

# INFORME FINAL PROYECTO

## ID2012/057

Diseño coordinado de guiones de prácticas para el laboratorio de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Escuela Politécnica Superior de Zamora

Coordinadora

Ana Belén Ramos Gavilán

Equipo:

Manuel Domínguez Lorenzo

José Luís González Fueyo

Teófilo Ramos de Castro

Jaime Santo Domingo Santillana

Junio 2013

## ÍNDICE

1.- EQUIPO DE TRABAJO Y ASIGNATURAS

2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.- FASES DE DESARROLLO DEL PROYECTO

4.- GUIONES ELABORADOS

5.- CONCLUSIONES

## **1.-EQUIPO DE TRABAJO Y ASIGNATURAS**

El equipo de profesores involucrados en este proyecto forman parte del Área de Conocimiento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras (Departamento de Ingeniería Mecánica) en la Escuela Politécnica Superior de Zamora. Está formado por:

- Ana Belén Ramos Gavilán (coordinadora)
- Manuel Domínguez Lorenzo
- José Luís González Fueyo
- Teófilo Ramos de Castro
- Jaime Santo Domingo Santillana

Las asignaturas que pueden emplear la prácticas desarrolladas, o partes de las mismas son:

- Resistencia de Materiales: 106216 (G.I.C.) y 106518 (G.I.Mec.)
- Elasticidad y Ampliación de R. de Materiales: 106521 (G.I.Mec.)
- Cálculo de Estructuras: 106220 (G.I.C.)
- Diseño y Cálculo de Estructuras: 106525 (G.I.Mec.)
- Estructuras I y Estructuras II: 101012 y 101022 (G.I.E.)

## **2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO**

La docencia tradicional de las asignaturas de Mecánica Técnica, Resistencia de Materiales y de Cálculo de Estructuras se basaba en los métodos expositivo y demostrativo. Los fundamentos teóricos y los contenidos prácticos son abordados en sesión magistral y dirigidas a todo el grupo.

Con este proyecto se pretende modificar la metodología docente con el que abordar algunos de los contenidos prácticos, organizando actividades que fomenten la actividad y participación de los alumnos.

La puesta en marcha del laboratorio de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Escuela Politécnica Superior de Zamora ha facilitado

nuevas herramientas que permiten el planteamiento de nuevos sistemas de aprendizaje para el estudio del comportamiento de las estructuras. Desarrollar conceptos de Resistencia de Materiales y Estructuras a través del trabajo experimental en los laboratorios conducirá a la adquisición de un aprendizaje significativo. Además, el estudiante deberá utilizar una amplia gama de conocimientos básicos previos, apoyarse en el uso de herramientas y analizar los datos obtenidos.

Otro objetivo del proyecto es la mejora del contacto directo entre el profesor y el alumno, así como el desarrollo de actividades cooperativas que mejoren el trabajo en grupo entre los estudiantes, en asignaturas que las que tradicionalmente predominaba el trabajo individual.

La interrelación de las asignaturas del área hace indispensable la coordinación, participación y el diseño conjunto de las prácticas de laboratorio por parte de todos los profesores con el fin de optimizar el tiempo y los recursos, y garantizar la mejora del proceso enseñanza aprendizaje, para así poder ofertar una enseñanza más completa y adecuada desde el punto de vista de la ingeniería.

### **3.- FASES DE DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **SESIONES PREPARATORIAS**

A lo largo de dos sesiones de trabajo, los miembros del equipo compartieron: conocimientos en relación a los equipos instalados en el laboratorio, conocimientos en relación al aprendizaje cooperativo y experiencias previas en actividades prácticas.

Con estas sesiones se identificaron las prácticas a realizar, considerándose la idoneidad y viabilidad en el contexto de cada asignatura.

#### **ELABORACIÓN DE LOS GUIONES**

Los profesores con docencia en las asignaturas se encargaron de la definición de los objetivos docentes de las actividades prácticas planteadas, del análisis de

los equipos y probetas necesarias, del diseño del trabajo que debe realizar el estudiante (individual y en equipo) y la evaluación de la actividad.

Los profesores con mayores conocimientos de los equipos se encargaron de elaborar el guión final de las prácticas, en las que se incluían tanto el funcionamiento de los equipos, como los contenidos y la metodología diseñadas.

## **PUESTA EN COMÚN DE LOS DOCUMENTOS FINALES**

Una vez elaborados los guionens de prácticas, se celebró otra sesión grupal donde se expusieron, se plantearon dudas y se simularon las sesiones diseñadas para resolver dificultades en relación al manejo de los equipos.

## **4.- GUIONES ELABORADOS**

### **4.1.- Estructura articulada**

#### **4.1.1.- INTRODUCCIÓN**

Esta práctica aborda los contenidos prácticos de las estructuras articuladas. Puede desarrollarse en su totalidad en las asignaturas: Cálculo de Estructuras: 106220 (G.I.C.), Diseño y Cálculo de Estructuras: 106525 (G.I.Mec.) y Estructuras II: 101022 (G.I.E.).

Se diseña la práctica para grupos de trabajo de 8 alumnos, con roles definidos y asignados por el profesor. Estos equipos abordan el análisis numérico, analítico y experimental de una estructura, organizándose de la siguiente manera:

- Líder del grupo que asume la responsabilidad de la organización y defensa del trabajo (1 alumno).
- Encargado de la elaboración del documento final en fichero \*.doc (1 alumno).
- Equipo encargado de la realización de la práctica de laboratorio (2 alumnos).
- Equipo encargado de la realización del cálculo manual de la estructura (2 alumnos).

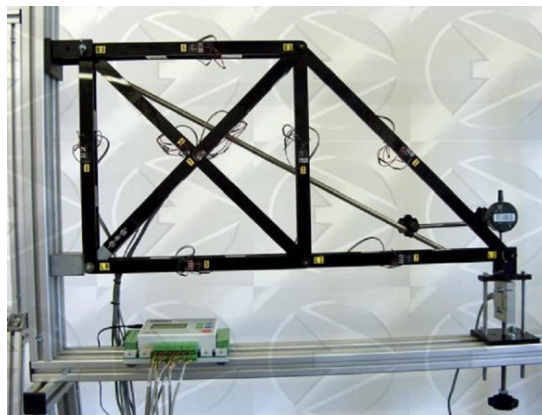
- Equipo encargado del cálculo de la estructura mediante el programa tridim de la estructura (2 alumnos).

Cada equipo debe presentar un documento .doc con el trabajo realizado en la práctica. En la misma debe indicarse:

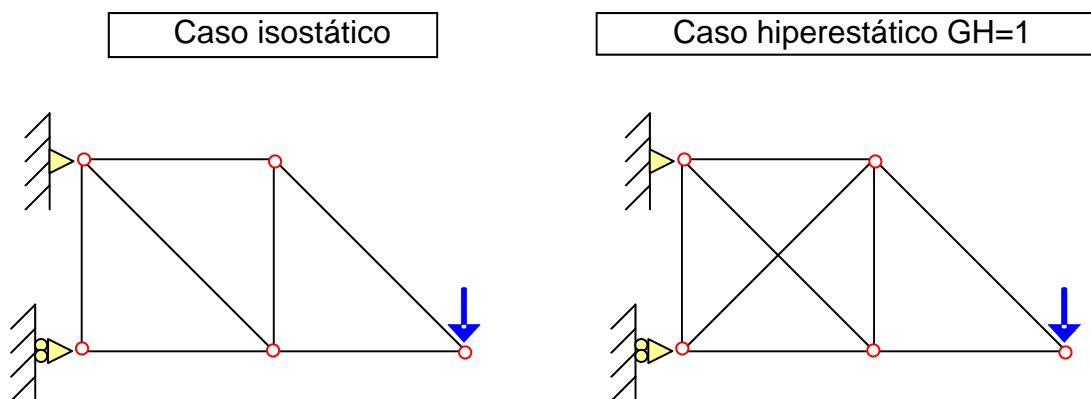
- Participantes y tareas encomendadas.
- Cálculo teórico hecho a mano.
- Cálculo con tridim con capturas del programa paso a paso.
- Parte experimental en laboratorio con fotografías paso a paso.

Todo ello se presentará en clase al resto de los compañeros, y todos ellos son responsables de los logros y fracasos de todos. Debe, por lo tanto, existir un control de calidad interno que debe organizar el líder del grupo.

#### 4.1.2.- EQUIPO DE ENSAYO.

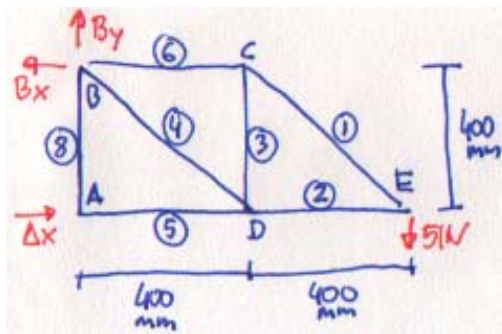
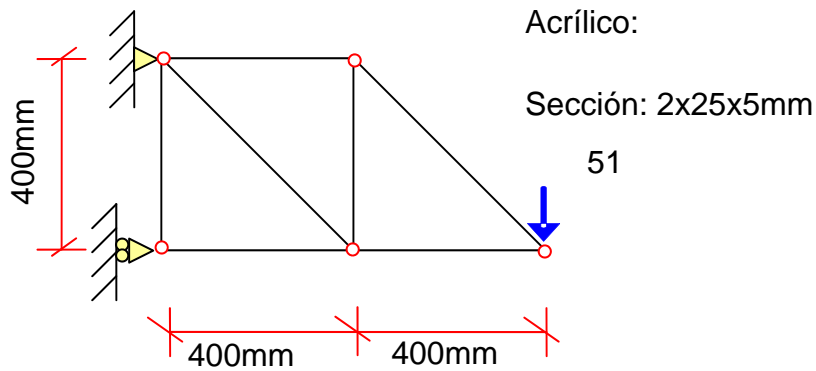


#### 4.1.3.- CASOS ESTRUCTURALES A ESTUDIAR.



#### 4.1.3.1.- Caso isostático

a) Cálculo hecho a mano.



$$\sum F = 0 \rightarrow \begin{cases} \Delta x = B_x = 102N \\ B_y = 51N \end{cases}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow 800 \cdot 51 = 400 \cdot B_x \rightarrow B_x = 102N$$

$$F_1 = 72.12N_T \quad F_2 = 51N_C \quad F_3 = 51N_C$$

$$F_4 = 72.12N_T \quad F_5 = 102N_C \quad F_6 = 51N_C$$

$$F_8 = 0N$$

b) Cálculo con el programa tridim.

**Secciones y Materiales**

rectángulo  arbitrario  sólo axil    Número: 1

**Geometría**

Anchura B: 1 [cm]

Altura H: 2.5 [cm]

**Física**

Area A: 2.5 [cm<sup>2</sup>]

Momento de Inercia Iy: 1.30208333333 [cm<sup>4</sup>]

Momento de Inercia Iz: 0.20833333333 [cm<sup>4</sup>]

Momento de Torsión J: 1.51041666666 [cm<sup>4</sup>]

**Material**

Módulo de Young E: 250000 [N/cm<sup>2</sup>]

Módulo de Cortante G: 0 [N/cm<sup>2</sup>]

Coefficiente de Poisson: 0 [-]

**Peso propio**

Densidad: 0 [kg / cm<sup>3</sup>]

Calcular:  OK  Cancel

**Cargas en el Nudo**

Fuerzas:

Fx [N]: 0

Fy [N]: -51

Fz [N]: 0

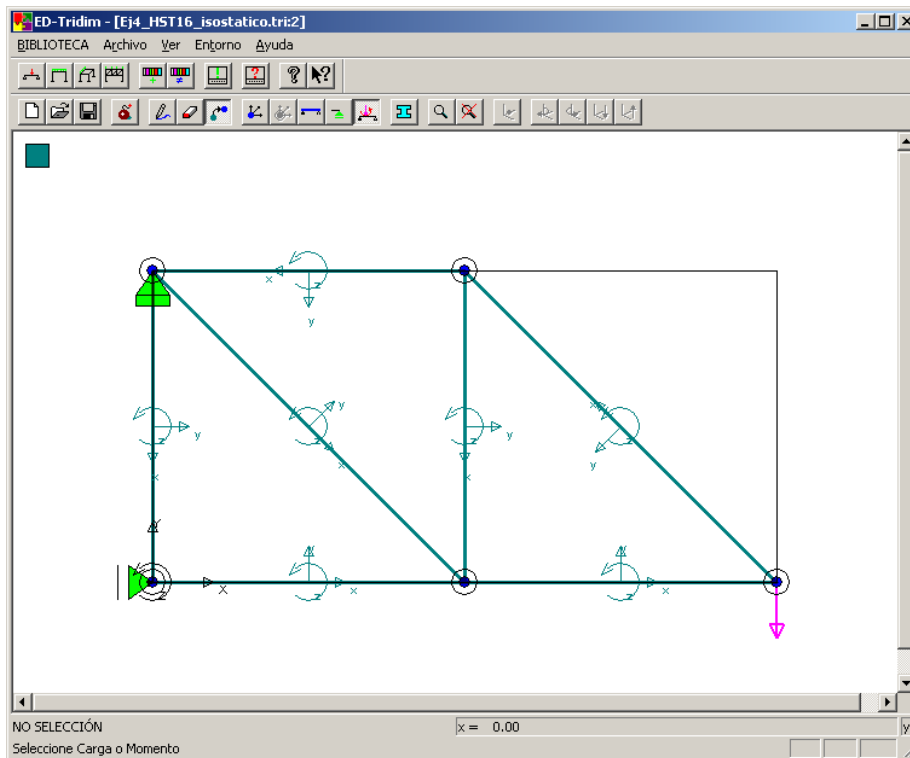
Momentos:

Mx [Nm]: 0

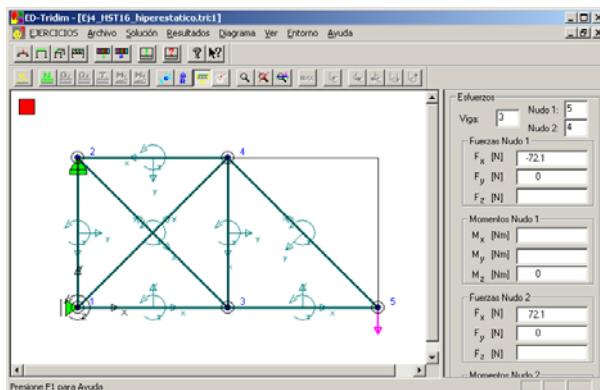
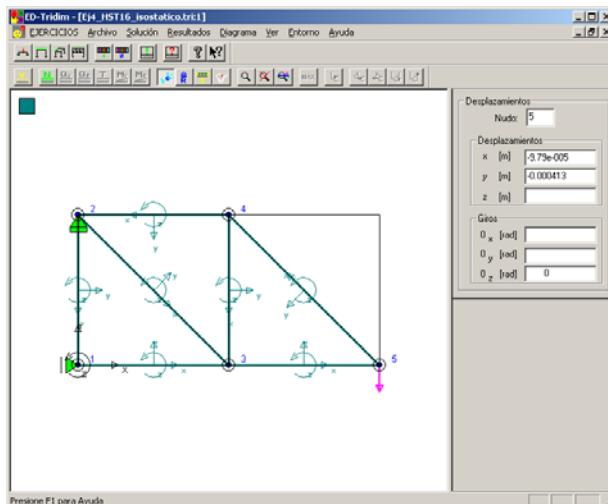
My [Nm]: 0

Mz [Nm]: 0

OK  Cancel

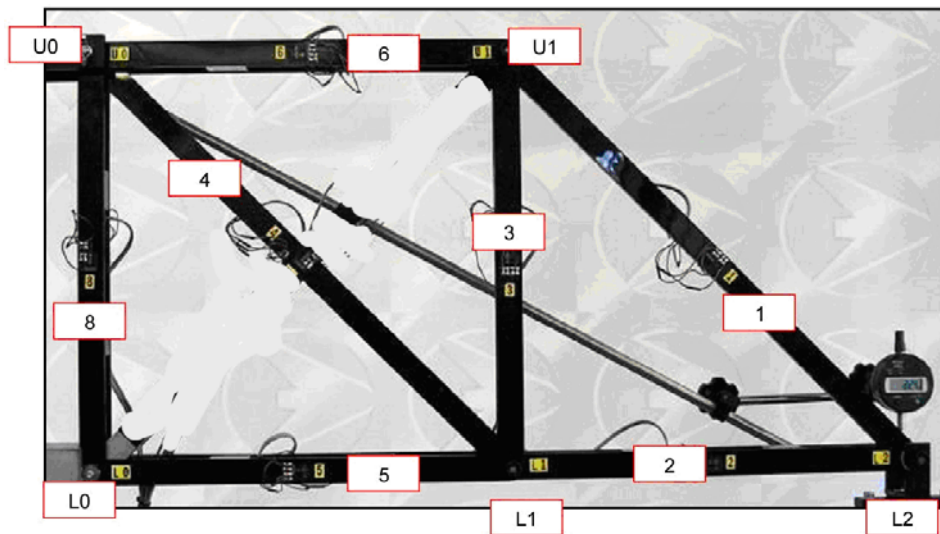


## Resultados:





c) Cálculo experimental en laboratorio.



En realidad el equipo no permite retirar la barra diagonal, pero se suelta del resto de la estructura como se observa en la siguiente figura.



La carga empleada fue de 51N. Como la aplicación mediante la cedula de carga daba problemas se decidió aplicarla directamente mediante una pesa.

Los resultados son los leídos en el aparato HDA200.

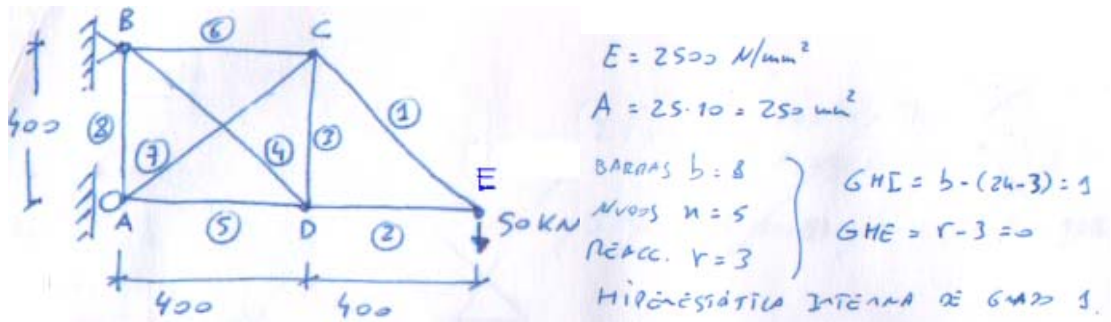
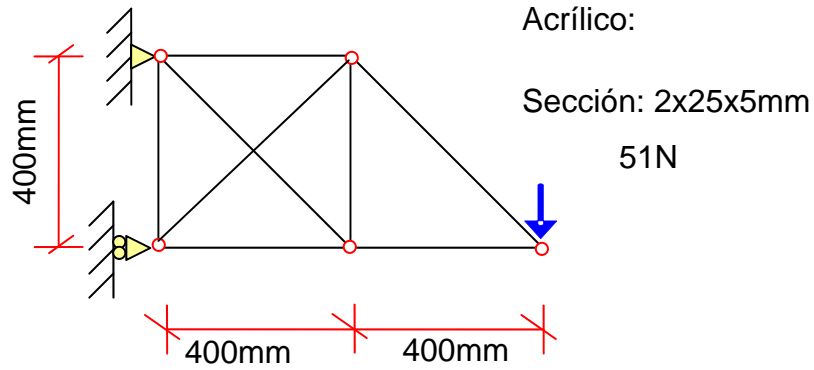
d) Comparación de resultados.

El informe final de los alumnos no solo debe incluir los tres análisis sino que deberá comparar los resultados y analizar y justificar las posibles diferencias.

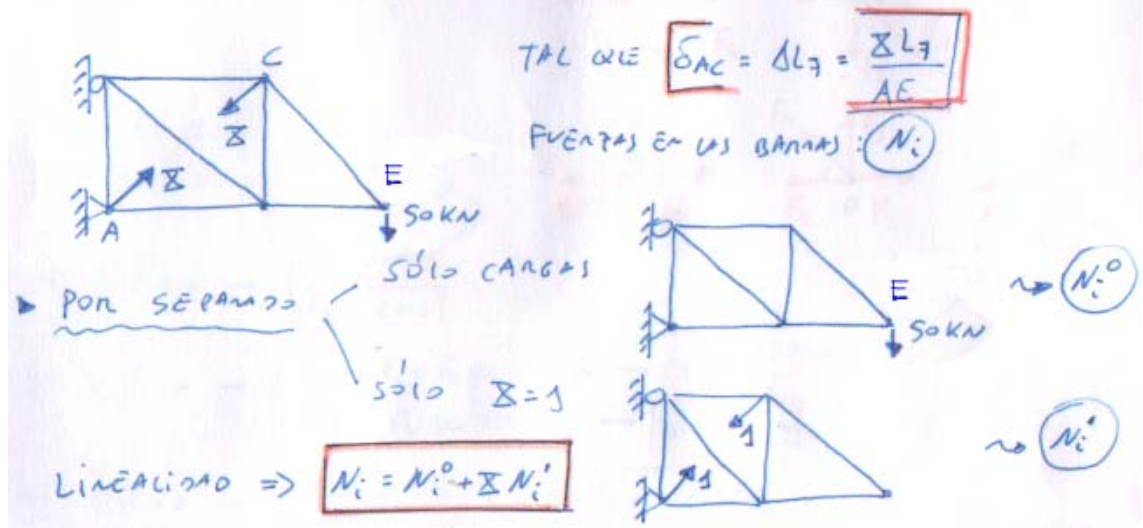
Se establecerá una rúbrica, para que los alumnos conozcan los criterios de calidad del informe.

4.1.3.2.- Caso hiperestático

a) Cálculo hecho a mano.



ESTRUCTURA ISOSTÁTICA EQUIVALENTE



DEFINIENDO  $\left\{ \begin{array}{l} N_C^0 = 0 \\ N_C^1 = 1 \end{array} \right. \Rightarrow 0 = \sum_{i=1}^8 \frac{N_i^0 L_i N_i^1}{AE} + \delta \sum_{i=1}^8 \frac{(N_i^1)^2 L_i}{AE}$

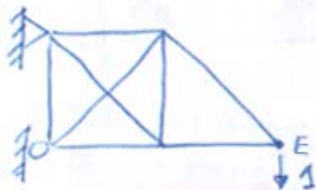
$$\Rightarrow \boxed{\delta} = - \frac{\frac{1}{AE} \sum_{i=1}^8 N_i^o N_i^i L_i}{\frac{1}{AE} \sum_{i=1}^8 (N_i^i)^2 L_i} = - \frac{-82442}{1932} = \boxed{42,68 \text{ kN}}$$

VER TABLA EXCEL  
R FINAL

TEOR. CASTIGLIANO }  $\Rightarrow \boxed{\delta_H^V} = \sum_{i=1}^8 \delta L_i \cdot N_i^i = \sum_{i=1}^8 \frac{N_i^o L_i}{AE} \cdot N_i^i = 0,334$

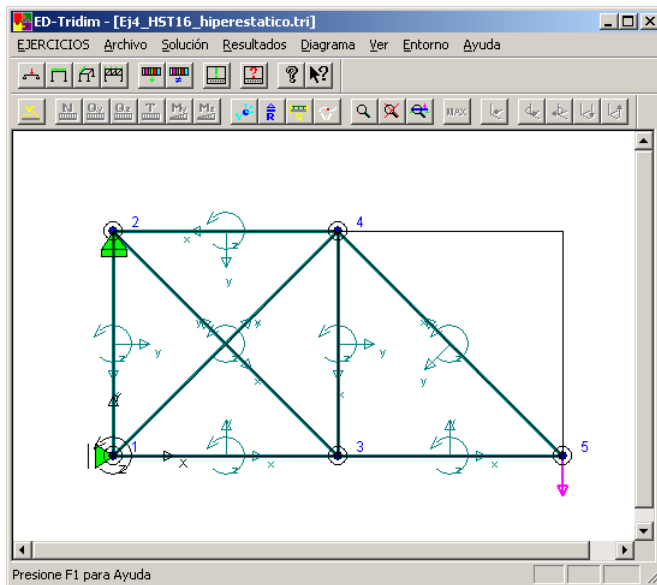
TEOR. TRAG. VIRTUALES

PARA CALCULAR EL DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE H  $\rightarrow$  CARGA  $\left\{ \begin{array}{l} \text{UNITARIA} \\ \text{VERTICAL} \\ \text{EN H} \end{array} \right.$



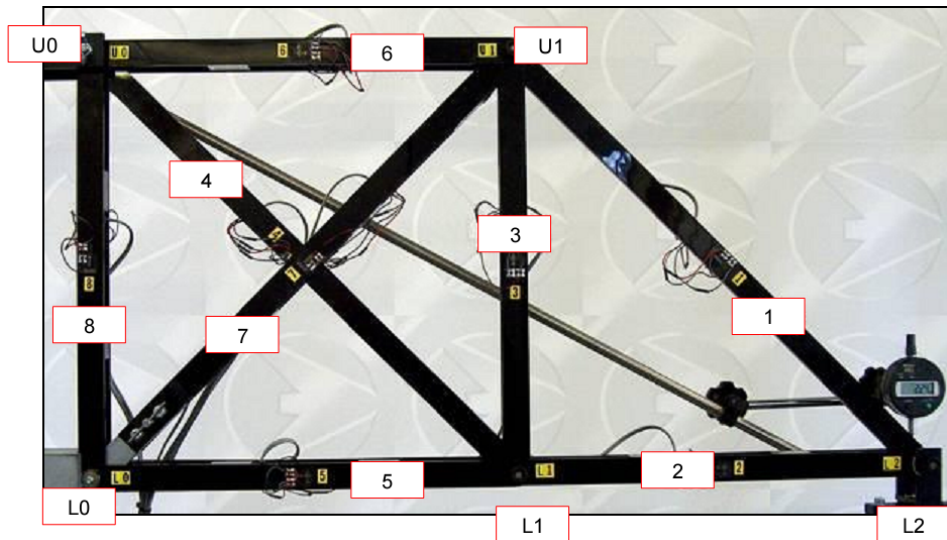
$$\rightarrow N_i^i = \frac{1}{51} N_i \text{ por linealidad}$$

b) Cálculo con el programa tridim.



c) Cálculo experimental en laboratorio.

Como en el caso isostático, los resultados son los leídos en el aparato HDA200. En este caso el equipo debe solucionar un problema de tensiones iniciales, que debe anular previo a la carga de la estructura.



d) comparación de resultados.

El informe final de los alumnos no solo debe incluir los tres análisis sino que deberá comparar los resultados, analizar y justificar las posibles diferencias.

## 4.2.- Estructura reticulada

### 4.2.1.- INTRODUCCIÓN

Para desarrollar esta práctica los alumnos deben partir de conocimientos previos específicos, fundamentalmente en el ámbito de la estática, el análisis del diagrama del cuerpo libre, la teoría del comportamiento elástico y los teoremas energéticos, para motivar al alumno hacia el ámbito del cálculo de estructuras y metodologías cercanas a la ejecución de proyectos de construcción.

Se pretende consolidar el conocimiento en el ámbito de las asignaturas Resistencia de Materiales: 106216 (G.I.C.) y 106518 (G.I.Mec.), Elasticidad y Ampliación de R. de Materiales: 106521 (G.I.Mec.), así como los objetivos definidos en la guía académica de la titulación:

- Analizar el estado de tensiones y deformaciones de un medio continuo.
- Proporcionar métodos de análisis de tensiones y deformaciones generados por estados de carga.
- Proporcionar herramientas que permitan dimensionar a resistencia y rigidez diferentes elementos estructurales.

Se propone un conjunto de actividades organizadas en tres partes, se desarrollan teorías generales clásicas, conectando con prácticas empíricas y computacionales.

Se aplican modelos reales que permitan al alumno entender el comportamiento de una estructura, adquirir cierta soltura en el dimensionamiento y deformación de materiales desde un punto de vista elástico y permitirle desarrollar sus propias herramientas de cálculo al implementar el sistema en MathCad®.

Gracias a aplicaciones tales como Mathcad® se puede ver la evolución del cálculo, a la vez que se obliga al alumno a estructurar un algoritmo que permite cambios ágiles en ciertas variables.

El sistema mostrado, permite reforzar el trabajo del alumno, integrado en pequeños grupos con actividades que pueden ser realizadas de forma individual y sin olvidar las responsabilidades de grupo. Se trata el desarrollo de una serie de competencias afines a la titulación:

- Instrumentales: Capacidad de análisis, síntesis, organización, planificación y gestión de la información.
- Sistémicas: Aprendizaje autónomo, adaptación a nuevas situaciones y motivación por la calidad.
- Transversales: Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, conocimientos básicos de la profesión.

#### 4.2.2.- METODO

Se define un esquema (Figura I), a modo de procedimiento de trabajo, que pretende abarcar los pasos para el desarrollo del proyecto de innovación docente, no solo a aquellos que afectan a los alumnos en lo referente a los guiones de prácticas, sino también en lo que afecta al profesor, de cara al montaje de la práctica, gestión y corrección de la misma.

El procedimiento, así planteado, puede facilitar el uso en otras asignaturas similares del área de mecánica del medio continuo y teoría de estructuras, realimentar variaciones (por ejemplo con el uso de otros pórticos, bastidores o

estructuras articuladas) y en definitiva el empleo de un sistema de trabajo colaborativo.

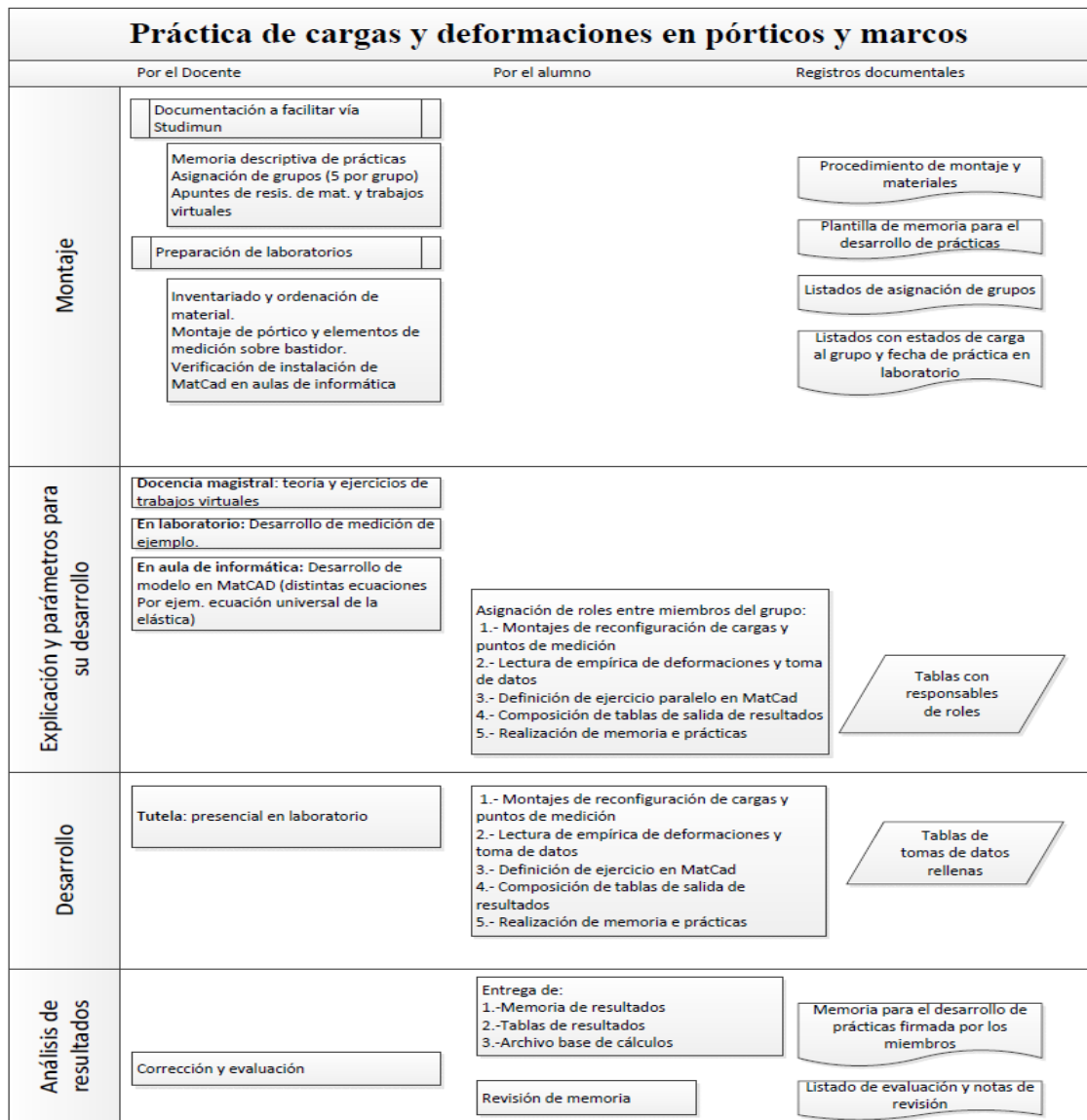


FIGURA I. Esquema de flujo de trabajo y documental para el desarrollo de la práctica.

Los contenidos documentales se alojan y distribuyen desde la plataforma Studium, un sistema de formación on-line (Proyecto Moodle, 2013) en una nueva asignatura (Figura II) que facilite la trazabilidad y gestión de contenidos, desde el procedimiento de montaje en laboratorio, a la plantilla de la memoria que se debe completar o los distintos estados de carga asignados a cada grupo en un marco de educación flexible (Salinas, 2004).



FIGURA II. Sistema de distribución de contenidos y recopilación de memorias de prácticas.

Facilitados los documentos y el desarrollo teórico se procede al montaje en laboratorio (Figura III), con especial atención al sistema de adquisición de datos, donde se debe configurar la práctica para que los puertos registren la información en función de los elementos de medición.

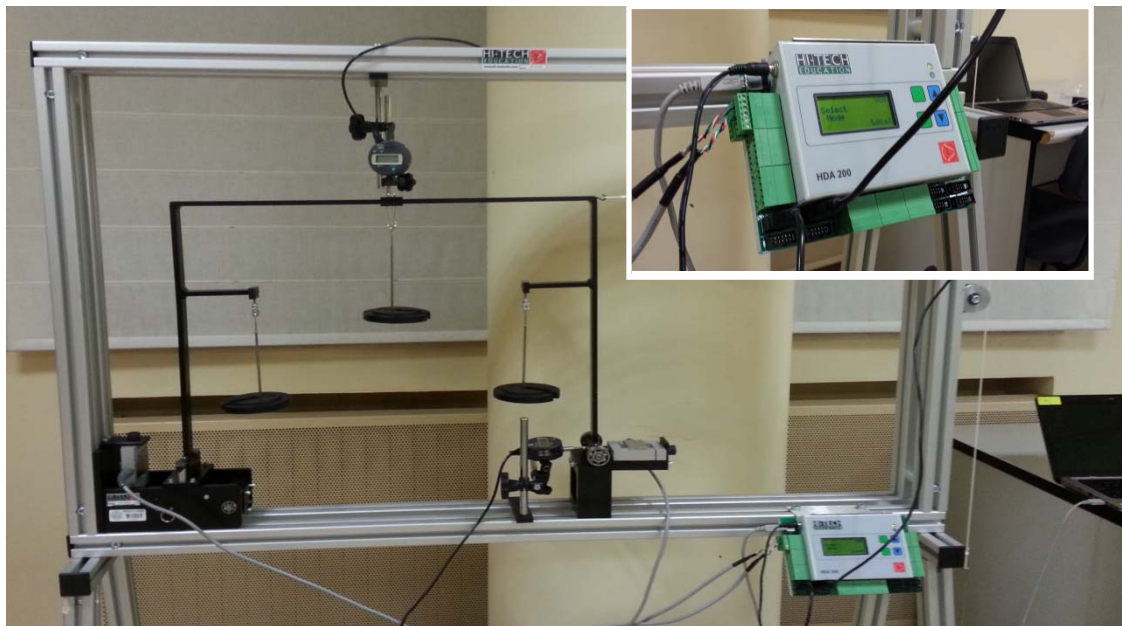


FIGURA III. Bastidor, estructura montada con estado de cargas generalista y equipo de adquisición de datos.

Se elabora por parte de los alumnos un archivo computacional (a comparar con el modelo generalista del que dispone el profesor), distinguiendo claramente variables de entrada, de salida y textos de ayuda explicativos que permitan identificar distintos pasos.



Práctica de laboratorio HST 7: Pórtico

El bastidor de la figura responde a una práctica de ensayos.

Determinar:

- 1.- Diagramas de solicitaciones de la estructura de nudos rígidos de la figura.
- 2.- Definir gráficamente los diagramas de cuerpo libre de los nudos C y D

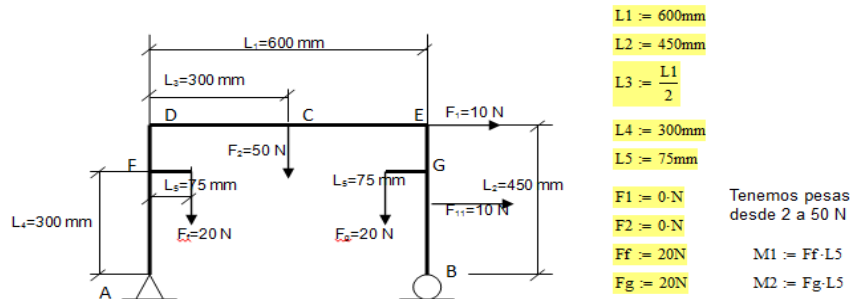


FIGURA IV. Extracto del archivo base de cálculos modelo generalista de corrección.

#### 4.2.3.- RESULTADOS

Frente a los enfoques de evaluación tradicionales basados en un conjunto de exámenes o de prácticas de laboratorio independientes, la intención de este sistema de trabajo es que el propio proceso obligue a:

- Entender la base de cálculos y los ejercicios previos hechos en clase magistral como inicio para componer la práctica de laboratorio.
- Reproducir las soluciones estándar, dado que los listados de estados de carga son distintos en cada montaje de laboratorio, en grupo tiene que enfrentarse a una variación en el problema inicial, con un algoritmo y unos pasos comunes de resolución, pero sin poder copiar de otros grupos.
- Visualizar el comportamiento en laboratorio, consiguiendo ver un sentido físico, real y práctico a los conceptos teóricos.
- Conseguir, a través de la variación de los estados de carga, un programa que obliga a ratificar los datos de clase, las medidas de laboratorio y la asignación de variables.
- El grupo tiene que tratar los valores numéricos y los datos como una asignación de variables de entrada intercambiables en el problema inicial, el estado particular de ese grupo en el laboratorio, y lo más



interesante, como un sistema de cálculo programado, que permite otros estados de carga y más variaciones del problema.

- Asumir responsabilidades dentro de un equipo, al obligar a definir en el grupo distintos roles, cada miembro del grupo debe tener clara su parte y la dependencia que deriva de ello, para el buen fin de toda la memoria como equipo.

Se plantea la entrega de una memoria normalizada, para agilizar la corrección de resultados, identificar responsabilidades y firmada por todos los miembros para ratificar el compromiso como equipo, ello agiliza la corrección a través de las tablas de resultados y el archivo Mathcad®, identifica desviaciones respecto a la medición de laboratorio y deja la puerta abierta a describir posibles problemas en los roles de equipo.

## **5.- CONCLUSIONES**

Los guiones de prácticas diseñados permitirán modificar la metodología aplicada actualmente en la docencia de las asignaturas del Área de Conocimiento Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras.

Los esquemas de trabajo generados, organizados y globalizadores, permitirán optimizar el tiempo destinado a la actividad y el rendimiento de los alumnos.

La coordinación entre los profesores ha facilitado el uso de los equipos del laboratorio, y permite conocer el trabajo realizado por los alumnos en asignaturas del área en cursos previos.