

APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA CLASIFICACIÓN VISUAL DE LA MADERA

Andrés Llorente Fernández

*Universidad de Valladolid E.T.S. de Ingenierías Agrarias,
Av. Santiago Amón, nº 5 – 4º F - 34005 (Palencia)*
allorete@eresmas.com

Luis Acuña Rello

Universidad de Valladolid E.T.S. de Ingenierías Agrarias – maderas@iaf.uva.es

Milagros Casado Sanz

Universidad de Valladolid E.T.S. de Ingenierías Agrarias – milac@iaf.uva.es

Resumen

Se ha creado una aplicación informática que busca sistematizar la entrada de datos procedentes de la clasificación visual de vigas según la norma UNE 56.544:2003, del ensayo a flexión de vigas según la norma UNE EN 408:2003 y del ensayo con ultrasonidos, aplicable a madera de uso estructural para las principales especies de coníferas españolas. Se trata de una herramienta de trabajo que permite establecer un sistema objetivo de clasificación de la madera atendiendo a criterios visuales, físicos y mecánicos. La aplicación constituye en sí una herramienta de trabajo que simplifica enormemente la clasificación visual, ya que evita el tener que realizar los distintos filtros que establece la norma de forma manual al realizarlos ella automáticamente según se introducen los datos obtenidos del ensayo. De igual forma, la incorporación permanente de información a la base de datos mediante la aplicación informática, representa una estructura de auto feed-back, lo que permite establecer nuevos sistemas de predicción de las propiedades resistentes de las vigas de tamaño estructural en base a nuevos trabajos de investigación que implementen la base de datos generada, aumentando el rigor de la estimación conforme aumenta el número de vigas ensayadas.

Palabras clave

madera, clasificación visual, aplicación informática, defectos, propuesta resistente, ultrasonidos

INTRODUCCIÓN:

En Europa, el sector de la madera está realizando notorios esfuerzos por normalizar todos los aspectos referidos a la calidad del producto y a la seguridad en su diseño, cálculo y puesta en obra, debido a que poco a poco la madera va recobrando parte de su antiguo mercado como material estructural, ya que existe una preocupación creciente por la restauración y mantenimiento del patrimonio histórico arquitectónico, con elevados costes que es necesario minimizar mediante un mejor conocimiento de los materiales a restaurar.

Existe una gran variabilidad en las propiedades mecánicas de este material, que se manifiesta no solo entre árboles de distintas especies, sino que también entre individuos de una misma especie se puede apreciar una variabilidad geográfica, una variabilidad entre individuos de una misma población, incluso una variabilidad dentro de un mismo pie. Esta variabilidad está motivada por factores de tanta importancia como la latitud, la exposición a los factores climáticos del pie ensayado, altitud, latitud, sustrato,...

Durante el proceso de aserrado del tronco para obtener piezas de madera escuadrada, también aparecen algunas singularidades; así, las ramas se traducen en nudos o las fibras se cortan formando un ángulo con la directriz de la pieza. Por este motivo, la variabilidad de las propiedades mecánicas de la madera aserrada es mayor que en forma de rollizo.

De igual forma es necesario reseñar que la madera, como material orgánico, puede ser atacado por organismos vivos o sufrir alteraciones físicas y químicas, dando lugar a la aparición de defectos y singularidades (azulado, bolsas de resina...), defectos estos que también influyen en las propiedades

mecánicas de la madera.

Esta gran variabilidad de las propiedades mecánicas, obliga a clasificar la madera en grupos o calidades, para poder asignarles una resistencia con un nivel de confianza razonable. La tendencia actual es ensayar piezas con tamaños y calidades comerciales, basada en la determinación de las propiedades mecánicas en las condiciones más parecidas al destino final de la madera. La imposibilidad de estimar de manera visual esa pérdida en las características físico-mecánicas, hace que sea necesario buscar un medio alternativo de estimación de las mismas.

OBJETIVOS:

Se ha tratado de crear una aplicación informática que permita sistematizar la entrada de datos procedentes de la clasificación visual según la norma UNE 56.544:2003, del ensayo a flexión según la norma UNE EN 408:2003 y del ensayo con ultrasonidos, aplicable a vigas de tamaño estructural de las principales especies de coníferas españolas.

Se busca, que la incorporación permanente de información a la base de datos represente una estructura de auto feed-back. De esta forma, la aplicación pretende establecer una propuesta resistente para cada viga aprovechando la información disponible de la clasificación visual, consiguiéndose un aumento del rigor en la estimación de las propiedades resistentes de las vigas según aumenta el número de registros incorporados a la base de datos.

Se pretende pues, que la aplicación informática sirva no sólo como herramienta de trabajo dentro del área de maderas en el Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal de la Universidad de Valladolid, sino también en otros centros de investigación de forma que la homogeneidad en el sistema de toma de datos permita contrastar con rigor los diferentes ensayos realizados.

MATERIALES Y MÉTODOS:

La aplicación informática gestiona una base de datos donde se almacenan toda la información que ella misma genera. Los distintos campos de la base de datos se han configurado en base a los criterios de clasificación que establecen las siguientes normas de clasificación y métodos de ensayo para la madera de uso estructural:

- *UNE 56544:2003 “Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural”* Los parámetros de clasificación visual que recoge la norma para la madera de uso estructural han permitido definir gran parte de los campos que constituyen la base de datos.
- *UNE EN 408:2003 “Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas”*: De los ensayos que se muestran en la presente norma, se recogen en la base de datos los valores de módulo de elasticidad y de resistencia a flexión que son determinantes a la hora de asignar clases resistentes a las combinaciones de especie, procedencia y calidad según lo establecido en la norma *UNE EN 338 “Madera estructural. Clases resistentes”*.
- *Ensayo de vigas mediante ultrasonidos*: Se han habilitado nueve campos en la base de datos para recoger distintas muestras de velocidades de paso de onda de ultrasonidos en microsegundos debido a la utilidad que también tiene este parámetro en la clasificación de madera de uso estructural.

De cara a poder disponer de toda la información organizada sistemáticamente, se ha creado una base de datos relacional, de esta forma, la base de datos se ha estructurado en tablas interrelacionadas entre si mediante campos vinculados, figura 1.

RESULTADOS

Como resultado, se ha obtenido una aplicación informática elaborada mediante el lenguaje de programación Visual Basic, que permite gestionar la base de datos ya detallada con anterioridad, haciendo más cómoda la introducción de nuevo registros en la misma, y la modificación de los ya existentes. Se ha conseguido que la aplicación no solo sirva como elemento gestor de la base de datos, sino que además también clasifica la viga en base a los criterios de clasificación que establece la norma UNE 56544:2003.

La aplicación informática se ha estructurado como sigue, figura 2:

- **Menú principal:**

Formulario principal desde el que se tiene acceso al resto de los formularios.

- **Formulario para registro de vigas:**

Permite sistematizar la entrada y modificación de las características físico-mecánicas y de los defectos para cada una de las vigas de una manera organizada y sistematizada.

Uno de los objetivos principales de la aplicación es que pueda servir como instrumento de trabajo en varios centros de investigación, y que pueda ser empleada por varios usuarios. De esta forma se busca que la homogeneidad en el sistema de toma de datos permita contrastar con rigor los diferentes ensayos realizados. Por ello la aplicación permite también realizar la selección del usuario que realiza la clasificación visual de la viga y los ensayos sobre la misma e identificar el lote de procedencia de la misma, de forma que posteriormente se pueda realizar una agrupación de todas ellas por lotes de procedencia.

Las tablas que se recogen en el presente formulario son las siguientes:

· **Tabla de planos de la viga:**

En una primera tabla se recogen los planos de la viga con algún defecto, figura 3, lo que permitirá que en el resto de las tablas, a la hora de habilitar la selección del plano de la viga en el que se encuentra el defecto a describir, sólo figuren aquellos planos con algún defecto.

· **Tabla de nudos:**

La tabla nudos permite clasificar los nudos presentes en la viga en base a los criterios que establece la norma de clasificación visual UNE 56.544:2003.

En la primera columna de la tabla se presenta una lista desplegable que permite al usuario elegir el plano de la viga en el que se presenta el nudo, figura 4, una vez elegido se procede a introducir en la tabla el resto de los campos que caracterizan a cada nudo como el diámetro del nudo, las coordenadas “x” e “y” del eje del nudo, y si el nudo es nudo pasante, nudo axial, nudo en grupo, nudos de margen o nudos de arista.

· **Tabla de fendas:**

La tabla fendas permite clasificar las fendas presentes en la viga en base a los criterios que establece la norma de clasificación visual UNE 56.544:2003.

En la primera columna de la tabla se presenta una lista desplegable que permite al usuario elegir entre los planos de la viga que presentan algún defecto, aquel en el que se encuentra la fenda, figura 5. Posteriormente se recoge si la fenda se ha producido durante el secado de la viga (*fenda de contracción*), si han sido provocadas por un rayo (*fenda de rayo*), por una helada (*fenda de heladura*), por una separación entre anillos (*fenda de acebolladura*), o bien en el derribo del árbol (*fenda de abatimiento*), y se mide la proyección sobre el canto de la profundidad mayor de fenda a lo largo de toda la pieza.

· **Tabla de gemas:**

La tabla gemas permite clasificar las gemas presentes en la viga en base a los criterios que establece la norma de clasificación visual UNE 56.544:2003. En la primera columna de la tabla se presenta una lista desplegable que permite al usuario elegir entre los planos de la viga que presentan algún defecto, aquel en el que se haya visualizado la gema que se va a describir en la tabla, figura 6.

De acuerdo con la norma UNE-EN 1310, la gema se evaluará por su longitud, expresada como fracción de la longitud total de la pieza; y por su anchura, medida en el canto o en la cara, tanto como diferencia relativa, entre el valor nominal y el real de la anchura del canto o de la cara en el punto de máxima diferencia. Si la gema se manifiesta en más de una zona de una arista, se sumarán las diferentes longitudes.

· **Tabla de bolsas de resina:**

La tabla bolsas de resina de la aplicación, permite clasificar las bolsas de resina presentes en la viga en base a los criterios que establece la norma de clasificación visual UNE 56.544:2003.

En la primera columna el usuario tendrá la posibilidad de elegir la superficie de la viga en la que ha hallado la bolsa de resina entre las opciones que aparecen en la lista desplegable, figura 7. De

acuerdo con la norma UNE-EN 1310, las bolsas de resina se medirán por su longitud (en mm), en la dirección paralela al eje de la pieza.

• **Otros defectos a tener en cuenta según la norma UNE 56.544:2003:**

La aplicación permite también marcar para cada una de las vigas ensayadas otros defectos a tener en cuenta según la norma UNE 56.544:2003 como son la presencia o no de alteraciones biológicas (hongos de azulado, pudrición, muérdago, ataques de xilófagos, pasmo,...), de entrecasco, de médula, de madera de reacción, de madera juvenil (especificando el % de superficie ocupado por la misma), las deformaciones que presenta la viga (curvatura de cara y canto, alabeo, abarquillado, desviación de la fibra) y la anchura del anillo de crecimiento.

• **Características físicas:**

La aplicación también permite recoger para cada una de las vigas sus principales características físicas como son la longitud, la anchura, el grosor, el peso específico y la humedad de la madera en el momento del ensayo.

• **Ensayo por ultrasonidos:**

El valor de mayor relevancia del ensayo es del tiempo que tarda la onda en llegar desde el palpador emisor al palpador receptor. Como ya se tiene el valor de la dimensión en longitud de la viga (necesario para calcular la velocidad de la onda), se han reservado nueve campos en la base de datos para poder albergar nueve mediciones diferentes del valor del tiempo que tarda en llegar la onda en microsegundos del palpador emisor al receptor.

• **Características mecánicas:**

Para cada viga se recoge el nombre del fichero generado por la máquina de ensayos, y los valores de Fuerza Máxima, MOR, MOE, MOEGTO y MOEG obtenidos del mismo.

-Formulario de conclusiones para cada una de las vigas:

Desde el formulario de registro de vigas, una vez completado el registro de cualquiera de las vigas, pinchando en el comando "Conclusiones", la aplicación genera un nuevo informe con un resumen del total de datos obtenidos de la clasificación visual para esa misma viga.

De cara a que la lectura de las tablas sea más sencilla, y para que este informe sirva de herramienta en caso de querer realizar una revisión sobre la clasificación visual realizada, se permite al usuario seleccionar el plano de la viga por el que quiere ver agrupados los defectos. Esto se consigue mediante una lista desplegable en la que se recogen todas las caras con algún tipo de defecto.

Como ya se ha comentado con anterioridad la aplicación no solo actúa como elemento gestor de una base de datos, sino que además sirve como herramienta de trabajo, ya que una vez introducidos los resultados de la clasificación visual para cada una de las vigas, en el formulario de conclusiones, la aplicación establece automáticamente la clasificación de la madera según los criterios de clasificación establecidos por la norma UNE 56544:2003 en las clases ME1, ME2 o en la clase rechazo, y permite establecer nuevos sistemas de predicción para cada una de las vigas ensayadas.

-Formulario de usuarios:

Formulario que habilita la introducción de nuevos usuarios o la modificación de los ya existentes (por ejemplo por cambio del centro de investigación).

-Formulario de especies:

Permite al usuario la introducción de nuevas especies o la modificación de las ya existentes.

-Formulario de lotes:

Formulario que habilita la introducción de nuevos lotes o la modificación de los ya existentes (por ejemplo por cambio del número de especies incluidas en el lote). Los campos a completar dentro del formulario lotes son la procedencia, la especie, la calidad de comercialización del lote, y el número de vigas que conforman el lote.

CONCLUSIONES:

La aplicación informática permite homogeneizar la entrada de datos procedentes de la clasificación visual según la norma UNE 56.544:2003, del ensayo a flexión según la norma UNE EN 408:2003 y del ensayo con ultrasonidos, aplicable a vigas de tamaño estructural de las principales especies de coníferas españolas. La estructura del programa permite también su traslado a otros centros de investigación, de forma que la toma de datos de una manera homogénea permita un contraste de resultados con mayor rigor para las 4 especies de coníferas españolas que contempla la norma UNE 56.544:2003.

El programa obtiene la información de una base de datos con formato *.mdb, mediante sentencias SQL. Esto permite la instalación de la base de datos en un servidor, y la instalación de la aplicación en monopuesto en una serie de ordenadores en red, de forma que en todos ellos se pueda trabajar con la aplicación incorporando la información a una misma base de datos.

La aplicación constituye en si una herramienta de trabajo que simplifica enormemente la clasificación visual, ya que evita el tener que realizar los distintos filtros que establece la norma de forma manual al realizarlos ella automáticamente según se introducen los datos obtenidos del ensayo, y también permite realizar una revisión de la clasificación visual realizada para cada una de las vigas, ya que en el formulario “conclusiones” se pueden agrupar los defectos para cada uno de los planos de la viga, simplificando dicha revisión.

Por otra parte se trata de un elemento de trabajo que es susceptible de ser ampliado, ya que la incorporación permanente de información a la base de datos, representa una estructura de auto feedback, consiguiéndose un aumento en el rigor de la estimación de las propiedades resistentes de las vigas conforme aumenta el número de vigas ensayadas. Esto permitiría introducir en la aplicación nuevos métodos de predicción de las propiedades resistentes en base a nuevos trabajos de investigación que se apoyen en la base de datos generada.

BIBLIOGRAFIA:

- ACUÑA L., LLORENTE A., CASADO, M Y HERRERA C: 2001. Clasificación de la madera de *Pinus sylvestris* L. Mediante ensayos no destructivos. III Congreso Forestal Español. Granada.
- ACUÑA RELLO, L. y HERRERA CALVO, C.: 1999. Influencia del azulado en las características resistentes de la madera para uso estructural”. II Simposium Nacional de Protección de la madera en la construcción.
- AENOR.: 1997. Madera para construcción. Recopilación de normativa”. Madrid.
- DIEZ M.R. y FERNANDEZ-GOLFÍN J.: 1998. Influencia de diversos factores en la calidad de la madera de uso estructural de *Pinus sylvestris* L. Ed.: Ministerio de Ciencia y Tecnología. INIA. Sistema de Recursos Forestales. Volumen 7. Nº 1 y 2. Madrid.
- FERNÁNDEZ GOLFÍN, J.I , DIEZ, M.R. Y GUTIERREZ, A.: Caracterización mecánica de la madera aserrada de pino silvestre de los sistemas Central e Ibérico mediante probetas de tamaño estructural. INFOR – INIA. Madrid.
- HERRERA CALVO, M.: 1999. Estudio de la utilización de madera de pino silvestre de baja calidad con uso estructural. E.T.S.II.AA. Palencia.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGRARIA Y ALIMENTARIA: 1991. Propiedades y tecnología de la madera de Pino Radiata del País Vasco. Madrid.
- LÁZARO SÁNCHEZ, T.: 1998. Estudio sobre la influencia del clima en la estructura anatómica del *Pinus pinaster* Ait. E.T.S.II.AA. Palencia.
- LÓPEZ DE ROMA, A. et al.: 1991. Propiedades y tecnología de la madera de pino radiata del País Vasco. INIA. Madrid.
- Norma UNE EN 338: Madera estructural. Clases resistentes.
- Norma UNE EN 384: Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y densidad.
- Norma UNE EN 408: 1995. Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.

Figura 1.- Relaciones entre campos de las distintas tablas de la base de datos

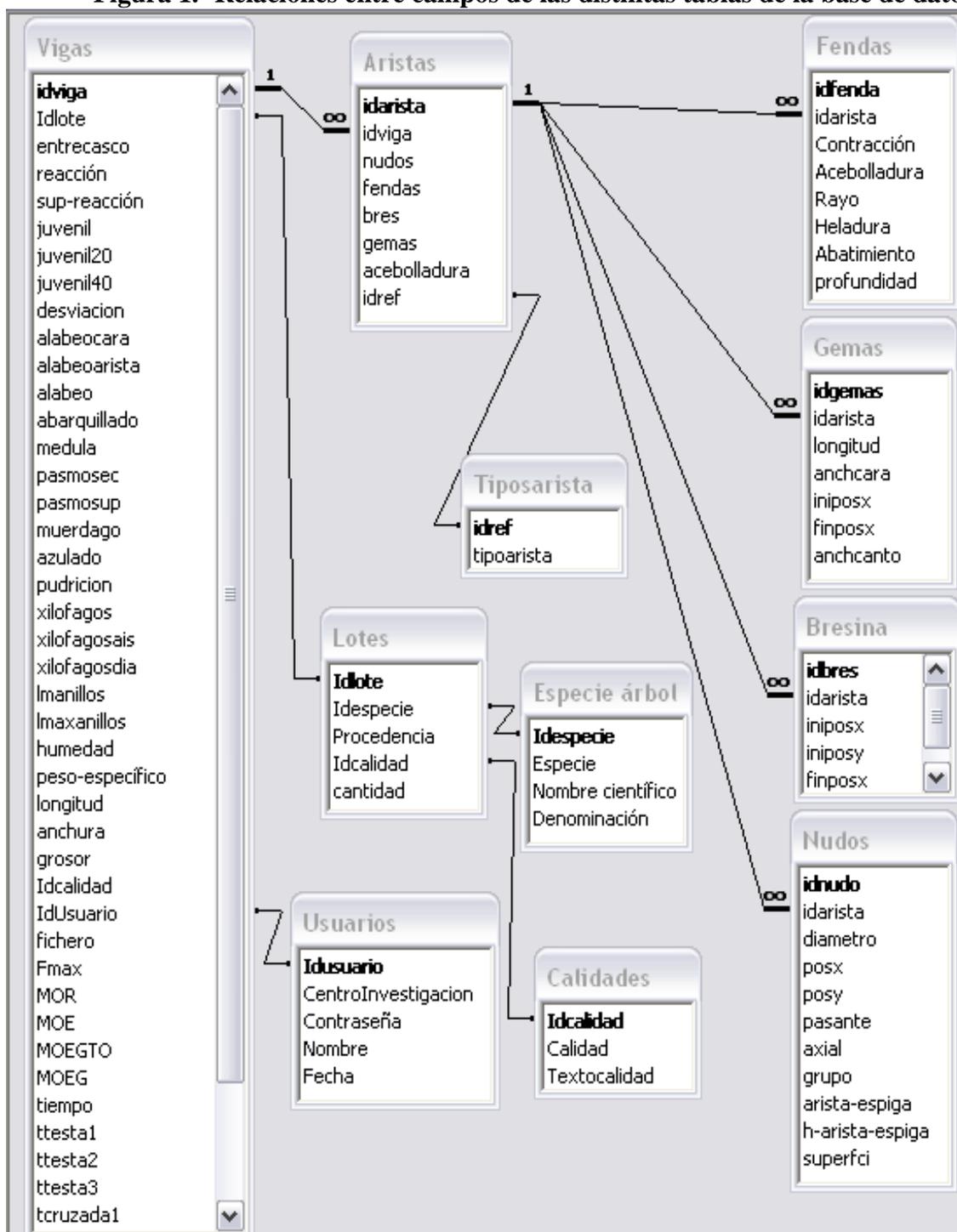


Figura 2: Esquema de la aplicación informática

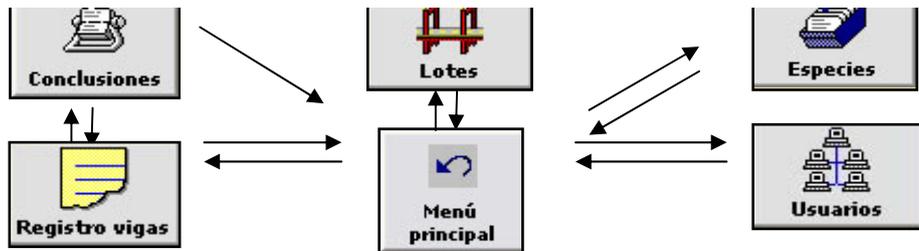


Figura 3: Selección del plano de la viga

Planos de la viga					
tipoarista	nudos	fendas	bres	gemas	acebolladura
Cara1		✓	✓	✓	✓
Canto1	✓	✓		✓	✓
- Testa2					
1 - Cara1					
2 - Canto1					
3 - Cara2					
4 - Canto2					
5 - Testa1					
6 - Testa2					

Figura 4: Tabla de nudos

Nudos								
tipoarista	diametro	posx	posy	pasante	axial	grupo	margin	arista
Cara1	3	100	73		✓			
Cara1	10	672	25	✓				
Cara1	30	1234	34			✓		
Cara1	8	1456	145					✓
Cara2	20	860	47		✓			
Canto1								
Canto2								
Testa1								
Testa2								

Figura 5: Tabla de fendas

Fendas						
tipoarista	contracción	acebolladura	rayo	heladura	abatimiento	profundidad
Cara1		✓				10
Testa1	✓					15
Cara2				✓		12
Cara1					✓	0
Cara2						
Canto1						
Canto2						
Testa1						
Testa2						

Figura 6: Tabla de gemas

Figura 7: Tabla de bolsas de resina

Gemas					
tipoarista	iniposx	finposx	longitud	anchcara	anchcanto
Cara1	2750	3150	400	20	10
Canto2	1230	1530	300	10	30
Cara1					
Cara2					
Canto1					
Canto2					
Testa1					
Testa2					

Bolsas de resina				
tipoarista	iniposx	iniposy	finposx	finposy
Cara1	10	40	600	30
Canto1	1125	50	1200	1700
Testa2	500	20	632	32
Cara1				
Cara2				
Canto1				
Canto2				
Testa1				
Testa2				