 1.44 / 4 = 0.36$  TN/M

$H = 1$  TN/M



$0.36 \text{ TN/M} \cdot 7.905 \text{ Mts.} = 5.6916 \text{ TN} \text{ -----} \rightarrow 1.138 \text{ TN.M}$

$2.2 \text{ TN/M}^3 \cdot 2.8 \text{ Mts.} \cdot 6.7 \text{ Mts.} \cdot 0.90 = 37.14 \text{ TN} \text{ -----} \rightarrow 37.14 \text{ TN} \cdot 0.90 = 33.426 \text{ TN.M}$

$2.2 \text{ TN/M}^3 \cdot 2.7 \text{ Mts.} \cdot 2.95 \cdot 1 \text{ Mts} = 17.523 \text{ TN} \text{ ---} \rightarrow 17.523 \text{ TN} \cdot 1.475 \text{ Mts.} = 25.84 \text{ TN.M.}$

## **CONCLUSIÓN**

## CONCLUSIÓN

Al finalizar el análisis y estudio de la patología estructural del Santuario Nuestra Señora de Aguas Santas en Boyá, se visualizó que un tipo de insecto o polilla atacaba los ladrillos haciéndole pequeños orificios, disminuyendo la resistencia de los mismos en los arcos de las puertas del santuario.

Este factor crea un deterioro muy significativo, según los estudios patológicos, la humedad que se transmite por grietas o fisuras atacando la fachada exterior y por lo tanto, debilitando todo el revestimiento frágil de mortero (cal, cemento, arena y agua) y eliminando parte de su fachada.

Con relación a la humedad por filtración o penetración masiva de agua del exterior al interior del edificio, se producen en: Cubiertas, sótano y todas las fachadas (escorrentía), la humedad de las edificaciones religiosas patrimoniales, por consecuencia del agua añadida a los materiales durante el proceso constructivo y de la recibida por las inclemencias del tiempo durante en tanto el edificio no esté protegido.

Por lo que este tipo de humedades tiene gran influencia en la aparición de éstas en los primeros años de uso de cualquier edificio. Con relación a la humedad de condensación interior, es consecuencia de la licuación del vapor de agua sobre los paramentos interiores de la edificación, donde intervienen factores como la temperatura y humedades relativas tanto en el exterior e interior. El aire ambiental tiene la capacidad de absorber tanto más vapor de agua cuanto mayor sea su temperatura. La diferencia entre la cantidad real de agua que contiene (gr. Agua/Kg de aire) y la que podría contener (saturación) a una temperatura dada se denomina humedad relativa del aire.

Cuando el contenido real rebasa la capacidad absorbente del aire para la temperatura considerada el exceso de vapor precipita (se condensa) y lo hace sobre las partes más frías de los parámetros, de ahí la importancia del aislamiento térmico de las fachadas de la estructura del santuario. La humedad relativa del ambiente confinado se puede variar modificando la temperatura del aire o modificando el contenido de vapor, o ambas cosas.

El aire a 0° saturado contiene 3,78 gr. Agua/Kg aire, mientras que a 20° contiene casi 4 veces más. Esto explica por qué es tan importante, mejor dicho fundamental la ventilación en el control de las condensaciones.

En relación a la patología física, está la vegetación, la cual causa un deterioro aún mayor que la formación de grietas y humedad en los techos, muros y contrafuertes creando una fisura menor y un agrietamiento mayor para el soporte de las fuerzas que se generan sobre la misma.

En el análisis estructural se concluyó que la cúpula y las bóvedas de cañón, que generan una fuerza gravitacional de su propio peso sobre los demás elementos estructurales (muros, contrafuertes) hasta el suelo, según los cálculos estos resisten y funcionan a la perfección debido al gran espesor que tienen los muros y contrafuertes que resisten las cargas que se distribuyen a lo largo de la cúpula y la bóveda de cañón sobre los demás elementos estructurales que la soportan (muros, contrafuertes, cimentaciones) hasta ser sostenidos por el suelo.

Las afecciones causadas por el abandono y agentes atmosféricos han sido, sobre todo daños en las cubiertas del santuario propiciando un deterioro también en los muros y muchas veces la pérdida de las mismas. Por todo lo anterior, consideramos necesario reflexionar sobre la importancia que tiene conocer profundamente nuestras edificaciones con el fin replantearnos la debida manera de intervenir en ellos, que garantice la integridad de nuestro patrimonio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Heyman, Jacques, *El Esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica* ed. Herrera, Instituto Juan de, trans. Manzanares, Gema M. López (Madrid: EFCA, 1999). Pág.6

Ching, F. *Arquitectura: Forma, Espacio y Orden* (México: Editorial Gustavo Gili, S.A. y Talleres de EDIMEX, S.A., 1982). Pág.293

Chueca Goitia, *Historia de la Arquitectura Española* Pag. 294

Viollet-le-Duc. *La construcción Medieval*. Pág.55

Heyman, *El Esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica* Pág.7-8

Rodríguez Demorizi, Emilio. *El Pleito Ovando-Tapia. Comienzos de la vida urbana en América*, ed. Demorizi, Fundación Rodríguez, vol. X (Santo Domingo, R. D.: Editora del Caribe, CxA, 1978). Pág. 51. Tomado del Archivo General de Indias, Justicia 62.

Ibíd. Pág. 52

Pérez Montas, Eugenio. *República Dominicana. Monumentos Históricos y*

*Arqueológicos*, ed. Historia, Instituto Panamericano de Geografía e, 1a. ed., vol. XVIII

(México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia, No.380, 1984). Pág.111

Palm. *Los Monumentos Arquitectónicos de La Española*. Tomo II. Pág.37

Flores Sasso, Virginia. Estudio de los materiales constructivos de la Catedral de Santo

Domingo, primada de América: [recurso electrónico] / code 1.6.74 / Virginia Flores

Sasso, Esteban Prieto Vicioso, p. 676-684:

[http://181.36.9.115/oasis/Documentos/Estudio\\_materiales\\_constructivos\\_CatedralSD\(2\).pdf](http://181.36.9.115/oasis/Documentos/Estudio_materiales_constructivos_CatedralSD(2).pdf)

Manuel Arredondo. Manuel. El pueblo y santuario de nuestra señora d aguas santas en

Boyá, R.D. Oficina de Patrimonio Cultural. Departamento de Investigaciones.

Palm, Erwin Walter (1955). *Monumentos Arquitectónicos de la española*. Universidad Santo. Editora SEIX y Barral. Barcelona.

Bayard, Jean-Pierre. *El Secreto de las Catedrales. Del simbolismo medieval a su realización arquitectónica* (Barcelona, España: Ediciones TIKAL). Pág. 215

García, Antonio., *Alquimista de la Piedra*, La Revista N° 1 (junio 2000). Pág.11

Olsen Bogaret, Harold, Pérez Montas, Eugenio / Prieto Vicioso, Esteban. *Arqueología y Antropología Física en la Catedral de Santo Domingo*, Primera ed. (Santo Domingo: Amigo del Hogar, 1998). Pág. 201.

Rowland, Ingrid D. y Noble Howe, Thomas, *Vitruvius. Ten Books on Architecture* (New York, Estados Unidos de Norte América: Editions Cambridge University Press, 2001). Libro I, Capítulo II.

<sup>1</sup> *Ibíd.* Capítulo V.

<sup>1</sup> Rykwert, Joseph / Leach, Neil / Tavernnor, Robert, *Leon Battista Alberti on the art of building in ten books* (London: edition the Massachusetts Institute of Technology Press, 1999). Libro III, Capítulo II.

Choisy, *Historia de la Arquitectura. Prehistoria y Antigüedad*. Tomo I, Pág. 517

Palm. *Los Monumentos Arquitectónicos de La Española*. Tomo I. Pág.38.

Baez López-Penha. José Ramón y Pérez Montás, Eugenio, *Restauración de Antiguos Monumentos Dominicanos. Planos e Imágenes*, Primera ed. (Santo Domingo: Imprenta de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, 1986). Pág. 266

Moreno García, Francisco. *Arcos y Bóvedas*, Monografías CEAC de la construcción (Barcelona: Grupo Editorial Ceac, S.A.). Pág. 7

<sup>1</sup> Chueca Goitia. *Historia de la arquitectura española* Pág.290-291

*Ibíd.* Tomo I, Pág.291

Moreno García, *Arcos y Bóvedas*. Pág. 109-111

Rodríguez Demorizi. *El Pleito Ovando-Tapia. Comienzos de la vida urbana en América*. Pág.297

<sup>1</sup> *Ibíd.* Pág.285-286

Moreno, Carlos. *De las viejas tapias y ladrillos*, ed. Argentino, ICOMOS Comité (Buenos Aires, Argentina: Diagramación y compaginación A&R Arquitectura, 1995). Pág. 79-80

La toba es una roca de origen volcánico, porosa, blanda y de poco peso. La palabra toba viene del latín vulgar *tofa* (por tufus). También se le llama así al ladrillo poroso.

Viollet-le-duc. *La Construcción Medieval*. Pág.25-26

Fitchen, John. *The Construction of Gothic Cathedrals. A Study of Medieval Vault Erection* (United States of America: The University of Chicago Press, 1981). Capítulo 3, Pág. 42-85.

Heyman. *Teoría, Historia y Restauración de Estructuras de Fábrica*. Pág.23.

*Ibíd.* Pág.468

Rabasa Díaz. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Pág. 55.

Rodríguez Morel, Genaro. *Cartas de los cabildos eclesiásticos de santo domingo y concepción de la vega en el siglo xvi*, primera ed. (santo domingo, república dominicana: impresión amigo del hogar, 2000). Pág. 53.

Ugarte, María, "*Bovedillas de techo de nave de la Catedral demuestra pericia de sus constructores*," *El Caribe*.

Choisy. *.Historia de la Arquitectura. Prehistoria y Antigüedad*. Pág.471.

Palm. Erwin Walter. "*Los Monumentos Arquitectónicos de La Española*". Tomo I, Pág. 65

- Rodríguez Demorizi, Emilio. El pleito Ovando-Tapia. Comienzos de la vida urbana en América, sobre la ciudad Pág.64.

Ugarte, "*Bovedillas de techo de nave de la Catedral demuestra pericia de sus constructores*.

Heyman, Jacques, *La Ciencia de las Estructuras*, ed. Herrera, Instituto Juan de (Madrid: EFCA, S.A., 2001). Pág.59

Baez López-Penha. *Restauración de Antiguos Monumentos Dominicanos. Planos e Imágenes*. Pág. 249-254

<sup>1</sup> *Ibíd.* Pág. 232.

*Ibíd.* Pág. 232

<sup>1</sup> OLSEN Bogaret, *Arqueología y Antropología Física en la Catedral de Santo Domingo*. Pág. 201

<sup>1</sup> El arquitecto López Carmona en esos momentos además de su práctica profesional estaba como profesor en la Facultad de Arquitectura en la UNAM. Dos años después, en 1989, López Carmona es el responsable de la Corrección Geométrica de la Catedral y el Sagrario Metropolitano, de la ciudad de México.

Ricart Nouel, Alfredo A. *Informe sobre la estructura de la Catedral de Santo Domingo* (Santo Domingo: mayo 1989). Pág. 1

<sup>1</sup> *Ibíd.* Pág. 5

<sup>1</sup> *Ibíd.* 6

<sup>1</sup> *Ibíd.* Pág. 11

<sup>1</sup> *Ibíd.* Pág.12

Santuario Boya en Monte Plata. Recuperado en:

<http://www.conectate.com.do/articulo/atracciones-turisticas-de-monte-plata-republica-dominicana/2/?article>

Boyá en la actualidad. Recuperado en:

<http://www.listindiario.com/zonae/2008/8/22/70863/La-iglesia-de-Boya-sobrevive-desde-la-colonizacion>  
Elementos que constituyen un edificio. Recuperado en:

<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema.1.Introduccion.pdf>

Patología estructural. Recuperado en:

<http://patologiasestructurasconcreto.blogspot.com/p/definicion-patologia-estructural.html>

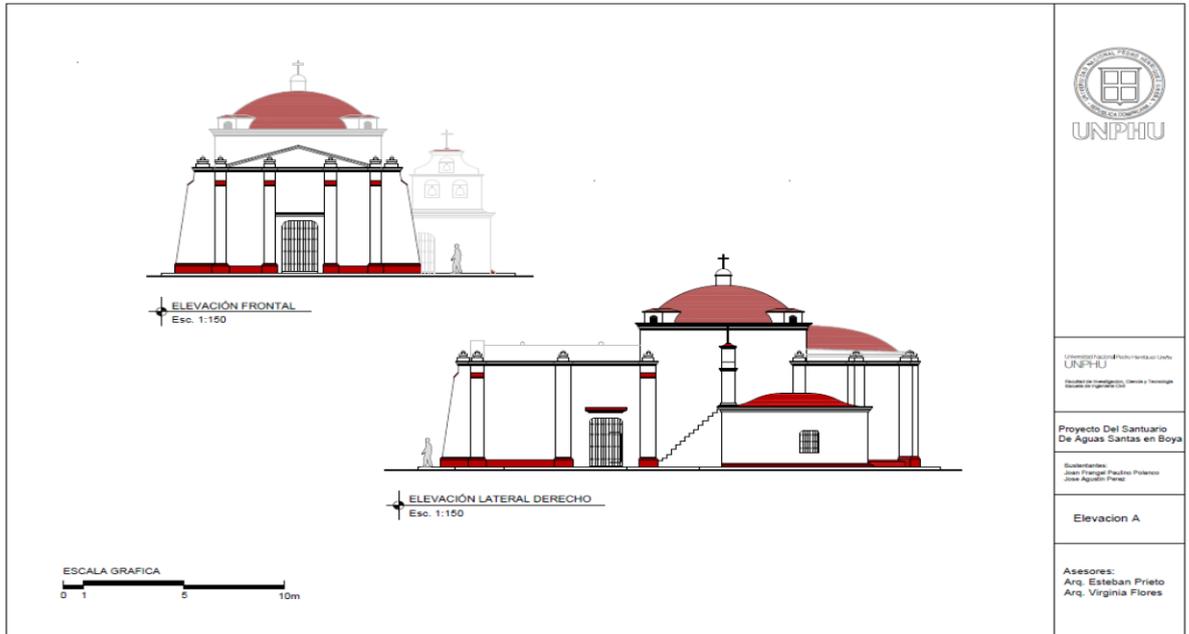
Comportamiento estructural de una cúpula

[http://oa.upm.es/1136/1/Huerta\\_2004\\_Arcos\\_bovedas\\_y\\_cupulas.pdf](http://oa.upm.es/1136/1/Huerta_2004_Arcos_bovedas_y_cupulas.pdf). Pags.236-289

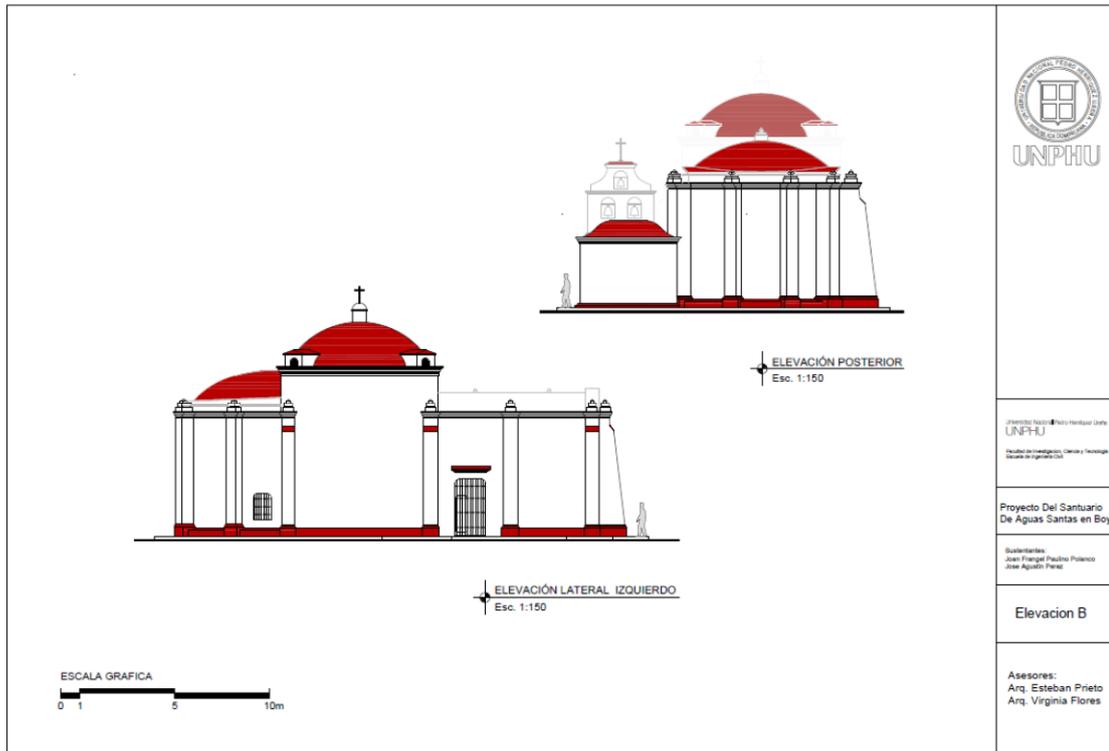
- Ugarte, María. Etapa obras de la fortaleza," El Caribe 8 marzo de 1975.
- Ugarte, María. "2da. Etapa obras de la fortaleza," El Caribe 23 de agosto de 1975.
- Archivo general de la nación
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. R.D.
- Monumentos arquitectónicos. Pérez montas. Biblioteca Unphu.
- Tesis UASD. Hospital San Nicolás de barri
- Antonio del monte y tejada. Relación de la isla española
- Dilucidaciones históricas págs. 378-379-380-381. Cipriano de Utrera.
- Obras de Trujillo. Archivo general de la nación
- Erwin Walter Palm. Los monumentos Arquitectónicos de la Española
- Relaciones históricas de santo domingo Demorizi. Tomo III. Archivo general de la nación.
- Siglo 17 y 18. Libro arcos bóvedas y cúpulas Santiago huerta. págs. 239.286.

## ANEXOS

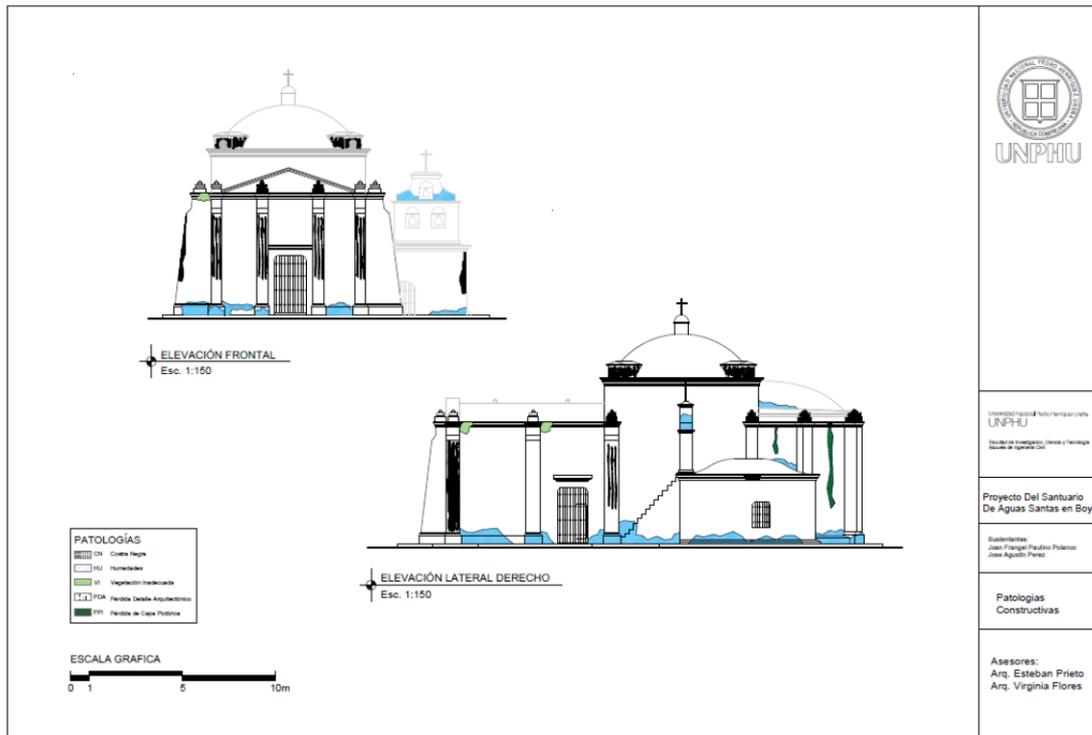
# ANEXOS: 1 Elevación frontal derecho del Santuario en Boyá



## ANEXOS: 2. Elevación frontal izquierdo del Santuario en Boyá



### ANEXOS: 3. Elevación lateral derecho del Santuario en Boyá



Universidad Nacional de Huancayo  
UNPHU  
Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas  
Escuela de Ingeniería Civil

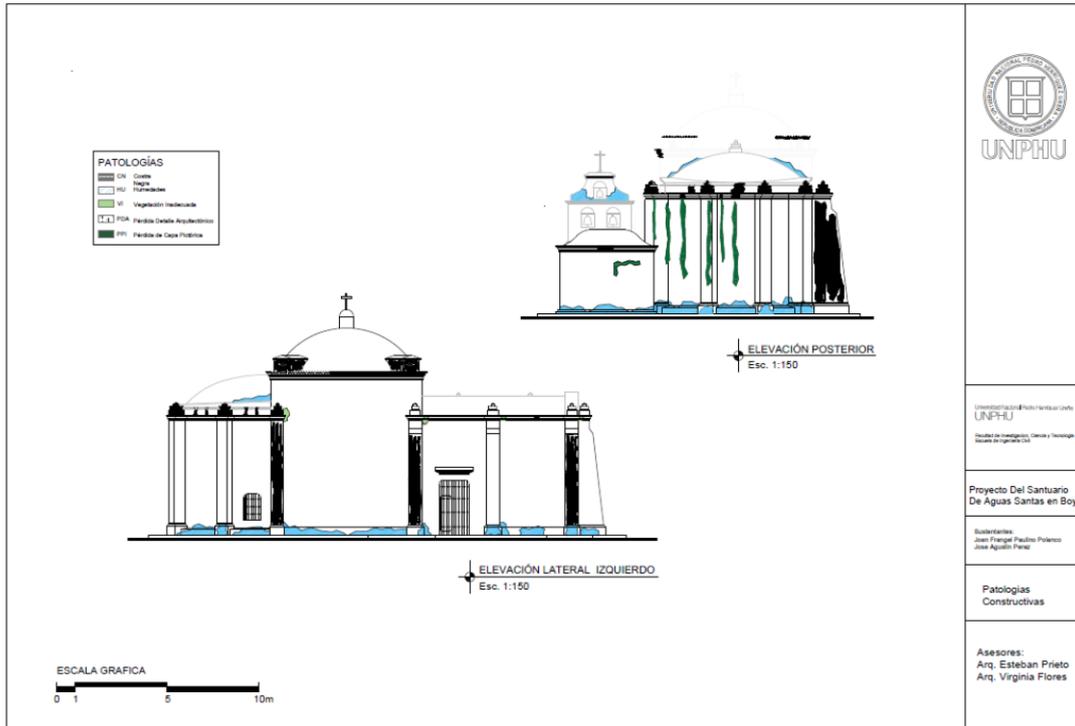
Proyecto Del Santuario  
De Aguas Santas en Boyá

Estudiantes:  
Joaquín Franco Paulino Palacios  
José Agustín Pérez

Patologías  
Constructivas

Asesores:  
Arq. Esteban Prieto  
Arq. Virginia Flores

## ANEXOS: 4. Elevación lateral izquierdo del Santuario en Boyá



Universidad Nacional Tecnológica de Boyá  
UNPHU

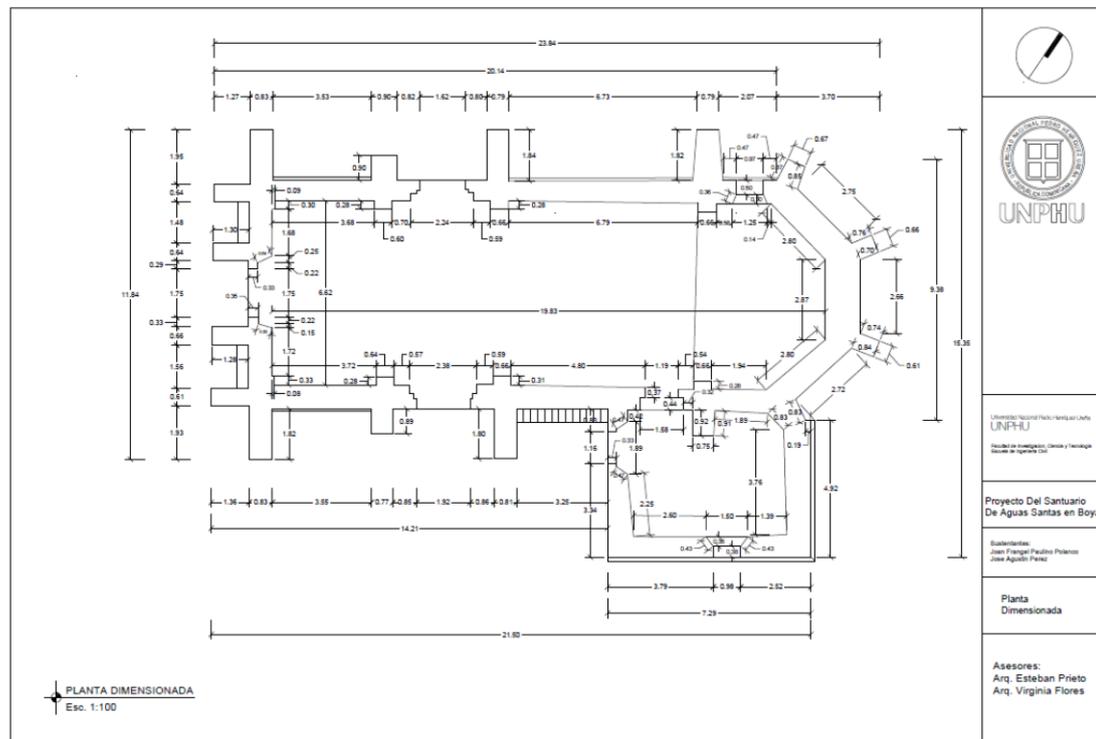
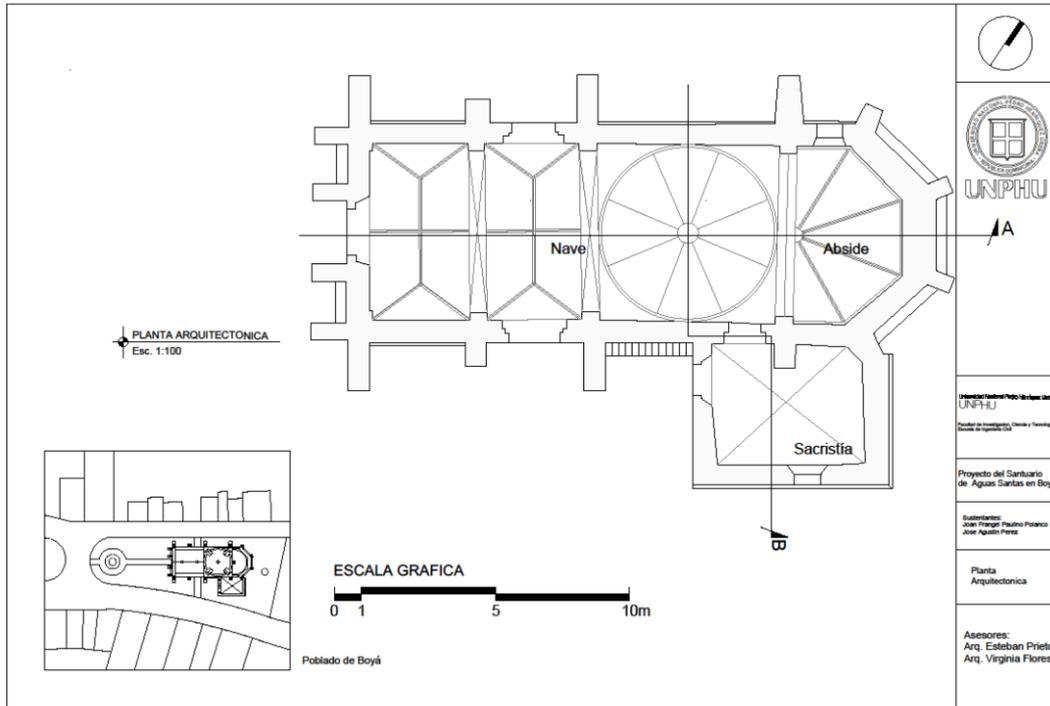
Proyecto Del Santuario  
De Aguas Santas en Boyá

Estudiantes:  
Juan Frangel Paulino Polanco  
Jairo Aguilar Parra

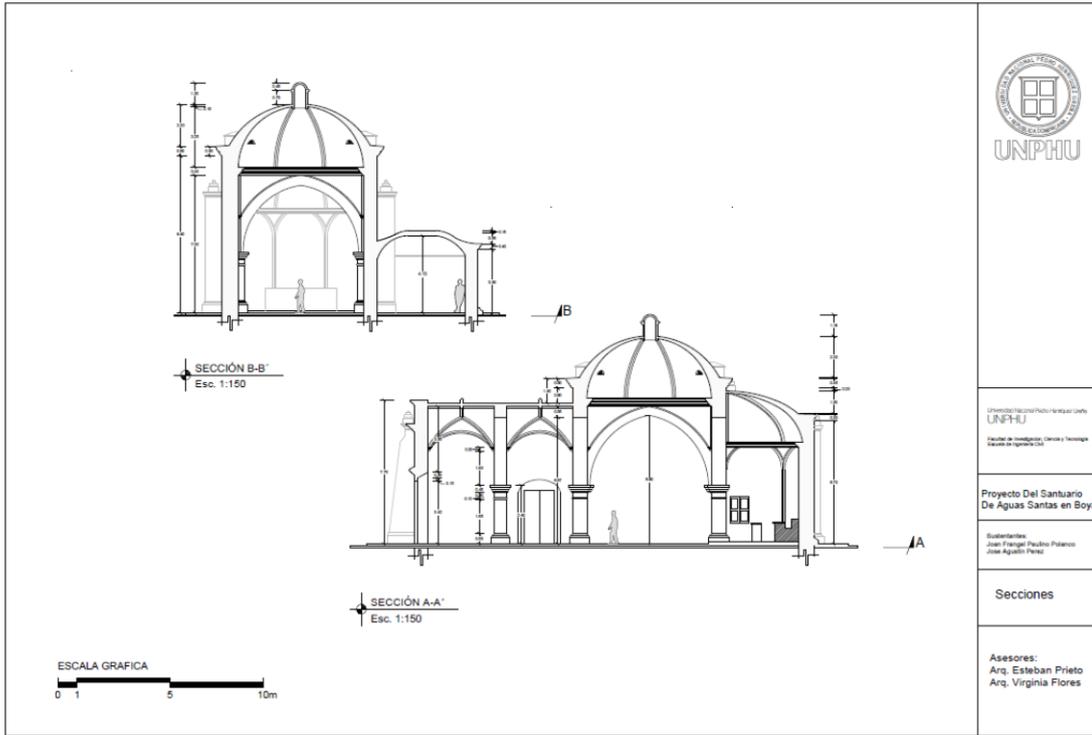
Patologías  
Constructivas

Asesores:  
Arq. Esteban Prieto  
Arq. Virginia Flores

# ANEXOS: 5. Planta arquitectonica en Boyá



# ANEXOS: 6 Plano del Santuario en Boyá



UNPHU  
Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña  
Escuela de Ingeniería, Ciencias y Tecnología  
Escuela de Ingeniería Civil

Proyecto Del Santuario  
De Aguas Santas en Boyá

Escritores:  
Juan Frangel Paulino Palomo  
Jose Aguilón Pérez

Secciones

Asesores:  
Arq. Esteban Prieto  
Arq. Virginia Flores



UNPHU  
Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña  
Escuela de Ingeniería, Ciencias y Tecnología  
Escuela de Ingeniería Civil

Proyecto Del Santuario  
De Aguas Santas en Boyá

Escritores:  
Juan Frangel Paulino Palomo  
Jose Aguilón Pérez

Ubicación del  
Proyecto

Asesores:  
Arq. Esteban Prieto  
Arq. Virginia Flores

ANEXOS: 7. Artículos de Periódicos que hablan del estado actual en que se encuentra el Santuario De Nuestra Señora de Aguas Santas en Boyá en esa época.

