



## ONCENO COLOQUIO DE ANÁLISIS, DISEÑO Y MONITOREO ESTRUCTURAL

### Diseño estructural una herramienta computacional para la enseñanza y el proyecto.

#### Structural design a computational tool for teaching and project.

Ing. Maribí Martínez Frías<sup>1</sup>, Dr. Ing. Juan J. Hernández Santana<sup>2</sup>,  
Dr. José Manuel Perdomo Vázquez<sup>3</sup>.

1- Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba. [mmfrias@uclv.cu](mailto:mmfrias@uclv.cu)

2-Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba. [jjhernandez@uclv.edu.cu](mailto:jjhernandez@uclv.edu.cu)

3-Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba. [perdomo@uclv.edu.cu](mailto:perdomo@uclv.edu.cu)

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) se expanden a pasos agigantados incluyéndose en la mayoría de las actividades que se realizan en el mundo de las construcciones. La utilización del software profesional cambia la forma tradicional de realizar el análisis y diseño de estructuras, al emplearse modelos y métodos de diseño más cercanos a la realidad, libres de simplificaciones reduccionistas, que permiten soluciones más racionales y confiables, en menor tiempo lo que posibilita a los proyectistas evaluar un mayor número de variantes, mejorando las condiciones en las que éstas tareas se realizan así como la calidad de los resultados alcanzados.

Para realizar correctamente el diseño estructural mediante la utilización del software profesional, los estudiantes, profesores y proyectistas estructurales de Cuba tienen que disponer de instrumentos confiables, que les permitan establecer una interface sistemática entre los resultados obtenidos y las potencialidades brindadas por el software profesional con los conceptos y principios teóricos que rigen el comportamiento de elementos estructurales, en este trabajo se justifica el uso de las hojas de cálculo en Mathcad con sus cinco salidas, como herramienta ideal para lograr dicha interfaz sistemática. Se crea el Sitio Web: "Diseño estructural", como herramienta computacional avanzada a partir de las hojas de cálculo de Mathcad, argumentando las principales potencialidades de sus partes integrantes para garantizar que se realice correctamente el diseño estructural de las edificaciones, ya sea en el proceso de enseñanza-aprendizaje o por los proyectistas estructurales.





**Abstract:**

*The Information and Communication Technologies (TIC) is expanding by leaps and bounds being included in most of the activities taking place in the world of buildings. Using professional software changes the traditional way of performing the analysis and design of structures, the used models and design methods closer to reality, free of reductionist simplifications that allow more rational and reliable solutions in less time making it possible designers to evaluate a greater number of variants, improving the conditions in which these tasks are performed and the quality of the results achieved.*

*To successfully complete the structural design using professional software, students, teachers and structural designers Cuba must have reliable and transparent instruments that allow them to establish a systematic interface between the results and the potential offered by the professional software and theoretical concepts and principles governing the behavior of structural elements, in this paper the use of Mathcad worksheets in his five starts, as ideal for achieving such systematic tool interface is warranted.*

*The Web site is created: "Structural design" as advanced computational tool from spreadsheets Mathcad, arguing the main strengths of its component parts to ensure that they properly perform the structural design of buildings, either in the teaching-learning process of the race Civil Engineering or structural designers.*

**Palabras Clave:** Herramienta avanzada; Diseño estructural; Hojas de cálculo; Mathcad; Sitio Web.

**Keywords:** *Advanced tools, Structural design, Spreadsheets, Mathcad, Web Site.*

## **1. Introducción**

En la actualidad las TIC se expanden a pasos agigantados incluyéndose en la mayoría de las actividades que se realizan en el mundo de las construcciones, cambiando la forma tradicional en que se llevan a cabo las tareas, a través de la incorporación de métodos de trabajo más eficientes y cómodos, que mejoran indiscutiblemente, las condiciones en las que éstas se realizan así como la calidad de los resultados alcanzados, siendo la computadora una de las principales herramientas empleadas para permitir la comunicación y el manejo de la información a través de distintos software.

Poco a poco los ingenieros civiles han invertido la imagen de que tienen aversión al riesgo frente a las nuevas tecnologías, confiando y aprovechando en su lugar el acceso en tiempo real a bases de datos en directo, sensores, instrumentos de diagnóstico y otras tecnologías avanzadas para garantizar que se tomen decisiones acertadas, sin embargo





“una preocupación latente a nivel mundial es el frecuente uso inapropiado de estas herramientas debido al desconocimiento de sus características y de su sustento teórico, por la incapacidad que demuestran la mayoría de los profesionales para suministrar la información base de forma correcta y por la incompleta y en ocasiones errónea interpretación de los resultados arrojados por los diferentes software que se emplean.” (Hernández Santana, Chagoyén Méndez, & Caballero Díaz),

El escenario propicio para lograr erradicar las preocupaciones existentes relacionadas con el uso inadecuado de las TIC es la Universidad, que constituye un espacio formativo claramente estratégico, siendo un entorno que ha de adaptarse en todo momento a las nuevas necesidades y expectativas sociales y a la evolución de los conocimientos científicos, ofreciendo respuestas coherentes estructuradas y efectivas.

Dentro de las universidades cubanas que se destacan por su labor en la informatización del proceso de enseñanza- aprendizaje se encuentra la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), haciendo énfasis en esta investigación, en la labor que se realiza en la Facultad de Construcciones de la UCLV para dar cumplimiento a las habilidades necesarias a alcanzar por los egresados de la Carrera de Ingeniería Civil en Cuba.

El empleo intenso de la computación en la preparación de los estudiantes, sobre todo en el campo del diseño y análisis geotécnico y de edificios demuestra los esfuerzos que se realizan en la facultad mencionada por lograr la inclusión de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje, esta tradición se ha volcado en los últimos años hacia el uso de hojas de cálculo del Mathcad<sup>1</sup>, donde ya se cuenta con resultados concretos en asignaturas de Análisis estructural y Geotecnia, no obstante hasta el momento de escribir el presente artículo, en Cuba no existe una herramienta computacional avanzada que garantice la correcta realización del diseño estructural de las edificaciones ya sea con fines académicos o para la utilización por los proyectistas.

Es por ello que el propósito de esta investigación es desarrollar una herramienta computacional avanzada a partir de las hojas de cálculo de Mathcad para facilitar que los estudiantes de pregrado, postgrado y los proyectistas estructurales realicen correctamente el diseño estructural.

## 2. Metodología

---

<sup>1</sup> Software de cálculo de ingeniería.



En la actualidad la utilización de *software* profesional para realizar tareas como el análisis y diseño de estructuras, se convierte en una competencia exigida por las empresas y deseada por los profesionales dedicados a estas tareas, al emplearse modelos de las estructuras y métodos de diseño más cercanos a la realidad, libres de simplificaciones reduccionistas, que permiten soluciones más racionales y confiables, en menor tiempo lo que posibilita que los proyectistas evalúen un mayor número de variantes, que mejoran indiscutiblemente, las condiciones en las que éstas tareas se realizan.

Esta situación enmarca la necesidad de que los proyectistas dispongan de ayudas de cálculo electrónicas, que les permitan verificar a partir del conocimiento teórico adquirido durante su formación los resultados obtenidos al emplear los *softwares* profesionales, para incrementar la eficiencia del diseño de los elementos de hormigón estructural.

Las hojas de cálculo creadas en el *software* Mathcad 14 proporcionan todas las capacidades resolutorias, la funcionalidad y la solidez necesarias para el cálculo, la manipulación de datos y la realización del diseño, razones que justifican ampliamente su uso como eje principal de la herramienta avanzada para realizar el diseño estructural de elementos de hormigón objetivo fundamental de esta investigación.

Para el diseño de las herramientas de avanzada para el diseño estructural se parte de la necesidad de que estudiantes, profesores y proyectistas estructurales dispongan de instrumentos confiables y transparentes que les permitan establecer una interface sistemática entre los resultados obtenidos y las potencialidades brindadas por el *software* profesional y los conceptos y principios teóricos que rigen el comportamiento de elementos estructurales. Se considera que la herramienta ideal para establecer este diálogo son las ayudas de cálculo, y dentro de ellas las hojas de cálculo en Mathcad con sus cinco salidas.

## **2.1 Las distintas salidas de las hojas de cálculo de Mathcad en la herramienta computacional avanzada.**

Las hojas de cálculo fueron creadas con el propósito de poder dar solución a los problemas que se presentan con mayor frecuencia durante el diseño o la revisión de



elementos de hormigón estructural<sup>2</sup>, tanto para el Estado Límite Último (agotamiento de las secciones) como para los Estados Límites de Utilización (deformación y fisuración). En el Sitio Web: “Diseño estructural” se ha colocado un compendio de hojas de cálculo en Mathcad, cada hoja de cálculo, a su vez queda conformada por las cinco salidas siguientes según (Hernández Santana J. J., Las ayudas de cálculo en el diseño de hormigón estructural, herramientas imprescindibles para el proyectista moderno., 2015):

1. La plantilla.
2. Una breve caracterización de los métodos empleados durante el diseño o la revisión de los elementos.
3. El diagrama de flujo.
4. Un conjunto de ejercicios resueltos.
5. El demo<sup>3</sup>.

A continuación aparece una descripción detallada de cada una de las salidas anteriormente mencionadas.

### 2.1.1 Las plantillas.

De las de las cinco salidas mencionadas anteriormente, las plantillas constituyen la salida principal alrededor del cual gira el Sitio Web: “Diseño estructural”, el término “plantillas” hace alusión a las propias hojas de cálculos (HC) creadas con el software Mathcad.

En el diseño de las plantillas se ha tenido en cuenta que:

- Pueda apreciarse su contenido en una sola pantalla, donde aparezcan los datos necesarios y los principales resultados obtenidos. Por tanto los principales cálculos y procedimientos utilizados se ocultan en áreas o regiones dentro de la HC.
- Presente una forma sencilla de introducir los datos y de obtener los resultados como opción simple para cálculos rápidos y repetitivos.
- Los cálculos y procedimientos se han desarrollado con la mayor información posible, con vistas a hacerlas comprensible para el usuario.
- Incluya comentarios aclaratorios sobre los resultados del proceso de cálculo y el comportamiento estructural de la sección.

---

<sup>2</sup> secciones de hormigón armado y pretensadas.

<sup>3</sup> Video demostrativo





- Favorecer que cada alumno o proyectista la personalice hasta apropiársela y realice las modificaciones que considere necesario, para mejorar su lenguaje, esclarecer los procesos y lograr una mejor comprensión de los resultados

El compendio de plantillas creadas se concentran en 6 grandes grupos, en función del problema de diseño estructural a resolver:

- Vigas de hormigón armado.
- Viga de hormigón pretensado.
- Losas en dos direcciones.
- Columnas y tímpanos.
- Secciones en regiones D.
- Otros elementos.

Para el diseño y comprobación de VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO se aborda el Estado Límite de agotamiento de la sección a flexión, fuerzas cortantes y torsión; y los Estados Límites de utilización de deformación y fisuración.

En el caso de las VIGAS DE HORMIGÓN PRETENSADO se trabajaron las hojas de cálculo basados en los métodos gráficos para el diseño y la comprobación de las secciones a flexión y cortante, además se ofrecen diferentes alternativas de diseño a elegir por el proyectista. Aunque existen HC que abordan el diseño de una viga pretensada en su integralidad se han creado HC que resuelven por separado los diferentes paso del diseño como el cálculo de las pérdidas, las flechas, etc

Al abordar las secciones a flexión compuesta, se han dividido las HC de las COLUMNAS Y TÍMPANOS, en las sometidas a flexión compuesta recta y la biaxial y se crearon HC para resolver casos particulares de tensores, pilotes a compresión axial y análisis de elementos esbeltos.

Para LOSAS PLANAS EN DOS DIRECCIONES empleando el Método del Pórtico Equivalente y se confeccionaron HC para diferentes variantes de apoyo de las losas: sobre vigas, columnas, muros de albañilería, etc. Se proponen HC para calcular el peralte de las losas, incluyendo el chequeo por punzonamiento cuando están apoyadas sobre columnas.

Finalmente se ofrecen HC para abordar casos más particulares como son las SECCIONES SITUADAS EN REGIONES D (vigas pared, ménsulas y uniones) y el cálculo de deformaciones por retracción y fluencia en elementos de hormigón armado.



Como concepto se maneja que las HC propuestas están en permanente desarrollo y se irán perfeccionando paulatinamente con nuevas versiones que resuelvan de manera más eficiente cualquiera de sus componentes. De la misma forma se incorporarán nuevas variantes y soluciones a los casos propuestos y se abrirán nuevos caminos en función de los avances en este campo y de las colaboraciones que puedan recibirse de profesionales de cualquier parte.

### **2.1.2 Breve caracterización de los métodos empleados durante el diseño o la revisión de los elementos de hormigón estructural.**

La razón fundamental por la cual se incluyen la “breve caracterización” como una de las cinco salidas de las hojas de cálculo citadas anteriormente es disminuir el uso inapropiado de estas hojas, contribuyendo a la profundización y el dominio del basamento teórico de los problemas a resolver, posibilitando que los usuarios puedan apropiarse de ellas como herramientas de trabajo, modificándolas en caso de ser necesario para su uso en problemas específicos que se les puedan presentar durante el proceso del diseño de elementos de hormigón estructural.

En el mundo existe amplia bibliografía relacionada con el tema del diseño de elementos de hormigón estructural, que recogen las diferentes alternativas de diseño y revisión para resolver las distintas situaciones afines al Diseño Estructural, en Cuba la bibliografía principal que abarca los contenidos relacionados con este tema son el texto “Hormigón Estructural. Diseño por Estados Límites” Tomo 1 y el Tomo 2, este último actualmente en edición, de los autores Dr. Ing. Juan José Hernández Santana y el Dr. Ing. Julio A. Hernández Caneiro, la breve caracterización de los métodos empleados en cada plantilla durante el diseño o la revisión de los elementos de hormigón estructural es una síntesis del contenido teórico que aparece en estos libros.

### **2.1.3 El diagrama de flujo.**

Los diagramas de flujo constituyen la representación gráfica del algoritmo o proceso empleado en cada hoja de cálculo de Mathcad, contribuyendo al proceso de asimilación del método de diseño o revisión empleado, destacando aquellos momentos en que deben adoptarse decisiones y las principales ecuaciones que rigen el diseño.

Estos diagramas se confeccionaron en el programa Microsoft Visio Professional<sup>4</sup> 2013 utilizando símbolos con significados definidos que representan los pasos del algoritmo y

---

<sup>4</sup> Programa perteneciente al paquete de Microsoft Office.



el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y fin del proceso.

#### **2.1.4 Los ejercicios resueltos.**

Los ejercicios resueltos creados en el programa Mathcad, se corresponden con las situaciones más probables que ocurren durante el diseño estructural, para su desarrollo se tomaron como base las plantillas y en ellas se desglosaron paso a paso los procedimientos seguidos en la solución del problema, con la incorporación de textos que sirven de guía a los usuarios en relación con las decisiones acertadas a tomar para la solución, esta modificación elimina las llamadas "áreas" del programa Mathcad mediante las cuales se ocultaron los cálculos intermedios para lograr que el producto creado o sea la plantilla muestre solo el área de entrada de datos, aquellos momentos en que el usuario deba tomar una decisión y los resultados finales del diseño.

#### **2.1.5 Los demos.**

Los demos le permiten a los usuarios la evaluación de las plantillas, sin necesidad de tener que realizar una instalación propia del programa Mathcad, al mostrar de forma clara la idea de su funcionamiento y demostrar sus potencialidades, constituye una herramienta de preparación antes de comenzar a utilizarlas en un ambiente real garantizando su uso correcto.

Los demos se crearán con el programa Camtasia Studio 7 obteniéndose en formato AVI que puede ser cargado con cualquier reproductor de Windows.

### **2.2 Procedimiento seguido en la creación del Sitio Web: "Diseño Estructural."**

La creación de la estructura general del Sitio empleando el programa Adobe Dreamweaver CS4 fue realizada por el arquitecto Harold Díaz Guzmán Casañas.

La estructura general dada por el diseñador inicial al Sitio queda conformada por:

Archivo template.css que define aspectos relacionados con el estilo<sup>5</sup>.

Documento Inicio.HTML, guardado como plantilla<sup>6</sup> para su posterior empleo en la creación de las restantes páginas web del Sitio.

---

5 Fuente, tamaño y color del texto, interfaz visual del sitio web etc.

6 Tipo de documento especial, que solamente permite la edición en las regiones específicamente indicadas para ello durante el proceso de su creación, mientras que el resto de la plantilla permanece fija y bloqueada. Esto permite que se puedan realizar una serie de páginas empleando el mismo diseño básico.



A partir del documento Inicio.HTML fueron creadas las restantes páginas web que conforman el Sitio, modificando solo las regiones editables que el diseñador inicial dejara sin bloquear para la introducción de los contenidos de la página, de esta forma las restantes páginas permanecen conectadas a la plantilla inicial, situación que facilita la rápida actualización del Sitio, ya que es posible realizar cambios profundos en el diseño de una de las páginas web realizando cambios únicamente en la plantilla inicial, y luego solo deberá actualizarse el diseño de la página, con lo que los cambios realizados en la plantilla pasarán en forma automática a todas las páginas web creadas con ella.

### 3. Resultados y discusión

Para lograr que se realice correctamente el diseño de elementos de hormigón estructural es preciso que las plantillas con sus cinco salidas se integren con un conjunto de componentes para conformar el Sitio Web como herramienta avanzada que ofrezca varios servicios a los distintos usuarios que la empleen, dichos componentes son: "Mathcad como herramienta", "Biblioteca", "Cursos de hormigón estructural" e "Intercambiando ideas".

Cada componente anteriormente mencionado será una sección del Sitio, en la figura 1 se observa el Sitio Web creado.



Figura 1. Sitio Web "Diseño Estructural".

#### 3.3.2 Mathcad como herramienta.

En esta sección aparece la información necesaria acerca del *software* empleado en la creación de las hojas de cálculo que aparecen en él para la solución de los diversos



problemas que se pueden presentar durante el diseño y revisión de elementos de hormigón armado y pretensado.

En la página web principal de esta sección aparece una descripción general del Mathcad 14.0, donde se explica brevemente las capacidades resolutorias y la funcionalidad del mismo para la realización de los cálculos de ingeniería, la manipulación de datos y el diseño, y se incluyen las tres páginas siguientes:

- **Principales potencialidades:** donde aparecen una síntesis de las ventajas fundamentales del *software* desde tres vertientes principales: automatización del proceso, comunicación de los conocimientos y posibilidad de seguimiento
- **Manual del usuario:** elaborado por Parametric Technology Corporation, para proporcionar información más detallada acerca del *software* y los elementos exclusivos de su funcionamiento, al cargar esta página el usuario puede acceder al manual.
- **Enlace con sitios de Mathcad:** recoge el compendio de direcciones electrónicas contenidas en ésta página para facilitar la búsqueda de información acerca del *software*

### 3.3.3 Hojas de cálculo.

De todas las secciones que conforman el Sitio, la principal es "Hojas de cálculo", en ella se colocan las plantillas eje principal alrededor del cual gira el Sitio Web "Diseño estructural". En la página web principal de esta sección aparece una breve explicación de las plantillas y las cinco salidas que las conforman como se muestra en la figura 2, información general necesaria para garantizar el correcto uso de las hojas de cálculo de Mathcad como instrumentos confiables y transparentes que les permitan a los estudiantes, profesores y proyectistas estructurales establecer una interface sistemática entre los resultados obtenidos y las potencialidades brindadas por el *software* profesional y los conceptos y principios teóricos que rigen el comportamiento de elementos estructurales.

Desde la página principal se puede acceder a seis páginas secundarias que se corresponden con los seis grandes grupos anteriormente mencionados, a su vez de cada plantilla colocada se derivan 4 páginas secundarias que se corresponden con las salidas de las plantillas



Figura 2. Sección "Hojas de cálculo"

### 3.3.4 Biblioteca.

En ésta sección aparece una biblioteca especializada, que contiene parte de la amplia bibliografía<sup>7</sup> relacionada con el tema del diseño estructural, que recogen diversas alternativas de diseño y revisión para resolver las distintas situaciones que se presentan durante la realización del mismo, como se muestra a continuación en la figura 3:



Figura 3. Sección "Biblioteca"

En la "Biblioteca" los usuarios pueden acceder a las páginas web siguientes:

- **Otros textos de consulta:** desde ésta página el usuario puede consultar en el momento o descargar para su posterior lectura, un compendio de libros afines a los temas de diseño estructural, obras de grandes autores como Collins, Edward G. Nawy, Arthur H. Nilson, David Darwin, Charles W. Dolan etc.

<sup>7</sup> Libros y normativas en idioma inglés y español.

- **Normativas:** página creada con la misma filosofía que la anterior, la única diferencia radica en que contiene un resumen de normativas extranjeras y cubanas.

La "Biblioteca" posibilita que los usuarios puedan ampliar los conocimientos adquiridos en la salida breve caracterización de las plantillas colocadas en el Sitio.

### 3.3.5 Cursos de Hormigón Estructural.

Esta sección se crea para su uso en el proceso enseñanza-aprendizaje de las asignaturas afines al diseño estructural impartidas en pregrado y postgrado en las universidades e incluyen las siguientes páginas web como se observa en la figura 4:

- Pregrado.
- Postgrado.
- Video-conferencias.
- Laboratorios virtuales.



Figura 4. Sección "Cursos de Hormigón Estructural"

En la página pregrado y postgrado se colocan las tareas extraclases, seminarios, guías de estudio, presentaciones en *Microsoft Power Point* y los programas de las distintas asignaturas que se imparten en las carreras Ingeniería Civil, Arquitectura e Hidráulica. Las asignaturas que se imparten en pregrado y que aparecen contenidas en el Sitio para ser consultadas por los usuarios son:

- Hormigón Estructural I.
- Hormigón Estructural II.
- Estructuras de Hormigón.



Con relación a las de postgrado aparecen las que se imparten en la Maestría de Estructuras de la UCLV y en la Maestría Ingeniería Civil del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE):

- Comportamiento del Hormigón. (UCLV)
- Diseño Estructural. (UCLV e ISPJAE)

### 3.3.6 Intercambiando ideas.

Esta sección, se observa en la figura 5 y está encaminada a lograr un mayor nivel de colaboración y comunicación entre los ingenieros civiles para buscar q las plantillas creadas estén en permanente desarrollo.

“Intercambiando ideas” incluye dos páginas web:

- Comunicación con los autores.
- Descarga de propuestas.



Figura 5. Sección Intercambiando ideas.

## 4. Conclusiones

- Las hojas de cálculo en Mathcad, contenidas en la herramienta propuesta, resuelven la necesidad existente en Cuba, de ayudas de cálculo para el diseño estructural como una alternativa para perfeccionar este proceso, incorporando recursos que lo hagan más riguroso y profundo, resultando un vehículo imprescindible para la utilización eficiente del software profesional.
- Dada la prioridad que se le otorga al empleo de las TIC en la enseñanza de la Ingeniería Civil en Cuba y el mundo, el Sitio Web propuesto es una vía para fortalecer este proceso, pues ofrece una forma efectiva de agilizar el proceso de





enseñanza- aprendizaje, propiciando que los alumnos sean autogestores de su propio conocimiento bajo la orientación del profesor encargado de facilitar el aprendizaje comprensivo y relevante.

- El Sitio Web: “Diseño Estructural” quedó integrado por las secciones siguientes: “Hojas de cálculo, “Mathcad como herramienta”, “Biblioteca”, “Cursos de hormigón estructural” e “Intercambiando ideas”, secciones que, en su diseño e implementación, cumplen con el propósito original de facilitar el acceso a fuentes actualizadas sobre el empleo del Mathcad y el diseño estructural, de introducir materiales didácticos afines a los cursos de esta temática y a promover un intercambio permanente con los usuarios.
- El eje principal alrededor del cual gira el Sitio son las plantillas, hojas de cálculo de Mathcad 14.0 y sus cinco salidas, como instrumentos confiables y transparentes que les permite a estudiantes, profesores y proyectistas estructurales establecer una interface sistemática entre los resultados obtenidos y las potencialidades brindadas por el *software* profesional y los conceptos y principios teóricos que rigen el comportamiento de elementos estructurales.
- Tanto las hojas de cálculo de Mathcad 14.0 como el propio Sitio fueron creadas bajo la filosofía de que estarán en permanente desarrollo y se irán perfeccionando paulatinamente con nuevas versiones que resuelvan de manera más eficiente cualquiera de sus componentes. De la misma forma se incorporarán nuevas variantes y soluciones a las hojas de cálculo propuestas y se abrirán nuevos caminos en función de los avances en este campo de la Ingeniería Civil y de las colaboraciones que puedan recibirse por parte de los profesionales que realizan el diseño.

## 5. Referencias bibliográficas

American Society of Civil Engineers, 2010. *La visión para la Ingeniería Civil en 2025*. s.l.:s.n.

D’paola Puche, E. H., 2014. Nuevas tecnologías en la enseñanza de la ingeniería civil: BIM y realidad virtual. p. 28.

Hernández Santana, J. J., 2015. Las ayudas de cálculo en el diseño de hormigón estructural, herramientas imprescindibles para el proyectista moderno., Guardalavaca: s.n.

Hernández Santana, J. J. & Caballero Díaz, O., 2012. *Herramientas de avanzada en el diseño estructural*. s.l.:s.n.





**Convención Científica Internacional 2017**  
**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS**  
**Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas**



Hernández Santana, J. J., Chagoyén Méndez, E. & Caballero Díaz, s.f. Las Hojas de Cálculo en la enseñanza de la disciplina de Hormigón Estructural.

Mayorga Fernández, M. J. & Madrid Vivar, D., 2010. Modelos didácticos y Estrategias de enseñanza en el Espacio Europeo de Educación Superior.. *Tendencias pedagógicas*, 1(15).

Menéndez, L., Valdés , V. & Valdés, M., 2001. *Metodología de desarrollo de una aplicación hipermedios. Memorias del X SIE 2001*. UCLV: s.n.

Parametric Technology Corporation, 2006. *Mathcad Software de cálculos de ingeniería*. Massachusetts: s.n.

Parametric Technology Corporation, 2015. *Mathcad 15.0 Upgrade. Feature Comparison Chart*, s.l.: s.n.

