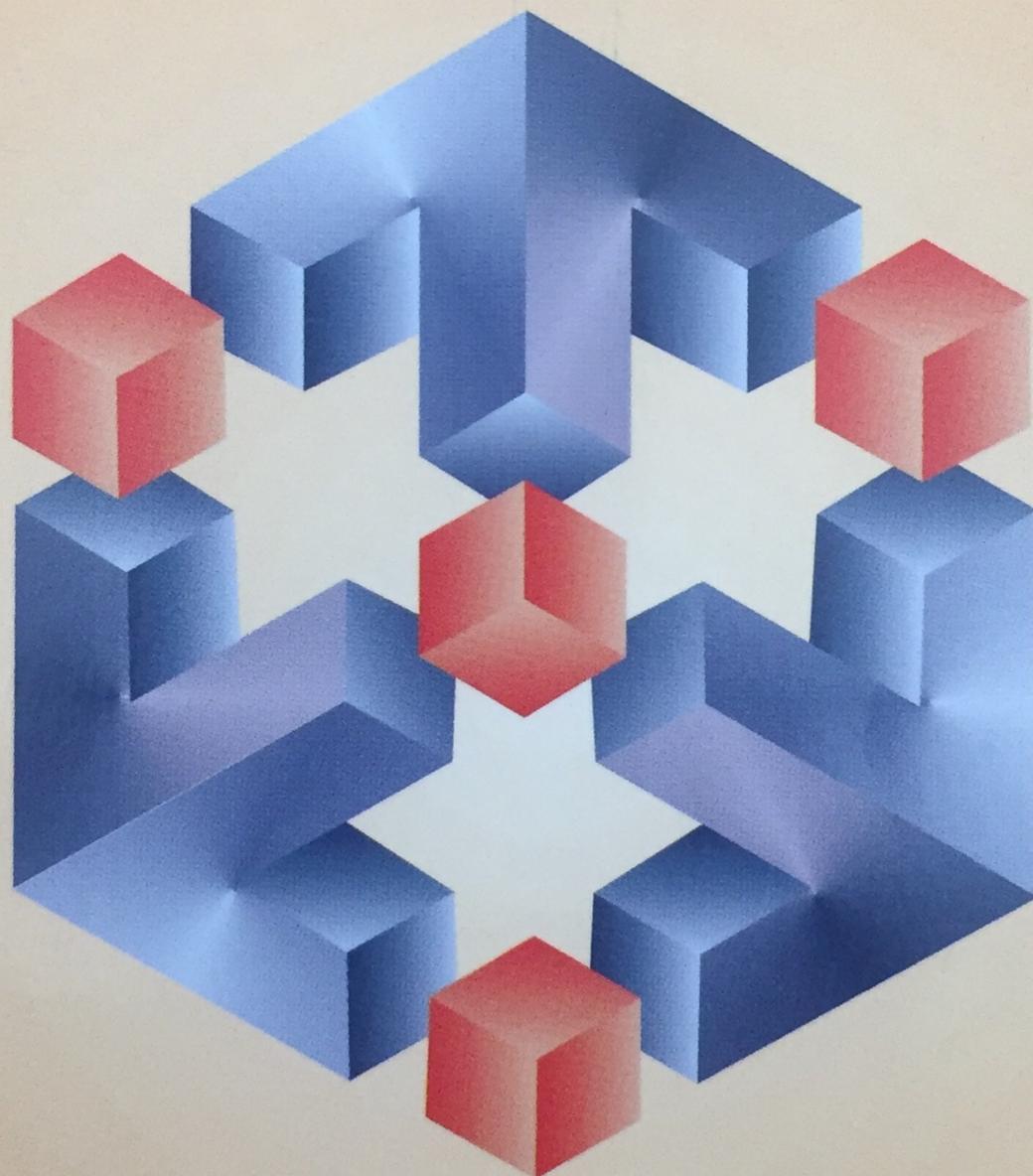


I JORNADAS DE INFORMÁTICA

Puerto de la Cruz - Tenerife
17 al 21 de julio de 1995

ACTAS

Eds. J. M. Troya Linero - C. Rodríguez León



Asociación Española de Informática y Automática
Universidad de La Laguna
Universidad de Málaga

I Jornadas de Informática

Puerto de la Cruz, 17 - 21 de Julio de 1995

Actas

Depósito Legal - MA-777/95

DESCRIPCIONES DECLARATIVAS DE DISTINTO NIVEL: APLICACIÓN AL DISEÑO DE INVERNADEROS

García Lázaro, J.R. (jrgarcia@ualm.es)
Bienvenido Bárcena, J.F. (jbierven@ualm.es)
Sagrado Martínez, J. (jsagrado@ualm.es)
Iribarne Martínez, L.F. (liribarn@ualm.es)
Becerra Terón, A. (abecerra@ualm.es)
Guirado Clavijo, R. (rguirado@ualm.es)

Grupo de Informática Aplicada a la Agricultura
Departamento de Lenguajes y Computación
Universidad de Almería. 04120 (Almería)

Díaz Alvarez, J.R. (jrdiaz@ualm.es)
Rodríguez Díaz, F.
Ayala Palenzuela, R.M.

FIAPA (Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería)
Ctra. de la Playa, s/n. 04120 (Almería)

Resumen:

En los cultivos protegidos, una pequeña mejora en las condiciones microclimáticas puede suponer un importante incremento en la rentabilidad de la explotación. En este sentido, nuestro equipo está desarrollando una herramienta que permita diseñar y modelizar los aspectos de captación de energía y coste de nuevos prototipos de invernadero dentro de un proyecto PASO-PACE denominado DAMOCIA.

Centrados ya en la implementación computacional de esta herramienta, uno de los problemas más importantes que surgieron era cómo tratar la diversidad, no cerrada, de tipos de invernaderos que se podían plantear.

Nuestro objetivo en este caso ha sido aislar en una zona bien delimitada de la herramienta los aspectos dependientes de la tipología. Esto se consigue mediante el uso de definiciones declarativas de los invernaderos, una de alto nivel, cercana a la descripción del usuario y relativa a los tipos disponibles, y otra de bajo nivel, compuesta de elementos mucho más básicos, permitiendo una traducción automática entre ambas.

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de cultivo protegido permiten ampliar el período en que se pueden recolectar ciertos cultivos a lo largo del año, generando lo que se denominan primicias o productos fuera de temporada. Una leve mejora en las condiciones microclimáticas de un invernadero, a las que están sometidas las plantas, puede suponer obtener una cosecha vendida en un mejor momento y un fuerte incremento en su valor económico ([9]), lo que hace interesante las mejoras en su diseño que generen condiciones microclimáticas mejores.

En la actualidad, el diseño de invernaderos se realiza haciendo estudios específicos sobre tipos concretos ([7], [12], [13], [14]), que suelen ser característicos para cada localización geográfica y orientación. En el estudio de los parámetros que configuran los distintos modelos se parte de situaciones simplificadas, como supone considerar modelos simétricos y/o de longitud infinita ([11]); en otros casos, se estudia específicamente un elemento de la estructura (ángulo de la cubierta).

En cuanto a los modelos utilizados para la simulación que permita rentabilizar el diseño al prever un cierto comportamiento, nos encontramos con que la mayor parte de los estudios se han realizado para los invernaderos acondicionados de forma activa (calefacción,...), propios de las zonas más frías, haciendo hincapié en los aspectos térmicos (sobre los que se ejerce un control clásico) ([10], [15], [16]). Para los invernaderos de tipo pasivo, propios de la región mediterránea, aparecen ya menos modelos de radiación, que como se ha indicado antes, suelen ir ligados a tipos y situaciones muy concretas ([3], [4], [6]). Estos modelos hacen hincapié en los aspectos físicos del proceso, pero no presentan la adaptabilidad propia de las herramientas de diseño de otros campos, como puede ser el del diseño industrial.

La implementación de todos estos modelos se ha llevado a cabo mediante técnicas clásicas, y en la mayor parte de los casos anticuadas, mediante programas en FORTRAN que calculan unas ecuaciones simplificadas. Algunos autores proponen el uso de cálculo por elementos finitos para la simulación, pero no se llega a desarrollar ni siquiera en casos concretos [11]. Nosotros proponemos la aplicación de técnicas de simulación basadas en cálculo por elementos finitos para ver el comportamiento como "trampa" de calor del invernadero.

Siendo conscientes de las dificultades que supone el diseño de estructuras, cuyo comportamiento último deseado (obtención de cultivos), depende de factores muy variables, como es la climatología, y de muy difícil representación, como son los biológicos, nuestro objetivo es obtener una herramienta que permita una más fácil comparación entre propuestas, con la capacidad de evaluar diversos aspectos, tales como el comportamiento ante la radiación exterior, comportamiento mecánico y coste. En este sentido existen precedentes orientados a una zona concreta ([1], [5]), o sobre el uso de arquitecturas informáticas avanzadas ([17]).

El trabajo sobre el que trata esta presentación está inscrito dentro de un proyecto de investigación más amplio, denominado DAMOCIA (Diseño Asistido Mediante Ordenador para la Construcción de Invernaderos Automatizados), subvencionado por la Acción PASO/PACE de la UE/MINER con referencia PC-191 y cuya estructura general se describe en otra presentación a realizar en estas jornadas, "DAMOCIA: Diseño asistido mediante ordenador para la construcción de invernaderos automatizados" (P-11).

2. BASES DEL DESARROLLO

La línea de diseño tiene un doble objetivo:

- a/ Ofrecer una herramienta de diseño que permita definir invernaderos de forma personalizada, generando toda la documentación propia de un proyecto de construcción.
- b/ Generar unas descripciones formales de los invernaderos que puedan servir de base a una herramienta de modelización. Esta herramienta de modelización nos permitirá prever el comportamiento como "trampa" de radiación de diversas estructuras, facilitando la elección orientada a la producción.

El problema principal estaba en que si tomábamos una definición de los invernaderos orientada al usuario (de alto nivel en el sentido de que hay una gran cantidad de conocimiento implícito), la herramienta, como ocurre en todos los precedentes (orientados a modelización), dejaba de ser general y pasaba a ser muy específica.

El análisis se realizó utilizando técnicas orientadas a objetos. Se definió una jerarquía de invernaderos, estudiando sus componentes para configurar una segunda jerarquía y las relaciones de descomposición entre los distintos objetos. De esta forma, se pudo considerar que los invernaderos se podían describir en dos niveles distintos: (a) un nivel cercano al usuario, referido como descripción de alto nivel, y ligado a los tipos implementados y (b) un nivel ligado a los componentes básicos comunes que constituyen los distintos invernaderos, denominado descripción de bajo nivel, y mucho más estable frente a cambios.

Ambas descripciones se encuentran ligadas por un traductor, que con una arquitectura que se describe brevemente más adelante, permite convertir la descripción de alto nivel dada por el usuario en otra de bajo nivel, que se utiliza en los restantes módulos de la herramienta. Permite, así, aislar la zona dependiente de las tipologías del resto de la herramienta, mediante lo que podemos considerar un proceso simple de diseño automático.

El diseño, tanto del traductor como de los demás módulos ejecutables, ha sido clásico, para acelerar la implementación de la herramienta con el objeto de cumplir los plazos previstos. Se ha desarrollado todo en C estándar, que permite la ejecución en distintas plataformas. Se evaluó el uso de herramientas comerciales para el diseño (como Catia y AutoCad), habiéndose integrado AutoCad para la obtención automática de planos. Las descripciones declarativas se han construido sobre plantillas de definición divididas en secciones (información estructural, información de presentación, información para costes,...) y éstas en campos.

3. ARQUITECTURA GENERAL DE LA LÍNEA DE DISEÑO

Centrándonos en la línea de diseño, en la figura 1 se muestra cuál es su arquitectura. En esta figura aparece:

- 1) Interfaz con el gestor de definición : Módulo ejecutable. Gestiona la aparición de ventanas destinadas al usuario. Realiza además la evaluación preliminar de los datos dados por éste, filtrando propuestas según unas normas de diseño.

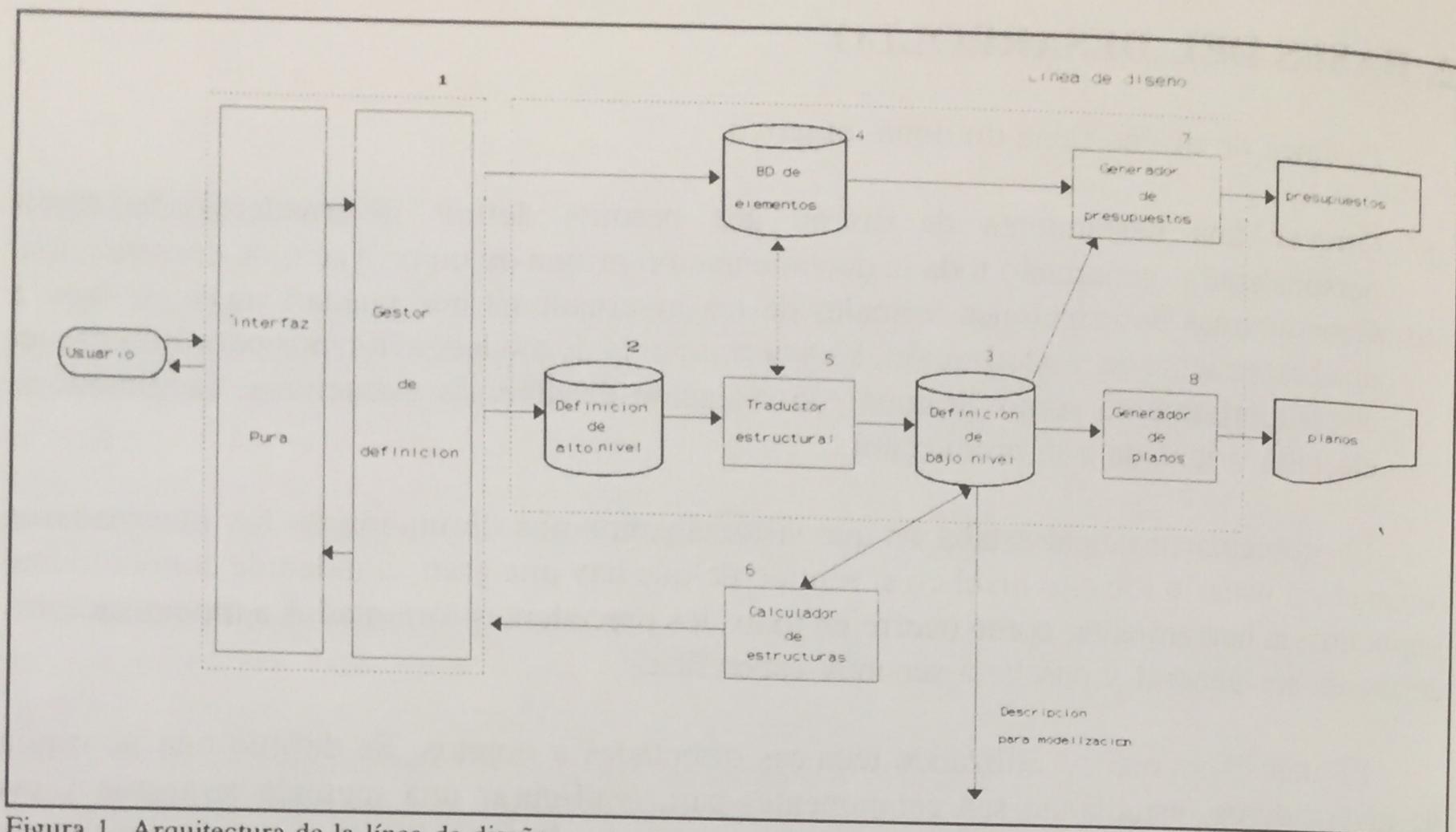


Figura 1. Arquitectura de la línea de diseño

- 2) Definición de alto nivel: Se trata de una definición formal del invernadero. Se referencia de alto nivel porque incluye las características propias del invernadero de un modo global. Responde a la necesidad de describir de una forma lo más compacta posible el invernadero.
- 3) Definición de bajo nivel: Se trata de una definición formal del invernadero obtenida automáticamente a partir de la definición de alto nivel. Se describe el invernadero en función de todos y cada uno de sus componentes, constituyendo una relación de sus elementos básicos, totalmente caracterizados.
- 4) BD de elementos: Base de datos convencional. Guarda información sobre los distintos elementos constructivos que pueden formar parte de un invernadero. Básicamente se utiliza para saber de qué "catálogo de piezas" disponemos a la hora de seleccionar elementos, y de las características de proceso y trabajo, necesarias para calcular el coste del invernadero.
- 5) Traductor estructural: Se ocupa de traducir la definición de alto a la de bajo nivel. Debe permitir incorporar fácilmente nuevas estructuras de invernaderos. Es, por tanto, en este módulo de la línea de diseño, donde quedan centradas las principales variaciones de código ante nuevas tipologías.
- 6) Calculador de estructuras: Realiza el cálculo de estructuras del invernadero. Permite comprobar, e informa de ello al usuario, el comportamiento estático y dinámico (ante el viento) de la estructura propuesta.
- 7) Generador de presupuestos: A partir de la definición de bajo nivel del invernadero (por elementos constituyentes) y de los valores almacenados en la "BD de elementos", ofrece un presupuesto de construcción del invernadero (piezas y trabajos).
- 8) Generador de planos: A partir de la definición de bajo nivel, desarrolla un conjunto de planos estándar, dando además una imagen tridimensional en formato AutoCad.

4. DESCRIPCIONES DECLARATIVAS DE ALTO Y BAJO NIVEL

En la línea de diseño se plantean dos formatos distintos para describir los invernaderos:

1/ **La definición de alto nivel**; en la que el invernadero queda descrito de una forma lo más compacta posible. Se consideran los diversos aspectos constructivos de un invernadero:

- * Parcela, con su situación
- * Planta
- * Estructura (tipología, y sus medidas en el espacio)
- * Pilotes y elementos rígidos de soporte (características generales)
- * Cimentación
- * Aberturas
- * Malla de alambre (sostén del plástico)
- * Plástico

Se definen distintos formatos para los distintos aspectos (por ejemplo, para la cimentación, cimentación lateral con zuncho, con bloques o plataforma, ...). Estos formatos pueden ser válidos para distintas tipologías de invernadero. A continuación, se muestra una parte de la sencilla gramática BNF utilizada para formalizar esta descripción:

Gramática BNF para descripción de alto nivel
<Def. alto nivel> ::= <Planta> <Estructura> <Pilotes> <Vientos> <Cimentaciones> <Aberturas> <Malla> <Plástico>
<Planta> ::= 1 0 <Dimensión> <Dimensión> <Orientación>
<Estructura> ::= <Est. Plano> <Est. Asimét.> <Est. Multicapilla> <Est. Córdoba> <Est. Túnel>
<Est. Plano> ::= 2 1 <Altura> <Nº> <Nº> <Nº> <Nº>
<Est. Asimét.> ::= 2 2 <Altura> <Altura> <Lado> <Nº> <Lado> <Nº> <Nº> <Nº> <Nº> <Nº>
<Est. Multicapilla> ::= 2 3 <Altura> <Altura> <Altura> <Lado> <Nº> <Nº> <Nº> <Nº> <Nº>
<Est. Córdoba> ::= 2 4 <Altura> <Lado> <Nº> <Distancia> <Nº> <Nº> <Altura> <Nº> <Nº> <Nº> <Longitudes> <Nº> <Longitudes>

2/ **La definición de bajo nivel**; en la que el invernadero pasa a estar descrito por sus elementos más básicos, tomados del catálogo que se encuentra en la base de datos de elementos, mostrando sus dimensiones concretas y situación en el espacio. Esta es una descripción del invernadero larga, tediosa y muy detallada. Pero al no considerar ya configuraciones sino los elementos básicos con que éstas están construidas, es mucho más estable. Será mucho menos usual tener que ampliar la expresividad del lenguaje de elementos que subyace tras este tipo de descripciones. A continuación se muestra una parte de la sencilla gramática BNF con que se formaliza esta descripción de bajo nivel:

Gramática BNF para descripción de bajo nivel
<Def. bajo nivel> ::= <Elemento> <Def. bajo nivel> <Elemento>
<Elemento> ::= <Perímetro parcela> <Perímetro invernadero> <Zuncho> <Muro> <Paso> <Dado> <Pilote> <Alambre> <Malla suj. plást.> <Abertura> <Puerta> <Ventana> <Malla mosq.> <Plástico> <Canalón> <Acotación> <Argolla> <Sujección canalón> <Guía rodillo>
<Perímetro parcela> ::= <Perím. parc. lados rectos> <Perím. parc. lados curvos>
<Perímetro invernadero> ::= <Perím. inver. lados rectos> <Perím.inver.lados curvos> <Perím. inver. terraza>
<Zuncho> ::= <Zuncho perim.> <Zuncho enlaces>

En la figura 2, aparecen algunas plantillas de descripción de los elementos de bajo nivel, mostrando en especial los campos referentes a sus propiedades volumétricas, y sus características espaciales y de representación. Las características de coste, por su variabilidad, se encuentran en la base de datos de elementos.

De esta forma, el primer nivel permite una fácil interacción con el usuario, mientras que el segundo, al trabajar con elementos mucho más simples, permite aislar una gran parte de la herramienta de modificaciones debidas a nuevas tipologías. A su vez, el hecho de descomponer la descripción de alto nivel en aspectos constructivos, permite reutilizar en las distintas tipologías muchas de las descripciones, y con ellas los elementos ejecutables que permiten su traducción.

Cod	Tipo	Subtipo	Descripción elemento	Propiedades volumétricas elemento	Características representación espacial
6	4	Refe.Db	Pilote: Viga en H	Longitud, Ancho, Separación, Grosor	Color, capa, P _{Superior} , P _{Inferior} , Orientación
6	5	Refe.Db	Pilote: Viga en L	Longitud, Ancho, Grosor	Color, Capa, P ₁ , P ₂ , P ₃
6	6	Refe.Db	Pilote: Viga en U	Longitud, Ancho, Separación, Grosor	Color, Capa, P ₁ , P ₂ , P ₃
7	0	Refe.Db	Alambre/Cable	Grosor, N° de puntos que atraviesa	Color, Capa, N(x,y,z)
7	1	Refe.Db	Trenza de Alambre	Grosor, N° de alambres, N° de puntos que atraviesa	Color, Capa, N(x,y,z)
8	0	Refe.Db	Malla de Alambre	Grosor, Lado del cuadro de la malla, N° de vértices	Color, capa, N _v (x,y,z), N° de zonas a representar, N° de vértices de la zona, N _i (x,y,z)

Figura 2. Parte de la Plantilla de Descripción de elementos de bajo nivel

El hecho de utilizar una descripción declarativa de los invernaderos, y no un conjunto de variables insertas en el código de los distintos módulos ejecutables, permite a su vez un alto nivel de generalización e independencia alto, limitando a subrutinas concretas (que tratan aspectos concretos) las modificaciones.

El traductor estructural, cuya arquitectura se describe en la figura 3, recibe la descripción de alto nivel, y basándose en una declaración de actuación existente en forma declarativa, encamina cada aspecto constructivo a una rutina de tratamiento concreta. De esta forma, diversos aspectos pueden ser tratados por una misma rutina.

Para cada aspecto constructivo con un formato distinto en la descripción de alto nivel, existe un módulo traductor específico. Varias tipologías pueden compartir el formato de un elemento constructivo (tipo de cimentación por ej.), lo que hace que compartan también el módulo traductor. La información se pasa en forma de series de valores mediante el uso de memoria común. La referencia de qué módulo traductor ha de activarse para tratar un aspecto constructivo se encuentra almacenada en una "Definición de actuación"; así, el control se basa en una descripción declarativa.

El sistema extiende su capacidad de descripción a otras tipologías mediante:

- La incorporación de nuevas plantillas de descripción en el lenguaje de definición de alto nivel.
- La modificación de las declaraciones de actuación para reutilizar módulos ejecutables de traducción existentes.
- La incorporación de nuevos "Módulos traductores" (simplemente incorporándolos al código, y situándolos en la lista de ejecución que relaciona los códigos de rutina de la declaración de actuación con las rutinas propiamente dichas).

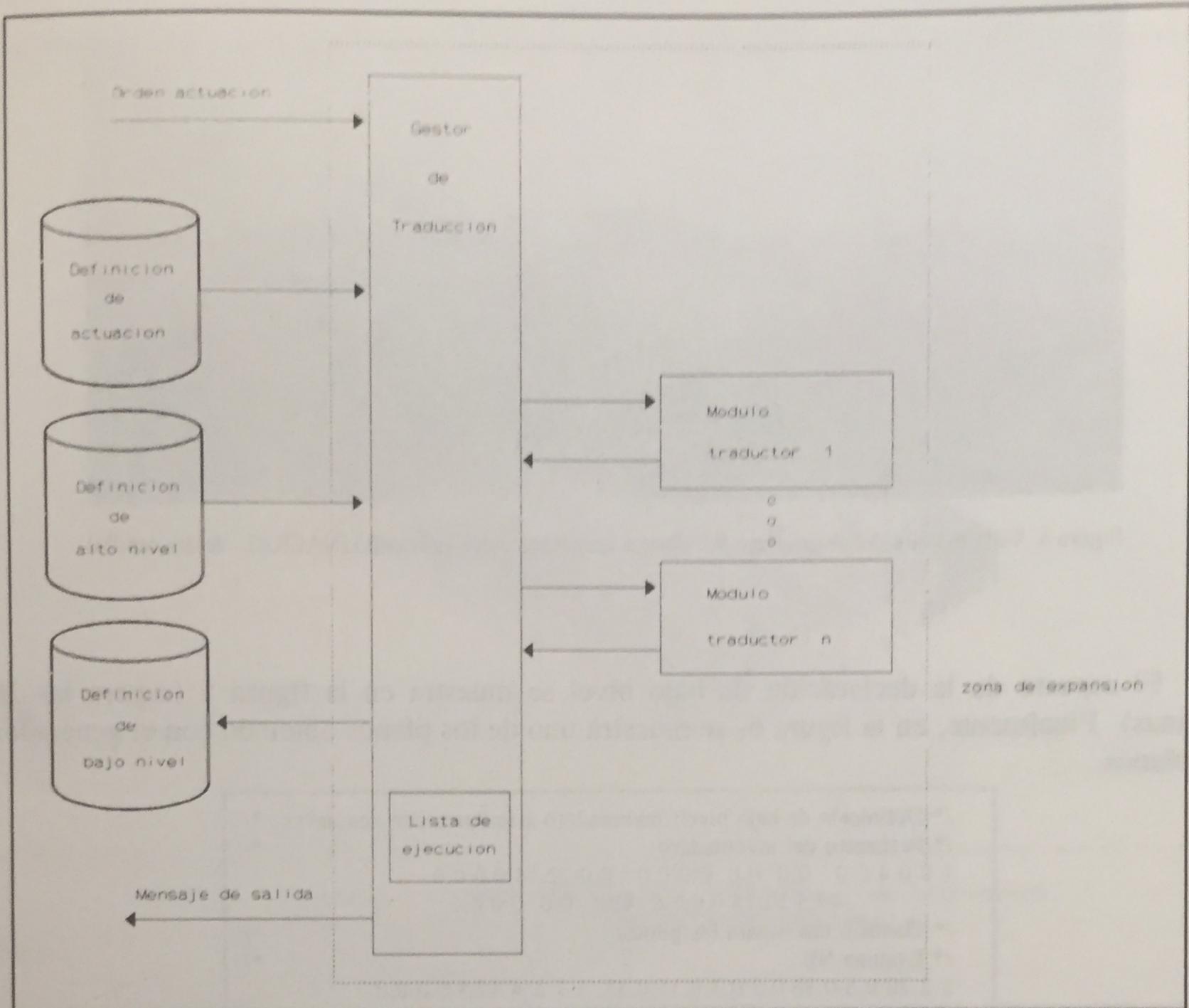


Figura 3. Traductor de descripción de alto nivel a bajo nivel

5. CASO EJEMPLO

A continuación se muestra un ejemplo de diseño de un invernadero con el prototipo actualmente existente de la herramienta. Se ha tomado como ejemplo un invernadero de tipo asimétrico modelo INACRAL, como el de la figura 4. Su descripción de alto nivel es:

```
# Invernadero Asimétrico: definición de alto nivel
# Descripción de la planta
1 49.5 22.75 0
# Descripción de la estructura
2 2 3.00 4.5 1 2 2 6 9 1 18 1
# Descripción de los pilotes
3 11 12 12 12 13 -1 13 12 12 12 12 13 13 13
# Cimentación
5 3 10 10 -1
# Abertura
6 1 1 0.5 1 12 14
6 1 3 0.5 1 12 14
6 2 3 1 1 12 14
# Malla
7 0 0.4 0.4 0.4 0.4 0.005 0.005
# Plástico
8 0 0.005
```



Figura 4. Vista exterior del invernadero de cubierta asimétrica a dos aguas tipo INACRAL, de dos capillas

El aspecto de la declaración de bajo nivel se muestra en la figura 5 (supera las 26 páginas). Finalmente, en la figura 6, se muestra uno de los planos obtenido con el generador de planos.

```

/* Definición de bajo nivel: Invernadero asimétrico con dos naves */
/* Perímetro del invernadero */
1 0 0 4 0 0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 22.75 0.0 0.0
      49.5 22.75 0.0 0.0 49.5 0.0 0.0 0.0
/* Datos o bases para los pilotes */
/* Esquina NE */
5 2 20 0.6 0.36 0.3 0.3 0.15 0.35 1 7 2_4 49.5 0.0 0.0
/* Muro Sur */
5 2 20 0.6 0.36 0.3 0.3 0.15 0.35 33 7 2_2
      0.0 0.0 0.0 1.5 0.0 0.0 3.0 0.0 0.0
...
/* Pilotes verticales por filas */
/* Muro Sur y subpilotes */
6 1 10 3.0 0.040 0.002 5 4_1 0.0 0.0 3.0 0.0 0.0 0.0
...
/* Pilotes de cubierta: Dirección Este-Oeste */
6 1 10 49.5 0.040 0.002 5 5_1 0.00 0.00 3.00 49.5 0.00 3.00
...
/* Malla de sujección del plástico */
/* Cubierta */
8 0 10 0.4 4 7 7_3 0.0 0.0 3.0 0.0 8.75 4.5
      49.5 8.75 4.5 49.5 0.0 3.0
...
/* Ventanas, rodillo y sujección de rodillo */
/* Cenitales */
11 0 0 49.5 1.5 1 0.040 0.002 2 5_0 0.0 8.75 4.5 49.5 8.75 4.5
      49.5 10.09 3.83 0.0 10.09 3.83
...
/* Plástico de cubierta */
13 0 30 0.001 4 0 20 0.0 0.0 3.0 0.0 8.75 4.5
      49.5 8.75 4.5 49.5 0.0 3.0
...

```

Figura 5. Extracto de la definición de bajo nivel, ejemplo invernadero inacral

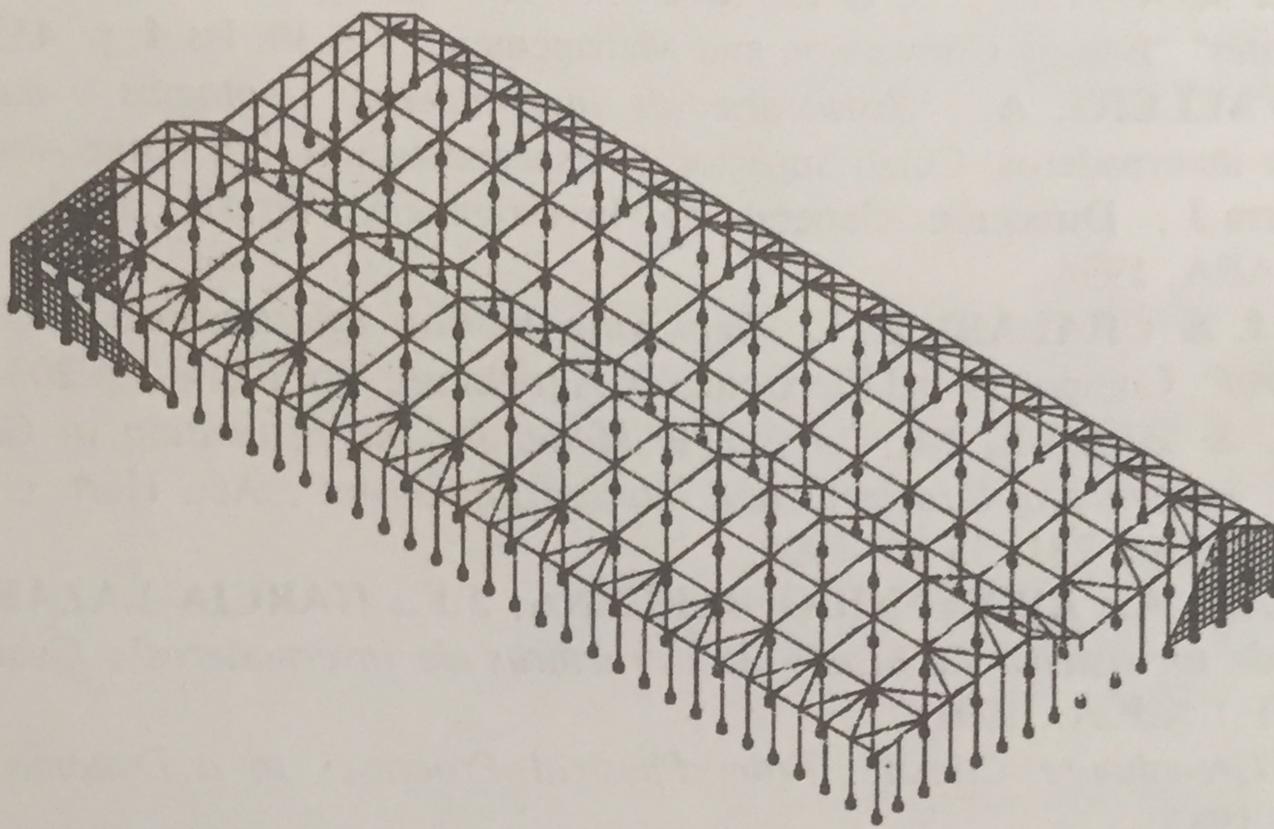


Figura 6.

Proyecto: Herramienta de Diseño de Estructuras de Invernadero
Dpto. Lenguajes y Computación (Universidad de Almería)
Invernadero: Asimétrico_Inacral
Plano: vista panorámica

6. CONCLUSIONES

El campo del diseño de invernaderos para la agricultura forzada es susceptible de mejora mediante el uso de técnicas de diseño informático, siendo una de las líneas de mejora que se pueden plantear, obtener una herramienta de diseño que permita la modelización de la radiación y la obtención de proyectos de una forma automática.

El desarrollo de una herramienta general de diseño de invernaderos tiene el problema de la enorme variabilidad de la tipología de éstos. Una solución se encuentra en la utilización de dos niveles de descripción distintos para una estructura dada: un formato cercano a la descripción compacta que el diseñador desearía dar y otro, mucho más extenso, basado en elementos simples; de esta forma, se puede generalizar el uso de los subsiguientes módulos de la herramienta. Esto se puede conseguir mediante el uso de descripciones declarativas de invernaderos que supongan una definición completa, no ambigua, única, de dominio amplio, extensible, portable y legible de éstos. El paso de una descripción a otra se realiza mediante un traductor que, básicamente, ejecuta un proceso sencillo de diseño automático sobre una base modular.

Se propone una arquitectura que separa claramente los elementos descriptivos de los de cálculo, en la que se aíslan las rutinas de código ligadas a ciertos aspectos de los invernaderos, que constituyen una colección de métodos ligados a sus elementos. La capacidad de tratamiento de la herramienta se expande básicamente mediante la incorporación de nuevos elementos de cálculo al traductor entre niveles.

REFERENCIAS

- 1 ALI, H.M. & MOUSTAFA, S. & EL-MANSY, H.; "An Efficient Greenhouse Design for Hot Climates". Energy Conversion and Management. Vol 30, Iss 4, p. 433-7. 1990.
- 2 ANTON I VALLEJO, A.; "Estructuras de invernaderos: tipologías y materiales". Tecnología de invernaderos. Curso Superior de Especialización. Edt. Díaz Alvarez, J.R. y Pérez Parra, J., Dirección General de Investigación Agraria de la Junta de Andalucía/FIAPA, 1994.
- 3 BAILEY, B.J. & CHALABI, Z.S.; "Improving the Cost Effectiveness of Greenhouse Climate Control". Computers and Electronics in Agriculture. Vol 10, Iss 3, p. 203-14. 1994.
- 4 BAILLE, A. & BAILLE, M.; "A Simple Model for the Estimation of Greenhouse Transmission: Influence of Structures and Internal Equipment". Act. Hort. Greenhouse construction, Design, 281, 35-46. 1990.
- 5 BOSCH ARAN, A.; BIENVENIDO BARCENA, J.F.; GARCIA LAZARO, J.R.; "Desarrollo de un sistema de diseño de estructuras de invernaderos". Cuadernos de divulgación. F.I.A.P.A., 1991.
- 6 BOT, G.; "Greenhouse Climate: From Physical Processes to a Dynamic Model". Wageningen. 1983.
- 7 BRETONES CASTILLO, F.; "Estructuras de invernaderos: tipologías y materiales". Tecnología de invernaderos. Curso Superior de Especialización. Edt. Díaz Alvarez, J.R. y Pérez Parra, J., Dirección General de Investigación Agraria de la Junta de Andalucía/FIAPA, pag. 165, 1994.
- 8 CASTILLA, N.; "Greenhouses in the Mediterranean Area: Technological Level and Strategic Management". Acta Hort., 361: 44-56. 1994.
- 9 CASTILLA, N. & LOPEZ-GALVEZ, J.; "Vegetable Crops Response to the Improvement of Low-cost Plastic Greenhouses". J. Hort. Sci. 69(5): 915-921. 1994.
- 10 CHALABI, Z.S. & BAILEY, B.Z.; "Simulation of the Energy Balance in a Greenhouse". AFRC Institute of Engineering Research (Divisional Note DN 1516). 1989.
- 11 CRITTEN, D.L.; "An Approximate Theory for Reflective Losses from Infinitely Long Greenhouses and Plastic Tunnels under Diffuse Light". J. Agr. Eng. Res. 38, 47-56. 1987.
- 12 CRITTEN, D.L.; "The Prediction of Multispan Greenhouse Light Transmission, with Particular Reference to Tunnels under Direct Winter Light Conditions". J. Agr. Eng. Res. 38, 57-64. 1987.
- 13 CRITTEN, D.L.; "Light Transmission through Structureless Multispan Greenhouses Roofs of 'Gothic Arch' Cross Section". J. Agr. Eng. Res. 41, 319-325. 1988.
- 14 CRUZ, J.L.; "Estructuras de invernaderos: tipologías y materiales". Tecnología de invernaderos. Curso Superior de Especialización. Edt. Díaz Alvarez, J.R. y Pérez Parra, J., Dirección General de Investigación Agraria de la Junta de Andalucía/FIAPA, pag. 173, 1994.
- 15 DUNCAN, G.A. & LOEWER, O.J & COLLIVER, D.G.; "Simulation of Energy Flows in a Greenhouse: Magnitudes and Conservation Potential". Transaction of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers). 1981.
- 16 JOLLIET, O. & GAY, J.B.; "A 2nd Generation Static Model of Greenhouse Energy Requirements (HORTICERN): A Comparison with Dynamic Models". Acta Horticulturae 245. Energy Saving in Protected Cultivation. 1989.
- 17 TAG GON KIM & GUOQING ZHANG & ZEIGLER, B.P; "Entity Structure Management of Continuous Simulation Models". Proceedings of the 1988 Summer Computer Simulation Conference. SCS, San Diego, CA, USA. 1988