

# Pino piñonero para maderas laminadas

ISABEL CUEVAS ESPINOSA Y FRANCISCO JAVIER JIMÉNEZ PERIS  
(DPTO. INGENIERÍA FORESTAL DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA)

## 1. Introducción

El aprovechamiento al que se somete esta especie en Andalucía no está debidamente sustentado por planes de manejo, fundamentalmente por el escaso conocimiento de la dinámica poblacional de estas especies. Así mismo, los usos que se asignan a estas especies carecen de un fundamento tecnológico, basado en estudios sobre las propiedades físicas y mecánicas de sus maderas.

Para contribuir a esta carencia de información, se establecieron como **objetivos** los siguientes:

- Caracterizar macroscópicamente la especie mencionada: altura de fuste, diámetro normal, porcentaje de corteza en diámetro y en peso, porcentaje de duramen en diámetro, número de anillos en la sección total y en el duramen, así como el espesor medio de los anillos.
- Determinar mediante ensayos:
- las propiedades físicas

de la misma: textura, contenidos de humedad, densidades, contracciones lineales y volumétricas, coeficiente de contracción, higroscopicidad, porosidad y humedad máxima.

- las propiedades mecánicas de la misma: resistencia a flexión estática, a compresión axial, a compresión perpendicular a las fibras, a dureza, a esfuerzo cortante paralelo a las fibras y al arranque de tornillos en la dirección del eje; determinando las variables: módulos de rotura y cotas de calidad; así como la densidad y contenido de humedad en cada ensayo.
- Realizar sobre vigas de MLE los ensayos de:
  - Determinación del módulo cortante, del módulo de elasticidad en flexión estática y de la resistencia a flexión estática.
  - Delaminación y esfuerzo cortante en las líneas del adhesivo.
- Realizar el análisis estadístico de los resultados y encontrar posibles relaciones entre los

mismos.

- Clasificación de las maderas según las normas UNE y asignación de usos potenciales tecnológicos para cada una de ellas.

## 2- Metodología y procedimientos

El presente trabajo se ha llevado a cabo siguiendo las siguientes etapas:

### 2.1. De pre-campo

Comprendió todos los pasos previos a la toma de muestras para una buena planificación global del estudio. En esta etapa se recopiló toda la información cartográfica, botánica y normas UNE, para definir de manera adecuada las zonas de muestreo. Para ello se utilizaron los siguientes materiales:

- Mapas 1:10.000 de la Junta de Andalucía.
- Normas UNE y UNE-EN.

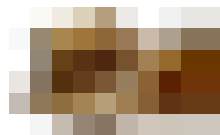
### 2.2. De campo

En esta etapa se llevó a cabo la selección y colección de muestras para la caracterización macroscópica, de probetas para la determi-

nación de las propiedades físicas y mecánicas y de tablas para la fabricación de vigas de MLE.

El primer área de estudio se encuentra ubicada en el entorno del Parque de Doñana, concretamente constituye el cantón 12 de la Finca "La Encantada". Pertenece al término municipal de Hinojos, municipio de la provincia de Huelva, situado al sureste de la capital de provincia, a 79 metros de altitud. Está situada en una topografía llana sin pendientes acusadas. Geográficamente esta zona de estudio se localiza en la Hoja nº 1001-24, de los mapas 1:10.000 de la Junta de Andalucía, entre las coordenadas UTM que se muestran en la Tabla 1.

La segunda zona de estudio se encuentra en la Finca "Marijatilla". Ésta pertenece al término municipal de Punta Umbría, municipio de la provincia de Huelva, situado al sur de la capital de provincia, a 8 metros de altitud. Está situada en una topografía



## PRODUCTOS

llana sin pendientes acusadas.

Geográficamente esta zona de estudio se localiza en la Hoja n° 999-23, de los mapas 1:10.000 de la Junta de Andalucía, entre las coordenadas UTM que se muestran en la Tabla 2.

En Hinojos se seleccionaron 7 árboles y en Punta Umbría 12, los cuales fueron elegidos al azar teniendo en cuenta características, como: diámetro mínimo a la altura del pecho de 20 cm, el cual fue medido con una forcípula, de buen fuste (también fue medido) y que se encuentre sano.

Después de haber realizado el apeo y desramado del árbol, se dividió el fuste en trozas de 2,5 metros de longitud. De la parte superior de la primera troza de cada árbol (la más cercana al suelo) se cortó una rodaja de 50 a 70 cm de espesor, de la cual se sacarían las probetas para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas. Y de la parte inferior de esta misma troza se cortó otra rodaja de unos 15 cm de espesor para la determinación en ella de las características macroscópicas.

Las trozas seleccionadas en los lugares de apeo fueron extraídas mediante arrastre con un tractor y transportadas hasta los aserraderos correspondientes, y las dos rodajas para la caracterización macroscópica, física y mecánica se llevaron al Laboratorio de Control

de Calidad de Sevilla. En los aserraderos se procedió a la elaboración, con el resto de las trozas, de tablas de 45 mm de espesor y anchura y altura la que dieran las trozas, las cuales fueron enviadas a la fábrica INGENIUM'21 de la Puebla de Cazalla (Sevilla), para la fabricación de vigas de MLE.

### 2.3. De obtención del material a estudiar

Esta etapa consistió en la preparación de las probetas de pequeñas dimensiones sacadas de la rodaja de 50 a 70 cm de espesor y en la fabricación de las vigas de MLE.

#### 2.3.1. Elaboración de las probetas de pequeñas dimensiones

Según la norma UNE 56-528-78, cada rodaja de 50 a 70 cm de espesor se cortó en 2 tablas que comprendían el corazón. Posteriormente, se eliminó la madera de corazón de todas las tablas obtenidas. Se cortaron después en probetas de las medidas y formas previstas en cada ensayo, de manera que los anillos de crecimiento fueran de curvatura muy pequeña y sensiblemente perpendiculares a dos caras paralelas.

Previamente a la codificación de las probetas, se seleccionaron las mejores. De éstas se escogieron un número determinado (Tabla 3) por ensayo y por árbol.

Una vez cortadas y seleccionadas las

probetas, éstas se colocaron en ambiente a  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  de temperatura y  $65 \pm 3\%$  de humedad relativa hasta que adquirieron la humedad de equilibrio, lo que se comprobó mediante pesadas sucesivas.

#### 2.3.2. Fabricación de vigas de MLE

En este proyecto se fabricaron vigas de madera laminada encolada horizontal y combinada, para lo cual se utilizaron las tablas obtenidas de las trozas en las que se dividió cada árbol seleccionado y un adhesivo tipo I.

En la Fábrica

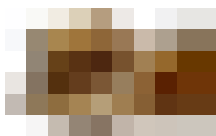
Ingenium 21 de La Puebla de Cazalla (Sevilla), se realizaron las siguientes actividades, siguiendo las estipulaciones establecidas en la norma UNE-EN 386:1995:

- Apilado de las tablas, realizado según lo expuesto por Álvarez (1.990).
- Control del secado de las mismas, mediante medición de su humedad con un xilohigrómetro de resistencia hasta que alcanzaron un contenido de humedad comprendido entre el 8 y el 15%. Del seguimiento del secado de las tablas, se

TABLA 1: COORDENADAS UTM DE LA ZONA DE ESTUDIO DE *PINUS PINEA*, EN HINOJOS

TABLA 2: COORDENADAS UTM DE LA ZONA DE ESTUDIO DE *PINUS PINEA*, EN PUNTA UMBRÍA

TABLA 3: NÚMERO DE PROBETAS POR ENSAYO Y POR ÁRBOL



## PRODUCTOS

obtuvieron las curvas de secado expuestas en la Figura 1.

- **Preparación de las tablas:** se cortaron en láminas y se cepillaron éstas para que adquirieran una longitud de 3 y 4,5 m y un grueso de 33,3 mm. Así mismo se hizo un saneamiento de las mismas.
- **Mecanizado de los empalmes** con uniones dentadas en las láminas.
- **Pesado y mezcla de la resina** (Casosinol 1711) y **el endurecedor** (endurecedor 2622) en las proporciones adecuadas: 150 g de endurecedor por kg de resina.
- **Aplicación uniforme del adhesivo y en la cantidad adecuada** (400 g/m<sup>2</sup>).
- **Prensado**, asegurando una presión uniforme de 6kg/cm<sup>2</sup> sobre toda la línea de adhesivo.
- **Fraguado.**

### 2.4. De laboratorio

Esta se llevó a cabo en el Laboratorio de Control de Calidad de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía en Sevilla, donde se realizó la caracterización macroscópica de la madera de *Pinus pinea* y se llevaron a cabo todos los ensayos necesarios para la caracterización física y mecánica de la misma, sobre probetas de pequeñas dimensiones. Así mismo se realizaron los ensayos mecánicos y de delaminación sobre las vigas de MLE fabrica-



FIGURA 1: CURVAS DE SECADO DE TABLAS DE 45 MM DE ESPESOR DE *PINUS PINEA* DE HINOJOS Y PUNTA UMBRÍA (HUELVA)

das con la madera de dicha especie. Todos los ensayos y medidas estuvieron desarrollados según las normas UNE y EN.

### 2.5. De gabinete

Una vez determinadas las características macroscópicas y realizados los ensayos para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las probetas y de las vigas, en gabinete se desarrollaron las siguientes actividades:

- Los valores de las mediciones realizadas en la etapa de laboratorio se registraron en las respectivas planillas de datos.
- Se revisaron los datos obtenidos y se hizo una depuración de los mismos para detectar algunos errores en el muestreo o en los respectivos ensayos.
- Se cuantificaron las variables y parámetros descritos.
- Con los resultados obtenidos se llevó a cabo el análisis, para observar las posibles variaciones existentes entre los diferentes árboles tomados y la variabilidad de los valores obtenidos para cada propiedad determinada.
- Se estudiaron las posibles relaciones existentes entre las variables medidas, de manera que a partir de una variable de fácil medición se puedan estimar variables de mayor complejidad.
- Con los resultados obtenidos de los ensayos realizados sobre las probetas de pequeñas dimensiones, se realizó la clasificación, según los valores límites, expuestos en las normas UNE 56-540-78 y EN 386:1995, de cada propiedad estudiada y se determinaron las tensiones básicas y valores característicos según Arriaga et al (1994), Peraza et al (1992) y el Eurocódigo 5 (Norma ENV 1995-1-1:1993).
- Se calcularon los valores característicos de las propiedades de las vigas estudiadas, según las normas EN 384:1995 y EN 1194:1999, determinando así la clase estructural a la que pertenecía cada especie, según las normas EN 338:1995 y EN 1194:1999.

## 3. Resultados

### 3.1. Características macroscópicas

El resumen de los resultados obtenidos para las características macroscópicas es el que se muestra en la Tabla 4.

En ésta, se especifica la edad media de los pies escogidos, su diámetro a la altura del pecho y su altura de fuste. De igual manera, se expone el número de anillos totales y de duramen por centímetro, el porcentaje de corteza en diámetro y en peso, el porcentaje de duramen en diámetro y la textura. De esto se extrae que la especie en Punta Umbría, al ser de mayor edad, presenta mayor diámetro y mayor número de anillos por centímetro, así como una corteza más pesada; sin embargo en Hinojos, la especie presenta un mayor porcentaje de duramen y mayor textura.

### 3.2. Propiedades físicas

El resumen de los resultados obtenidos para las propiedades físicas

TABLA 4. RESUMEN DE LAS PROPIEDADES MACROSCÓPICAS DEL PINO PINEA DE HUELVA



## PRODUCTOS

estudiadas en probetas de pequeñas dimensiones es el que se muestra en las Tablas 5 y 6.

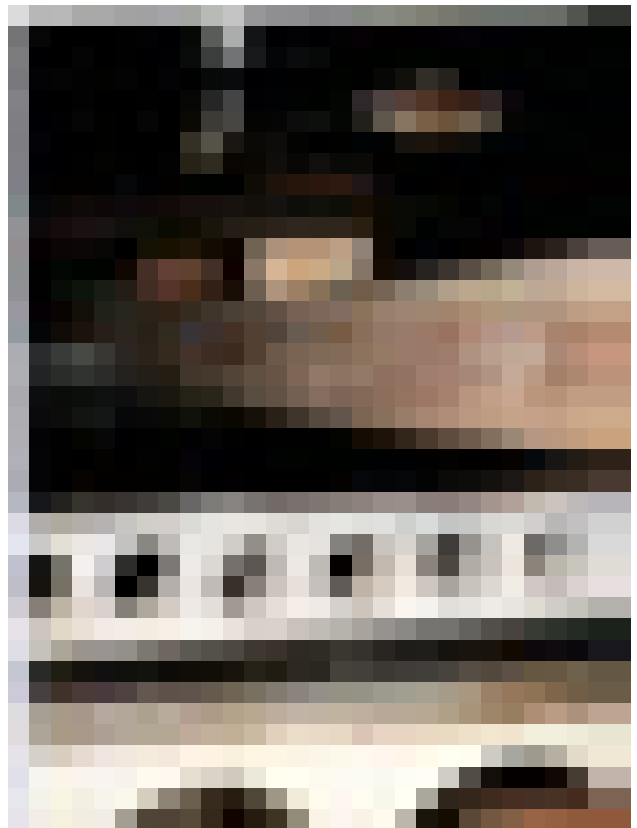
En la Tabla 5, se especifica la media y el intervalo de confianza para cada propiedad estudiada: densidad y humedad en estado verde y seco al aire, densidad normal, anhidra, peso seco volumétrico saturado y húmedo, porosidad, humedad máxima, contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica normal y total, coeficiente de contracción e higroscopicidad.

### 3.3. Propiedades mecánicas

El resumen de los resultados obtenidos para las

propiedades mecánicas estudiadas en probetas de pequeñas dimensiones es el que se muestra en las Tablas 7 y 8.

En la Tabla 7, se exponen los valores medios y los intervalos de confianza obtenidos de las variables más destacadas para cada propiedad estudiada, es decir las resistencias unitarias y cotas de calidad al 12 % de humedad. Así mismo se exponen las clases resistentes obtenidas tras haber calculado las tensiones básicas y los valores característicos de cada propiedad. Según esto último se puede observar que, el valor más restrictivo lo da la



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS DE GRANDES DIMENSIONES, REALIZADO EN EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

TABLA 5: RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS ESTUDIADAS EN PROBETAS DE PEQUEÑAS DIMENSIONES DE *PINUS PINEA* DE HUELVA.

TABLA 6: CLASIFICACIÓN DE *PINUS PINEA* DE HUELVA, EN BASE A LOS VALORES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS OBTENIDOS.

TABLA 7: RESUMEN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS ESTUDIADAS EN PROBETAS DE PEQUEÑAS DIMENSIONES DE *PINUS PINEA* DE HUELVA.

TABLA 8: CLASIFICACIÓN DE *PINUS PINEA* DE HUELVA, EN BASE A LOS VALORES DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS OBTENIDOS.

TABLA 9: COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE CÁLCULO DEL VALOR CARACTERÍSTICO  
Y = VALOR CARACTERÍSTICO CALCULADO POR EL MÉTODO DE AITIM.  
X = VALOR CARACTERÍSTICO CALCULADO POR EL MÉTODO DEL EUROCÓDIGO 5.



## PRODUCTOS

compresión axial, mientras que la compresión normal presenta altos valores debidos a la alta densidad obtenida, posible reflejo del contenido de resina. La **clase C35 obtenida para *Pinus pinea* de Hinojos**, en base a la flexión, puede ser debida a que esta madera presentó una gran rigidez, la cual quedó reflejada en el alto valor del módulo de elasticidad obtenido para las vigas de MLE de esta especie (Tabla 10).

En la tabla 8, se expone la clasificación realizada en base a los valores obtenidos, de lo cual se puede ver que en ambas zonas, la compresión axial y la dureza presentan resultados similares, mientras que para flexión estática algo más de diferencia en los resultados.

Para el cálculo de los valores característicos se usaron dos métodos (según AITIM: Arriaga et al (1994) y Peraza et al (1992) y según el Eurocódigo 5), los cuales fueron comparados dando como resultado que ambos métodos guardan una estrecha relación, no variando significativamente los valores característicos obtenidos por cada uno de ellos. Las rectas de regresión obtenidas se muestran en la Tabla 9.

### 3.4. Propiedades mecánicas de las vigas de MLE

El resumen de los resultados obtenidos para las propiedades mecánicas estudiadas en vigas de MLE es el que se muestra en la Tabla 10, en la cual se exponen los valores medios e intervalos de confianza del módulo de elasticidad, módulo de cortante y valor característico de la resistencia unitaria a la flexión estática. Así mismo se especifica la clase estructural a la que pertenece y los resultados de delaminación total y máxima y resistencia a esfuerzo cortante.

En la Tabla 10 se observa que la misma especie presenta clases resistentes distintas para cada zona estudiada. En lo referente a delaminación y esfuerzo cortante, la especie *Pinus pinea*, tanto de Hinojos como de Punta Umbría, no cumple con los límites establecidos en la norma EN 386:1995.

### 3.5. Relaciones entre las variables estudiadas

De las relaciones estudiadas entre las variables, se han encontrado, con un coeficiente de determinación mayor al 50 %, las expresadas en la Tabla 11.

### 4. Conclusiones

• Las vigas de MLE fabricadas con madera de



TABLA 11: NÚMERO DE REGRESIONES ENCONTRADAS PARA *PINUS PINEA* DE HUELVA, CON UN COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN MAYOR AL 50 %.

*Pinus pinea* de Huelva tienen una elevada resistencia a la flexión, característica importante en el uso de este material para la construcción.

• De las propiedades físicas estudiadas, lo más destacable es la alta densidad obtenida para *Pinus pinea*, consecuencia probablemente del alto contenido en resina encontrado.

• Para el cálculo de los valores característicos ambos métodos (según AITIM: Arriaga et al (1994) y Peraza et al (1992) y según el Eurocódigo 5), son válidos pues entre ellos existe una alta correlación.

• De las relaciones encontradas entre las variables estudiadas, se puede decir que existen grandes correlaciones que permiten estimar, a partir de una variable de fácil medición, variables de mayor complejidad.

### 5. Referencias bibliográficas

• Álvarez, h. 1.990. Secado de la Madera. Centro Técnico de la Madera del País Vasco, S.A. País Vasco. pp 30.  
• Arriaga M., González

A., Medina G., Ortiz G., Peraza S. F., Peraza S. J.E., Touza V. 1.994. Tensiones básicas. Guía de la Madera para la Construcción, el Diseño y la Decoración. Publicación monográfica de AITIM. Madrid.

• Eurocódigo 5: proyecto de estructuras de madera.

1.995. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación. Anexo A de la norma ENV 1.995-1-1:1.993.

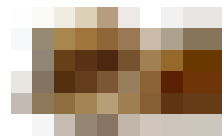
• NORMAS UNE-EN.

• Peraza Oramas C., Alares Martín J.M., Guindeo Casasús A., Lain Ortega L.C. 1.990. Estructuras varias. U.D. 3 la.- Estructuras de madera. pp. II.10-II.12, III.13, III.15. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Fundación Escuela de la Edificación. Madrid.

• Peraza Oramas C., Alares Martín J.M., Guindeo Casasús A., Lain Ortega L.C. 1.992. Estructuras varias. U.D. 3 lb.- Estructuras de madera. pp. VII.10, VII.15, VII.55. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Fundación Escuela de la Edificación. Madrid.

• Remacha G. 1.981. Curso Teórico Práctico de Secado de la Madera. Cochabamba. Bolivia ■

TABLA 10: RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES ESTUDIADAS EN VIGAS DE MLE DE *PINUS PINEA* DE HUELVA.



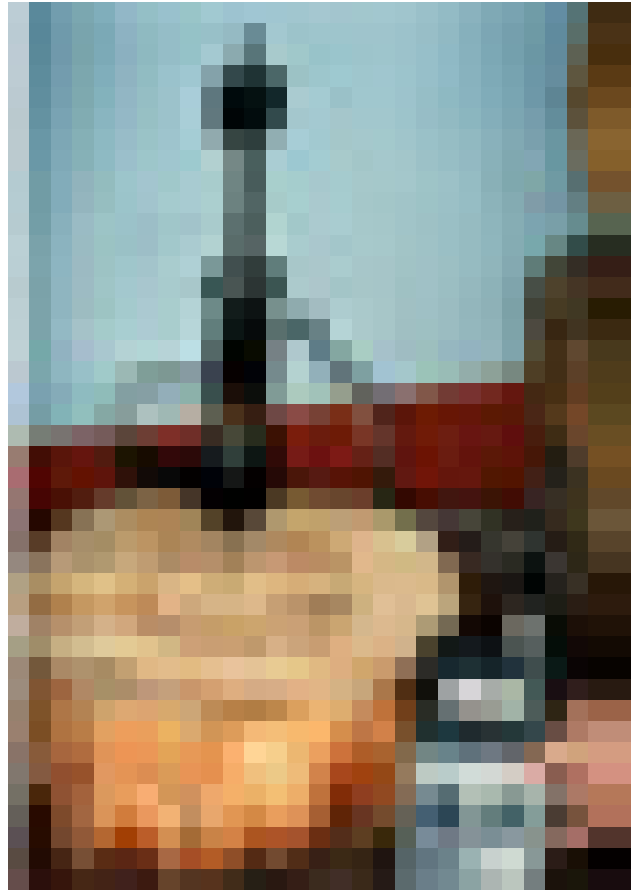
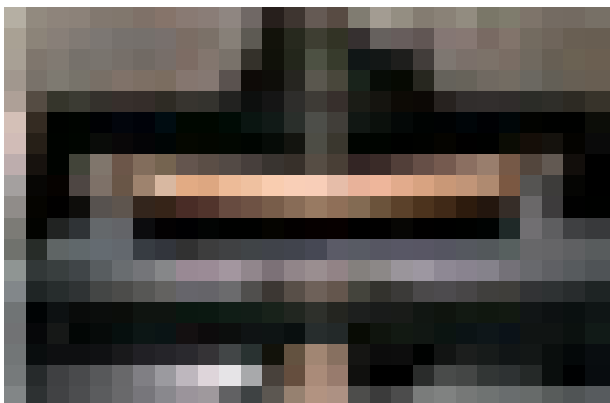
## PRODUCTOS



REFERENCIADO DE MUESTRAS EN HINOJOS (ENTORNO DE DOÑANA, HUELVA)

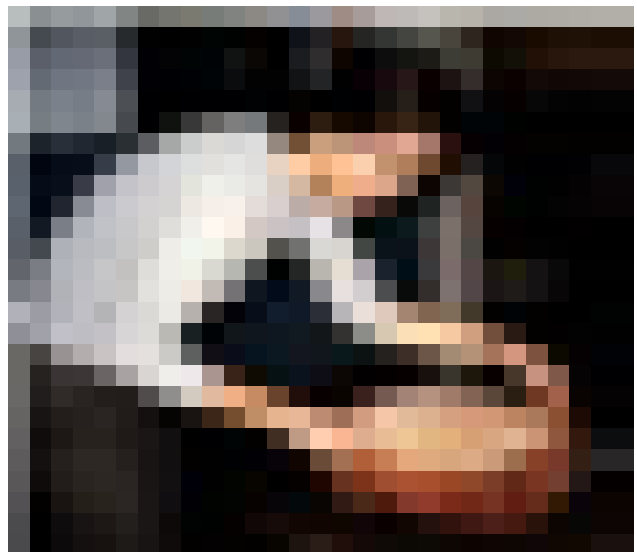


CORTA DE LOS ÁRBOLES ELEGIDOS EN PUNTA UMBRÍA (HUELVA)



MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD CON XILOHIGRÓMETRO. LABORATORIO DE LA ETSIAM-UCO

TOMA DE DATOS DEL DIÁMETRO TOTAL, DURAMEN Y NÚMERO DE ANILLOS DE CRECIMIENTO. LABORATORIO DE LA ETSIAM-UCO



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN MUESTRAS DE PEQUEÑAS DIMENSIONES (LCC-JUNTA DE ANDALUCÍA)