

## **APLICACIÓN DE LA FAD PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO LÓGICO A TRAVÉS DE LA ASIGNATURA CONSERVACIÓN DE EDIFICACIONES.**

### APLICACIÓN DE LA FAD PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO LÓGICO

AUTORES: Dra. Ana Luisa Rodríguez Quesada<sup>1</sup>

Dr. Frank Navarro Tamayo<sup>2</sup>

Dra. Verónica Avila Ayón<sup>3</sup>

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: [analuisa.rodriguez1@gmail.com](mailto:analuisa.rodriguez1@gmail.com)

Fecha de recepción: 2019-08-19

Fecha de aceptación: 2019-08-26

#### RESUMEN

La contaminación ambiental y la degradación natural de los materiales provocan deterioros en las edificaciones, dando inicio a procesos patológicos que exigen acciones de conservación. En la formación de los ingenieros civiles, las competencias relacionadas con la conservación de edificaciones con prolongados períodos de explotación constituyen una prioridad, más cuando las obras ganan con los años un valor patrimonial que se debe preservar o rescatar. En esta investigación se describe la introducción de contenidos relacionados con la utilización de la fotogrametría arquitectural como herramienta para identificar distintas patologías que aparecen en obras civiles y luego medir con alta precisión, las deformaciones u otros deterioros que pueden presentarse. Se realiza un estudio fotográfico de deformaciones más comunes en elementos de hormigón armado, de diferentes edades, ubicadas en ambientes disímiles, en el entorno de la provincia Holguín, Cuba, para detectar sus características, sus causas y posibles tratamientos. Esto permite la formación de destrezas dentro del proceso de enseñanza aprendizaje que desarrolla el pensamiento lógico y organizacional con el uso de las tecnologías modernas del diagnóstico y la conservación.

---

<sup>1</sup> Ingeniera Civil. Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora Titular de la carrera de Ingeniería Civil, Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya, Holguín Cuba. [analuisa.rodriguez1@gmail.com](mailto:analuisa.rodriguez1@gmail.com).

<sup>2</sup> Arquitecto. Ingeniero Civil. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular de la carrera de Ingeniería Civil, Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya, Holguín, Cuba. [franata620113@yahoo.com](mailto:franata620113@yahoo.com).

<sup>3</sup> Ingeniera Civil. Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora Titular Agregado de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador. [veroayon@gmail.com](mailto:veroayon@gmail.com). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9375-3321>.

**PALABRAS CLAVES:** FORMACIÓN; DESARROLLO DEL PENSAMIENTO; COMPETENCIAS

## **APPLICATION OF THE DAF FOR THE DEVELOPMENT OF LOGICAL THOUGHT IN BUILDINGS CONSERVATION SUBJECT.**

Environmental pollution and natural degradation of materials cause deterioration in buildings, starting pathological processes that require conservation actions. In the training of civil engineers, competencies related to the conservation of buildings with exploitation prolonged periods are a priority, especially when the works gain over the years a heritage value that must be preserved or rescued. This investigation describes the introduction of contents related to the use of architectural photogrammetry as a tool to identify different pathologies that appear in civil works and then measure with high precision, deformations or other deteriorations that may occur. A photographic study of the most common deformations in reinforced concrete elements, of different ages, located in dissimilar environments, in the surroundings of the Holguin province, Cuba, is carried out to detect its characteristics, its causes and possible treatments. This allows the formation of skills within the teaching-learning process that develops logical and organizational thinking with the use of modern diagnostic and conservation technologies.

**FORMATION; DEVELOPMENT OF THOUGHT; COMPETENCES**

### **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo socioeconómico de un país requiere de la participación activa de los profesionales de la construcción y en especial de los ingenieros civiles. En los actuales planes de estudio de la carrera se reconoce el componente práctico en la forma de enseñanza relacionando al estudiante con proyectos de aplicación real y el soporte de las TICs. Por otra parte la conservación del patrimonio edificado sienta sus bases en la detección de las patologías que afectan a las estructuras, para ello se emplean diversos métodos, unos más laboriosos que otros.

A nivel internacional, se experimenta un marcado incremento de nuevos productos y tecnologías, así como, de las acciones de diagnóstico y evaluación de diversos estados patológicos. El proceso patológico en una parte o el todo de la edificación, presupone que hay unas causas (que constituyen el origen), que a su vez provocan las patologías que se manifiestan a través de un síndrome. Éstas, antes y después de manifestarse, se han desarrollado, en mayor o menor medida y con mayor o menor correspondencia con el

origen, lo que constituye un reto para el correcto diagnóstico y la terapéutica que las debe atender y eliminar.

Es, en este momento en que se retoma el camino a la inversa al que siguió el proceso patológico, para investigar y llegar al origen de las lesiones. Este sería el camino técnico y económicamente sustentable. El proyecto de intervención técnica de una obra, bajo los propósitos de corregir o subsanar sus desperfectos y demás síntomas de degradación, debe comenzar con un adecuado discernimiento de las causas originarias de ese estado de deterioro; así como, del conocimiento sobre el desarrollo de los procesos patológicos que trajeron como consecuencia, el estado técnico-funcional de la obra en cuestión.

#### DESARROLLO:

Con la introducción de la FAD en la asignatura Conservación de edificaciones se pretende:

- Desarrollar en los estudiantes actitudes, métodos y habilidades para que enfrenten con visión amplia, problemas de complejidades diversas, ofreciendo soluciones técnico-constructivas adecuadas y viables desde el punto de vista económico.
- Aprender a reconocer las ventajas de las soluciones tecnológicas tradicionales y su vínculo con las actividades relacionadas con la conservación del patrimonio construido y la utilización de nuevos materiales y equipamiento de diagnóstico.
- Tomar conciencia de la necesidad de trabajar por lograr soluciones técnico-constructivas adecuadas y económicamente viables, en el ámbito de la compatibilización de las construcciones como prevención ante catástrofes naturales o de otro tipo.
- Desarrollar la capacidad de integrarse a equipos multidisciplinarios, así como de apropiarse de una actitud independiente, crítica y creativa.
- Desarrollar adecuadamente la expresión escrita, oral y gráfica a través de la defensa de informes y trabajos de investigación.
- Adquirir hábitos de superación sistemática.

#### Ventajas y limitaciones de la fotogrametría.

La fotogrametría es una disciplina basada en la reconstrucción 3D de la realidad a partir de imágenes bidimensionales; es por ello que sus ventajas y desventajas están estrechamente ligadas a las formas de registro (fotografías aéreas y terrestres), y a los métodos y equipos de restitución.

#### Ventajas de la fotogrametría.

- Reducción de costos. Está relacionado con el tamaño del área a

restituir. A partir de las 200 ha de superficie, el método fotogramétrico se torna competitivo frente al método topográfico, aumentando esta competitividad a medida que el área se hace más extensa.

- Reducción del trabajo de campo. El trabajo de campo es un componente oneroso de todo trabajo topográfico, cuyo costo aumenta con la accesibilidad y las condiciones de clima adverso. La reducida cantidad de puntos de control necesarios en la fotogrametría, reduce la estadía en el campo.

- Velocidad de compilación. El tiempo requerido para realizar un mapa fotogramétrico es mínimo comparado con el que requiere el levantamiento topográfico y su posterior trabajo de gabinete. Dado el poco tiempo necesario para el levantamiento fotogramétrico con el que se obtiene una reproducción fiel del terreno, en un período determinado, nos facilita datos muy valiosos en los casos de cambios súbitos, como por ejemplo: durante o después de catástrofes naturales.

- Flexibilidad. El método fotogramétrico puede ser realizado en un variado rango de escalas, dependiendo de la graduación de las fotografías y del tipo de aparato compilador utilizado, obedeciendo de la disponibilidad de recursos económicos y técnicos.

- Registro multitemporal. Es muy útil para verificar mapas fotogramétricos. Las fotos aéreas proveen un registro preciso de las características del terreno en la fecha en que fueron tomadas, lo que permite realizar comparaciones entre fotos de otras fechas para evaluar cambios en el terreno. Las fotos aéreas también pueden ser empleadas para otros usos diferentes al del proyecto original, ya que además de información métrica, las fotografías aéreas proporcionan información de carácter cuantitativo y cualitativo.

- La fotogrametría se puede aplicar en regiones donde no pueden utilizarse los métodos clásicos, como, por ejemplo: en regiones intransitables, tales como: ciénagas, desiertos, selvas vírgenes, territorios azotados por alguna epidemia u ocupados por fuerzas enemigas, etc., debido a la característica intrínseca de la fotogrametría, de que los objetos pueden ser medidos sin necesidad de estar cerca de ellos.

- La aerofotogrametría aporta además una serie de ventajas, tales como, la fotografía en sí, la cual es un documento que permite efectuar cualquier control en un momento dado. También se pueden obtener de ella datos jurídicos, geológicos, históricos y geogénicos de suma importancia.

### **Desventajas de la fotogrametría.**

- Visión de la superficie del terreno cuando existe densa cobertura vegetal. En este caso es imposible ubicar la marca flotante sobre el terreno, por lo que se debe presumir una altura promedio de la vegetación con respecto al suelo. Sin embargo, como la cubierta vegetal tiende a suavizar los accidentes topográficos del terreno, siempre existirán errores en la ubicación de las curvas de nivel, aunque se pueda verificar la cota en los claros que existan en la vegetación.
- Ubicación de curvas de nivel sobre superficies planas. El determinar la trayectoria de una curva de nivel en un terreno plano tiene un alto grado de dificultad, debido a la imprecisión en la colocación de la marca flotante. En consecuencia, se colocan puntos acotados en la restitución o se complementa con trabajo de campo.
- El lugar debe ser inspeccionado para determinar aquellos elementos que no son visibles en forma satisfactoria, o cuya naturaleza exacta no puede ser determinada en el estereomodelo.
- Siempre es necesario realizar un control de campo.
- La aplicación de la fotogrametría requiere una inversión considerable de equipo y de personal especializado, por lo que su costo es elevado.
- Para realizar nuevos levantamientos se requiere la obtención de nuevas fotografías.

De acuerdo a las condiciones que presenta la FAD para el trabajo con patologías y deformaciones estructurales, además de brindar un detallado estudio de pequeños puntos (inaccesibles por otras vías), se ratifican sus excepcionales beneficios.

*STATE OF RESEARCH:* Los métodos tradicionales de medir patologías, presuponen estar en contacto directo con el objeto y realizar mediciones reiterativas a partir de puntos de referencias específicos, lo que hace muy engorrosa esta tarea. Desde el año 2009 se comenzó a aplicar en Cuba, específicamente en la ciudad de Holguín, la Fotogrametría arquitectural, una herramienta novedosa y eficaz para medir defectos estructurales: deformaciones, desprendimientos, abofamientos, corrosiones en elementos metálicos, pandeos, flexiones, desplomes, torsiones, desplazamientos y asentamientos en cimentaciones, columnas y vigas, pérdida de la sección transversal en elementos cargados o no, desniveles entre partes o secciones, pisos, losas cimientos, etc., partiendo de fotografías tomadas en el lugar mediante las cuales se obtiene material gráfico (planos, imágenes, modelos tridimensionales), dibujo de líneas (a escalas 1:20 o 1:50), aunque también se generan otros como fotografías rectificadas, modelos tridimensionales, ortofotografías o modelos digitales, con posibilidades de integrarlas con realidad virtual y realidad aumentada y luego generar archivos de seguimiento para el trabajo de gabinete.

El conocimiento y dimensionamiento de lesiones de diferentes orígenes en estructuras de edificaciones con valores patrimoniales se hace imprescindible en la actualidad para darle solución inmediata, los técnicos y especialistas de la conservación se preparan para jugar un papel activo, poniendo el conocimiento de las distintas ciencias en aras del rescate del patrimonio. El estudio de las lesiones, los fenómenos relacionados con ellas, sus síntomas y manifestaciones más comunes, los daños y deterioros que le vienen aparejados y el universo de posibles soluciones, es un paso importante en los estudios previos. La industria, por su parte, está trabajando para lograr productos y sustancias, que den respuesta a las necesidades, tratando siempre de estudiar las limitaciones e idoneidad con los materiales que se encuentran en las obras.

El Departamento de Construcciones de la Universidad de Holguín, mantiene el liderazgo en la aplicación de la Fotogrametría Arquitectural, en colaboración con la Universidad de Jaén, España, la Universidad San Carlos de Guatemala, el CINVESTAV, Unidad Mérida, México y la Universidad Federal de Santa Catarina, en Brasil.

A partir de la metodología de trabajo establecida por la "Red Iberoamericana para la Aplicación de la Fotogrametría Arquitectural Digital y SIG para la Conservación del Patrimonio Histórico, Cultural y Arqueológico de Ciudades para una Gestión de Turismo Sustentable", del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) se inicia el proceso de toma de fotografías con el siguiente equipamiento:

1. Cámara digital
2. Lente de 18mm
3. Trípode
4. Distanciómetro digital
5. Flexómetro
6. Programa informático Photomodeler 2012

#### Toma de fotografías

Luego de la selección de la obra, se procede a la toma de las fotografías que serán la base fundamental del proceso. Se debe colocar la cámara sobre el trípode en las posiciones y a la distancia más conveniente del edificio, permitiendo al inicio que la cámara enfoque el objetivo automáticamente.

Al lograr el enfoque correcto se cambia la cámara a modo manual y se fija la distancia focal, la misma que se establece previamente con la calibración realizada en el software Photomodeler, y que será utilizada en todas las tomas (para el caso se usó 18 mm).

A la hora de toma de las fotografías se recomienda revisar los siguientes aspectos:

- Los ángulos entre la cámara y el centro del modelo debe ser de 90 grados describiendo una semicircunferencia.
- Se debe trabajar en los horarios del día que no se no se produzcan sombras en los objetos, ya que esto puede agregar errores al proceso de digitalización.
- Se tomarán como mínimo 10 fotografías, donde cada punto debe mostrarse al menos en dos de ellas.
- Se utilizarán dimensiones de referencia para comprobar la precisión de las escalas.

### Construcción del modelo:

Se procesan las fotografías con el software Photomodeler 2012, que deben ser introducidas en forma paulatina y serán reconocidas automáticamente por el software. A partir de ahora se inicia el proceso de vectorización de las imágenes. Se marcan las patologías detectadas a simple vista y se realiza el estudio de la imagen, localizando las deformaciones que no se pueden identificar en un inicio. Para auxiliar la marcación, la herramienta del zoom facilita el trabajo.

Este proceso puede ser repetido infinitas veces a lo largo del proyecto. Así se puede comenzar por los objetos mayores y luego los detalles.

Una vez marcados todos los elementos de interés, se procede a abrir la fotografía siguiente en la secuencia establecida previamente por el usuario y se comienzan a marcar los puntos comunes. Para que dos fotos se orienten deben marcarse 6 puntos comunes entre ambas fotografías. En caso de tener una secuencia de fotos, donde una no cubre todo el elemento de interés debe existir un solape en el eje horizontal del 60 por ciento y en el eje vertical (de ser necesario) un 30 por ciento.

### Orientación de fotografías

Para la orientación de las fotografías se identifican puntos en las dimensiones  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  para que el programa tenga información en los ejes vertical, horizontal y profundidad del modelo y así pueda ubicarlo en el espacio. Una vez orientadas las fotografías y con una cantidad considerable de puntos distribuidos de manera homogénea, se procesa la información y se observa el error residual y las sugerencias que propone el programa. Un error residual de hasta 5 pixels permite continuar con el trabajo de manera aceptable. A medida que aumentan los puntos en las imágenes, el error residual disminuye, pero se debe corregir el mismo utilizando la tabla de calidad de puntos, la cual indica el punto con mayor error y la fotografía a la que pertenece.

Para comenzar a marcar los puntos comunes se seleccionará en la foto de origen los puntos que se desean referenciar y se marcará en la primera

fotografía mediante una etiqueta amarilla el elemento que debemos ubicar sobre la segunda instantánea. Una vez que han sido referenciados todos los puntos, se determinarán los elementos comunes, lo cual ahorra tiempo de trabajo en comparación con métodos manuales.

### **Ejemplos prácticos de aplicación para el desarrollo del pensamiento lógico.**

Se describe a continuación la medición de algunas patologías y su comparación con mediciones hechas por métodos tradicionales. Luego de identificadas las patologías se procederá a la medición de estas, con las herramientas que proporciona el programa PhotoModeler. Se medirán patologías que no se observen con facilidad a simple vista.

#### ***Grietas***

Las grietas son la principal señal de deterioro de las edificaciones, por tanto es necesario el detallado estudio de estas en aras de proteger a tiempo las estructuras. En caso de que no se definan con exactitud en el elemento estructural, se realizará el tratamiento digital, para obtener diferentes tonalidades, más claras, o más oscuras, para definir el tamaño de la grieta, luego la imagen se trata con el Photomodeler, para medir su longitud, y ancho.



Figura 1. Grietas visibles gracias a la degradación de colores de la imagen.

Dando varios clics a lo largo de la grieta que se desea medir se conforma el modelo de la misma, luego se determinan sus dimensiones, sin necesidad de referenciar con otra fotografía, basta con utilizar la herramienta de medición y su longitud aparece a la derecha en el panel de medidas.



Figura 2: Dimensión longitud de la grieta seleccionada.

Además se puede determinar si las grietas son pasivas o activas, solo hay que tomar imágenes de distintos periodos de evolución y comparar.

### Comparación de la medición de grietas con el equipo Crack Measuring Gauge

En el laboratorio de materiales del Departamento de Construcciones de la Universidad de Holguín, Cuba, tradicionalmente se utiliza para medir dimensiones de grietas el equipo *Crack Measuring Gauge*. Este se coloca perpendicular al muro objeto de estudio, y se mide su amplitud directamente con el reloj del equipo, este cuenta con un resorte en su interior que trabaja según el desarrollo de la grieta, la lectura se registra en un display con una precisión de centésimas de milímetros. Se requiere perforar en la pared y fijar el instrumento durante el tiempo de la investigación, con el inconveniente de que los trabajadores deben estar situados muy cerca de la grieta para poder medirla.



Figura 3. Medición de grietas con el equipo Crack Measuring Gauge.

Tabla 1: Comparación de mediciones con FAD y métodos tradicionales

Dimensiones	Medida con FAD*	Medida con Crack Measuring Gauge
Longitud	0,202 mm	No

grieta		
Ancho grieta	0,032 mm	0,030 mm
Error residual	0,0001 mm	0,03 mm
	<b>Medida con FAD*</b>	<b>Medida con cinta extensométrica</b>
Flecha en viga	11,01 cm	12 cm
Error residual	0,0001 mm	1,00 mm

\*FAD: Fotogrametría Arquitectural Digital

### Flechas en vigas

Una patología de difícil detección por métodos visuales es la flecha, deformación que le ocurren a vigas o elementos que trabajen a flexión, peligrosas porque evidencian la proximidad del colapso de la estructura. La medición manual de sus dimensiones es un proceso complicado sobre todo cuando son de pequeñas magnitudes y en estructuras de elevada altura ya que requiere de andamios y varios operarios para el manejo de los instrumentos, con el consiguiente aumento de tiempo de trabajo y operarios. Para la medición de las flechas utilizando métodos fotogramétricos, es preciso tomar fotografías con referencias, es decir, un punto u objeto que se encuentre en estado horizontal. En la Figura 1 se puede observar con claridad la flecha de la viga, y en la Tabla 1 se refleja la comparación y margen de error con métodos tradicionales.

Deformación en vigas de puentes vehiculares en uso:

La investigación se realizó en tres puentes vehiculares de concreto, de 25, 33 y 40 m de longitud respectivamente, en la provincia de Holguín, Cuba. Se utilizó la Fotogrametría para medir desplazamientos verticales dinámicos y el acelerómetro para registrar aceleraciones producto del tráfico vehicular regular. A partir de la comparación de las mediciones tomadas durante pruebas de carga en laboratorio y aquellas tomadas mediante la fotogrametría, teniendo los datos de desplazamiento dinámico y aceleración para el mismo intervalo de medición, de cada puente estudiado, se realizó el cálculo de las frecuencias, y la frecuencia natural del primer modo de vibración. Las frecuencias obtenidas con el acelerómetro y las obtenidas con la fotogrametría son prácticamente iguales, lo cual confirma que con este método se pueden determinar las frecuencias de vibración en puentes con gran precisión, teniendo además las siguientes ventajas sobre el acelerómetro:

- Es más fácil su uso para medir desplazamientos verticales y horizontales, estáticos y dinámicos, así como la frecuencia de vibración, resultando de bajo costo en puentes de mediana longitud, porque se utilizan cámaras digitales no profesionales y permite mejor acceso en grandes estructuras.
- Ofrece gran precisión en la medición de desplazamientos (comparado con resultados obtenidos en pruebas de laboratorio) con un margen de error de 0.1 mm, y en el cálculo de la frecuencia de vibración principal con un error de 0.01 Hz.

Se han realizado estudios anteriores utilizando laser, cámaras digitales, y software para el tratamiento de las imágenes para medir desplazamientos. Haciendo comparaciones con el uso del Deformímetro, Galgas extensiométricas, estación total, Escáner Láser 3D, pruebas estáticas en laboratorios y la Fotogrametría, se puede concluir que aunque existe una amplia variedad de métodos para medir desplazamientos de estructuras, cada uno de ellos con sus ventajas y limitaciones, el uso de cámaras convencionales ofrece gran precisión, bajo costo y facilidades de uso en estructuras de gran tamaño y poca accesibilidad.

#### Habilidades básicas a dominar

A partir de lograr la relación satisfactoria universidad-empresa, donde los estudiantes pueden participar en el proceso de ejecución de una obra real, trabajarían configurando problemas de proyecto, elaborando modelos teóricos, diseños de investigaciones para resolver problemas de proyectos de conservación y confeccionando sus esquemas metodológicos así como elaborar los respectivos informes científico – técnico. Como ejemplo se propone la comparación de la aplicación de la fotogrametría con otros métodos para medir la deformación en puentes vehiculares. La prueba en campo se realiza en 4 puentes vehiculares de estructura de concreto, con longitudes entre 35 y 42 m. En estos puentes se utilizará el método de punto+cámara para registrar desplazamientos verticales dinámicos y acelerómetro para monitorear aceleraciones producto del tráfico vehicular regular. Para validar y verificar la precisión de los métodos propuestos, se comparan las mediciones captadas durante la prueba de carga de laboratorio usando el deformímetro versus aquellas captadas mediante los métodos de laser+cámara y punto+cámara. En los resultados de la prueba estática se observa que el método de punto+cámara brinda los valores de desplazamiento más cercanos al deformímetro (diferencias menores a 0.1 mm), por lo cual fue el método que se implementó en los puentes vehiculares. Mientras que el método de laser se aleja más de los resultados del deformímetro (diferencias en el orden de 0.2 mm), el error del láser puede estar relacionado con la torsión en el espécimen.

Dentro de las habilidades más significativas los estudiantes deben aprender a aplicar las técnicas para la selección de alternativas y los procedimientos para la toma de fotografías y mediciones, así como el tratamiento estadístico-matemático de resultados, seleccionar y aplicar la técnica adecuada en cada situación y aplicar las estrategias de trabajo en grupo.

Es importante que los estudiantes lleguen a esclarecer el significado de las expresiones:

- Proceso patológico
- Estado patológico
- Estudio patológico

El concepto de *proceso patológico*, es la secuencia que comprende el origen y las causas del estado de lesión o desperfecto de la obra, la evolución del proceso de deterioro, sus síntomas y finalmente las manifestaciones de deterioro que se detectan u observan en las construcciones afectadas.

Derivado de lo anterior, se comprenderá como *estado patológico* el síntoma o efecto final del proceso patológico que afecta a la edificación.

Así, el *estudio patológico* comprenderá el estudio de las etapas o secuencias del proceso patológico, el cual parte del análisis del estado patológico o los síntomas y resultados de las lesiones, hasta llegar a sus orígenes o causas, con el propósito de definir su tratamiento (algunos autores lo entienden como *la terapéutica*) y elaborar conclusiones sobre la posibilidad de evitarla.

Las *causas* constituyen el agente, activo o pasivo, que actúa como origen del proceso patológico y que desemboca en una o varias lesiones. En ocasiones, varias causas pueden actuar conjuntamente para producir una misma lesión.

El estudio patológico o diagnóstico de la edificación tiene como propósito principal conocer el origen de las lesiones, para atacar el mal desde el principio, eliminando sus causas originarias.

La etapa de diagnóstico va a ser la inicial para realizar este estudio, pero generalmente se realiza a manera de una inspección visual preliminar, donde la persona (o las personas) que lo realizan parten de identificar lo que pueden ver, sin entrar en muchos grados de detalle. Este es un punto vital en la concepción de habilidades, ya que se debe profundizar en los niveles a partir de los cuales recibe la información:

- 85 % a través de los ojos.
- 10 % a través de los oídos.
- 5 % a través de todos los otros sentidos combinados.

Concentraremos este estudio en aumentar las habilidades visuales de los estudiantes aplicando la FAD, y su comparación con otros métodos.

El estudiante al recibir su condición de graduado debe tener suficientes habilidades para poder *resolver* problemas de poca complejidad, pero a su vez, *participar* en las soluciones de media complejidad bajo la tutoría de un especialista o una persona con mayor experiencia profesional. Aunque, debe *conocer* que existen soluciones de mayor complejidad a las que puede llegar desarrollando habilidades a partir de recibir diversos cursos de postgrado sobre esta actividad. Por todo lo anterior, debe estar preparado para:

- Reconocer y diferenciar distintos materiales y productos de la construcción determinando su adecuada utilización para la conservación.
- Decidir adecuadamente las técnicas de construcción a emplear de acuerdo con el tipo de obra y su entorno.
- Determinar el tipo de actividades de conservación que se hacen necesarias en obras de poca complejidad, así como, las acciones para su implementación.
- Determinar los trabajos a realizar en obras producto de averías ocasionadas por desastres o catástrofes naturales.

La operacionalización de las habilidades en el aprendizaje.

La aplicación consecuente del fundamento teórico del proceso de determinación y formulación de habilidades, se muestra en resultados concretos: el cumplimiento de sus funciones en las fases de orientación, ejecución y control del proceso, la elevación de la calidad del aprendizaje y el éxito en los estudiantes.

Sin embargo, no basta con presentar una clara imagen del modelo de meta a alcanzar. Es necesario además proponer o elaborar *procesos alternativos de estrategias cognoscitivas* para la apropiación o construcción de conocimientos, habilidades y valoraciones, integradas e interactuantes entre sí, en función de la formación de capacidades.

Dichas alternativas están dadas en la *operacionalización de las habilidades*, lo que a su vez constituye la base para la operacionalización del método de enseñanza en tareas docentes de aprendizaje y enseñanza. En tanto son la unidad indisoluble de una acción (predominantemente intelectual o práctica) sobre un conocimiento dado, bajo determinadas condiciones y un nivel de asimilación, son (en potencia) portadores de habilidades a desarrollar por los estudiantes.

Es conveniente insistir (en este momento) en el condicionamiento que sufre la acción seleccionada a partir de la naturaleza del contenido. Aun cuando se mantiene la esencia conceptual de una acción determinada (significado), su sentido está mediatizado por el contenido sobre el que ella recae. Por ejemplo: argumentar la selección de una posición teórica o las leyes que rigen una lesión patológica y evaluar las condiciones en que se manifiesta un

proceso social, o la resistencia de materiales con determinados fines constructivos.

El efecto del contenido se observa no solo en el condicionamiento a la acción. La descomposición o análisis del contenido (en sus elementos), influye también en las correspondientes operaciones que se derivan de la acción.

En una primera etapa de la formación y desarrollo de habilidades, éstas se realizan de forma desplegada, es decir, se cumplen todas las operaciones previstas de forma consciente e individual hasta lograr su interiorización. En consecuencia, la planificación de los conocimientos a través de un programa de enseñanza debe asegurar la asimilación instrumental de las acciones de forma desplegada.

La formación de habilidades no se logra sólo por la simple repetición de una acción, sino, por el efecto generalizador y de extrapolación que se espera de las mismas.

Las acciones ejecutadas con eficiencia y efectividad, es decir, con ahorro de tiempo, esfuerzo y la eliminación de las operaciones innecesarias a los efectos de la acción, conducen a la formación y desarrollo de las mencionadas habilidades. Dicho en otras palabras, la ejecución de la acción se reduce a la satisfacción de las invariantes funcionales y de aquellas operaciones que imprimen el sello de la personalidad con su experiencia individual intelectual y práctica única.

Durante la operacionalización de las herramientas utilizadas para el aprendizaje, se descompone la acción propuesta en sus elementos estructurales bajo una determinada lógica, en correspondencia con la estructura psicológica de la acción, la naturaleza del contenido y el condicionamiento de la situación docente concreta en la que se inserta. Cuyo resultado es, en cualquier caso, una propuesta de alternativa y en consecuencia una de las tantas formas en que el estudiante puede alcanzar la implementación de las herramientas proporcionadas.

No obstante, resulta valioso disponer de un patrón de aprendizaje en función del entrenamiento intelectual-práctico y el desarrollo futuro de la independencia cognoscitiva.

Una vez asimilado un determinado conjunto básico de modelos instrumentales, se está en condiciones de adecuarlos a variadas situaciones docentes, hasta el punto en que se encuentren en condiciones de proponerse sus propios resultados, mediante el aprendizaje y el uso de estrategias cognoscitivas. Este es el momento en que se manifiesta la interpretación del conocimiento, relacionado con la reducción del tiempo y facilidad en la ejecución, precedentes a la utilización de la automatización y de la formación de hábitos.

La experiencia ha demostrado, que profesores de un mismo grado, interpretan una misma acción de variadas formas. La consecuencia es evidente: los estudiantes se encuentran ante la situación de responder al aprendizaje de cada asignatura de una manera diferente. De ahí la importancia de la conceptualización de la acción y de la socialización de las herramientas de aprendizaje. Que puede entenderse en un sentido amplio, como la derivación de un nivel de sistematicidad a otro y en su sentido estrecho, como la operacionalización de los contenidos de una clase.

Valores de la Disciplina a que tributa

La asignatura contribuye mediante su sistema de trabajo al fomento de los valores de responsabilidad ante las tareas asignadas; de honestidad, resaltando el sentido de pertenencia y deber con la sociedad; dignidad, mediante el compromiso en el cumplimiento de las funciones como profesional y sensibilidad, creando el amor a la profesión.

CONCLUSIONES:

Utilizando la fotogrametría arquitectural digital se puede realizar el estudio y detección de las patologías más comunes, sus causas y las posibles soluciones. Permite alcanzar las partes inaccesibles de aquellos elementos de gran tamaño. Su posibilidad de obtener información segura sobre objetos físicos y del medio, a través de los procesos de registro instantáneo de imágenes fotográficas, constituye su principal ventaja. El conocimiento de los conceptos, principios metodológicos y características de los estados patológicos de las edificaciones, sobre todo de las manifestaciones de sus lesiones, la detección de sus causas y la evolución de dicho estado, constituye una base elemental del profesional encargado del planteamiento de las soluciones de intervención. Para lograr un alto desempeño se tiene que trabajar en formar habilidades profesionales de carácter técnico y social, utilizando todas las herramientas que nos brindan las TICs, lo que va a facilitar el trabajo en conjunto de diferentes especialidades donde el profesor, al frente de su colectivo, es el principal responsable de que esto se pueda lograr.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ablanedo E.,: "Control de la deformación en sólidos mediante técnicas de fotogrametría de objeto cercano: aplicación a un problema de diseño estructural". Tesis doctoral. Universidad de Vigo, España. 2009.
- Alzate, E., Montes, J. W. , Silva, C. A.. "Medidores de deformacion por resistencia: galgas extensiométricas". *Scientia Et Technica*, vol. XIII, núm. 34, mayo, 2007, pp. 7-12. 2007
- ASHIMA SETIA, DR. S. BHALLA, "Photogrammetry for Non-contact Measurement of Deflection", Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Delhi, April 2010.
- Bose, S.: "Structural Assessment of a School Building in Sankhu, Nepal Damaged. Due to Torsional Response During the 2015 Gorkha Earthquake". *Dynamics of Civil Structures*, Vol. 2, pp 31-41. 2016
- Caicedo, J.M.: "Displacement Measurements in Civil Structures Using Digital Cameras and Lasers", University of South Carolina, Department of Civil and Environmental Engineering, 2005.

- COELHO, A.H. 2000. Fotogrametría Digital à Curta Distância aplicada a medição da configuração geométrica de elementos de instalações industriais. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UFSC.
- Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Madrid: Tratado de rehabilitación. Tomo II. Edit. Murilla-Lería. Madrid, 1999.
- EICHLER, F.: Patología de la construcción. Edit. Blume. Barcelona, 1975.
- Inzunza, A.: "Uso de Fotogrametría en elementos de hormigón armado". Memoria para optar al título de ingeniero civil. Universidad de Chile. 2014
- JONHSON, S.: Deterioro, conservación y reparación de estructuras. Edit. Blume/Labor. Madrid, 1973.
- Justel, A. Año. Manual de usuarios para el uso del software PhotoModeler NFR versión 6. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya", Cuba.
- Justel, A.: "Manual de usuarios para el uso del software PhotoModeler NFR versión 6". Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya, Cuba. 2013
- Leão de Amorim, A. & Groetelaars, N.J. 2004. Técnicas de restituição fotogramétricas digitais aplicadas à Arquitetura: um estudo de caso. UFBA. Brazil.
- Monjo, J.; Maldonado, L. 2002. Manual de inspección técnica de edificios. Ed. Munilla Lería. Madrid; ISBN: 84-8915047-8
- Ochoa, P. 2013. Fotogrametría Arquitectural: una herramienta para la gestión del patrimonio edificado. Universidad Verdad N. 60. Universidad del Azuay. Cuenca Ecuador
- Ö. Av Şar, D. Akca y O. Altan.: "Photogrammetric Deformation Monitoring of the Second Bosphorus Bridge in Istanbul", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5, Istanbul Technical University, Istanbul, 2014.
- Plan de Estudio D, Carrera de Ingeniería Civil, MES, Cuba.
- REDFADC.: "La Fotogrametría Arquitectural Digital y sus Aplicaciones". Disponible en: <http://www.uazuay.edu.ec/redfadc>. 2012.
- S. M. Rodríguez, J. M. Gallardo, O. A. Araúz.: "Estudio del período de vibración de puentes de concreto en Panamá", Grupo de investigación: Salud Estructural de Puentes, Universidad Tecnológica de Panamá, 2017.
- Universidad del Azuay. 2013. El patrimonio edificado de Cuenca. ISBN 978-9942-13-372-4
- ZUCATELLI, G. F. 2009. Metodología y evaluación del Software Photomodeler en el uso del levantamiento catastral del patrimonio histórico edificado. UFSC, Florianópolis, Brazil.
- Yero, E., 2011. Aplicación de la fotogrametría a la detección de patologías estructurales. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya", Cuba.