

APLICACIÓN DE NUEVAS HERRAMIENTAS Y PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA Y EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES EN CURSOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

APPLICATION OF NEW TOOLS AND TEACHING AND EVALUATION PRACTICES IN STRUCTURAL ANALYSIS COURSES

Jorge M. Pérez Zerpa^a, Diego Figueredo^a, Joaquín Viera^a y Ximena Otegui^b

^a*Instituto de Estructuras y Transporte, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay*
<https://www.fng.edu.uy/iet>

^b*Unidad de Enseñanza, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay*
<https://www.fng.edu.uy/uefi>

Palabras clave: Análisis estructural, Innovación educativa, Software libre, Herramienta computacional para enseñanza, Evaluación de aprendizajes.

Resumen. La asignatura “Resistencia de Materiales 2” integra la currícula obligatoria de la carrera Ingeniería Civil de la Universidad de la República. Sus contenidos incluyen métodos numéricos y analíticos para la determinación de deformaciones y esfuerzos en estructuras de barras apertadas hiperestáticas. Desde 2018 se está ejecutando un proyecto de innovación educativa con dos líneas centrales de trabajo. La primera consiste en la producción y disponibilización de una pauta de trabajo y evaluación de los aprendizajes, brindando desde el inicio del semestre una guía detallada con criterios de evaluación. La segunda línea consiste en el desarrollo de herramientas informáticas didácticas tanto para el análisis de estructuras como para el aprendizaje de los métodos dictados en el curso. Se presentan las modificaciones realizadas en la asignatura y los resultados obtenidos en su aplicación, considerando la valoración de los estudiantes a través de encuestas de opinión anónimas y voluntarias.

Keywords: Structural analysis, Learning Innovation, Free Software, Education computational tools, Learning assessments.

Abstract. The course “Strength of Materials 2” is integrated to the Civil Engineering degree taught at Universidad de la República. The contents of the course include analytical and numerical methods for the determination of deformations and solicitations in statically indeterminate frame structures. Since 2018 an education research project is on course, with two main work lines. The first one consists in the development and publication of a guideline for the evaluation process, providing the students with a detailed description of the evaluation criteria. The second consists in the development of didactic numerical tools or software, both for the analyses of structures and for the guided learning of certain methods taught in the course. The modifications of the course and the results obtained through the processing of student evaluation surveys are presented.

1. INTRODUCCIÓN

La asignatura *Resistencia de Materiales 2* (RM2) integra la currícula obligatoria de la carrera Ingeniería Civil brindada por la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad de la República (UdelaR). Se ofrece en el sexto semestre para aproximadamente 100 estudiantes y es la última asignatura de análisis estructural obligatoria para los cuatro perfiles de egreso. Tiene una carga horaria presencial de 3 horas de clases teóricas y 2 horas de clases prácticas/laboratorio semanales. Su acreditación se obtiene mediante pruebas parciales escritas y un trabajo grupal. En función del resultado del curso los estudiantes: 1) aprueban exonerando el examen, 2) deben rendir un examen o 3) deben volver a cursar en una futura edición.

Los contenidos de RM2 incluyen métodos numéricos y analíticos para la determinación de deformaciones y esfuerzos en estructuras de barras aporricadas hiperestáticas; se presentan el Método de las Fuerzas y el Método de los Desplazamientos.

En 2017 se inició un proceso de reformulación de la asignatura que incluyó cambios en los contenidos y la forma de abordarlos, en la propuesta de laboratorio, en las formas de evaluación, así como en las herramientas informáticas utilizadas por los estudiantes. Estos cambios fueron motivados por la detección, por parte del nuevo equipo docente a cargo de RM2, de dificultades de los estudiantes en la comprensión de las deformaciones y esfuerzos presentes en las estructuras tridimensionales. El equipo docente ensayó alternativas para abordar estas dificultades y, junto con la Unidad de Enseñanza (UEFI), se evaluaron y analizaron los resultados. A partir de esto, se presentó un proyecto en la línea de innovación educativa de la Comisión Sectorial de Enseñanza¹ (CSE), el cual fue financiado para su implementación en 2018-2019². En el marco del proyecto, fueron identificadas dos líneas de trabajo principales, que se describen a continuación.

Por un lado, se entendió necesario realizar cambios en la propuesta de la asignatura para favorecer la comprensión de las deformaciones y esfuerzos desarrollados en estructuras tridimensionales de barras. Para ello, se implementaron nuevas prácticas de enseñanza y evaluación de los aprendizajes, haciendo foco en el modelado y análisis de estructuras reales y su conexión con los contenidos de RM2. Esto requirió jerarquizar algunos contenidos, reformular el laboratorio y favorecer el desarrollo de habilidades para formular problemas abstractos a partir de situaciones reales, por parte de los estudiantes. Como actividad de laboratorio a desarrollar durante todo el semestre, se propuso un trabajo grupal de análisis completo de una estructura real seleccionada por los propios estudiantes. Para guiar y acompañar el proceso de los estudiantes se diseñó una pauta de trabajo y evaluación que explicita, desde el inicio del semestre, los criterios e instancias de evaluación, jerarquizando el trabajo de análisis de las estructuras.

Por otro lado, se observó la necesidad de incrementar el acceso de los estudiantes a herramientas informáticas adecuadas, tanto para el aprendizaje de los conceptos fundamentales de RM2, como para su acercamiento al análisis estructural a nivel profesional. Para ello se desarrollaron y adaptaron dos herramientas informáticas didácticas orientadas al análisis de estructuras tridimensionales y al aprendizaje de métodos abordados en la asignatura. Las herramientas desarrolladas son de código abierto publicadas bajo licencias de *software libre*.

En este artículo se presenta el trabajo realizado en cada una de las líneas descritas. En la [Sección 2](#) se describe el proceso de desarrollo, evaluación y mejora de la pauta de trabajo y eva-

¹Comisión Sectorial de Enseñanza, Universidad de la República www.cse.udelar.edu.uy.

²Proyecto: "Rediseño de prácticas de enseñanza y evaluación en Resistencia de Materiales", resumen público: www.cse.udelar.edu.uy/blog/proyecto-financiado/rediseño-de-practicas-de-ensenanza-y-evaluación-en-resistencia-de-materiales/.

luación desarrollada. En la [Sección 3](#) se describen los desarrollos de herramientas informáticas realizados. En la [Sección 4](#) se presentan las conclusiones del trabajo. En el Anexo [A](#) se presenta la pauta obtenida como resultado.

2. PROPUESTA DE TRABAJO Y EVALUACIÓN

La preocupación por las dificultades estudiantiles en la resolución de problemas reales así como para el trabajo grupal trascienden RM2 y son aspectos que la UdelaR también tiene entre sus prioridades. En el artículo 5 de la Ordenanza de Grado vigente desde 2011 se establece “promover la enseñanza activa, donde se privilegien experiencias en las cuales el estudiante, en forma individual o en grupos, se enfrente a la resolución de problemas, ejercite su iniciativa y creatividad y adquiera el hábito de pensar con originalidad, y a movilizar conocimientos específicos para resolver problemas nuevos y complejos” (UdelaR, 2011).

Acorde con estos lineamientos, durante 2017 se realizaron los primeros cambios y pruebas en RM2, modificando la jerarquización de contenidos y ensayando una nueva propuesta de trabajo de laboratorio. En ese año se planteó, por primera vez, que los estudiantes analicen estructuras reales escogidas por ellos, contando con un documento con ciertas pautas de trabajo y evaluación definidas. En esta primera experiencia piloto se pudieron valorar posibles dificultades de implementación, requerimientos de carga horaria docente y la opinión estudiantil a través de encuestas. Estas valoraciones fueron consideradas para elaborar la propuesta 2018.

En (Fink, 2013) se enfatiza la relevancia que tiene, para los aprendizajes en el nivel universitario, pensar la evaluación como una instancia más de aprendizaje. Se fundamenta el diseño de propuestas que integren instrumentos que favorezcan la evaluación continua y formativa, frente a aquellas que se centran principalmente en la acreditación. El autor realiza un análisis crítico acerca de cursos cuya evaluación consiste básicamente en dos instancias parciales durante el semestre -como sucede en FI-, cuya función es adjudicar una calificación e informar al estudiante si logró lo esperado. En contraste con esta práctica, Fink propone el diseño de evaluaciones que se centren en apoyar el proceso de aprendizaje, cuyo factor diferencial corresponde a la devolución y retroalimentación que el docente le brinde. En este contexto, la retroalimentación incluye las siguientes características: ser frecuente, ser inmediata, presentar criterios claros que permitan identificar lo correcto y lo que se debe profundizar, brindar apoyo para continuar.

Si los docentes elaboran propuestas de evaluación considerando estos criterios, los estudiantes logran una mayor comprensión de su proceso de aprendizaje y cuentan con elementos claros para trabajar en consecuencia. La retroalimentación en sí es evaluativa, ya que brinda criterios sobre lo que está bien y lo que está mal; pero además de brindar información, ayuda a que los estudiantes encuentren caminos para hacerlo. Estas transformaciones son acordes al diseño de situaciones de aprendizaje donde se posibilite al estudiante tener un rol activo, desarrollando habilidades fundamentales en el nivel superior como la autonomía, iniciativa, responsabilidad, creatividad, trabajo en equipo, autoestima e interés por el aprendizaje (Biggs y Tang, 2007).

En 2018, en el marco del proyecto de innovación, el laboratorio grupal pasó a ser el eje central del curso, planteando el documento de pauta de trabajo y evaluación desde el inicio y acompañando el proceso de aprendizaje durante todo el semestre. La pauta considerada en dicho año era similar en esencia a la que está siendo utilizada en 2019.

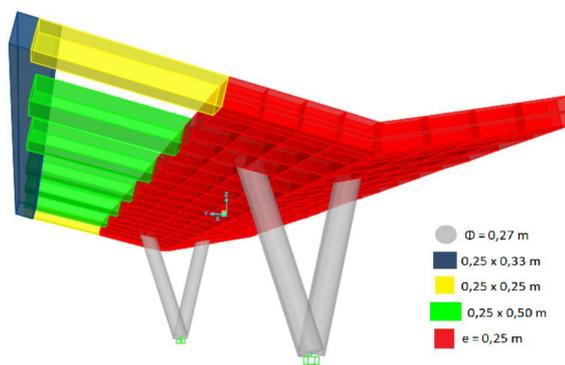
La pauta 2019 es presentada en el Anexo [A](#), donde se puede observar la forma de trabajo propuesta a los estudiantes, la guía para selección de estructuras, las características del informe a elaborar y sus entregas, las pautas para la defensa oral, los criterios de evaluación y la forma de asignación de puntaje. En las entregas parciales los estudiantes presentan los avances en un informe de trabajo escrito y en la defensa oral realizan una presentación, exponiendo ante

todo el grupo de estudiantes su trabajo. Se buscó así enriquecer la evaluación, aspecto que se jerarquiza en el artículo 37 de la ordenanza de grado: “cumplirá [la evaluación] una función formativa a la vez que de verificación y certificación” (UdelaR, 2011).

Luego de cada entrega, el docente tutor asignado realizaba una devolución con las correcciones sugeridas en base a los criterios planteados en la pauta. Los 28 grupos de cuatro estudiantes aprox. fueron orientados por los cuatro docentes del equipo; cada docente corrigió y acompañó a siete grupos. Las estructuras consideradas incluyeron: puentes, grúas, edificaciones, entre otros. A modo de ejemplo del tipo de modelos realizados, se muestra en la Figura 1 la estructura real seleccionada y el modelo realizado por estudiantes del grupo 19 integrado por los estudiantes: Antonella Blengio, Gastón Bogarín, Nicolas Ortiz y Santiago Rivara.



(a) Estructura ubicada Bvar. España y Bvar. Artigas en Montevideo, Uruguay.



(b) Ejemplo de modelo numérico de SAP2000.

Figura 1: Ejemplo de trabajo de modelado de grupo de estudiantes de 2018.

La opinión de los estudiantes de la edición 2018 fue relevada a través de una encuesta de opinión anónima y voluntaria al finalizar el curso; fue completada por 82 de los 108 estudiantes inscriptos al curso. Con respecto al laboratorio los estudiantes acuerdan en su amplia mayoría que la propuesta de trabajo fue adecuada (90 %) ³ y motivante (89 %). Consideran que el trabajo grupal favoreció la comprensión de la temática (73 %) y se sintieron a gusto trabajando de esa forma (79 %). Con respecto a las devoluciones realizadas por los docentes acuerdan en que les permitieron comprender errores y mejorar el trabajo realizado (83 %) y les pareció adecuado contar con un tutor docente por grupo (90 %). La defensa oral realizada en clase como forma de evaluar el trabajo de laboratorio fue considerada adecuada por la mayoría (71 %). Sobre la pauta de trabajo y evaluación concuerdan en su amplia mayoría en que fue clara (94 %) y de utilidad (89 %).

3. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA APOYO AL APRENDIZAJE

Ante la necesidad de modelar estructuras *reales*, los estudiantes debieron ser introducidos al uso de herramientas de análisis estructural similares a las utilizadas a nivel profesional. En 2018 los estudiantes utilizaron desde el inicio del curso los programas: SAP 2000 ⁴, AxisVM ⁵

³Encuesta con escala: 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo). El porcentaje de *acuerdo* se obtiene de la cantidad de estudiantes que responden 4 o 5 en el ítem considerado.

⁴<https://www.csiamerica.com/products/sap2000>

⁵<https://axisvm.eu/index.html>

y Ftool⁶. A pesar de que su adopción fue rápida, resulta de interés poder brindar herramientas de *software libre* para análisis estructural desarrolladas por el propio equipo docente, replicando así experiencias positivas (Pérez Zerpa et al., 2015; Castrillo et al., 2014). Por otra parte, se consideró importante que los docentes puedan dedicar más tiempo al acompañamiento de los trabajos grupales, para lo cual se debía brindar a los estudiantes herramientas interactivas de apoyo al aprendizaje autónomo de ciertos métodos prácticos. Estas dos motivaciones son abordadas a través del trabajo en dos sub-líneas presentadas en las secciones 3.1 y 3.2.

3.1. Interfaz gráfica para el código ONSAS

En 2017, en el marco del dictado de un curso de posgrado, los docentes Bazzano y Pérez Zerpa presentaron un conjunto de códigos de GNU-Octave para el análisis no lineal de estructuras (Bazzano y Pérez Zerpa, 2017). La herramienta se llama ONSAS (*Open Nonlinear Structural Analysis System*) y está disponible bajo licencia GNU-GPLv3⁷. Sobre el final del curso 2018 de RM2, los estudiantes fueron introducidos a una versión sin interfaz gráfica del ONSAS para evaluar su opinión. Se comprobó que los estudiantes prefieren herramientas con interfaz gráfica, como las de las herramientas profesionales que habían sido presentadas al inicio y ya dominaban.

Motivado por este resultado, durante el primer semestre de 2018, el docente Viera fue integrado al equipo del proyecto y desarrolló una interfaz gráfica en GNU-Octave (versión 5.1.0) para el ONSAS. Esta interfaz incluye una ventana principal de diálogo a través de la cual el usuario puede cargar datos para realizar gran parte de los análisis que el ONSAS puede ejecutar.

En la edición 2019 los estudiantes entran en contacto desde el inicio del semestre con esta versión un poco más “amigable”, que podrán utilizar para hacer análisis de pórticos 3D con pequeños desplazamientos bajo carga estática. Serán también introducidos a las otras herramientas comerciales de análisis, dejando a su criterio la elección de los programas a usar.

3.2. Desarrollo de HASDe

Una de las unidades temáticas centrales de la asignatura es el *Método de Slope-Deflection* y su aplicación al análisis de estructuras aporticadas planas (Kassimali, 2015). El proceso de aplicación de este método es considerablemente automatizable, lo cual motivó al desarrollo de una herramienta interactiva de aprendizaje que brinde mayor autonomía a los estudiantes.

Durante el primer semestre de 2019 los docentes Viera y Pérez Zerpa trabajaron en el diseño y desarrollo de HASDe: una Herramienta de Aprendizaje interactivo del método de Slope DEflection. Con esta herramienta se busca que los alumnos puedan acompañar su aprendizaje individual y simplificar la detección de los errores más frecuentes en los razonamientos. Esta herramienta, implementada en GNU-Octave 5.1.0, está disponible de forma abierta a través de la url <https://grupomises.github.io/hasde/> y será probada en la edición 2019 del curso.

Al utilizar el HASDe el estudiante interactúa con una interfaz gráfica y debe responder las siguientes preguntas de forma ordenada, siguiendo el razonamiento del método:

1. **Número de incógnitas:** indicar el mínimo número de incógnitas para aplicar el MSD. Si se ingresa el número correcto, un mensaje indica que la respuesta es correcta y continúa.

⁶<https://www.ftool.com.br/Ftool/>

⁷La versión actual del ONSAS está disponible en: <https://grupomises.github.io/onsas/> actualmente con cinco autores y varios contribuyentes.

2. **Incógnitas a utilizar:** se debe indicar qué grados de libertad utilizará para el cálculo.
3. **Ecuaciones de solicitaciones por elemento** se ingresan los coeficientes de las ecuaciones de solicitaciones de cada elemento.
4. **Matriz de rigidez:** matriz de coeficientes del sistema completo.
5. **Resultados:** finalmente se debe indicar valores de incógnitas cinemáticas y solicitaciones.

Tanto la herramienta ONSAS como la HASDe serán aplicadas en la edición 2019.

4. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó el proceso de diseño, desarrollo, aplicación y evaluación de distintas prácticas y herramientas didácticas en un curso de Resistencia de Materiales.

Respecto a la pauta de trabajo y evaluación, se comprobó que la evaluación formativa y continua, con devoluciones a tiempo para los estudiantes requiere tiempo y esfuerzo por parte del equipo docente. Se valoró que dos entregas intermedias y la versión final es un número adecuado para poder brindar retroalimentación a los estudiantes durante el trabajo y es acorde a la disponibilidad docente en RM2. De esta forma se trabajará a partir de la edición 2019.

Desde el punto de vista del equipo docente, se entiende que el curso de RM2 propuesto integra prácticas de enseñanza que favorecen el rol activo del estudiante así como una propuesta de evaluación formativa y continua que brinda herramientas adecuadas para fortalecer el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Respecto a las herramientas informáticas, se mostró que es factible desarrollar códigos propios para atender las necesidades didácticas del curso RM2. Durante el año 2019 se realizará una evaluación de la respuesta de los estudiantes ante estas nuevas herramientas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por la Comisión Sectorial de Enseñanza y el apoyo de la Comisión Sectorial de Investigación Científica. También agradecen a los docentes Agustín Spalvier y Adrián Russi, por sus aportes durante las etapas de diseño de la pauta; y al docente Bruno Bazzano por sus aportes relativos al diseño de las herramientas informáticas.

REFERENCIAS

- Bazzano J.B. y Pérez Zerpa J. *Introducción al Análisis No Lineal de Estructuras*. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, 2017. ISBN 978-9974-0-1525-8.
- Biggs J. y Tang C. *Teaching for quality learning at university: what the student does*. McGraw-Hill, 2007. ISBN 9780335242764.
- Castrillo P., Mondino F., Pérez Zerpa J., y Canelas A. Desarrollo y extensión de una herramienta numérica de elementos finitos para el dictado de cursos de grado y de posgrado. *Mecánica Computacional*, 33:2073–2086, 2014.
- Fink L.D. *Creating significant learning experiences: an integrated approach to designing college courses*. Jossey-Bass, 2 edición, 2013. ISBN 978-1-118-12425-3.
- Kassimali A. *Análisis Estructural*. Cengage Learning, 5 edición, 2015. ISBN 978-607-519-540-7.
- Pérez Zerpa J.M., Castrillo P., Otegui X., y Canelas A. Ietfem: Una herramienta de código abierto aplicada a la enseñanza del método de elementos finitos en ingeniería. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 4:3323–3341, 2015.
- UdelaR. Ordenanza de estudios de grado y otros programas de formación terciaria. <http://www.universidad.edu.uy/renderResource/index/resourceId/15725/siteId/1>, 2011.

A. PAUTA DE TRABAJO Y EVALUACIÓN DE EDICIÓN 2019

Pauta de trabajo y evaluación del curso - Edición 2019

Resistencia de materiales 2

Resistencia de Materiales 2 - cod. 1312

Pauta de trabajo y evaluación - 2019

Instituto de Estructuras y Transporte

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

En este documento se establecen las pautas para trabajo y evaluación de la Unidad Curricular Resistencia de Materiales 2 (código 1312). Se describen los criterios considerados para la realización, entrega y evaluación de los trabajos de laboratorio del curso, así como también, la dinámica a aplicar en las evaluaciones escritas. Estos criterios también aplican a estudiantes recursantes ya que no se revalidan trabajos de laboratorio de ediciones anteriores. Estas pautas fueron desarrolladas por los docentes del curso con colaboración de docentes de la Unidad de Enseñanza de FIng.

1 Laboratorios

1.1 Aspectos generales

Formación de grupos Los trabajos serán realizados en **grupos de 4** estudiantes. Los estudiantes deberán formar y comunicar los grupos a través de la actividad Elección de grupos en EVA **antes del día lunes 19/8 a las 23:55 hrs.**

Sobre el problema a resolver Cada grupo considerará una estructura existente para realizar diferentes análisis aplicando los conceptos vistos en el curso. La estructura debe tener una complejidad tal que pueda ser analizada considerando esquemas básicos de cálculo (EBC) planos y tridimensionales. Las estructuras planas con carga perpendicular al plano de la misma serán consideradas como tridimensionales. Se modelarán utilizando elementos de barra, viga o pórtico. En caso de que existan elementos planos, como losas, se deberá utilizar algún criterio para la distribución de las cargas correspondientes a los elementos de viga vinculados. Se podrán considerar análisis de posibles modificaciones a realizar sobre estructuras existentes. En el caso de que se consideren estructuras isostáticas se podrán proponer modificaciones para obtener una estructura hiperestática. Se podrán considerar excepciones a estas condiciones en coordinación con el tutor asignado.

Ejemplos de tipos de estructuras que se podrán considerar:

- **puentes:** puentes viga, puentes atirantados, puentes losa y puentes en arco,
- **marítimas:** muelles, estructuras flotantes, diques, canales de navegación,
- **torres reticuladas:** mástiles atirantados, torres de tendido eléctrico, pórticos de recepción,
- **edificaciones:** casas, edificios, estadios de fútbol,

- **industriales:** puente grúa, grúa de carga portuaria,
- **otras estructuras:** alumbrado público, cartelería, señalización, etc.

A modo de guía y apoyo estarán disponibles los laboratorios de años anteriores. Las estructuras seleccionadas para el año corriente deberán ser distintas o presentar variantes respecto a las elegidas en trabajos anteriores.

1.2 Entregas de informe

La entrega y evaluación del trabajo será a través de entregas parciales de acuerdo a las pautas descritas a continuación. Cada entrega parcial es parte de un trabajo global acumulativo. Cada entrega es autocontenida, es decir que no se deben realizar referencias a entregas anteriores. Tanto la descripción de los puntos solicitados como las fechas de entrega podrán tener ligeras variaciones/aclaraciones durante el transcurso del semestre.

ENTREGA 1

Entrega inicial. Un integrante de cada grupo deberá subir en el espacio habilitado en el EVA **únicamente un documento pdf de 4 páginas como máximo** en el cual se incluyan los resultados de los siguientes puntos:

- escoger una estructura existente y presentar fotos que permitan apreciar la geometría de la misma.
- clasificar la estructura según criterios vistos en clase.
- establecer hipótesis sobre el comportamiento constitutivo y propiedades de los materiales que forman la estructura.
- enumerar al menos dos estados de cargas a la cual la estructura puede estar sometida durante su vida útil.

- presentar dos esquemas de cálculo simplificados de estructuras planas. Definir estados de carga, geometría de las barras (longitud y sección transversal) y vínculos entre elementos. Al menos uno de los esquemas debe permitir resolución analítica.
- calcular desplazamientos nodales y presentar la deformada para ambos esquemas (para el esquema de solución analítica determinar analíticamente el desplazamiento de algunos puntos de referencia).
- validar los resultados analíticos comparando con resultados numéricos (herramientas computacionales).

El trabajo deberá ser enviado antes del día **viernes 13/9 a las 23:55 hrs.**

En caso de constatarse similitudes con trabajos de años anteriores la entrega será rechazada. La misma deberá ser realizada nuevamente, considerándose un factor de penalización de 0,5 para el puntaje total de la entrega.

De existir coincidencias entre grupos cursantes, la entrega será aceptada, corregida y puntuada. Sin embargo se realizará un sorteo para determinar cuál de los grupos involucrados deberá modificar la estructura seleccionada para las siguientes instancias del laboratorio.

ENTREGA 2

Entrega de análisis analíticos y modelos computacionales. Se deberán entregar en un archivo **zip**, tanto el documento del informe del trabajo como los archivos de los modelos/códigos utilizados para los análisis. El informe tendrá **como máximo 6 páginas** y los puntos a cubrir son:

- presentar diagramas de directa, momento y cortante para los dos esquemas de cálculo simplificados de estructuras planas.
- comparar los resultados de desplazamientos y solicitaciones obtenidos para los diferentes esquemas de cálculo tomando puntos y elementos de referencia.
- presentar y analizar al menos un esquema básico de cálculo de estructura tridimensional de barras.
- presentar diagramas de solicitaciones (4 solicitaciones mas relevantes) y deformada. Se podrá utilizar herramientas computacionales.
- comparar los resultados obtenidos con los de los modelos simplificados planos. Calcular errores y diferencias relativas

- el informe debe contener toda la información necesaria para comprender el trabajo realizado, incluyendo los puntos más importantes de la entrega 1 (alguna foto de la estructura, descripción de hipótesis sobre los materiales, etc.).

Esta entrega deberá ser enviada **antes del día lunes 28/10 a las 07:55 hrs.**

ENTREGA FINAL

Se deberá subir el documento actualizado con todas las correcciones y/o comentarios recibidos luego de la presentación oral. Esta entrega será la versión a publicar al año siguiente para los nuevos estudiantes del curso y no tendrá puntaje asignado. Esta entrega deberá ser subida al EVA **antes del día viernes 15/11 a las 23:55 hrs.**

1.3 Exposición oral

Todos los grupos realizarán una presentación oral del trabajo ante sus compañeros y los docentes **el día sábado 9/11**. Esta instancia de evaluación es obligatoria para todos los integrantes de los grupos y el orden de presentación será sorteado en algún momento del semestre. Dos estudiantes del grupo elegidos por el tribunal en el momento de la presentación harán la exposición oral. Se podrán formular preguntas breves sobre el trabajo o conceptos vistos en el curso a cualquier integrante del grupo.

Las presentaciones deberán ser entregadas en formato **pdf** antes de la fecha a ser definida. El documento utilizado para la ppt puede ser realizado usando cualquier herramienta (Libreoffice, PowerPoint, Beamer- \LaTeX , etc), pero **debe ser subido en formato pdf.**

1.4 Licencia de publicación

Los trabajos podrán ser publicados en repositorios de la Universidad de la República bajo una licencia *Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License*. Ver detalles en creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0.

Los autores del trabajo serán los integrantes del grupo, siguiendo el mismo orden que los estudiantes elijan y utilicen en la primer página del informe.

1.5 Criterios de asignación de puntaje

El puntaje final obtenido del laboratorio **PL**, con un valor máximo de **15 puntos**, será calculado usando la siguiente ecuación:

$$PL = 0,3 PE1 + 0,5 PE2 + 0,2 PExp$$

donde **PE1** y **PE2** son los puntajes obtenidos en las dos primeras entregas y **PExp** es el puntaje de la defensa/exposición oral del trabajo. **Los grupos que no se presenten a la exposición oral tendrán puntaje 0** en el puntaje final del laboratorio. Además, en caso de constatarse falta de colaboración en alguno de los integrantes del grupo, **se podrán realizar penalizaciones adicionales sobre el estudiante.**

PUNTAJE DE INFORMES

Se asignarán puntos en una escala de 0 a 3 para cada uno de los siguientes criterios:

1. Cumplimiento de la consigna
2. Figuras y tablas
3. Redacción
4. Referencias bibliográficas y otros
5. Formato

Los puntajes obtenidos en cada criterio serán sumados considerando factores de ponderación y se obtendrá un valor entre 0 y 15. **Las entregas fuera de plazo** serán corregidas para darle una devolución al estudiante pero **tendrán puntaje 0.**

El estilo a utilizar es el definido en el *template* de \LaTeX disponible en el sitio eva. Se podrá utilizar cualquier editor aunque se deberá entregar en formato **pdf** y respetar el estilo definido: fuente: Times new roman; tamaño texto normal: 11; diagramación de página doble columna; numeración de secciones; formato de referencias, márgenes 1.5 cm en todos los bordes excepto 2 cm en margen superior, encabezado y pié de página, tamaño de títulos de tablas y figuras, etc.

1) Cumplimiento de la consigna

- **3:** el trabajo cumple con la consigna de la entrega, presenta claramente todos los puntos pedidos y no presenta incoherencias en los resultados.
- **2:** el trabajo cumple correctamente con la mayoría de los puntos solicitados aunque algunos puntos están incompletos o presentan resultados con algunas incoherencias (mencionados por los estudiantes). Ejemplo: se presenta algún diagrama de magnitudes relevantes, como por ejemplo solicitaciones, y no es aclarado, ni en la figura ni en el texto, en qué unidades están expresados los valores.

- **1:** el trabajo cumple correctamente con parte de los puntos solicitados aunque varios puntos están incompletos y/o presentan resultados incoherentes y esto no es mencionado.
- **0:** el trabajo no cumple correctamente ninguno de los puntos solicitados.

2) Figuras y tablas

- **3:** se utiliza una cantidad adecuada de figuras y tablas, de forma ordenada e integrada con el texto. En los casos que requiera (como diagramas) permiten al lector leer números o ver detalles, en los casos en los que no es posible se aclara en el texto.
- **2:** en algunos casos las figuras no son legibles o algunas tablas tienen errores menores,
- **1:** las figuras o tablas no están integradas con el texto por no ser referenciadas en el mismo o se usan figuras o tablas con errores,
- **0:** la mayoría de las figuras utilizadas no tienen información relevante o no son claras.

3) Redacción

- **3:** el texto es claro y conciso, no se comenten errores ortográficos o gramaticales en cantidad considerable,
- **2:** se encuentran errores gramaticales menores y la redacción es suficientemente clara,
- **1:** se encuentra una cantidad importante de errores ortográficos, especialmente tildes, y/o la redacción no es suficientemente clara,
- **0:** el texto no es claro, tiene: oraciones incompletas, mal uso de puntuación o mayúsculas.

4) Referencias bibliográficas y otros

- **3:** se citan referencias bibliográficas de forma adecuada así como también se definen claramente las fuentes de otros materiales usados como imágenes o datos obtenidos de sitios web,
- **2:** existen algunas referencias puntuales faltantes,
- **0:** no se hace un uso correcto de referencias.

5) Formato

- **3:** se cumplió con el estilo definido,
- **2:** se cumplió con el estilo definido pero no se respetó el máximo de páginas,
- **0:** no se cumplió con el estilo definido.

PUNTAJE DE EXPOSICIÓN▪ **Exposición oral:**

- **3:** ambos estudiantes realizan la presentación de forma respetuosa y correcta dirigiéndose al público y en el tiempo asignado, el contenido de la presentación es concreto y orientado a mostrar los resultados más importantes del trabajo,
- **2:** la presentación se realiza correctamente hasta que el tiempo máximo es alcanzado sin poder finalizar la misma o se cometen errores menores de conexión con el público y visualización de la presentación,
- **1:** se presenta en tiempo adecuado pero se cometen errores al presentar sin lograr exponer claramente conceptos de la presentación,
- **0:** se realiza una presentación incompleta con mal uso del tiempo y cometiendo los errores mencionados anteriormente.

▪ **Preguntas:**

- **3:** ambos estudiantes responden correctamente,
- **2:** se comenten errores de importancia menor,
- **0:** se cometen errores importantes.

Los puntajes obtenidos en cada criterio serán sumados considerando factores de ponderación y se obtendrá un valor **PExp** comprendido entre 0 y 15.

Las presentaciones deberán ser realizadas en un tiempo máximo de 9 minutos. Luego se tomarán algunos minutos para realizar preguntas.

2 Parciales

Instancias de la prueba La prueba será tomada en el día definido a través de dos instancias, separadas por un intervalo de 15 minutos para descanso fuera del salón.

1. La primera instancia tendrá una duración de 1 hora y estará orientada a evaluar mayoritariamente conocimientos teóricos.
2. La segunda instancia tendrá una duración de 2 horas y se evaluarán habilidades relacionadas principalmente a la resolución de problemas prácticos.

Materiales Durante la instancia práctica se podrá utilizar todo tipo de material. Para la instancia teórica los estudiantes podrán utilizar únicamente materiales para escribir. Las hojas serán suministradas por los docentes y no será necesario utilizar calculadora.

Dinámica de la prueba A la hora y lugar establecidos se llamará a los estudiantes para ingresar al salón para realizar la prueba teórica. Luego de finalizada la prueba teórica los estudiantes se retirarán del salón. Luego de finalizado el tiempo máximo definido para la prueba teórica los estudiantes saldrán del salón durante 15 minutos para ser llamados luego para la instancia práctica.

Puntaje La primer instancia parcial otorgará un puntaje máximo de 35 puntos, mientras que la segunda instancia parcial otorgará un puntaje máximo de 50 puntos.

Resultados Los resultados serán publicados en un plazo no mayor a 15 días hábiles. Junto con los resultados serán enumerados los errores más frecuentes cometidos por los estudiantes.

3 Exámenes

El formato de examen será definido por el tribunal correspondiente. A pesar de esto, se describen de forma sintética los lineamientos de la dinámica que se considera aplicar a partir de esta edición del curso.

El examen tiene una parte escrita y una parte oral. Aquellos estudiantes que alcancen un cierto puntaje mínimo en la parte escrita pasarán a la parte oral. En la parte oral deberán responder dos preguntas. Las respuestas dadas por los estudiantes serán ponderadas con el puntaje obtenido en la parte escrita de acuerdo con una ecuación previamente establecida por el tribunal.