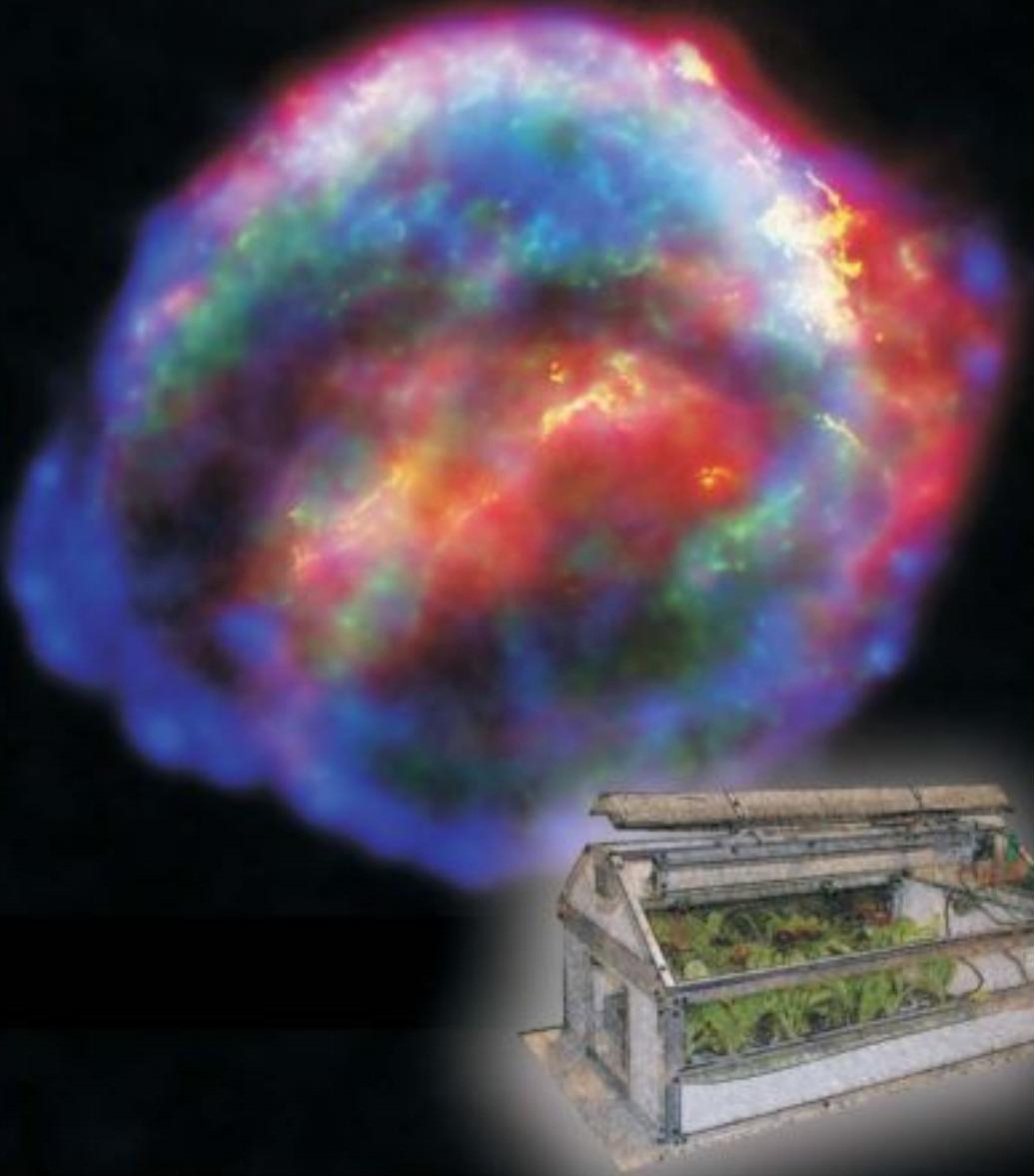




# Invernadero automatizado



# Serie: Recursos didácticos

Tapa:  
Imagen combinada de la Supernova Remnant captada  
por el telescopio Hubble - NASA.



# a u t o r i d a d e s

---

PRESIDENTE DE LA NACIÓN

**Dr. Néstor Kirchner**

MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Lic. Daniel Filmus**

SECRETARIO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Prof. Alberto E. Sileoni**

DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. María Rosa Almandoz**

DIRECTOR NACIONAL DEL CENTRO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. Juan Manuel Kirschenbaum**



# Invernadero automatizado

Carlos Colombini,

Ernesto Forgan,

Manuel González,

Susana Ibáñez,

Enrique Martín,

Graciela Pellegrino,

Pablo Pilotto,

con la colaboración de Federico Sar.

Colección Serie "Recursos didácticos".  
Coordinadora general: Haydeé Noceti.

Distribución de carácter gratuito.

Queda hecho el depósito que previene la ley n° 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

La reproducción total o parcial, en forma idéntica o modificada por cualquier medio mecánico o electrónico incluyendo fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información no autorizada en forma expresa por el editor, viola derechos reservados.

Industria Argentina.

ISBN 950-00-0496-8

Colombini, Carlos  
Invernadero automatizado / Carlos Colombini; Ernesto Forgan; Enrique Martin; coordinado por Juan Manuel Kirschenbaum.  
- 1a ed. - Buenos Aires : Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación - Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2005.  
120 p.; 22x17 cm. (Recursos Didácticos; 1)

ISBN 950-00-0496-8

1. Invernaderos-Automatización. I. Forgan, Ernesto II. Martin, Enrique III. Kirschenbaum, Juan Manuel, coord. IV. Título

CDD 690.892 4

Fecha de catalogación: 12/05/2005

Impreso en Gráfica Pinter S. A., México 1352 (C1097ABB), Buenos Aires, en julio 2005

Tirada de esta edición: 3.000 ejemplares

Serie: “**Recursos didácticos**”

- 1 Invernadero automatizado
- 2 Probador de inyectores y motores paso a paso
- 3 Quemador de biomasa
- 4 Intercomunicador por fibra óptica
- 5 Transmisor de datos bidireccional por fibre óptica, entre computadoras
- 6 Planta potabilizadora
- 7 Medidor de distancia y de velocidad por ultrasonido
- 8 Estufa de laboratorio
- 9 Equipamiento EMA -Características físicas de los materiales de construcción-
- 10 Dispositivo para evaluar parámetros de líneas

---

# LAS METAS, LOS PROGRAMAS Y LAS LÍNEAS DE ACCIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

---

El Instituto Nacional de Educación Tecnológica -INET- enmarca sus líneas de acción, programas y proyectos, en las metas de:

- Coordinar y promover programas nacionales y federales orientados a fortalecer la educación técnico-profesional, articulados con los distintos niveles y ciclos del sistema educativo nacional.
  - Implementar estrategias y acciones de cooperación entre distintas entidades, instituciones y organismos –gubernamentales y no gubernamentales-, que permitan el consenso en torno a las políticas, los lineamientos y el desarrollo de las ofertas educativas, cuyos resultados sean considerados en el Consejo Nacional de Educación-Trabajo –CoNE-T- y en el Consejo Federal de Cultura y Educación.
  - Desarrollar estrategias y acciones destinadas a vincular y a articular las áreas de educación técnico-profesional con los sectores del trabajo y la producción, a escala local, regional e interregional.
  - Diseñar y ejecutar un plan de asistencia técnica a las jurisdicciones en los aspectos institucionales, pedagógicos, organizativos y de gestión, relativos a la educación técnico-profesional, en el marco de los acuerdos y resoluciones establecidos por el Consejo Federal de Cultura y Educación.
  - Diseñar y desarrollar un plan anual de capacitación, con modalidades presenciales, semipresenciales y a distancia, con sede en el Centro Nacional de Educación Tecnológica, y con nodos en los Centros Regionales de Educación Tecnológica y las Unidades de Cultura Tecnológica.
  - Coordinar y promover programas de asistencia económica e incentivos fiscales destinados a la actualización y el desarrollo de la educación técnico-profesional; en particular, ejecutar las acciones relativas a la adjudicación y el control de la asignación del Crédito Fiscal –Ley N° 22.317–.
  - Desarrollar mecanismos de cooperación internacional y acciones relativas a diferentes procesos de integración educativa; en particular, los relacionados con los países del MERCOSUR, en lo referente a la educación técnico-profesional.
- Estas metas se despliegan en distintos programas y líneas de acción de responsabilidad de nuestra institución, para el periodo 2003-2007:

**Programa 1.** Formación técnica, media y superior no universitaria:

- 1.1. Homologación y validez nacional de títulos.
- 1.2. Registro nacional de instituciones de formación técnica.
- 1.3. Espacios de concertación.
- 1.4. Perfiles profesionales y ofertas formativas.
- 1.5. Fortalecimiento de la gestión institucional; equipamiento de talleres y laboratorios.
- 1.6. Prácticas productivas profesionalizantes: Aprender emprendiendo.

**Programa 2.** Crédito fiscal:

- 2.1. Difusión y asistencia técnica.
- 2.2. Aplicación del régimen.
- 2.3. Evaluación y auditoría.

**Programa 3.** Formación profesional para el desarrollo local:

- 3.1. Articulación con las provincias.
- 3.2. Diseño curricular e institucional.
- 3.3. Información, evaluación y certificación.

**Programa 4.** Educación para el trabajo y la integración social.

**Programa 5.** Mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia:

- 5.1. Formación continua.
- 5.2. Desarrollo de recursos didácticos.

**Programa 6.** Desarrollo de sistemas de información y comunicaciones:

- 6.1. Desarrollo de sistemas y redes.
- 6.2. Interactividad de centros.

**Programa 7.** Secretaría ejecutiva del Consejo Nacional de Educación Trabajo –CoNE-T–.

**Programa 8.** Cooperación internacional.

Los materiales de capacitación que, en esta ocasión, estamos acercando a la comunidad educativa a través de la serie “Recursos didácticos”, se enmarcan en el Programa 5 del INET, focalizado en el mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia, uno de cuyos propósitos es el de:

- Desarrollar materiales de capacitación destinados, por una parte, a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos; y, por otra, a la integración de los recursos didácticos generados a través de ellos, en las aulas y talleres, como equipamiento de apoyo para los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el área técnica.

Estos materiales didácticos han sido elaborados por especialistas del Centro Nacional de Educación Tecnológica del INET y por especialistas convocados a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD– desde su línea “Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos”, a quienes esta Dirección expresa su profundo reconocimiento por la tarea encarada.

**María Rosa Almandoz**

Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.  
Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología

---

# LAS ACCIONES DEL CENTRO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

---

Desde el Centro Nacional de Educación Tecnológica –CeNET– encaramos el diseño, el desarrollo y la implementación de proyectos innovadores para la enseñanza y el aprendizaje en educación técnico-profesional.

El CeNET, así:

- Es un ámbito de desarrollo y evaluación de metodología didáctica, y de actualización de contenidos de la tecnología y de sus sustentos científicos.
- Capacita en el uso de tecnología a docentes, profesionales, técnicos, estudiantes y otras personas de la comunidad.
- Brinda asistencia técnica a autoridades educativas jurisdiccionales y a educadores.
- Articula recursos asociativos, integrando a los actores sociales involucrados con la Educación Tecnológica.

Desde el CeNET venimos trabajando en distintas líneas de acción que convergen en el objetivo de reunir a profesores, a especialistas en Educación Tecnológica y a representantes de la industria y de la empresa, en acciones compartidas que permitan que la educación técnico-profesional se desarrolle en la escuela de un modo sistemático, enriquecedor, profundo... auténticamente formativo, tanto para los alumnos como para los docentes.

Una de nuestras líneas de acción es la de diseñar y llevar adelante un sistema de capaci-

tación continua para profesores de educación técnico-profesional, implementando trayectos de actualización. En el CeNET contamos con quince unidades de gestión de aprendizaje en las que se desarrollan cursos, talleres, pasantías, conferencias, encuentros, destinados a cada educador que desee integrarse en ellos presencialmente o a distancia.

Otra de nuestras líneas de trabajo asume la responsabilidad de generar y participar en redes que vinculan al Centro con organismos e instituciones educativos ocupados en la educación técnico-profesional, y con organismos, instituciones y empresas dedicados a la tecnología en general. Entre estas redes, se encuentra la Red Huitral, que conecta a CeNET con los Centros Regionales de Educación Tecnológica –CeRET– y con las Unidades de Cultura Tecnológica –UCT– instalados en todo el país.

También nos ocupa la tarea de producir materiales de capacitación docente. Desde CeNET hemos desarrollado distintas series de publicaciones –todas ellas disponibles en el espacio web [www.inet.edu.ar](http://www.inet.edu.ar)–:

- *Educación Tecnológica*, que abarca materiales que posibilitan una definición curricular del área de la Tecnología en el ámbito escolar y que incluye marcos teóricos generales, de referencia, acerca del área en su conjunto y de sus contenidos, enfoques, procedimientos y estrategias didácticas más generales.

- *Desarrollo de contenidos*, nuestra segunda serie de publicaciones, que nuclea fascículos de capacitación en los que se profundiza en los campos de problemas y de contenidos de las distintas áreas del conocimiento tecnológico, y que recopila, también, experiencias de capacitación docente desarrolladas en cada una de estas áreas.
- *Educación con tecnologías*, que propicia el uso de tecnologías de la información y de la comunicación como recursos didácticos, en las clases de todas las áreas y espacios curriculares.
- *Educadores en Tecnología*, serie de publicaciones que focaliza el análisis y las propuestas en uno de los constituyentes del proceso didáctico: el profesional que enseña Tecnología, ahondando en los rasgos de su formación, de sus prácticas, de sus procesos de capacitación, de su vinculación con los lineamientos curriculares y con las políticas educativas, de interactividad con sus alumnos, y con sus propios saberes y modos de hacer.
- *Documentos de la escuela técnica*, que difunde los marcos normativos y curriculares que desde el CONET –Consejo Nacional de Educación Técnica– delinearón la educación técnica de nuestro país, entre 1959 y 1995.
- *Ciencias para la Educación Tecnológica*, que presenta contenidos científicos asociados con los distintos campos de la tecnología, los que aportan marcos conceptuales que permiten explicar y fundamentar los problemas de nuestra área.
- *Recursos didácticos*, que presenta contenidos tecnológicos y científicos,

estrategias –curriculares, didácticas y referidas a procedimientos de construcción– que permiten al profesor de la educación técnico-profesional desarrollar, con sus alumnos, un equipamiento específico para integrar en sus clases.

Desde esta última serie de materiales de capacitación, nos proponemos brindar herramientas que permitan a los docentes no sólo integrar y transferir sus saberes y capacidades, sino también, y fundamentalmente, acompañarlos en su búsqueda de soluciones creativas e innovadoras a las problemáticas con las que puedan enfrentarse en el proceso de enseñanza en el área técnica.

En todos los casos, se trata de propuestas de enseñanza basadas en la resolución de problemas, que integran ciencias básicas y tecnología, y que incluyen recursos didácticos apropiados para la educación técnico-profesional.

Los espacios de problemas tecnológicos, las consignas de trabajo, las estrategias de enseñanza, los contenidos involucrados y, finalmente, los recursos didácticos están planteados en la serie de publicaciones que aquí presentamos, como un testimonio de realidad que da cuenta de la potencialidad educativa del modelo de problematización en el campo de la enseñanza y del aprendizaje de la tecnología, que esperamos que resulte de utilidad para los profesores de la educación técnico-profesional de nuestro país.

**Juan Manuel Kirschenbaum**

Director Nacional del Centro Nacional de Educación Tecnológica.  
Instituto Nacional de Educación Tecnológica

# LA SERIE “RECURSOS DIDÁCTICOS”

Desde esta serie de publicaciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica, nos proponemos:

- Poner a consideración de los educadores un equipamiento didáctico a integrar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje del área técnica que coordinan.
- Contribuir a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos.

Inicialmente, hemos previsto el desarrollo de veinte publicaciones con las que intentamos abarcar diferentes contenidos de este campo curricular vastísimo que es el de la educación técnico-profesional.

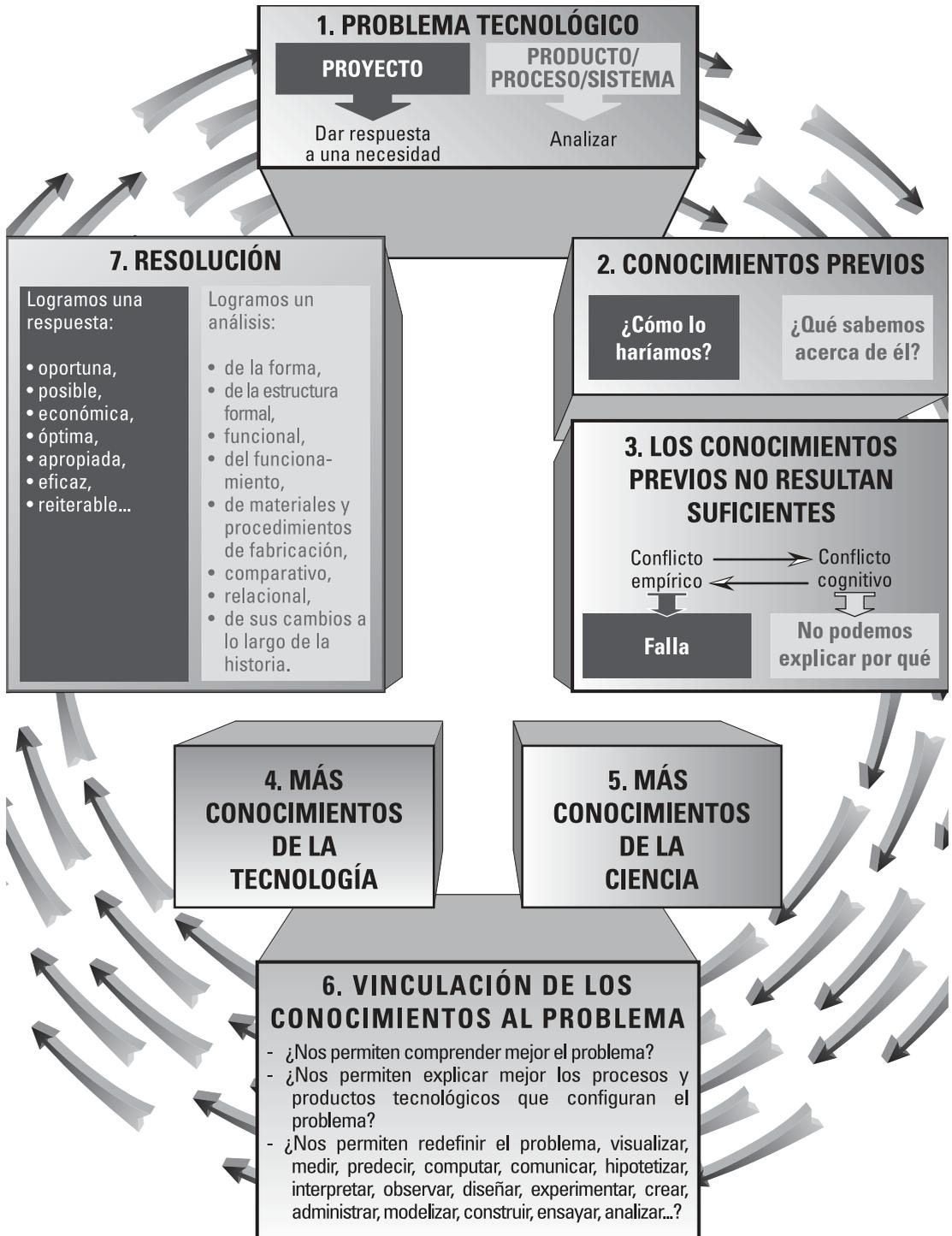
En cada una de estas publicaciones es posible reconocer una estructura didáctica común:

- 1 Problemas tecnológicos en el aula.** En esta primera parte del material se describen situaciones de enseñanza y de aprendizaje del campo de la educación técnico-profesional centradas en la resolución de problemas tecnológicos, y se presenta una propuesta de equipamiento didáctico, pertinente como recurso para resolver esas situaciones tecnológicas y didácticas planteadas.
- 2 Encuadre teórico para los problemas.** En vinculación con los problemas didácticos y tecnológicos que constituyen el punto de partida, se presentan conceptos

tecnológicos y conceptos científicos asociados.

- 3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo.** Aquí se describe el equipo terminado y se muestra su esquema de funcionamiento; se presentan todas sus partes, y los materiales, herramientas e instrumentos necesarios para su desarrollo; asimismo, se pauta el “paso a paso” de su construcción, armado, ensayo y control.
- 4 El equipo en el aula.** En esta parte del material escrito, se retoman las situaciones problemáticas iniciales, aportando sugerencias para la inclusión del recurso didáctico construido en las tareas que docente y alumnos concretan en el aula.
- 5 La puesta en práctica.** Este tramo de la publicación plantea la evaluación del material didáctico y de la experiencia de puesta en práctica de las estrategias didácticas sugeridas. Implica una retroalimentación –de resolución voluntaria– de los profesores destinatarios hacia el Centro Nacional de Educación Tecnológica, así como el punto de partida para el diseño de nuevos equipos.

Esta secuencia de cuestiones y de momentos didácticos no es azarosa. Intenta replicar –en una producción escrita– las mismas instancias de trabajo que los profesores de Tecnología ponemos en práctica en nuestras clases:



Es a través de este circuito de trabajo (problema-respuestas iniciales-inclusión teórica-respuestas más eficaces) como enseñamos y como aprenden nuestros alumnos en el área:

- La tarea comienza cuando el profesor presenta a sus alumnos una **situación codificada en la que es posible reconocer un problema tecnológico**; para configurar y resolver este problema, es necesario que el grupo ponga en marcha un proyecto tecnológico, y que encare análisis de productos o de procesos desarrollados por distintos grupos sociales para resolver algún problema análogo. Indudablemente, no se trata de cualquier problema sino de uno que ocasiona obstáculos cognitivos a los alumnos respecto de un aspecto del mundo artificial que el profesor –en su marco curricular de decisiones– ha definido como relevante.
- El proceso de enseñanza y de aprendizaje comienza con el planteamiento de esa situación tecnológica seleccionada por el profesor y con la construcción del espacio-problema por parte de los alumnos, y continúa con la búsqueda de **respuestas**.
- Esta detección y construcción de respuestas no se sustenta sólo en los conocimientos que el grupo dispone sino en la **integración de nuevos contenidos**.
- El enriquecimiento de los modos de “ver” y de encarar la resolución de un problema tecnológico –por la adquisición de nuevos conceptos y de nuevas formas técnicas de intervención en la situación

desencadenante– suele estar **distribuida materialmente** –en equipamiento, en materiales, en herramientas–.

No es lo mismo contar con este equipamiento que prescindir de él.

Por esto, lo que intentamos desde nuestra serie de publicaciones es acercar al profesor distintos recursos didácticos que ayuden a sus alumnos en esta tarea de problematización y de intervención –sustentada teórica y técnicamente– en el mundo tecnológico.

Caracterizamos como **recurso didáctico** a todo material o componente informático seleccionado por un educador, quien ha evaluado en aquél posibilidades ciertas para actuar como mediador entre un problema de la realidad, un contenido a enseñar y un grupo de alumnos, facilitando procesos de comprensión, análisis, profundización, integración, síntesis, transferencia, producción o evaluación.

Al seleccionar los recursos didácticos que forman parte de nuestra serie de publicaciones, hemos considerado, en primer término, su potencialidad para posibilitar, a los alumnos de la educación técnico-profesional, configurar y resolver distintos problemas tecnológicos.

Y, en segundo término, nos preocupó que cumplieran con determinados rasgos que les permitieran constituirse en medios eficaces del conocimiento y en buenos estructurantes cognitivos, al ser incluidos en un aula por un profesor que los ha evaluado como perti-

entes. Las cualidades que consideramos fundamentales en cada equipo que promovemos desde nuestra serie de publicaciones "Recursos didácticos", son:

- Modularidad (puede adaptarse a diversos usos).
- Resistencia (puede ser utilizado por los alumnos, sin peligro de romperse con facilidad).
- Seguridad y durabilidad (integrado por materiales no tóxicos ni peligrosos, y durables).
- Adaptabilidad (puede ser utilizado en el taller, aula o laboratorio).
- Acoplabilidad (puede ser unido o combinado con otros recursos didácticos).
- Compatibilidad (todos los componentes, bloques y sistemas permiten ser integrados entre sí).
- Facilidad de armado y desarmado (posibilita pruebas, correcciones e incorporación de nuevas funciones).
- Pertinencia (los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional).
- Fiabilidad (se pueden realizar las tareas preestablecidas, de la manera esperada).
- Coherencia (en todos los componentes, bloques funcionales o sistemas se siguen las mismas normas y criterios para el armado y utilización).
- Escalabilidad (es posible utilizarlo en proyectos de diferente nivel de com-

plejidad).

- Reutilización (los diversos componentes, bloques o sistemas pueden ser desmontados para volver al estado original).
- Incrementabilidad (posibilidad de ir agregando piezas o completando el equipo en forma progresiva).

*Haydeé Noceti*

Coordinadora de la acción "Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos".  
Centro Nacional de Educación Tecnológica





# 1. Invernadero automatizado

Este material de capacitación fue desarrollado por:

Carlos Colombini,  
Ernesto Forgan,  
Manuel González,  
Susana Ibáñez,  
Enrique Martín,  
Graciela Pellegrino,  
Pablo Pilotto,

coordinadores de acciones de capacitación del Centro Nacional de Educación Tecnológica, con la colaboración de Federico Sar.

**Coordinación general:**  
Haydeé Noceti

**Diseño didáctico:**  
Ana Rúa

**Administración:**  
Adriana Perrone

**Monitoreo y evaluación:**  
Laura Irurzun

**Diseño gráfico:**  
Tomás Ahumada  
Karina Lacava  
Alejandro Carlos Mertel

**Diseño de tapa:**  
Laura Lopresti  
Juan Manuel Kirschenbaum

**Diseño de CD:**  
Sergio Iglesias  
Pablo Pilotto

Con la colaboración  
del equipo de profesionales  
del Centro Nacional  
de Educación Tecnológica



## Índice

Las metas, los programas y las líneas de acción del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.....	VIII
Las acciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica.....	X
La serie “Recursos didácticos”.....	XII

<b>1 Problemas tecnológicos en el aula</b> .....	4
• El recurso didáctico que proponemos	
<b>2 Encuadre teórico para los problemas</b> .....	9
• ¿Qué es un invernadero?	
• Tipos de cultivos	
• Diseño del invernadero	
• Automatismos involucrados	
<b>3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo</b> .....	34
• El producto	
• Los componentes	
• Los materiales, herramientas e instrumentos	
• La construcción	
• El armado	
• El ensayo y el control	
• La superación de dificultades	
<b>4 El equipo en el aula</b> .....	64
• Producción del cultivo de lechuga para épocas otoñales y primaverales, en un ambiente al aire libre y en otro bajo cubierta	
• Otras propuestas de actividades	
<b>5 La puesta en práctica</b> .....	80

### Anexo

- CD Especificaciones para la construcción del equipo

# 1. PROBLEMAS TECNOLÓGICOS EN EL AULA

*Lo invitamos a considerar estas situaciones. En ellas podrá usted reconocer algunos problemas tecnológicos y didácticos que se presentan en el proceso de enseñar y de aprender en la educación técnico-profesional.*

## Construyendo un microclima

Profesores de una escuela agrotécnica (con Educación Polimodal, Trayecto Técnico-Profesional en *Producción agropecuaria*, Trayecto Técnico-Profesional en *Equipos e instalaciones electromecánicas*) se proponen abordar con sus alumnos problemas y contenidos referidos a cultivos protegidos. Resulta importante para ellos contar con un recurso didáctico que permita a sus alumnos modelizar el desarrollo y la explotación de especies vegetales cultivadas de este modo.

La necesidad está planteada y consiste en integrar a sus clases un modelo eficaz para que sus alumnos experimenten y observen los cambios en las condiciones de cultivo protegido que se desea ensayar, y para que simulen situaciones climáticas diversas a partir del control de variables, en función de las especies que están estudiando.

Una vez establecidos los márgenes de variación aceptables para estas condiciones de cultivo, entre los requisitos que se plantean está que el dispositivo se maneje en

forma automática.

La tarea se organiza, inicialmente, en dos grandes grupos de docentes y alumnos los que, a su vez, subdividen sus actividades de acuerdo con el nivel, la profundidad de los contenidos a abordar y el interés demostrado por los integrantes.

Los profesores de Ciencias Naturales del Polimodal y del área de Producción Vegetal del TTP se abocan a la tarea de analizar con sus alumnos aquellos cultivos con los que van a trabajar en el microclima automatizado, en determinar cuáles son las variables intervinientes a considerar en el proceso, así como el rango aceptable de variación de estas variables para lograr que los cultivos resulten productivos.

El segundo grupo, compuesto por profesores y alumnos del área de Tecnología del Polimodal y de *Equipos e instalaciones electromecánicas*, tiene a su cargo, inicialmente, la búsqueda de información acerca de la infraestructura utilizada para la producción

de cultivos protegidos y el análisis de aquellos dispositivos que ya están funcionando en la zona. Luego, contando con los datos aportados por el otro grupo, iniciarán la etapa de diseño del modelo, para la cual tienen en cuenta la selección y utilización de los materiales, procesos, herramientas, procedimientos y técnicas constructivas más apropiados.

¿Cómo pueden concretar este microclima artificial y automático para que resulte un buen recurso didáctico?

## En otra escuela...

Los alumnos de Tecnología están detectando situaciones que implican mecanismos de regulación y de control.

Ya han analizado productos tecnológicos de uso cotidiano y, ahora, se dedican a precisar los componentes de su proyecto tecnológico; para esto, se han dividido en grupos y, en este momento, están inmersos en dos consignas diferentes:

### FITOTERAPIA

**A** Una empresa desarrolla productos medicinales a partir de hierbas; su planta elaboradora está situada en la localidad de Aguas Turbias, a 1200 m sobre el nivel del mar. La empresa ha experimentado una demanda tal de producción, que sus empleados trabajan durante las veinticuatro horas del día.

Los productos elaborados necesitan tener una temperatura entre 20 y 25 °C, y una humedad relativa ambiente del 40%, para optimizar su rendimiento y mantener la calidad.

En Aguas Turbias, durante el día, la temperatura ambiente puede ascender hasta los 35 °C; pero, dada la altura a la que se encuentra el laboratorio y su cercanía al mar, casi siempre circula viento de aire fresco con una velocidad variable entre los 20 y los 30 km/h. De noche, la temperatura desciende bruscamente a los 5 ó 10 °C, según la época del año.

Dados los requerimientos de trabajo diurno y nocturno, se necesita automatizar la planta para mantener una temperatura constante y una iluminación adecuada, aprovechando al máximo las condiciones climáticas de la zona.



- Identifiquen no menos de dos alternativas para solucionar el problema.
- Opten por una de ellas y justifiquen la elección.
- Realicen un croquis del modelo de automatización.
- Construyan el sistema.
- Ensayen su funcionamiento.
- Desarrollen un informe técnico.

## SALÓN PARA USOS MÚLTIPLES

**B** Un grupo de microemprendedores ha decidido explotar un predio semiabandonado, propiedad de uno de sus integrantes, para convertirlo en un salón para usos múltiples. Según los estudios realizados, no existe ningún salón de este tipo en las cercanías, y la demanda de un lugar para eventos y reuniones va en aumento, dada la prosperidad y el crecimiento demográfico de la zona.

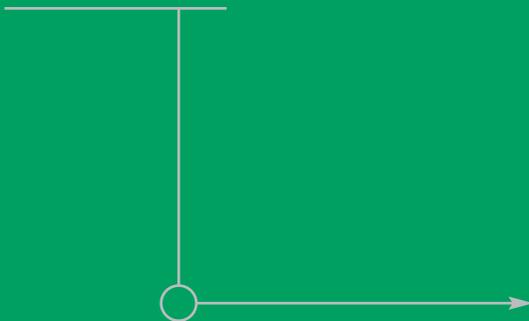
En este predio hay un gran galpón de 10 m x 15 m, cuyas paredes son de aluminio anodizado. El techo es de chapa con claraboyas de policarbonato –que brindan una espectacular vista de las estrellas– y de tipo parabólico, con una altura máxima central de 4 metros. Las ventanas laterales están realizadas en paneles de policarbonato transparente; son corredizas y, en la actualidad, se hace necesario contar con una escalera para poder abrirlas.

El piso es de cerámica y, aparentemente, está en buenas condiciones.

La idea del equipo es aprovechar este salón para reuniones de 50 a 200 personas.

Pero, uno de los inconvenientes que se les plantea a los microemprendedores es que, cuando la cantidad de personas sea muy grande, va a necesitar mantenerse el lugar ventilado y resultará complicado –en medio de la reunión– desplegar las escaleras para la apertura de las ventanas.

Para que el proceso resulte más sencillo, tienen que implementar un dispositivo automático que posibilite la apertura y el cierre de las ventanas, a distancia. Además, si la fiesta se realiza en invierno, tendrán que proveer de calefacción al salón.



- Precisen el problema.
- Diseñen una respuesta que ayude a los emprendedores a resolver el problema.
- Planteen el proyecto constructivo.
- Construyan el o los dispositivos automáticos.
- Ensáyenlo y vuelquen los datos en un informe.

## El recurso didáctico que proponemos

Existen factores comunes entre estas situaciones:

- profesores que necesitan un recurso didáctico eficaz para que sus alumnos aprendan acerca de la automatización de los cultivos protegidos,
- empresa de fitoterapia cuya producción vegetal demanda condiciones estables,
- microemprendedores que proyectan un ambiente siempre confortable para su salón.

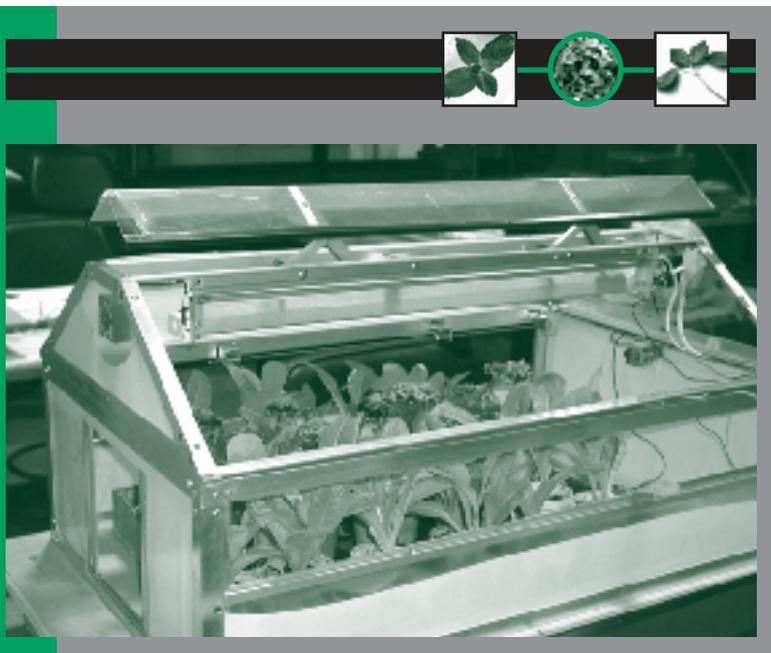
En cada una de ellas se requiere mantener determinadas variables –temperatura, humedad, iluminación y ventilación– dentro de parámetros preestablecidos.

En cada situación en particular existen, además, otros factores que influyen en la solución tecnológica a desarrollar:

- *Construyendo un microclima* requiere tener en cuenta, entre otros, el riego de las especies que se desea cultivar;
- *Fitoterapia*, la orientación y velocidad del viento;
- *Salón para usos múltiples* exige considerar la contaminación ambiental, un riesgo cierto si no se procede a una adecuada aireación del ambiente.

En cada caso, resultaría oportuno contar con un recurso didáctico que permitiera manejar y controlar las variables, adecuándolas a cada demanda en particular.

Nuestra propuesta es la de construir un microclima o bioclima artificial controlado automáticamente; es decir, un espacio en el cual ciertas características climáticas puedan mantenerse dentro de parámetros preestablecidos.



El recurso didáctico que vamos a proponer, cumple exactamente con los requerimientos planteados en la situación problemática *Construyendo un microclima*; y, con pocas modificaciones, puede perfectamente adaptarse a las demás –y a las que usted presente a sus alumnos–.

Definir qué problemas tecnológicos –relevantes para sus alumnos y ajustados al área curricular que usted enseña– puede ayudar a modelizar el **Invernadero automatizado** que lo invitamos a desarrollar, puede llegar a convertirse en una situación problemática en sí misma.

El recurso didáctico que proponemos es un espacio en el que podemos observar el comportamiento de especies vegetales, y controlar los factores que influyen en él: un invernadero automatizado.

En la vida real, las variables a controlar que tomamos en consideración tardan un tiempo relativamente largo en modificarse –comparándolo con la duración de una actividad escolar–. Por esta razón, hemos incorporado la posibilidad de que el dispositivo **Invernadero automatizado** responda simulando externamente estos cambios, sin perjuicio de manifestarse de la misma forma ante variaciones reales de dichos parámetros.

¿Hubiera resultado conveniente desarrollar este invernadero de tamaño real? En algunas escuelas puede no haber espacio disponible para tal emprendimiento; y, entonces, su uso implicaría a profesor y alumnos trasladarse hasta el lugar de su emplazamiento, con las consecuentes complicaciones, sobre todo si

el espacio elegido para la ubicación del invernadero real se encuentra alejado; por otra parte, el costo de este recurso didáctico podría ser demasiado elevado. Por esto, nos decidimos por la opción de modelizar un invernadero factible de ser ubicado en la mesa de un aula convencional, aún cuando estas dimensiones limitan el tamaño y la cantidad de las especies a cultivar (El modelo de invernadero propuesto no está realizado a escala, por las razones que trataremos más adelante, en la tercera parte de este módulo).

Ahora bien, nuestro problema consiste en recrear, a través de este recurso didáctico, las distintas condiciones de un cultivo protegido, jugando con las variables indispensables para el desarrollo del cultivo y modificándolas según las distintas necesidades.

El sistema **cultivo protegido** es aquél que se produce en un microclima diferente del aire libre, con el objetivo de maximizar la productividad y la calidad, y de disminuir los riesgos climáticos.

El recurso didáctico que proponemos, modeliza un invernadero equipado con medios de control que nos permiten incidir sobre situaciones climáticas que puedan presentarse en el desarrollo de un cultivo protegido.

Un **invernadero** es un ámbito cerrado, cubierto por materiales transparentes, dentro del cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima y, con ello, cultivar plantas fuera de estación, en condiciones óptimas.

## 2. ENCUADRE TEÓRICO PARA LOS PROBLEMAS

### ¿Qué es un invernadero?

Un invernadero es un espacio con el microclima apropiado para el óptimo desarrollo de una plantación específica. Partiendo de un estudio técnico de ambientación climática, es necesario obtener en él, la temperatura, la humedad relativa y la ventilación apropiadas para alcanzar alta productividad a bajo costo, en menos tiempo, sin daño ambiental, protegiendo al cultivo de lluvias, granizo, heladas, insectos o excesos de viento perjudiciales.

Un **microclima** es un entorno o ámbito reducido que tiene diferentes condiciones ambientales a las encontradas en la misma área. Por ejemplo, un microclima puede existir cerca de una enorme piedra; porque, al calentarse con la luz solar, la piedra emite calor y, consecuentemente, la temperatura a su alrededor es más alta que la del área localizada a distancia; la piedra, así, define el contorno de un microclima. De igual forma, la sombra producida por un árbol puede considerarse como microclima, porque la temperatura debajo de un árbol es diferente a la del área en donde éste no provee sombra. También podemos encontrar construcciones hechas por el hombre en las cuales se crean microclimas artificiales –una heladera, un horno, una pecera, un invernadero–. Un microclima puede estar tipificado, también, por elementos topográficos, acción del calor, temperatura media anual, humedad, lluvias y vientos, altura sobre el nivel del mar, hidrografía, naturaleza del suelo, potencial electromagnético, espacio atmosférico...

### Las ventajas del empleo de invernaderos son:

- Producción fuera de época.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.
- Aumento de la calidad y del rendimiento.
- Precocidad en los frutos.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejora del control de insectos y enfermedades.

### La elección de un tipo de invernadero se concreta en función de una serie de factores:

- Tipo de suelo: Se eligen suelos con buen drenaje y alta calidad –aunque, con los sistemas modernos de fertirriego, es posible utilizar suelos pobres con buen drenaje o con sustratos artificiales–.
- Topografía: Son preferibles aquellos lugares con poca pendiente.
- Vientos: Es importante la dirección, la intensidad y la velocidad de los vientos dominantes.
- Exigencias bioclimáticas de la especie en cultivo.
- Características climáticas de la zona o del área geográfica donde va a construirse.
- Disponibilidad de mano de obra (factor humano).
- Imperativos económicos locales (mercado y comercialización).

Los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas, según se atienda a determinadas características de sus elementos constructivos:

- según su perfil externo,
- según su fijación o movilidad,
- según el material de cubierta,
- según el material de la estructura, etc.

Vamos a detenernos en tres grupos de decisiones que es necesario tomar para el desarrollo de un invernadero:



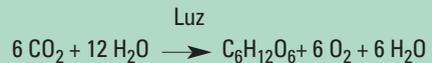
# 1. Tipos de cultivo

Cuando una planta no resulta productiva es porque ha tenido problemas de exceso o falta de humedad, de exceso o falta de temperatura, de exceso o falta de ventilación, de exceso o falta de luminosidad; es decir, porque ha tenido problemas derivados de la humedad, la temperatura, la iluminación, dados en forma independiente o bien por combinación de dos o más de ellos

Si consideramos que las plantas son seres vivos, no podemos dejar a la improvisación un aspecto tan clave como su microclima. Si en el espacio cerrado no creamos un microclima favorable al desarrollo de las plantas, la productividad va a reducirse.

Cada planta tiene un rango de temperaturas y de humedad relativa dentro del cual producen eficientemente; por debajo o por encima de este rango, las plantas se estresan y su productividad declina. Existen, también, niveles de tolerancia a partir de los cuales se detiene el proceso fotosintético.

La **fotosíntesis** es un proceso biológico. Durante la reacción, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es absorbido por las hojas y, junto con el agua (H<sub>2</sub>O) que es absorbida por las raíces, en presencia de luz, se produce glucosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>), que es emitido al aire.



La glucosa es un azúcar, base de los alimentos para las plantas mismas y para los herbívoros.

La expresión **humedad relativa del aire** se refiere al porcentaje de vapor de agua contenido en el aire. En vista de que su fuente normal está localizada en la superficie de la Tierra, el vapor de agua de la atmósfera está, casi siempre, fuertemente concentrado en las capas bajas de la troposfera; y, normalmente, alrededor del 50% del contenido total se encuentra por debajo de los 2000 metros. La humedad relativa es una medida del contenido de humedad del aire y, de esta forma, es útil como indicador de evaporación, transpiración y probabilidad de lluvia convectiva. No obstante, los valores de humedad relativa tienen la desventaja de que dependen fuertemente de la temperatura y de la presión de cada momento; entonces, en las zonas tropicales continentales, en donde las variaciones de la temperatura que se dan entre la mañana y la noche son generalmente grandes, la humedad relativa cambia considerablemente en el curso del día.

En general, el rango de **temperaturas** que permite obtener una óptima productividad se encuentra entre los 12 °C y los 32 °C de temperatura ambiente. Ahora bien, por debajo de los 10 °C, las plantas suelen detener sus procesos para entrar en un período de latencia o hibernación, proceso que se revierte cuando la temperatura ambiente vuelve a ser estable por encima de los 12 °C, lo que les permite continuar con su crecimiento.

En el otro extremo del rango también podemos tener inconvenientes; por encima de los 35 °C de temperatura, las plantas reducen su actividad para evitar la deshidratación producida por el excesivo calor.

Existe un rango de temperaturas óptimas diferenciado para la germinación de las semillas y para la vida de las plantas:

- Para la **germinación**, las temperaturas oscilan, generalmente, entre los 28 °C y los 32 °C.
- Para el normal **crecimiento** de las plantas, entre los 22 °C y los 28 °C.

Esto nos lleva a entender que:

En función del clima y de la estación del año, por un lado, y de la duración del ciclo, las necesidades de temperatura y radiación, y el órgano a obtener de las distintas especies hortícolas, por el otro, se hace necesario decidir los momentos óptimos en los cuales iniciar la producción de una determinada especie y poder controlar (o escapar de) los fenómenos climáticos que pueden afectarla.

Las especies hortícolas pueden clasificarse en función al rango de temperaturas medias óptimas de producción *–termoperiodo–*. Así, tenemos dos grupos bien diferenciados de hortalizas:

- aquéllas cuyo rango es amplio y que operan en dos extremos, con temperaturas que oscilan entre 13 °C y 24 °C, por un lado (cultivos de hoja, de raíz, inflorescencias y legumbres), y con temperaturas entre 20 °C y 30 °C, por el otro (batata y frutos carnosos);
- aquéllas cuyo rango es específico; es el caso de los bulbos *–que requieren temperaturas entre 15 °C y 20 °C–* y de los frutos jugosos (bayas, cucurbitáceas, maíz dulce), cuyo rango se encuentra entre 20 °C y 25 °C.

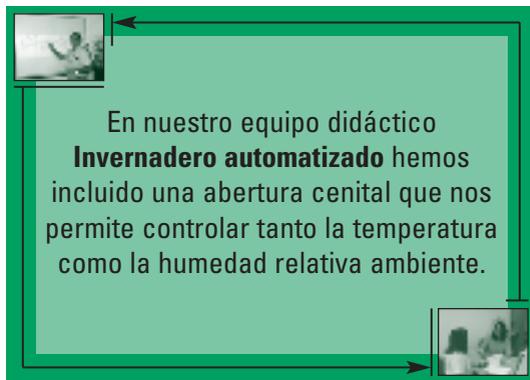
Considerando estos datos, podemos generar información adicional, ya que a través del análisis del termoperíodo es posible dividir las especies hortícolas según su respuesta a las heladas: Aquéllas cuyo rango se encuentra por encima de los 20 °C se deben considerar sensibles, ya que sus órganos pueden sufrir congelamientos temporarios y posterior pérdida por abortos, deshidratación o putrefacción (flores y frutos), en cualquier estadio de la etapa reproductiva por la cual transcurren para completar su ciclo.

Estos factores clave no siempre son tenidos en cuenta por quienes diseñan y construyen sus invernaderos.

Encontramos construcciones que, por errores de diseño, tienen altísimos niveles de **humedad relativa** que contribuyen al desarrollo de plagas y enfermedades, lo cual induce a aplicar agroquímicos, decisión que eleva los costos de operación y que reduce la calidad de los frutos. Adicionalmente, el exceso de humedad bloquea la polinización y ocasiona la pérdida de gran parte de la cosecha debido a que, por esta razón, las flores no se transforman en frutos o se producen malformaciones.

Otros aspectos, importantísimos en un invernadero, que son ignorados debido a la improvisación, están relacionados con la **ventilación**. En un invernadero de ambientación climática natural, el único motor que cumple la función de regulador de temperaturas y humedad relativa es el viento. Éste, a la vez que desempeña una función vital en la polinización, expulsa los excedentes de humedad y reduce los excesos de temperatura. Esto explica que, en el diseño

de un invernadero, tienen que considerarse la altura y las dimensiones de las aperturas cenitales, para que exista el volumen de aire requerido y para que se produzca la renovación necesaria.



La apertura cenital posibilita la ventilación del invernadero, dejando escapar en forma lenta y controlada los excesos que se generan en su interior, sin necesidad de abrir las ventanas, lo cual requiere, por un lado, mayor esfuerzo debido a su tamaño y, por el otro, buenas condiciones climáticas o fenómenos adversos leves –su apertura se evita en momentos de vientos y lluvias de elevada intensidad–.

Cuando existe exceso de humedad, el vapor de agua asciende hasta la cumbre y, al encontrar una salida al exterior, sigue su camino. Si la apertura está cerrada o no existe, el vapor puede llegar a condensarse y a formar gotas de agua sobre la pared interior del techo, concentrando la humedad, y favoreciendo la formación de hongos y de gotas de tamaño mayor –que generan un efecto lupa sobre las plantas, debido a la concentración de los rayos solares que pasan a través de ellas, perjudicando el efecto positivo que ocasionan los plásticos al difundir la radiación solar que los atraviesa–.

1.- La cantidad de calor "Q" que se necesita para modificar la temperatura de un cuerpo es directamente proporcional a la masa "m" de la sustancia y al cambio de la temperatura " $\Delta T$ "

Es decir:

$$Q \approx m \cdot \Delta T$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$\Delta T = T_f - T_i$  - diferencia entre la temperatura inicial " $T_i$ " y la temperatura final " $T_f$ "

"c" - constante de proporcionalidad recibe el nombre de **capacidad calorífica específica** o **calor específico**

Podemos definir el **calor específico** como la cantidad de energía requerida para elevar 1 °C la temperatura de 1 kg de una sustancia.

Entonces,

$$c = Q / m \cdot \Delta T \quad \text{y} \quad [c] = [Q] / [m] \cdot [\Delta T]$$

Por ello, las unidades de calor específico son:

$$[c] = \text{J} / \text{kg} \cdot \text{K} \quad \text{o} \quad [c] = \text{kcal} / \text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

2.- El calor específico es característico de cada sustancia. Da una indicación de su configuración y de la sustancia molecular interna.

Ejemplo:

- Calor específico del aluminio es 920 J/kg .°C ó 0,22 kcal/kg-°C
- Calor específico del plomo es 130 J/kg .°C ó 0.31 kcal/kg-°C
- Calor específico del mercurio es 149 J/kg .°C ó 0,0033 kcal/kg-°C
- Calor específico del vidrio es de 840 J/kg .°C ó 0,20 kcal/kg-°C

Si bien en el SI (Sistema Internacional) para el calor específico se expresa la unidad de temperatura en grados Kelvin, el uso de grados Celsius es aceptado.

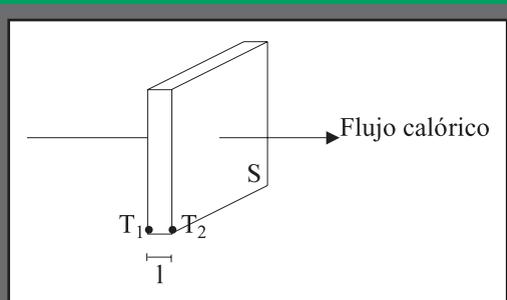
La **transmisión de calor** (transferencia de energía) entre cuerpos, sustancias, etc. sucede cuando éstos tienen diferente temperatura.

Existen tres formas de transmisión de calor:

- conducción,
- convección, y
- radiación.

La **conducción** de calor se produce cuando las distintas partes de un cuerpo se encuentran a distinta temperatura, provocándose un flujo calórico desde el punto de mayor hacia el de menor temperatura. Cuando en un extremo de un sólido aumenta la temperatura –de modo que existe una diferencia de temperatura entre los extremos del material–, el calor se transmite hacia el lado que está más frío, por conducción.

El fenómeno de conducción se explica del siguiente modo: El aumento de temperatura provoca un aumento en la energía cinética de las moléculas; así, aumentan los choques entre moléculas; a su vez, estos choques se realizan con moléculas que están a menor temperatura y que se mueven a menor velocidad, transmitiendo energía térmica a éstas. De este modo, el calor se va transmitiendo desde el extremo más caliente hacia el más frío.



**PLANCHA SÓLIDA QUE SE ENCUENTRA A DOS TEMPERATURAS:  $T_1 > T_2$**

El flujo calórico atraviesa la sección S del sólido desde el punto de mayor temperatura ( $T_1$ ) hacia el de menor ( $T_2$ ). La cantidad de calor que atraviesa la plancha es proporcional a la sección y a la diferencia de temperatura ( $T_1 - T_2$ ), e inversamente proporcional al espesor.

La cantidad de calor que traspasa la lámina, por tiempo, es:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{K \cdot S}{l} \cdot \Delta T$$

Donde:

$K$  es el coeficiente de conducción térmica  $\left[ \frac{J}{m \cdot s \cdot ^\circ C} \right]$ .

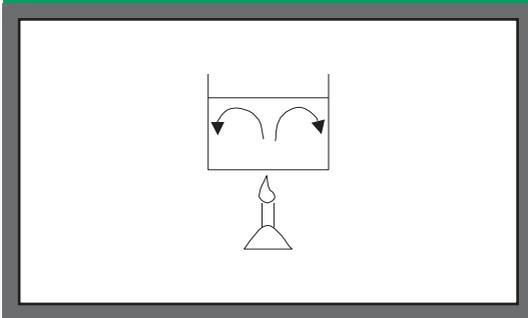
El valor de  $K = 0$ , significa que se trata de una sustancia aisladora perfecta.

El valor de  $K = \infty$ , significa que es una sustancia conductora perfecta.

Considerando la plancha de espesor " $l$ " y la diferencia de temperatura  $\Delta T = T_1 - T_2$ , se define  $\frac{\Delta T}{l}$  como cambio en la temperatura por unidad de longitud (gradiente térmico).

Como planteábamos, cuando existen diferencias de temperatura en un fluido o sustancia, se produce una transmisión de calor. Las diferencias de temperatura dan lugar a variaciones de la densidad de la sustancia. La densidad disminuye al aumentar la temperatura y, de este modo, las moléculas de la sustancia se trasladan hacia los sectores de menor densidad, generándose una corriente de **convección** en el recipiente o recinto donde se encuentra la sustancia.

Por ejemplo, si se coloca agua en un recipiente y se la calienta, se observa el movimiento del agua:



La fórmula para calcular la transmisión de calor entre una pared plana y una sustancia (gas o líquido) es:

$$Q = h \cdot S \cdot (T_2 - \theta)$$

Donde:

$Q$  es la corriente calórica por convección (calor que gana o pierde la superficie por unidad de tiempo).

$S$  es el área de la superficie.

$\Delta T$  es la diferencia de temperatura entre la masa de fluido y la superficie.

$h$  es el coeficiente de convección; el calor que se transmite en unidades prácticas entre la pared y el fluido, para una temperatura determinada.

$$h = \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{hora} \cdot ^\circ C} \right]$$

El coeficiente  $h$  es dependiente de cada caso en particular. Su obtención no es simple; pero, existen tablas en las que se puede encontrar  $h$  con gran precisión.

Si un cuerpo tiene mayor temperatura que el medio en el que se encuentra, ésta decrece con el transcurso del tiempo, lo que significa que el cuerpo está perdiendo energía. Si se aísla el cuerpo dejándolo en vacío (de este modo, se asegura que no se produce ni conducción ni convección), se observa que la temperatura también disminuye con el tiempo, es decir, que el cuerpo pierde energía. A la energía que emite un cuerpo se la denomina energía radiante.

La **radiación** es la emisión continua de energía desde la superficie de los cuerpos. Es una emisión de ondas electromagnéticas de distintas longitudes de onda  $\lambda$ , que se propagan a la velocidad de la luz y se transmiten tanto en el vacío como en el aire.

Cuando la energía radiante incide sobre la superficie de un cuerpo:

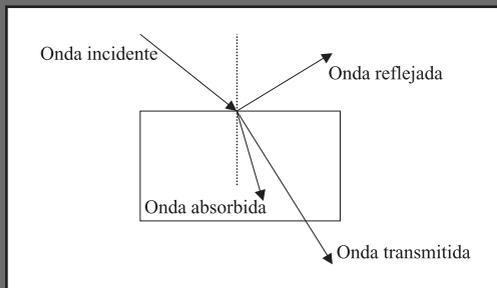
- Parte de ésta es transmitida o propagada por el cuerpo, con un determinado coeficiente de transmisión " $t$ ".
- Parte de la energía es reflejada por el cuerpo, con un determinado coeficiente de reflexión " $r$ ".
- Parte de la energía es absorbida por el cuerpo y transformada en energía térmica. El cuerpo posee un coeficiente de absorción " $\alpha$ ".

Se cumple que:

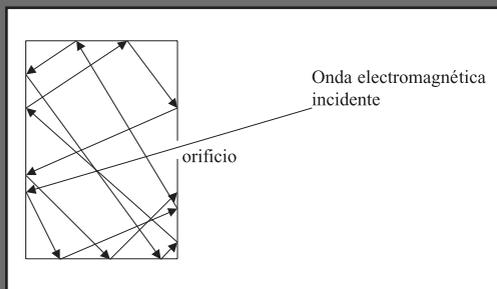
$$\alpha + r + t = 1$$

Para el caso de los cuerpos opacos  $t \equiv 0$ ; entonces,  $\alpha + r = 1$ .

Los gases presentan valores elevados de  $t$ .



Un cuerpo que absorbe toda la radiación ( $\alpha = 1$ ) se denomina cuerpo negro; está representado por una cavidad o caja con un orificio, por el cual ingresa una onda electromagnética, con la particularidad de que es absorbida completamente por el cuerpo (Éste constituye un modelo teórico, ya que ningún cuerpo puede absorber toda la energía con la cual es radiado).



La ley de Stefan Boltzmann dice que la cantidad de energía emitida por unidad de tiempo desde la superficie de un cuerpo, es proporcional a la temperatura del cuerpo a la cuarta potencia.

La ecuación que permite su cálculo es:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = e \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot A_{\text{area}}$$

Donde:

- $\sigma$  es una constante,  $\sigma = 5,76 \cdot 10^{-8} \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}^4}$
- $T$  es la temperatura de la superficie.
- $e$  es una magnitud denominada poder emisivo de la superficie; su valor está comprendido entre 0 y 1.

Cuando no es posible utilizar la abertura cenital por condiciones climáticas extremas –fuertes vientos, temporales de lluvia y vientos, etc.– o por resultar insuficiente la capacidad de dicha apertura para realizar las necesarias evacuaciones de temperatura o de humedad, se recurre a dispositivos electromecánicos (forzadores) que permiten insuflar o extraer los excesos detectados en el ambiente saturado.

Si las condiciones climáticas son normales, estas dos variables –temperatura y humedad relativa ambiente del invernadero– se controlan a través de un sistema de ventilación natural pasivo, es decir, sin consumo de energía: simplemente, con la apertura de ventanas laterales, las que deben ser lo suficientemente amplias como para producir una renovación total del aire del ambiente en el menor tiempo posible, cada vez que el cultivo lo requiere.

Por estos motivos, es importante prestar especial atención al decidir el o los lugares donde deben registrarse los valores de estas variables, ya que de ellas depende la viabilidad de las plantas. La posición y la ubicación de los sensores están relacionadas con las dimensiones del invernadero, por lo que debemos asegurarnos que las mediciones registradas sean representativas del ambiente.

En algunas ocasiones, alta humedad y altísimas temperaturas –así como graves problemas de plagas y enfermedades– se producen debido a errores en la **densidad de siembra**. Algunas personas piensan que sembrando

más plantas que las recomendables obtendrán más cosecha y se lanzan a la aventura de crear una selva en el invernadero, por la que no se puede caminar para realizar las labores sin dañar flores, frutos y tallos, además de generar un microclima inapropiado. Ese exceso de follaje bloquea el paso de la luz que es el factor vital para la fotosíntesis, hace barrera al viento limitando la polinización, y ocasiona el aumento de la humedad y de la temperatura, con lo que se baja la productividad y se aumentan los costos.

Además de considerar los requerimientos de temperatura, de humedad, de ventilación y de densidad de siembra, resulta imprescindible analizar el **fotoperíodo** de las plantas que van a desarrollarse en el invernadero. El fotoperíodo es la cantidad de horas luz plena diaria (duración del día), principal responsable de la inducción a la floración, a la bulbificación y a la tuberización.

El fotoperíodo puede presentarse con signo positivo o con signo negativo, es decir con días alargándose o acortándose; en él es posi-

ble identificar dos puntos de inflexión, uno máximo y uno mínimo, momentos en los que cambia la tendencia y que se producen al inicio del período invernal y del período estival de cada año (21 de junio y 21 de diciembre, respectivamente, para nuestro hemisferio), tomando valores mínimos –cercanos a las 8 horas de luz/día– y máximos –superiores a las 14 horas de luz/día–.

Esto permite dividir las especies, en general, y a las hortalizas, en particular, en plantas cuya producción se realiza en los períodos:

- *otoño–invernal (O–I)*,
- *primavero–estival (P–E)*.

Algunas de ellas suelen ocupar, también, parte de algún período (anterior o posterior) al que las identifica, por lo que podemos especificar especies cuyo ciclo es:

- *otoño–inverno–primaveral (O–I–P)*,
- *primavero–estivo–otoñal (P–E–O)*,
- *inverno–primavero–estival (I–P–E)*.

---

## 2. Diseño del invernadero

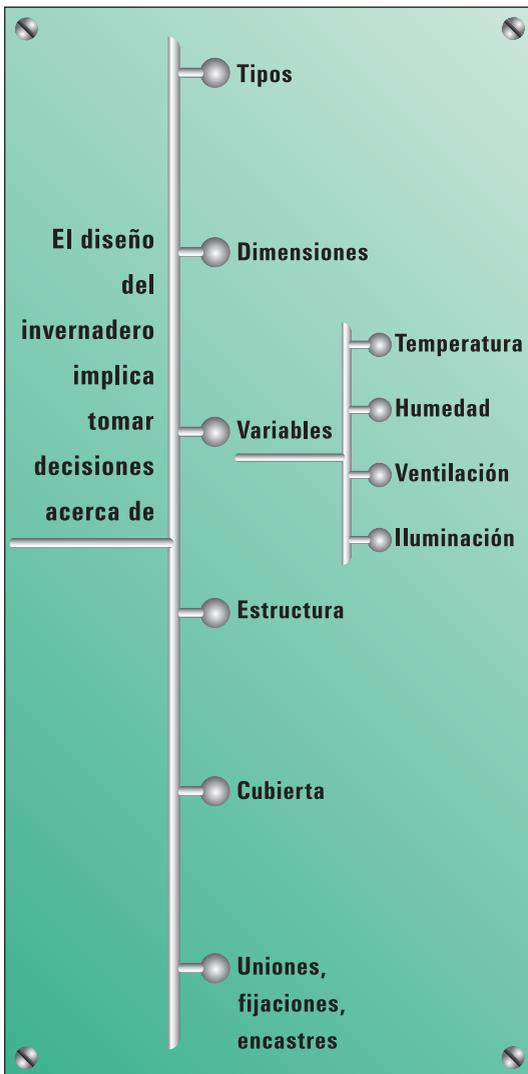
La construcción de un invernadero sin partir de un diseño previo es una improvisación que puede resultar catastrófica, con los consiguientes riesgos tanto en lo que hace a la producción agrícola como en cuanto a los resultados económicos.

Un incorrecto diseño puede traer como consecuencia la derivación en problemas en la

sanidad del cultivo –que exijan la utilización de agroquímicos, y mayor gasto y menor rendimiento–. Un diseño erróneo en cuanto a la ventilación, al control de humedad o al control de temperatura del ambiente, ocasiona la presencia de hongos y, por otra parte, disminuye la calidad y la cantidad de los frutos. Cuando, por ejemplo, los traslapes son muy cortos, quedan espacios que per-

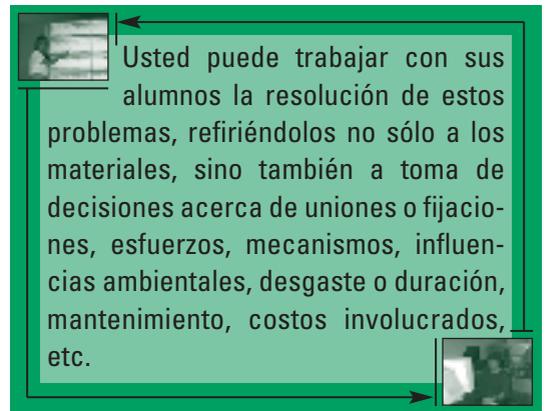
miten filtraciones de agua. Igual sucede con los canales que no tienen la cavidad correcta, la extensión o la pendiente adecuadas. Vale decir que uno de los principales problemas que afectan a una plantación se derivan del exceso de humedad producida por problemas de diseño.

Nos centraremos en los siguientes componentes de diseño:



Hay varias formas de invernadero; cada una de ellas es más o menos adecuada para cada tipo de cultivo, para cada lugar de emplazamiento y para las condiciones climáticas del lugar.

El conocimiento de la forma del invernadero nos va a permitir seleccionar de una manera más adecuada aquellos materiales que utilizaremos para la construcción de la estructura, de las paredes laterales y frontales, de los techos, de acuerdo con sus características, comportamiento frente a factores externos e internos, ventajas y desventajas.



Algunas de las **configuraciones de invernadero** más comunes son<sup>1</sup>:

- invernadero plano
- invernadero en raspa y amagado,
- invernadero asimétrico,
- invernadero de capilla,
- invernadero de doble capilla,
- invernadero túnel o semicilíndrico,
- invernadero de cristal.

<sup>1</sup> Periódico digital *Infoagro*:  
[http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_invernaderos2.asp](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernaderos2.asp)

### **Invernadero plano**

El **invernadero plano** está compuesto de dos partes: una estructura vertical y otra horizontal, bien diferenciadas. Generalmente, se utiliza en zonas con escasas precipitaciones. La estructura vertical está conformada por soportes rígidos perimetrales de madera o acero galvanizado, usualmente cilíndricos, que tienen una inclinación hacia el exterior de unos 30° con respecto a la vertical; estos soportes están situados en las bandas laterales y en las esquinas, y sujetos en su parte superior; sirven para tensar las cuerdas de alambre de la cubierta. Posee, también, soportes o pies interiores intermedios. La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente, las que sirven para portar y sujetar la lámina de plástico. Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2.15 y 3.5 m; la altura de las bandas oscila entre 2 y 2.7 m. Los soportes del invernadero se apoyan en bloques troncopiramidales prefabricados, de hormigón, colocados sobre pequeños pozos de cimentación.

### **Invernadero en raspa y amagado**

El **invernadero en raspa y amagado** tiene una estructura similar a la del invernadero plano; pero, varía la forma de la cubierta. En la cumbre, la altura máxima del invernadero oscila entre 3 y 4.2 m, formando una raspa. En la parte más baja -amagado- se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante vientos y horquillas de hierro

que permiten colocar los canalones para el desagüe de las aguas pluviales. La altura del amagado oscila de 2 a 2.8 m; la de las bandas, entre 2 y 2.5 m; la separación entre apoyos y los vientos del amagado es de 2 x 4. El ángulo de la cubierta oscila entre 6 y 20° -este último es el valor óptimo-. La orientación recomendada es en dirección este-oeste.

### **Invernadero asimétrico**

El **invernadero asimétrico** difiere del de tipo raspa y amagado, en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur; este aumento tiene por objeto acrecentar la capacidad de captación de la radiación solar; para ello, el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del Sol. La inclinación de la cubierta es tal que permite que la radiación solar incida perpendicularmente sobre ella al mediodía solar, durante el solsticio de invierno, época en la que el Sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo -próximo a 60°- ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos; por ello, suelen implementarse ángulos comprendidos entre los 8 y 11° en la cara sur, y entre los 18 y 30° en la cara norte. La altura máxima de la cumbre varía entre 3 y 5 m, y su altura mínima de 2.3 a 3 m; la de las bandas oscila entre 2.15 y 3 m; la separación de los apoyos interiores suele ser de 2 x 4 m.

### **Invernadero de capilla simple**

En el **invernadero de capilla simple**, la techumbre forma uno o dos planos

inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. El ancho que suele darse a este tipo de invernadero es de 12 a 16 m. La altura en cumbrera está comprendida entre 3.25 y 4 m. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a 25°, no ofrece inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia. La ventilación se realiza a través de ventanas frontales y laterales; pero, cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas, la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.

### **Invernadero de capilla doble**



El **invernadero de doble capilla** está formado por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital -en la cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las naves-; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y, por lo general, cuentan con malla mosquitera. También posee ventilación vertical en las paredes frontales y laterales. Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y costosa, respecto del tipo de invernadero de capilla simple a dos aguas.

### **Invernadero de túnel**



El **invernadero túnel o semicilíndrico** se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo en razón de su mayor capacidad para el con-

trol de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación -al constar de estructuras prefabricadas-. Sus soportes son tubos de hierro galvanizado que tienen una separación interior de 5 x 8, ó 3 x 5 m. La altura máxima oscila entre 3.5 y 5 m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2.5 a 4 m. El ancho de las naves está comprendido entre 6 y 9 m, y se permite el adosamiento de varias naves. La ventilación se realiza mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero.

### **Invernadero de cristal**



El **invernadero de cristal**<sup>2</sup>, que se emplea generalmente en el norte de Europa, consta de una estructura metálica prefabricada y de una cubierta de vidrio. El techo está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales. El ancho de cada módulo es de 3.2 m. Desde los canales hasta la cumbrera hay un solo panel de vidrio de una longitud de 1.65 m y ancho que varía desde 0.75 m hasta 1.6 m. La separación entre columnas en la dirección paralela a los canales es de 3 m. En sentido transversal, están separadas 3.2 m -si hay una línea de columnas debajo de cada canal- o 6.4 m -si se construye algún tipo de viga en celosía-.

<sup>1</sup> El invernadero de cristal ACM-Venlo(r) que describimos es una marca registrada:

\* <http://www.acm-spain.com/contenidos/productos/invcristal/venlo.htm>

		VENTAJAS	INCONVENIENTES
TIPO DE INVERNADERO	Plano	<p>Economía. Adaptación al terreno. Resistencia al viento. Aprovechamiento del agua de lluvia en períodos secos. Luminosidad uniforme.</p>	<p>Rápido envejecimiento de la instalación. Peligro de hundimiento por bolsas de agua de lluvia. Destrucción del plástico y de la instalación. Goteo del agua de lluvia y filtraciones de aire. Poco volumen de aire. Mala ventilación. Excesivo número de postes, alambres, piedras de anclaje... que dificulta la operatividad. Compleja instalación de ventanas cenitales.</p>
	Raspa y amagado	<p>Economía. Mayor volumen unitario y, por tanto mayor inercia térmica, lo que aumenta la temperatura nocturna. Buena estanqueidad a la lluvia y al aire. Mayor superficie libre de obstáculos. Posibilidad de instalar ventilación cenital, situada junto a la arista de la cumbrera.</p>	<p>Diferente luminosidad entre la vertiente sur y la norte. Desaprovechamiento de las aguas pluviales. Dificultad en el cambio del plástico de la cubierta. Pérdida de calor a través de la cubierta.</p>
	Asimétrico	<p>Economía. Estanqueidad a la lluvia y al aire. Buena ventilación, dada su altura. Aprovechamiento de la luz en invierno. Elevada inercia térmica, dado su gran volumen unitario. Instalación de ventilación cenital a sotavento.</p>	<p>Desaprovechamiento del agua de lluvia. Cambios en el plástico de la cubierta. Pérdidas de calor a través de la cubierta.</p>
	Capilla y doble capilla	<p>Fácil construcción y fácil conservación. Posibilidad de incluir todo tipo de plástico en la cubierta. Fácil ventilación vertical en las paredes. Fácil instalación de ventanas cenitales. Grandes superficies de ventilación con mecanización sencilla. Fácil evacuación del agua de lluvia. Escalabilidad, por unión de varias naves.</p>	
	Túnel o semicilíndrico	<p>Estructuras con pocos obstáculos. Buena ventilación. Buena estanqueidad a la lluvia y al aire. Instalación de ventilación cenital a sotavento, con posibilidad de un accionamiento mecanizado. Reparto de la luminosidad en el interior. Fácil instalación.</p>	<p>Elevado costo. Desaprovechamiento del agua de lluvia.</p>
	Cristal	<p>Buena estanqueidad, lo que facilita una mejor climatización</p>	<p>Reducción en la transmisión de luz por abundancia de elementos estructurales. Elevado costo. Naves pequeñas, debido a la complejidad de su estructura.</p>

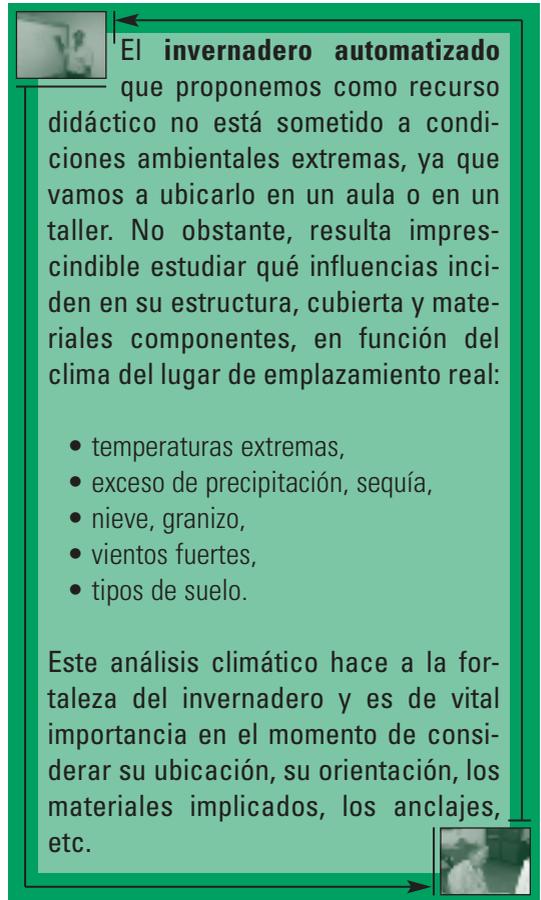
La **disponibilidad de los materiales** en el mercado y el precio de éstos, obligan a tomar decisiones menos ideales y más realistas en cuanto al tipo y al tamaño final del invernadero.

Las **dimensiones de un invernadero** siempre están regidas por las características excluyentes del cultivo principal que deseamos realizar –pero, sin descuidar aquellos aspectos generales que permiten introducir, a modo de salvaguarda, cultivos alternativos–.

En la decisión respecto de las dimensiones, también inciden las condiciones topográficas y climáticas de la zona. Si bien la orientación ideal consiste, como decíamos, en que la línea de la cumbrera acompañe el recorrido del Sol –es decir, de este a oeste–, muchas veces existen impedimentos naturales (montañas, bosques) o artificiales (casas, galpones, edificios) que producen sombras o que, por su ubicación dentro del predio, generan turbulencias ante la presencia de vientos intensos; y, aún cuando los vientos no encuentren estos obstáculos, el otro efecto que causan es la presión contra las paredes del invernadero, que puede provocar un deterioro importante y acortar la vida útil de los materiales que lo componen.

El conocimiento previo de estas limitaciones ambientales permite modificar tanto la ubicación como las dimensiones, sin resignar superficie cultivable, prestando atención a la parte de la estructura que queda expuesta a estos fenómenos climáticos y a la economía.

Como vemos, el campo de aplicación es muy vasto y la profundidad con la que se pueden abordar esta diversidad de contenidos, también.



**El invernadero automatizado** que proponemos como recurso didáctico no está sometido a condiciones ambientales extremas, ya que vamos a ubicarlo en un aula o en un taller. No obstante, resulta imprescindible estudiar qué influencias inciden en su estructura, cubierta y materiales componentes, en función del clima del lugar de emplazamiento real:

- temperaturas extremas,
- exceso de precipitación, sequía,
- nieve, granizo,
- vientos fuertes,
- tipos de suelo.

Este análisis climático hace a la fortaleza del invernadero y es de vital importancia en el momento de considerar su ubicación, su orientación, los materiales implicados, los anclajes, etc.

Para una misma área cultivable, por ejemplo para 350 m<sup>2</sup>, el recinto puede tener las siguientes dimensiones: 8 x 43,75 m, ó 10 x 35 m, ó 12,5 x 28 m, ó 15 x 23,33 m. Si bien se trata de la misma superficie cubierta, la cantidad de material de cobertura necesario para los laterales –componente del sistema con mayor recambio y con más incidencia en el costo final del invernadero–, cambia sustancialmente en función de las dimensiones. Siguiendo el ejemplo anterior, los metros lineales necesarios para cubrir el perímetro de cada recinto son: 103.50 m para el primero, 90 m para el segundo, 81 m para el tercero y 76.66 m para el último.

Tenemos que tener en cuenta que el invernadero, como herramienta de producción, exige algunas condiciones para maximizar su aprovechamiento.

Debe permitir, por ejemplo, una buena ventilación o circulación de aire, la que favorece el control de la humedad y de la temperatura; en el interior del invernadero, el aire se calienta por la acción de la energía solar según la estación del año y por la incidencia de las especies que están cultivándose.

Por otra parte, es necesario que las plantas, a través de las paredes y del techo, reciban la mayor cantidad de iluminación y de energía calórica, las que inciden decisivamente en su crecimiento. El material de la cubierta y la sombra que pueda efectuar la estructura merecen, entonces, particular atención.



Usted puede solicitar a sus alumnos un análisis comparativo entre las distintas características y propiedades de los diferentes materiales utilizados en la construcción de la estructura de un invernadero, datos de decisiva importancia en el momento de iniciar el diseño definitivo.

También pueden realizar un análisis de los materiales utilizados en la estructura del invernadero que proponemos como recurso didáctico, sacar conclusiones acerca de las razones por las cuales fueron seleccionados y desarrollar propuestas para sustituirlos.



Otro aspecto importante a considerar es el relacionado con la accesibilidad. La disposición y la forma de los soportes y aberturas deben ser de fácil manejo, permitir el movimiento de las personas y brindar la posibilidad de realizar modificaciones internas, si éstas fueran necesarias.

Detengámonos, ahora, en la **estructura** del invernadero.

La estructura es el armazón del invernadero; en términos generales, se intenta que reúna las siguientes condiciones.

- ser ligera y resistente,
- estar conformada por material económico y de fácil conservación,
- ser susceptible a una ampliación -escalable-,
- ocupar poca superficie,
- adaptarse a los materiales de la cubierta.

Esta armazón estructural es la encargada de soportar y transmitir las cargas permanentes y accidentales: peso de la cubierta, el viento, la nieve, los tutores de plantas, los mecanismos y aparatos instalados en su interior —por ejemplo, los que posibilitan la apertura y el cierre de ventanas, techos o puertas, los ventiladores o extractores, los sistemas de riego y atomización del agua, la iluminación artificial, diferentes tipos de detectores y sensores, etc.—.

La estructura del invernadero es uno de los elementos constructivos que más detenidamente debemos estudiar, desde el punto de vista de su solidez y de su economía, a la hora de definirnos por un determinado tipo

de invernadero.

Los materiales más utilizados en la construcción de las estructuras de los invernaderos son madera, hierro, aluminio, alambre galvanizado y hormigón armado; es difícil encontrar un tipo de estructura que utilice solamente una clase de material, ya que lo común es emplear varias.

Para escoger la **cubierta** adecuada, es necesario tener en cuenta la situación geográfica, las temperaturas máximas y mínimas, la posibilidad de heladas, el régimen de vientos, la humedad relativa, el régimen de lluvias, la radiación solar y los requerimientos climáticos de la especie que vamos a sembrar.

El material de la cubierta constituye uno de los elementos que se deben tener en cuenta al momento de diseñar y calcular la estructura.

Para permitir una conjunción equilibrada entre cubierta y estructura, se prefieren los materiales plásticos a, por ejemplo, el vidrio.

Un material perfecto para la cubierta es aquél que reúne los requisitos de:

- buen efecto de abrigo,
- gran retención de calor,
- gran rendimiento térmico,
- gran transparencia a las radiaciones solares,
- gran opacidad a las radiaciones infrarrojas largas emitidas por suelo y plantas durante la noche.

Pero, los materiales que pueden cumplir todas estas exigencias son caros y exigen estructuras también costosas; se requiere de ellos que cuenten con el espesor y la flexibilidad de los plásticos, y con las propiedades ópticas del vidrio –muy permeable, durante el día, a las radiaciones de longitud de onda inferiores a 2.500 nanómetros o 3000 nm; y, por la noche, lo más opaco posible a las radiaciones de longitud de onda larga que son las que mantienen calientes a los invernaderos–.

Los materiales de cubierta pueden ser:

- Vidrio impreso o catedral.
- Plástico:
  - Plástico rígido: polimetacrilato de metilo (PMM), policarbonato (PC), poliéster con fibra de vidrio, policloruro de vinilo (PVC).
  - Plástico flexible: policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (PE), etileno vinilo de acetato (EVA), policloruro de vinilo (PVC) y materiales coextruidos.

El **vidrio** es el primer material en utilizarse en la cubierta de invernaderos, hasta la aparición de los materiales plásticos. Se emplea, principalmente, en zonas de clima extremadamente frío o en cultivos especializados que requieren una temperatura estable y elevada.

El cristal que se utiliza como cubierta de invernadero es siempre el vidrio impreso –pulido por un lado y rugoso por el otro–.

En la colocación del cristal sobre la cubierta de la instalación, la cara rugosa queda hacia el interior y la cara lisa hacia el exterior. Así, recibe por la parte exterior casi todas las radiaciones luminosas que, al pasar a través suyo, se difunden en todas las direcciones al salir por la cara rugosa.

El vidrio es el material que presenta una transmisión óptica y térmica óptima; es no combustible, resistente a la radiación ultravioleta y a la polución, y mantiene sus propiedades iniciales a lo largo de su vida.

El principal problema del vidrio es su vulnerabilidad a los impactos; por esto, se desaconseja su uso en zonas con altas posibilidades de granizo. Otro inconveniente es su peso y que se comercializa en unidades pequeñas que requieren, por tanto, estructuras sólidas y estables que las soporten y que eviten la rotura del material por desplazamientos. Esto provoca, también, que los elementos estructurales produzcan importantes sombras dentro del invernadero y que se requiera un mantenimiento constante de limpieza y de sellado.

Si la opción para la cubierta del invernadero es el **plástico**, es muy importante hacer una buena selección, para lograr los resultados deseados y para reducir los riesgos de la inversión.

Los avances tecnológicos de los últimos años permiten disponer de una amplia gama de opciones de protección para los cultivos, consistente en diferentes tipos de películas plásticas.

Para seleccionar la cubierta plástica para un

invernadero, debemos tener en cuenta:

**Luminosidad.** La luz es la fuente de vida de las plantas y cumple un papel determinante en el crecimiento y en el desarrollo vegetativo; las plantas dependen de la energía solar para el funcionamiento de su complejo proceso fotosintético, por lo que los plásticos deben tener las propiedades de permitir que a ellas llegue la cantidad y la calidad de luz que las favorece. En consecuencia, los plásticos para invernaderos deben tener buena transmisión global de luz visible, poder de difusión de luz (eliminación o reducción de sombras) y antiadherencia al polvo.

Las **ondas luminosas** tienen asociada energía, la que se transmite en paquetes denominados **fotones**. La energía que posee la onda es proporcional a su frecuencia:

$$E = h\nu$$

Donde:

- E es la energía.
- h es la constante de Planck;  
 $h = 6,624 \cdot 10^{-34}$  joule . s
- $\nu$  es la frecuencia.

La frecuencia de la onda que se propaga es proporcional a la distancia que recorre en un período, denominada longitud de onda  $\lambda$ .

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Donde:

- $\nu$  es la frecuencia de la onda que se propaga.
- $\lambda$  = longitud de onda.
- c es la velocidad de la luz;  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s para el vacío.

**Sanidad vegetal.** La administración de la luz mediante la tecnología del plástico contribuye de manera muy positiva en la sanidad vegetal ya que, con la aplicación de filtros fotoselectivos, puede modificarse tanto la cantidad, como el rango de la luz solar, su calidad o su duración, provocando ambientes en los que se reduce de modo sustantivo la presencia de insectos y, por ende, la contaminación por virosis; la fotoselectividad es empleada, también, en el control de patógenos, bloqueando las radiaciones que favorecen la germinación de las esporas. Otro aspecto que involucra riesgos en la sanidad vegetal es la condensación de las gotas que se forman en el interior del invernadero, la cual puede causar serios problemas por germinación de patógenos; esto puede evitarse con la aplicación de aditivos que brindan propiedades antigoteo y que posibilitan que las gotas, en lugar de caer sobre los cultivos, se deslicen por la cubierta hacia los laterales y, luego, hacia el suelo del invernadero.

**Temperatura.** El factor más importante a controlar dentro de un invernadero es la temperatura; por lo tanto, el plástico debe tener propiedades IR (infrarrojo) –para brindar termicidad, cuando es necesario– y propiedades termorreguladoras –para limitar las oscilaciones térmicas–.

**Radiación ultravioleta.** Los plásticos para invernaderos tienen que tener estabilizantes, para impedir su degradación por el efecto de la luz ultravioleta (UV).

## UV

- La luz ultravioleta es perjudicial para el desarrollo del cultivo en el espectro que va desde los 280 hasta los 315 nanómetros de longitud de onda, ya que produce quemazón y ennegrecimiento.
- Desde los 315 nm a los 400 nm, tenemos la posibilidad de formación de plagas o virus.
- En el rango comprendido entre los 400 y los 510, la radiación UV provoca efectos sobre el crecimiento de tallos y hojas.
- Desde los 510 a los 610, ocasiona poca respiración biológica.
- De los 610 a los 700, obtenemos la máxima actividad fotosintética y de síntesis de la clorofila.

La cubierta requiere, entonces, de un bloqueador de radiación UV de, por lo menos 315 nm. Si bien es conveniente que la protección o bloqueo de radiación UV sea superior a los 500 o 600 nm, el aumento del costo de un plástico con esta protección no siempre alcanza a justificarse.

**Duración.** La duración es uno de los aspectos que más interesa y preocupa a los usuarios. Está, en gran medida derivada de los estabilizantes, de la dispersión homogénea de los aditivos y depende, también, de la materia prima con la que se fabrique la cubierta y del sistema de extrusión empleado.

Los aspectos que se tienen en cuenta para evaluar la duración de un plástico para cubierta, están en función de las propiedades mecánicas del material:

- Resistencia al rasgado.
- Resistencia al envejecimiento.
- Flexibilidad.
- Resistencia a la acción de pesticidas e insecticidas.



La cubierta ideal debe, entonces, bloquear la radiación UV –pero, ser permeable a la radiación solar del resto de la banda hasta 3000 nm–, retener la energía calorífica generada por las radiaciones IR que emanan del suelo y de las plantas, eliminar los problemas que se derivan de la condensación; tener alta resistencia al rasgado y al envejecimiento; poseer propiedades coestabilizantes (resistencia a la acción de pesticidas e insecticidas), brindar buena transmisión global de luz visible, permitir buena difusión para homogeneizar la distribución de la luz y reducir las sombras, contar con propiedades fotoselectivas para bloquear la presencia de insectos, virus y hongos, disponer de una capa antiadherente al polvo, y garantizar larga duración.



El *policarbonato*, por ejemplo, es un polímero termoplástico con buena resistencia al impacto y más ligero que el polimetacrilato de metilo –PMM–. La presentación de este material es en planchas alveolares, que constan de 2 ó 3 paredes paralelas unidas transversalmente por paredes del mismo material. Las múltiples paredes de que consta la placa forman una cámara de aire dentro de los canales internos, la que hace aumentar el poder aislante en un porcentaje muy elevado, respecto al mismo material en placa sencilla. El grosor de las placas que se puede encontrar en el mercado es de 4 a 16 mm; éstas tienen una gran resistencia al impacto (granizo, piedras, etc.) y, en su cara expuesta al exterior, están provistas de una película que protege de los rayos UV al resto del material, para evitar su degradación; su cara interior puede llevar un tratamiento anticondensación y antigoteo, que permite el deslizamiento de las gotas de agua para que no caigan sobre el cultivo. El policarbonato posibilita una buena difusión de la luz transmitida, reduciendo sombras y permitiendo que las plantas reciban la luz en toda su superficie y no solamente en la zona de incidencia. Es un material muy ligero, en función del grosor de la placa; a igualdad de espesor, su peso es de 10 a 12 veces menor que el del vidrio. Incluso en frío, sus placas pueden adaptarse a estructuras con perfiles curvos de radio suave. Su duración está garantizada en 10 años por los fabricantes.

Para completar la toma de decisiones respecto del diseño del invernadero –además de considerar los tipos, las dimensiones, la estructura y la cubierta– es necesario prever las **uniones**, fijaciones, encastrés, etc.

### 3. Automatismos involucrados

Hasta aquí hemos analizado los requerimientos de los cultivos protegidos a desarrollar en el invernadero y los rasgos fundamentales de su diseño. Nos centraremos, ahora, en los automatismos de ese invernadero.

Porque, en él existen variables físicas ambientales que deben ser controladas, según los requerimientos específicos de cada especie vegetal. En términos generales, las variables a controlar son:

- temperatura ambiente,
- humedad relativa ambiente,
- nivel de iluminación,
- aireación ambiental.

En todos los casos, el grado de automatización va a estar asociado a los recursos disponibles tanto económicos como tecnológicos; pero, cualquiera sea el grado y el sistema de control, que se diseñe, debe cumplir con los siguientes requisitos indispensables:

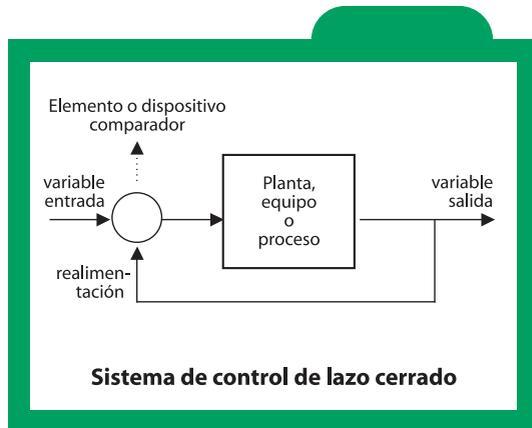
- equilibrio de cada una de las variables a controlar (realimentación negativa) y
- confiabilidad de funcionamiento

Con el nombre genérico de **sistemas de control** se abarca a las operaciones básicas constitutivas de la automatización. Dichas operaciones son la **regulación** y el **mando**, que pueden ser subsistemas de un sistema más amplio del cual forman parte.

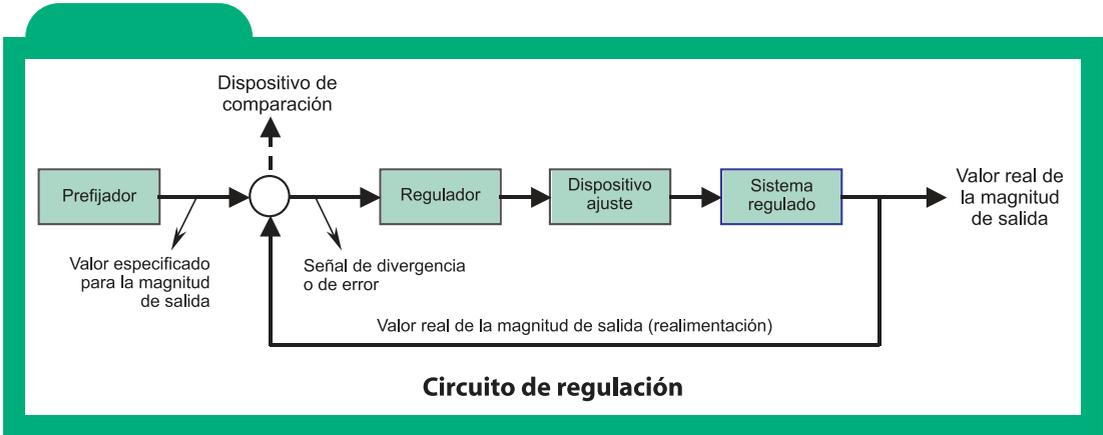
Las acciones de **regulación** están asociadas al concepto de control automático, que implica la existencia de un lazo cerrado en el sistema de control.

Los **sistemas de control de lazo cerrado** son aquéllos en los que la magnitud de la variable considerada de salida de un proceso, planta o equipo se compara con la variable considerada de entrada a él (valor prefijado); a efectos de corregir la desviación entre la salida real y la especificada, el sistema de control efectúa los ajustes necesarios para que la salida real se aproxime lo más posible a salida especificada. En este sistema de control existe *realimentación (feed-back)*.

Es usual representar esquemáticamente a los sistemas de control de lazo cerrado mediante diagramas en bloques, de la siguiente forma:



En consecuencia, el proceso de regulación consiste en una comparación entre el valor real de la magnitud considerada con el valor especificado para ella, dentro de un lazo cerrado, y en modificar la magnitud regulada cuando existe desviación.



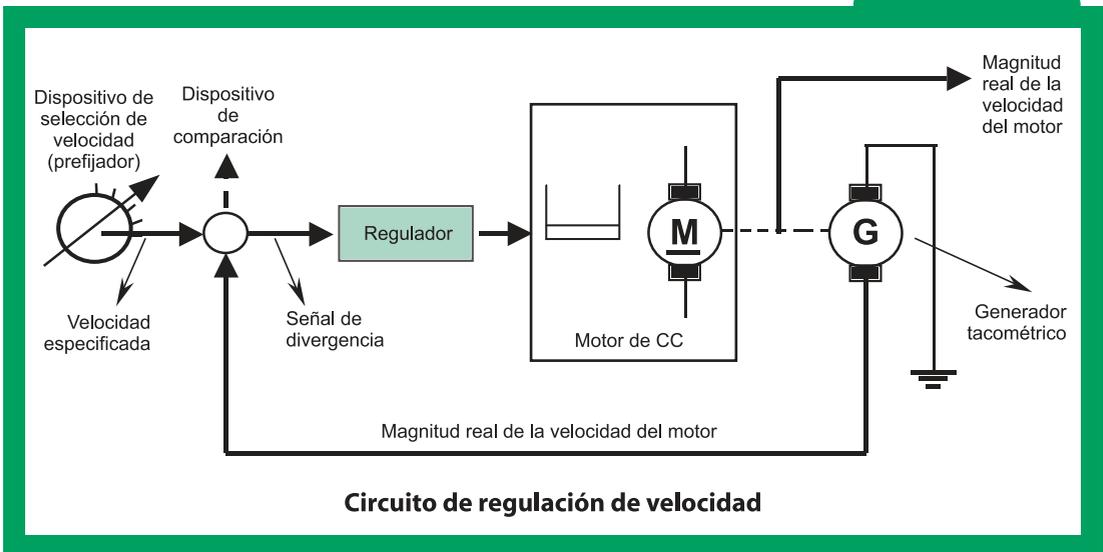
El regulador actúa a través del dispositivo de ajuste, cuando el valor real de la magnitud de salida se aparta del valor especificado; es decir, cuando la desviación del sistema (señal de error) es distinta de cero. Este proceso de regulación se denomina *regulación por realimentación negativa* (tiende al equilibrio de la magnitud de salida).

Es decir que un circuito de regulación se caracteriza porque las señales describen un lazo cerrado.

Decíamos que los sistemas de control implican operaciones de regulación y de mando. Refirámonos, ahora, a las segundas.

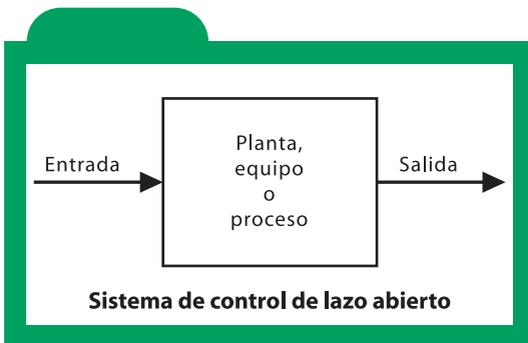
El concepto de **mando** se asocia a la idea de “gobernar”.

En el diagrama se muestra la configuración de un sistema de regulación de velocidad, de un motor de corriente continua.



En el diagrama podemos observar que el GT –generador tacométrico– envía una señal, que depende de la velocidad real de giro del motor de cc (señal de realimentación), al comparador, que contrasta esta magnitud con la prefijada, emitiendo una señal de divergencia al regulador para mantener regulada la velocidad de rotación del motor de cc.

Ahora, si desconectamos el GT del comparador –es decir, si quitamos la conexión del GT al comparador–, interrumpimos el lazo de regulación, con lo cual sólo es posible realizar la acción de mando (gobernar); dicha acción se hace posible modificando la posición del dispositivo de selección de velocidad. En este caso, se puede ajustar una determinada velocidad de giro del motor; pero si ésta, por alguna causa, varía posteriormente, no existe realimentación a la entrada ni tampoco regulación; entonces, decimos que el lazo de acción está abierto.



Los **sistemas de control de lazo abierto** son aquéllos en los que la única señal que ejerce una acción de control sobre el sistema, es la que entra a él (señal de referencia); en estos casos, la salida no actúa sobre la entrada –la salida no influye en la acción de control–.

Al realizar acciones de **mando**, las magnitudes de entrada modifican a las magnitudes de salida, formando un lazo de acción abierto.

Los sensores –también denominados detectores o transductores– son dispositivos que reconocen señales de entrada de magnitudes físicas reales (mecánicas, eléctricas, térmicas, químicas, radiantes, etc.) procedentes de un proceso o entorno externo, y convierten la información en señales de tipo eléctrico, utilizando estas señales para supervisar y/o controlar una determinada operación o proceso.

Los sensores se pueden clasificar según el tipo de su señal de salida; es decir, según la forma en que presentan la magnitud sensada, en:

**Analógicos.** La señal de salida que proporcionan es un valor de tensión o de intensidad dentro de un rango determinado por las características propias del sensor. Por ejemplo, termocupla.

**Digitales.** Son los que proporcionan una señal codificada en pulsos o código digital (binario, BCD, etc.). Por ejemplo, un codificador de velocidad angular.

**Dos estados** (sí–no, todo–nada, *on-off*, cerrado–abierto). Son aquéllos que únicamente poseen dos estados, los cuales están separados por un valor de la magnitud sensada. Por ejemplo, termostato bimetálico.

Analicemos, ahora, los sistemas de control en el recurso didáctico **Invernadero automatizado**.

El invernadero que proponemos como recurso didáctico incluye subsistemas de control para:

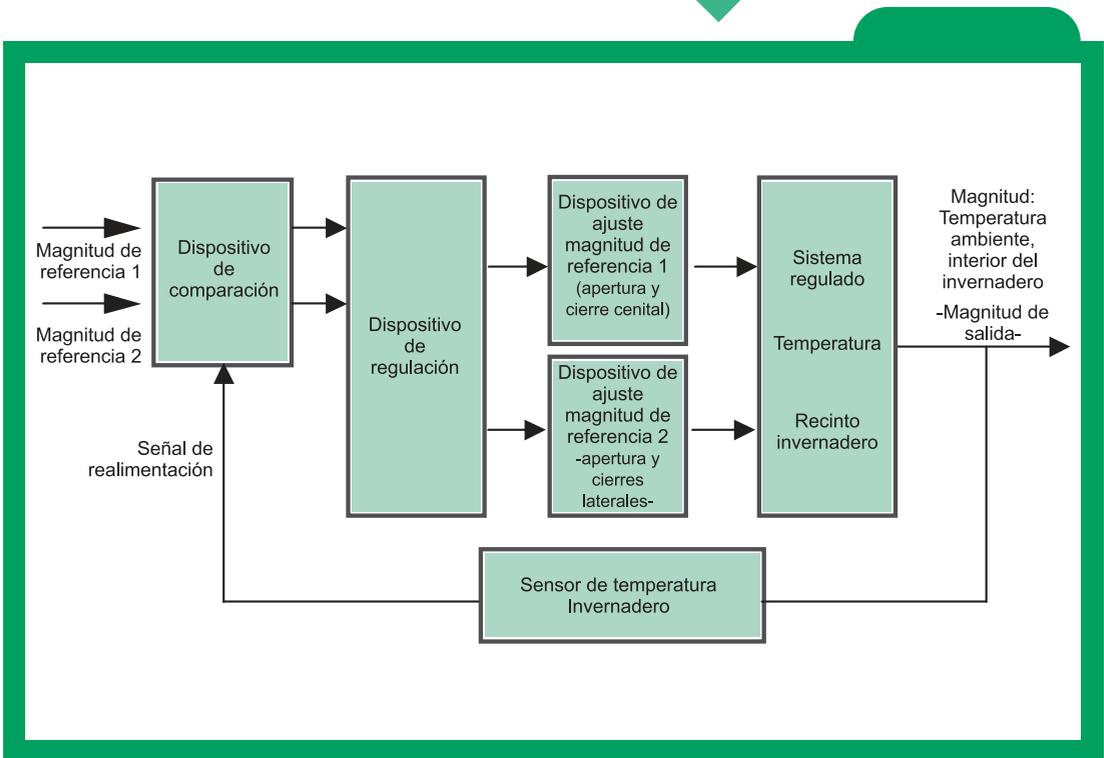
- temperatura,
- humedad/ventilación,
- iluminación artificial.

El **subsistema de control temperatura** está destinado a evitar el exceso de temperatura en el interior del invernadero: Trata de evitar que la temperatura máxima supere valores preestablecidos. Para ello, actúa de dos formas:

- produciendo la apertura del cierre cenital, cuando se sobrepase un primer valor prefijado de temperatura (*magnitud de referencia 1*) y
- si, a pesar de estar abierto el cierre cenital, se sobrepasa un segundo valor prefijado (*magnitud de referencia 2*), se habilita el mecanismo que produce la apertura de los cierres laterales del invernadero.

Se recorre un camino inverso cuando los valores de temperatura real –debido al accionamiento de los dispositivos en el interior del recinto– van siendo inferiores a cada uno de los valores previamente prefijados.

Un diagrama en bloques de este subsistema es el siguiente:



En este subsistema de control, la magnitud de salida (magnitud real) es la temperatura en el interior del recinto del invernadero. Esta magnitud es tomada por el sensor de temperatura que la transforma en una señal que se transmite al dispositivo de regulación.

Un **termistor** es un dispositivo de dos terminales, un resistor que varía su valor en función de la temperatura del medio en que se encuentra. En general, está formado por materiales como el silicio o germanio. En un termistor NTC (coeficiente de temperatura negativo), al aumentar la temperatura, el valor de la resistencia disminuye.

En el dispositivo de regulación, se compara el valor de la magnitud enviada por el sensor de temperatura (magnitud real) con el valor prefijado de temperatura que la especie cultivada requiere. Para la *magnitud de referencia 1*, cuando este último valor se ve superado por la magnitud real, el dispositivo de regulación emite una señal de desviación (señal de error) que actúa sobre el dispositivo de ajuste correspondiente a la referencia indicada.

Asimismo, en el caso de que la magnitud real supere el valor prefijado de temperatura para la *magnitud de referencia 2*, el dispositivo de regulación emite una señal de desviación que actúa sobre el dispositivo de ajuste correspondiente a la referencia indicada.

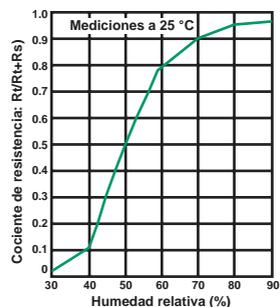
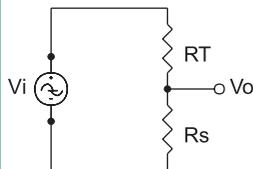
El dispositivo de ajuste está integrado

por componentes que activan el motor de accionamiento del mecanismo de apertura del techo cenital o bien el funcionamiento del motor de apertura de los cierres laterales.

Si, como consecuencia de estas acciones, al cabo de un cierto tiempo la temperatura interna comienza a disminuir, el sensor continúa enviando al dispositivo de regulación las sucesivas señales correspondientes a los diferentes valores de temperatura (magnitud real) que se van presentando. El dispositivo de regulación compara los diferentes valores recibidos del sensor, con los valores prefijados de temperatura (*magnitudes de referencia 1 ó 2*) para el cierre de las ventanas laterales, y mantiene activo o desactiva el funcionamiento del dispositivo de cierre cenital. El sistema de regulación y control recorre el camino inverso al recorrido, cuando se incrementa la temperatura interna del recinto del invernadero.

El invernadero cuenta, también, con un segundo subsistema, el **subsistema de control de humedad**. Este subsistema de control está destinado a mantener la humedad relativa ambiente en el interior del invernadero dentro de parámetros prefijados en función del cultivo considerado. Para ello, el subsistema de control actúa sobre dispositivos (ventiladores/extractores de aire) que producen una circulación de aire en el interior del recinto del invernadero.

El **sensor de humedad** es un dispositivo de tres terminales que está constituido por un elemento sensible a la humedad y un termistor (para compensar las variaciones por temperatura). El valor de la resistencia en alterna del elemento sensible a los cambios de humedad ( $R_s$ ) se modifica según los cambios en la humedad relativa, siguiendo una curva exponencial:



### • Especificaciones técnicas:

> La resistencia del sensor varía  $10^3 \sim 10^5 \Omega$  con una humedad relativa de 30 a 90 %.

> El valor máximo de la tensión alterna de alimentación es de 5VAC (pico); posee una frecuencia de operación de 50 Hz a 1 kHz.

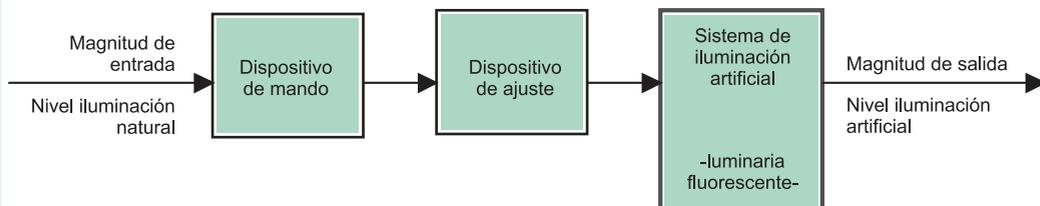
> Su velocidad de respuesta es de, aproximadamente, 120 segundos.

Este subsistema es similar al de control de temperatura; pero, opera para una única magnitud de referencia, ya que se trata de activar y desactivar dispositivos de extracción de aire (motores de los extractores).

El invernadero también cuenta con un **subsistema de control de luz artificial**, destinado

al suministro de iluminación artificial a los cultivos, una vez que la iluminación natural disminuye de cierto nivel.

Para lograr este resultado, el subsistema de control actúa sobre dispositivos que producen el encendido y el apagado de la luminaria fluorescente disponible en el invernadero.



Como se observa en el diagrama en bloques, éste es un subsistema de mando, es decir de lazo de control abierto.

La magnitud de entrada (nivel de iluminación natural) actúa sobre el dispositivo de mando, un fotoreistor (LDR; resistor dependiente de la luz). Este fotoreistor, a través de un circuito asociado, produce el accionamiento de un relé (circuito y relé forman el dispositivo de ajuste) que efectúa el encendido o apagado de la luminaria del sistema de iluminación artificial del interior del invernadero.

**LDR** es un dispositivo de dos terminales. El valor de la resistencia entre sus bornes, varía linealmente con la intensidad de luz que está recibiendo. Este fotoreistor está construido con materiales como el sulfuro de cadmio (CdS).

La energía suministrada por la luz al dispositivo, posibilita que los electrones que se encuentran en los átomos del material queden libres, gracias a los paquetes de energía que están asociados a la intensidad de la luz incidente. Cuando aumenta la cantidad de electrones libres, la resistencia del dispositivo disminuye.

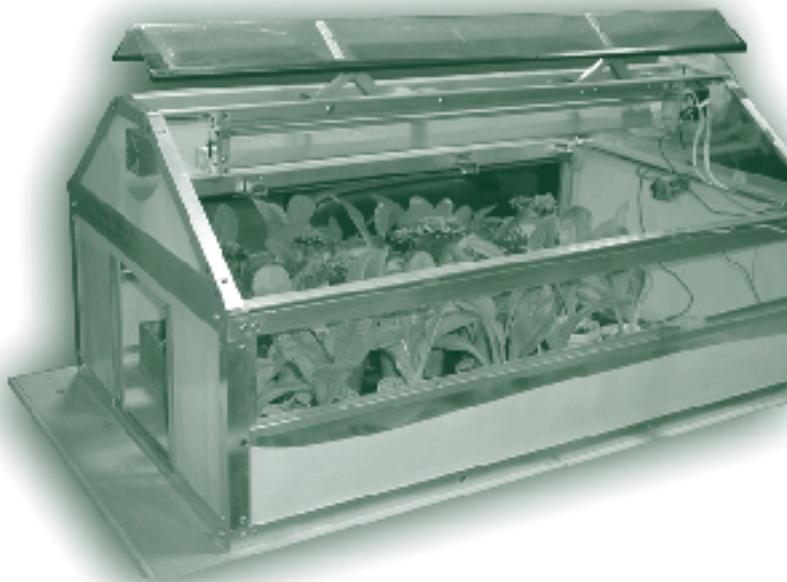
Asimismo, es posible observar que no existe ningún sensor de la magnitud de salida (iluminación artificial). Este subsistema es gobernado sólo por el dispositivo LDR que actúa según el nivel de la magnitud de entrada (nivel de iluminación natural). No obstante, se puede decir que este subsistema de iluminación artificial es de realimentación negativa ya que, cuando baja el nivel de iluminación natural, se enciende la luminaria interna del invernadero (iluminación artificial) y viceversa.

De acuerdo a como está proyectado el invernadero que proponemos, la cantidad de horas de luz que recibe el cultivo que se encuentra en su interior es 24 horas (horas de luz natural + horas de luz artificial).

### 3. HACIA UNA RESOLUCIÓN TÉCNICA

## Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo

### El producto



Se trata de un invernadero con techo a dos aguas y ventilación cenital, la que permite la eliminación de la humedad relativa ambiente. Posee, también, ventanas laterales ubicadas en el sentido longitudinal que se deslizan verticalmente en forma automática permitiendo, de esta forma, airear la nave y equilibrar la temperatura de su interior con aquélla del medio ambiente exterior.

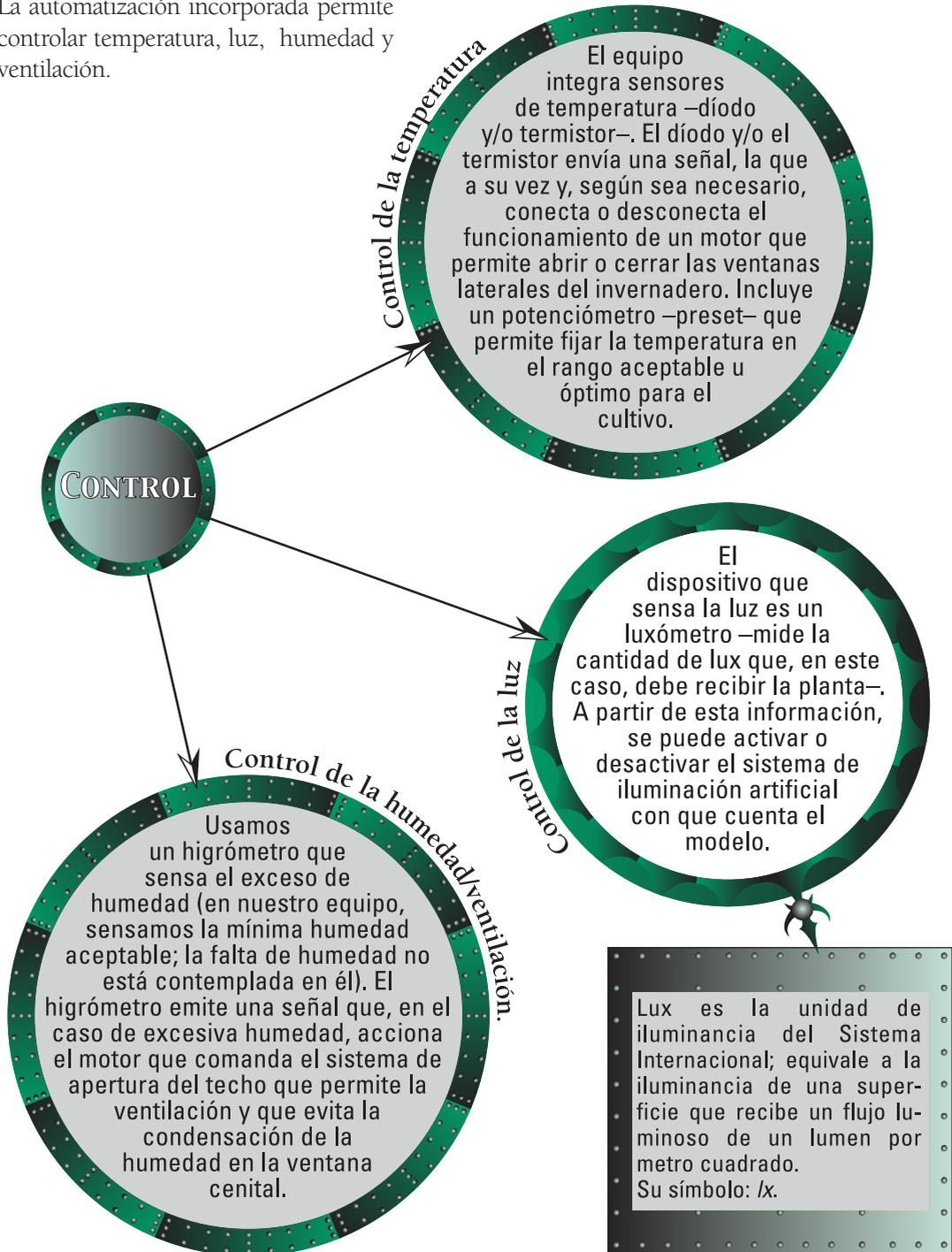
Está montado sobre una base-soporte de

fibrofácil, que también sostiene a la caja de controles.

Tiene una puerta de acceso frontal compuesta por dos hojas corredizas. En nuestro modelo, la apertura y el cierre de esta puerta se realizan en forma manual.

La iluminación artificial es provista por un único tubo fluorescente (esto, debido al tamaño de la maqueta).

La automatización incorporada permite controlar temperatura, luz, humedad y ventilación.



En un invernadero real, el hecho de poder controlar y/o manejar las variables mencionadas permite alcanzar una alta productividad a bajo costo, en menor tiempo, sin daño ambiental, protegiendo a las especies de la lluvia, el granizo, las heladas, los insectos o los excesos de viento que podrían perjudicar el cultivo.

Las dimensiones del modelo que proponemos –que no corresponden a una escala respecto del invernadero real– están directamente vinculadas a su practicidad y a su aplicabilidad. Respecto de la practicidad, tomamos en cuenta el ancho de una puerta estándar; es por esta razón que una de las medidas de la base del prototipo es de 60 cm, lo que permite poder trasladar el modelo e ingresarlo en cualquier lugar de la escuela sin tener inconvenientes. Esta medida es condicionante de las demás, de modo tal de mantener una cierta escala. La altura del invernadero permite ubicar con comodidad las plantas seleccionadas.

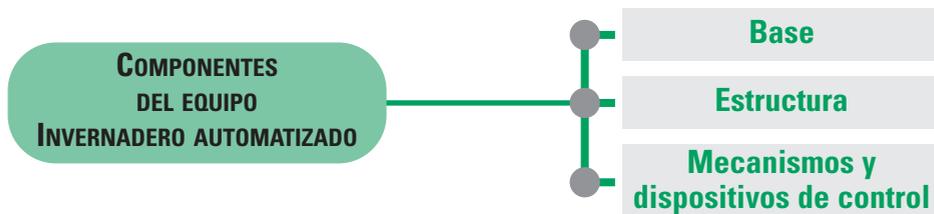
Otra de las diferencias que podemos observar entre nuestro modelo y un invernadero real, es el hecho de que en la maqueta hemos incorporado la posibilidad de alterar ciertas variables en forma manual, simulando una señal proveniente de los sensores y, de esta forma, comprobar la respuesta del automatismo del sistema ante estas variaciones.

Existe un sistema que no hemos incorporado a nuestro modelo y que es el riego automático, que la mayoría de los invernaderos “reales” integra; en nuestro equipo didáctico, el riego se efectúa en forma manual. Dos son los motivos de esta exclusión: uno de ellos es el de evitar más complicaciones en la automatización; el otro, el encarecimiento que este sistema acarrearía.

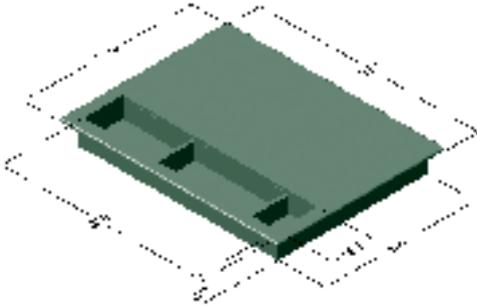
## Los componentes

En este modelo de **Invernadero automatizado** podemos identificar tres partes compo-

nentes; precisarlas nos ayudará, luego, en las diferentes etapas de la construcción:

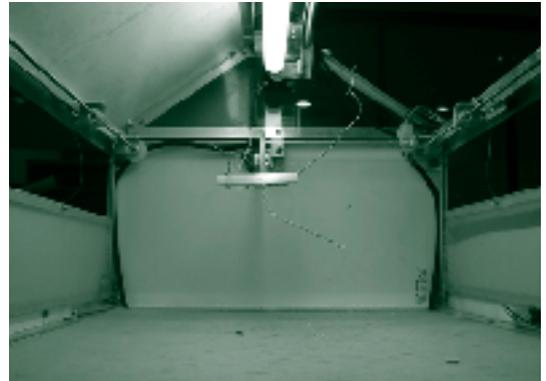


La **base** es el elemento que soporta a la estructura del invernadero propiamente dicho; contiene la caja de mando con los circuitos eléctricos y electrónicos para el control y la alimentación del sistema.



La **estructura** está conformada por un armazón metálico, realizado en perfiles de aluminio que sirven de sostén. Constituye el esqueleto donde van montadas las paredes, la puerta de acceso, las ventanas, el techo, etc.

Los **mecanismos y dispositivos de ambientación** son todos aquellos elementos de mando o respuesta mecánica, eléctrica y/o electrónica que utilizamos para crear un



microclima aceptable. Incluyen los motores que accionan las ventanas y el techo, los ventiladores y los sensores que brindan la información del estado de las variables a controlar; todos ellos, con sus correspondientes accesorios, y circuitos de alimentación y de conexión.



# Los materiales, herramientas e instrumentos

Detallamos el listado de aquéllos utilizados en la construcción de nuestro equipo, dejando a su criterio la posibilidad de reemplazar los que considere convenientes o los que no

consiga en su lugar de trabajo, por otros que cumplan con la misma función o funcionalidad que los que le presentamos.

## Materiales:

- 1 plancha de fibrofácil de 1830 mm x 1500 mm, espesor 12 mm.
- Perfiles de aluminio "ángulo" de 20 mm x 20 mm de ala, espesor de aproximadamente 2 mm: 10 metros de longitud.
- Perfiles de aluminio "ángulo" de 16 mm x 16 mm de ala, espesor de aproximadamente 2 mm: 3 metros de longitud.
- Perfiles de aluminio "U" de 9 mm x 8 mm, espesor de aproximadamente 1.75 mm: 2 metros de longitud.
- Perfiles de aluminio "U" de 12 mm x 12 mm, espesor de aproximadamente 2 mm: 0.3 metros de longitud.
- Planchuela de aluminio de aproximadamente 10 mm x 1.75 mm de espesor: 6 metros de longitud.
- Caño de aluminio  $\varnothing$  6.5 mm: 1 metro.
- Caño de aluminio  $\varnothing$  8 mm: 1 metro.
- Chapa de aluminio, espesor 1.5 mm: 200 mm x 200 mm.
- 1 plancha de policarbonato transparente de 1 mm de espesor.
- Acrílico de 3 mm de espesor, color a elección: 1500 mm x 200 mm.
- Bujes de bronce, cantidad necesaria.
- Tornillos rosca métrica, cabeza gota de sebo, ranura en cruz:
  - 10 de  $\varnothing$  4 mm x 15 mm.
  - 10 de  $\varnothing$  4 mm x 25 mm.
  - 10 de  $\varnothing$  3 mm x 12 mm.
  - 10 de  $\varnothing$  4 mm x 25 mm.
- Tornillos rosca métrica, cabeza fresada, ranura en cruz:
  - 10 de  $\varnothing$  4 mm x 10 mm.
- Tornillos rosca métrica, cabeza cilíndrica, ranura en cruz:
  - 10 de  $\varnothing$  4 mm x 20 mm.
  - 10 de  $\varnothing$  5 mm x 70 mm.
- Tornillo cilíndrico para chapa, cabeza plana, ranura en cruz:
  - 10 de  $\varnothing$  3 mm x 12 mm de longitud.
- Tirafondo cabeza plana fresada, ranura en cruz:
  - 10 de  $\varnothing$  4 mm x 12 mm.
  - 20 de  $\varnothing$  5 mm x 60 mm.
- Tuercas:
  - 20 hexagonal M3.
  - 130 hexagonal M4.
  - 10 hexagonal M5.
- Arandelas:
  - 10 plana M3.
  - 130 plana M4.
  - 10 plana M5.
- Varilla roscada, rosca métrica:
  - 2 de 4 mm x 540 mm de longitud.
  - 1 de 4 mm x 460 mm.

- Remaches, cantidad necesaria.
- Tanza, cantidad necesaria.
- 2 ruedas dentadas de plástico de 32 dientes, tipo *Scalectric*.
- 2 sin fin (para corona).
- 2 poleas de nylon de aproximadamente  $\varnothing$  30 mm.
- 5 poleas de aluminio, de aproximadamente  $\varnothing$  6.5 mm<sup>1</sup>.
- Papel de lija, cantidad necesaria.
- Barras para pistola de encolar, cantidad necesaria.
- Pintura.

## Materiales y elementos eléctricos y electrónicos:

- Cables de 0.25 mm<sup>2</sup> de sección, 8 colores diferentes. 5 metros de cada uno.
- Cable de 0.8 mm<sup>2</sup> de sección: 2 metros.
- Spaghetti termocontraible,  $\varnothing$  3 mm;  $\varnothing$  6 mm y de  $\varnothing$  8 mm: 1 metro de cada uno.
- Conectores bipolares de 2 pines. Cant.: 8.
- Conectores bipolares de 4 pines. Cant.: 2.
- Conectores bipolares de 3 pines. Cant.: 1.

<sup>1</sup> Para estas poleas –integradas en el mecanismo de izaje y bajada de las ventanas (dos por cada panel) y como tomo en el motor que las acciona–, hemos utilizado un tubo de aluminio de  $\varnothing$  6.5 mm x 15 mm de longitud, colocándole una arandela en cada extremo.

- 1 conector tipo AMP de 9 pines (macho–hembra).
- 1 tubo fluorescente 20 watt.
- 2 zócalos para tubo fluorescente.
- 1 balasto electrónico.
- 2 motores eléctricos 12 VCC.
- 1 sensor de humedad.
- 1 sensor de temperatura NTC.
- 1 celda fotoresistiva LDR.
- 1 transformador 220 VCA 50 Hz – 12 VCC. 100 watt.
- 2 fines de carrera –*micro-switch*–, accionamiento a palanca.
- 2 fines de carrera –*micro-switch*–.
- 2 cooler 12 VCC.
- 1 ficha macho con toma de tierra 220 V 50 Hz.
- 1 cable de alimentación tipo *Interlock*.
- 3 llaves selectoras doble inversora.
- 3 potenciómetros, fijación en placa 10 k $\Omega$ , lineal.
- 3 perillas para potenciómetro.
- 3 LED color verde.
- 3 LED color rojo.
- Estaño, cantidad necesaria

El **transistor** es un dispositivo semiconductor que se utiliza, básicamente, para amplificar señales que pueden ser de tensión o corriente.

Existen de varios tipos, según sea su estructura interna. Los transistores bipolares de juntura (TBJ), de efecto de campo (FET), de metal-óxido-semiconductor (MOS).

El **transistor TBJ** es un dispositivo que tiene tres terminales: emisor, base y colector. Existen dos tipos de transistores bipolares, según sea su estructura interna (PNP o NPN). La forma de conectarlos básicamente reside en tres configuraciones: emisor común (EC), colector común (CC) y base común (BC).

Para que el transistor funcione, es necesario que se encuentre polarizado; es decir, que las tensiones en sus bornes sean las adecuadas para el uso que se le va a dar.

El transistor cumple con la ley de Kirchhoff de nodos:

$$I_E = I_B + I_C$$

La corriente que circula por la base es muy pequeña, comparada con las corrientes de colector y emisor.

Se define como ganancia de corriente del transistor:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

Si  $\beta = 100$  significa que la corriente del colector es 100 veces mayor que la de base; por lo tanto, la de

colector es prácticamente igual a la de emisor.

$$\text{Como } I_B \ll I_C \text{ entonces } I_C \approx I_B$$

La polarización en la juntura o unión base-emisor tiene un comportamiento similar a un diodo; esta juntura debe estar polarizada en directa, es decir,  $V_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$ . La tensión  $V_{CE}$  tiene que ser mayor de 0.2 V.

El **transistor en sus modos corte y saturación** es utilizado para conmutación, es decir, trabaja como si fuese una llave de interrupción, que puede estar cerrada o abierta. Para ello, se lo hace funcionar en las zonas extremas de su curva característica.

Para un transistor NPN en configuración emisor común, se analizan las tensiones que llevan al transistor a estos dos estados. Para un transistor PNP es análogo, teniendo en cuenta que las tensiones de polarización son las puestas.

En el modo corte, la condición principal es que la tensión  $V_{BE} < 0.7 \text{ V}$

La corriente que circula por el colector es cero; por lo tanto,  $I_E = 0$ ,  $I_B = 0$  y la tensión  $V_{CE} = V_{CC}$  (debido a que no circula corriente por  $R_C$ ).

Entonces, si  $V_{BE} < 0.7 \text{ V} \Rightarrow$  El transistor funciona como una llave abierta.

En el modo saturación, las condiciones principales son que las tensiones  $V_{BE} \geq 0.7 \text{ V}$  y  $V_{CE} \approx 0.2 \text{ V}$ .

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

Entonces, si  $V_{BE} \geq 0.7 \text{ V}$  y  $V_{CE} \approx 0.2 \text{ V} \Rightarrow$  El transistor funciona como una llave cerrada.

## Placa de control de los automatismos

### Nomenclador del producto

Cant.	Denominación	Tipo de piezas	Material Denominación	Ubicación
1	Placa	Elaborada	Placa fotosensible positiva de 100 x 80 mm	
5	Transistor	Estándar	Transistor 337	T1, T2, T3, T4, T5
4	LED	Estándar	LED Ø 3 mm, color rojo	L1, L2, L3, L4
1	LED	Estándar	LED Ø 3 mm, color verde	L5
4	Resistencia 100 Ω	Estándar	Resistencia 100 Ω, 1/8 watt	R2, R4, R6, R8
4	Resistencia 12 Ω	Estándar	Resistencia 12 Ω, 1/8 watt	R1, R3, R5, R7
2	Resistencia 10 kΩ	Estándar	Resistencia 10 kΩ, 1/8 watt	R9, R10
2	Resistencia 1.6 kΩ	Estándar	Resistencia 15 kΩ, 1/8 watt	R11, R12
4	Resistencia 470 Ω	Estándar	Resistencia 470 Ω, 1/8 watt	R13, R14, R15, R16
1	Resistencia 220 Ω	Estándar	Resistencia 220 Ω, 1/8 watt	R17
4	Relé	Estándar	Relé doble inversor 12 VCC, 500 mA	Re1, Re2, Re3, Re4
4	Preset	Estándar	Preset 10 kΩ	P1, P2, P3, P4
2	Capacitor 0.1μF	Estándar	Capacitor cerámico 0.1 μF	C1, C2
1	Capacitor 0.01μF	Estándar	Capacitor cerámico 0.01 μF	C3
1	Diodo 4004	Estándar	Diodo 4004	D1
2	Diodo 1N666	Estándar	Diodo 1N666	D2, D3
4	CI 741	Estándar	CI 741	C11, C12, C13, C14
1	CI 555	Estándar	CI 555	C15
5	Conector	Estándar	Conector de 2 salidas	
1	Conector	Estándar	Conector de 3 salidas con polarización	
1	Conector	Estándar	Conector de 4 salidas con polarización	
5	Conector	Estándar	Conector de 2 salidas con polarización	

### Placa de la fuente de alimentación de 12 volt

#### Nomenclador del producto

Cant.	Denominación	Tipo de piezas	Material Denominación	Ubicación
1	Placa	Elaborada	Placa fotosensible positiva de 59 mm x 68 mm	
1	Bornera	Estándar	Bornera de entrada de 2 bornes, 220 V 50 Hz	RB1
1	Bornera	Estándar	Bornera de salida de 4 bornes, 220 V 50 Hz	RB2
1	Puente		Puente rectificador de 2 A, 400 V	RPu1
1	Regulador 7812		Regulador 7812	RG1
1	Regulador 317		Regulador 317	RG2
1	Capacitor 1000 $\mu$ F		Capacitor 1000 $\mu$ F, 50 V	RC1
1	Capacitor 4.7 $\mu$ F		Capacitor 4.7 $\mu$ F, 63 V	RC2
1	Capacitor 0.1 $\mu$ F		Capacitor cerámico 0.1 $\mu$ F	RC3
1	Resistencia 180 $\Omega$		Resistencia 180 $\Omega$ , 1/4 watt	RR1
1	Resistencia 220 $\Omega$		Resistencia 220 $\Omega$ , 1/4 watt	RR2
1	Preset 1 k $\Omega$		Preset 1 k $\Omega$	RP1
1	Transistor 2N3055		Transistor 2N3055	RT1

### Placa de la fuente de alimentación de 12 volt

#### Nomenclador del producto

Cant.	Denominación	Tipo de piezas	Material Denominación	Ubicación
1	Placa	Elaborada	Placa fotosensible positiva de 57 mm x 25 mm	
1	Bornera	Estándar	Bornera de entrada de 2 bornes, 220 V 50 Hz	TB1
1	Bornera	Estándar	Bornera de salida de 4 bornes, bipolar, 220 V 50 Hz	TB2
1	Relé	Estándar	Relé simple inversor 12 VCC, 500 mA	TRe1



## Herramientas:

- ⊙ Pinza universal.
- ⊙ Pinza punta plana.
- ⊙ Alicata.
- ⊙ Llaves fija.
- ⊙ Llaves tubo.
- ⊙ Sierra con arco.
- ⊙ Tijera para cortar chapa.
- ⊙ Destornillador philips.
- ⊙ Trincheta.
- ⊙ Tijera.
- ⊙ Perforadora de banco.
- ⊙ Perforadora manual.
- ⊙ Sierra caladora (opcional).
- ⊙ Torno.
- ⊙ Pistola de encolar.
- ⊙ Remachadora para remaches tipo pop.
- ⊙ Punta de trazar.
- ⊙ Macho M3, M4.
- ⊙ Escuadra.
- ⊙ Morza.
- ⊙ Limas.
- ⊙ Martillo.
- ⊙ Soldador eléctrico.
- ⊙ Tupí (opcional).
- ⊙ Mechas (medidas varias).
- ⊙ Amoladora de banco.
- ⊙ Compás de punta.
- ⊙ Prensas metálicas.

## Instrumentos:

- ⊙ Regla metálica.
- ⊙ Multímetro.
- ⊙ Calibre pie de rey.
- ⊙ Cinta métrica.

## La construcción<sup>2</sup>

Vamos a dividir el proceso de construcción en cinco etapas que van a permitirnos contar con las partes componentes del equipo **Invernadero automatizado**; pero, el orden de mención en el que planteamos esas etapas puede ser otro:

### Etapa 1.

Construcción de la base.

### Etapa 2.

Construcción de la estructura.

### Etapa 3.

Desarrollo de los circuitos impresos.

### Etapa 4.

Construcción del tablero de mando.

### Etapa 5.

Construcción de mecanismos y dispositivos para el accionamiento.

Sí, en cambio, son importantes los procesos y pasos a seguir para, luego, pasar a la secuencia de armado final, cuando tengamos “listos” todas las piezas y elementos componentes.

<sup>2</sup>Recuerde que en el CD que integra este material de capacitación hemos incluido imágenes que pueden serle útiles en este procedimiento de construcción.

## Etapa 1. Construcción de la base

Comencemos con la determinación de las piezas que conforman la estructura del apoyo del modelo.

Para ello, necesitamos cortar las siguientes piezas, a partir de la plancha de fibrofácil:

Pieza	Dimensiones (en mm)	Denominación	Cantidad
M-1	Placa de 700 x 910	Base	1
M-2	Placa de 85 x 834	Lateral largo	2
M-3	Placa de 85 x 600	Lateral corto	2
M-4	Placa de 162 x 810	Base caja control	1
M-5	Placa de 79 x 165	Tabiques intermedios	2
M-6	Placa de 85 x 810	Lateral caja control	1

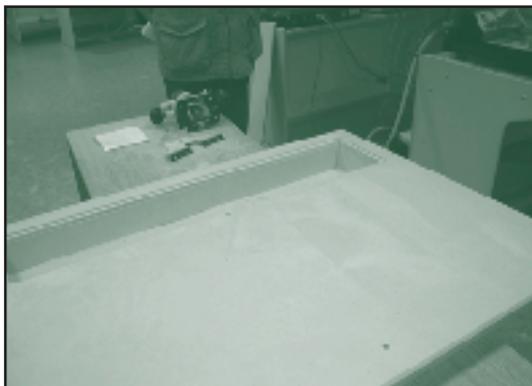
Una buena tarea para el grupo de alumnos que asume esta tarea es la de analizar el trazado de las diferentes partes sobre la plancha, para obtener su mayor aprovechamiento; esto es, el menor desperdicio posible.

### *Datos para el corte de la placa*



La pieza M-1 es la que realmente sirve de apoyo al invernadero. En nuestro modelo, realizamos una terminación en los bordes del tipo pecho de paloma, ya que contamos con un tupí manual; pero, esta operación no es imprescindible ni necesaria: la terminación queda a criterio del equipo encargado de la construcción que tenga esta tarea, la que puede consistir, simplemente, en el limado de los cantos.

Esta pieza cuenta con un calado que sirve de alojamiento para los controles y circuitos. Este alojamiento tiene las distancias y dimensiones indicados en la figura siguiente –que, por supuesto, resultan de la opción del equipo de alumnos que ha diseñado su equipo–:



El corte puede hacerse utilizando sierra manual o sierra caladora.

Luego, armamos un cajón con las piezas M-2 y M-3. Realizamos las fijaciones con tornillos para madera de las dimensiones apropiadas. A la distancia correspondiente, colocamos la placa intermedia o lateral de la caja de controles (pieza M-6) uniéndola, también, mediante tornillos.

A continuación, colocamos la base de la caja de controles (pieza M-4) en posición y, por último, los dos tabiques.



## **Etapa 2. Construcción de la estructura**

En primer lugar, comenzamos a realizar la estructura de aluminio de nuestro invernadero. Esta etapa involucra dos momentos:

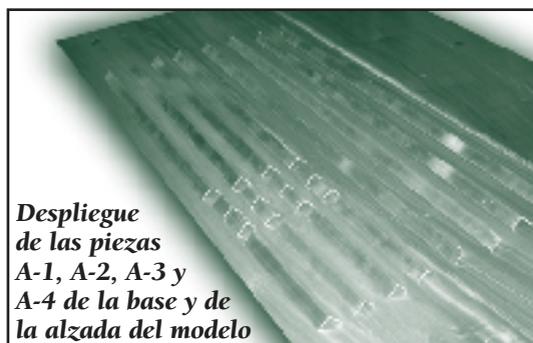
- Construcción de la base y de la alzada del invernadero.
- Construcción del techo y de la apertura cenital.

A continuación, los planteamos en este orden.

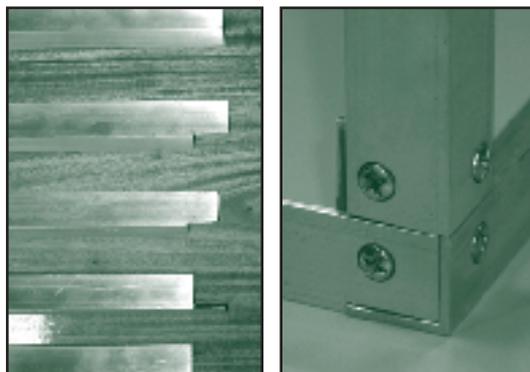
## 2.1. Construcción de la base y de la alzada del invernadero

Marcamos y cortamos los perfiles de aluminio. Las cantidades y dimensiones finales de los tramos son:

Pieza	Perfil	Dimensión (en mm)	Denominación	Cantidad
A-1	Tipo "ángulo" 20 mm de ala, 2 mm de espesor	750	Largueros laterales	4
A-2	Tipo "ángulo" 20 mm de ala, 2 mm de espesor	450	Largueros transversales	4
A-3	Tipo "ángulo" 20 mm de ala, 2 mm de espesor	185	Parantes	4
A-4	Tipo "ángulo" 20 mm de ala, 2 mm de espesor	34	Empatillado	8
A-5	Tipo "U" de 9 mm x 8 mm x 1.75 mm de espesor	190	Guía de ventana	4
A-6	Tipo "U" de 9 mm x 8 mm x 1.75 mm de espesor	410	Guía de puerta	2
A-7	Planchuela 10 mm	714	Borde pared lateral fija	2
A-8	Planchuela 10 mm	702	Borde ventana móvil	4
A-9	Planchuela 10 mm	215	Borde puerta	4
A-10	Tipo "ángulo" 20 mm de ala, 2 mm de espesor	44	Soporte portarrollos	6



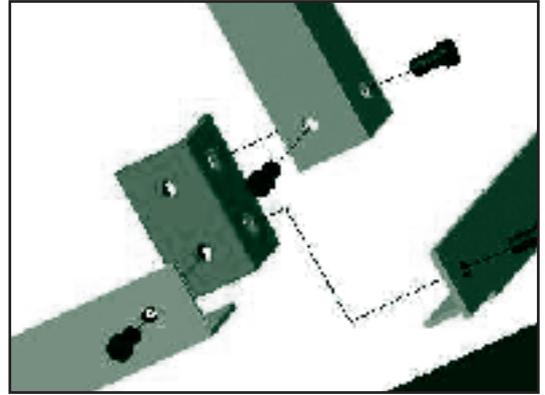
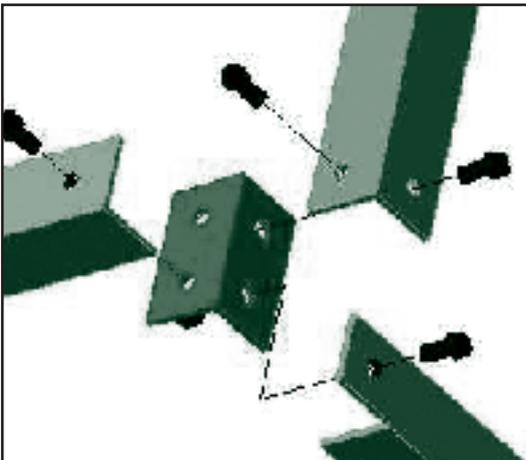
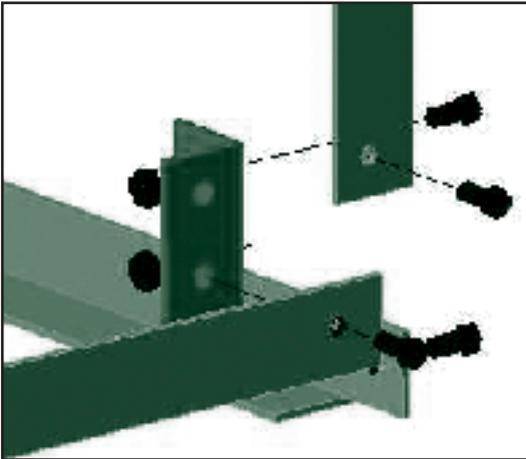
Antes de efectuar la unión con los tornillos y tuercas correspondientes, tenemos que realizar un corte del ancho del perfil (20 mm) y 2 mm de profundidad, en algunas de las alas de las piezas, para facilitar la ejecución del vínculo, sin dejar relieves. Las imágenes que mostramos a continuación pueden ayudarlo a tener una idea más acabada al respecto.



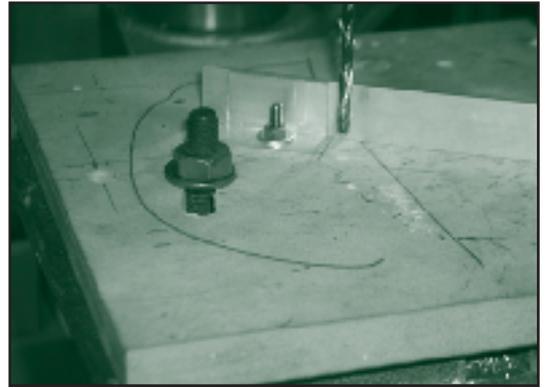
En nuestro caso, hemos realizado los cortes con sierra manual; por esta razón, el corte no es efectuado justo sobre la traza, ya que luego llevamos a la medida final mediante el limado de sus bordes. Si usted cuenta con un disco de corte, no hay necesidad del rectificad final y, entonces, el corte se realiza justo a medida.



El detalle de las uniones realizadas se muestra en las siguientes figuras:



Nos ha servido de gran ayuda asistirnos con una plantilla –puede verla en la foto–, para realizar todas las perforaciones de los perfiles en las posiciones correspondientes a cada vínculo o encuentro.



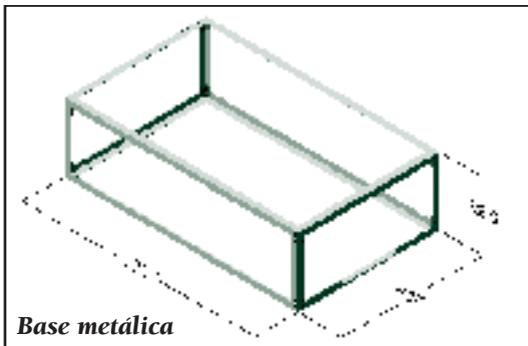
A continuación, cortamos las piezas correspondientes a esta parte de la estructura desde la plancha de policarbonato. Le sugerimos verificar las medidas una vez armada la estructura de aluminio:

Le recomendamos no quitar la cubierta protectora del policarbonato hasta el armado final, para evitar rayaduras o deterioros.

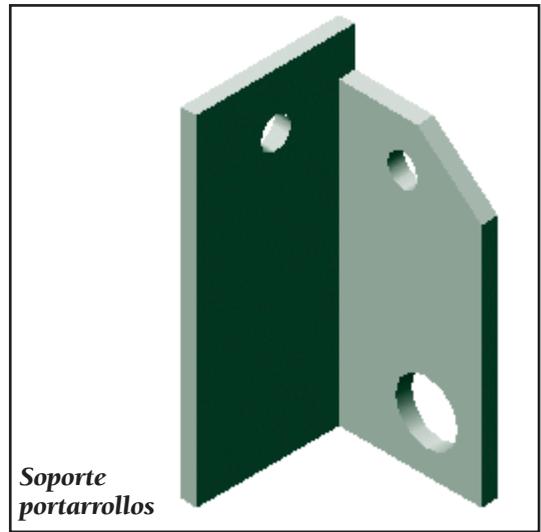
Pieza	Dimensiones (en mm)	Denominación	Cantidad
P-1	110 x 745	Pared lateral	2
P-2	440 x 218	Pared de fondo y frente	2
P-3	100 x 705	Ventana	2
P-4	110 x 215	Puerta	2

Para el armado, procedemos de la siguiente forma:

- Comenzamos armando la parte inferior de la estructura. Esto es, unimos los perfiles de aluminio (largueros laterales A-1 con largueros transversales A-2, mediante los empataillados A-4).
- Unimos la parte superior del empataillado con los parantes y, a continuación, realizamos lo mismo para la parte superior, teniendo en cuenta que ésta debe contener a las paredes del habitáculo.
- Colocamos las paredes fijas; luego, las guías de puertas y ventanas (las guías se fijan con puertas y ventanas montadas, a las cuales hemos fijado planchuelas de rigidización). Las ventanas móviles tienen los anclajes necesarios para enganchar la cuerda o tanza de izaje y descenso (dos por ventana) que se vincula al dispositivo conformado por la varilla roscada y por el mecanismo de accionamiento.



- Realizamos el rebaje necesario al soporte portarrollos utilizado para sujetar el mecanismo levantaventanas (pieza A-10):



- Mediante tornillos, unimos a la estructura a la distancia necesaria que permita que el mecanismo se mantenga en equilibrio. El sistema de accionamiento de las ventanas laterales ocupa una longitud aproximada equivalente a las tres cuartas partes de la longitud total del lado; dicha longitud se considera a partir del fondo del recinto, encontrándose un primer anclaje en este extremo, un segundo anclaje a una cuarta parte de éste y el tercero a las tres cuartas partes del fondo.
- Para la abertura correspondiente a la puerta de acceso al invernadero, realizamos un calado de 180 mm x 180 mm, centrado horizontalmente, a 10 mm de la base del piso. Efectuamos, también, el corte correspondiente en el larguero transversal.

## 2.2. Construcción del techo y de la apertura cenital

Para el techo, tenemos que disponer de las siguientes piezas:

Pieza	Perfil	Dimensión (en mm)	Denominación	Cantidad
A-20	Tipo "ángulo" 20 mm de ala, 2 mm de espesor	450	Base menor	2
A-21	Tipo "ángulo" 20 mm de ala, 2 mm de espesor	750	Base lateral	2
A-22	Tipo "ángulo" 16 mm de ala, 2 mm de espesor	535	Perímetro superior de cabreada	2
A-23	Tipo "ángulo" 16 mm de ala, 2 mm de espesor	748	Soporte mecanismo	2
A-24	Tipo "ángulo" 20 mm de ala, 2 mm de espesor	60	Soporte transversal	2
A-25	Chapa 1 mm de espesor	Base: 89, altura 35	Soporte triangular de cumbrera	2
A-26	Tipo "ángulo" 16 mm de ala, 2 mm de espesor	65	Soporte caño de cableado	2
A-27	Caño de 6,5 mm de diámetro	600	Caño pasacable 1	1
A-28	Caño de 8 mm de diámetro	600	Caño pasacable 2	1
A-29	Tipo "U" 12 mm x 12 mm	120	Mecanismo cenital 1	2
A-30	Tipo "U" 9 mm x 8 mm	65	Mecanismo cenital 2	2

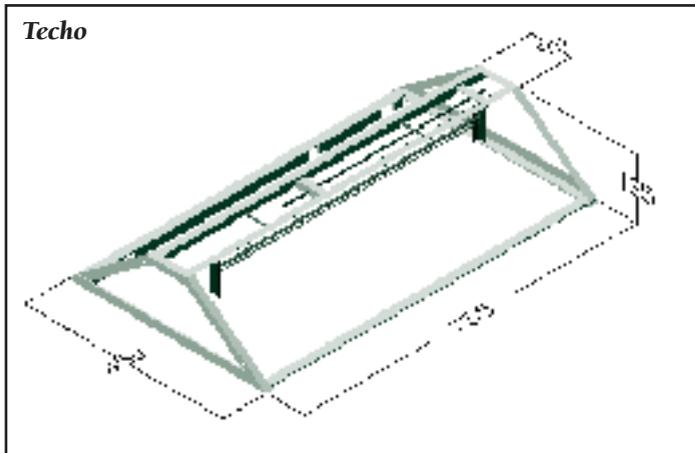
Las placas de policarbonato que corresponden a esta parte de la estructura son:

Pieza	Dimensiones (en mm)	Denominación	Cantidad
P-10	746 x 236	Lateral del techo	2
P-11	Trapezio base mayor: 446 base menor: 88; altura: 131	Frente y fondo del techo	2
P-12	755 x 120	Cenital	1
P-13	Triángulo de 90 de base x 40 de altura	Frente y fondo del cenital	2

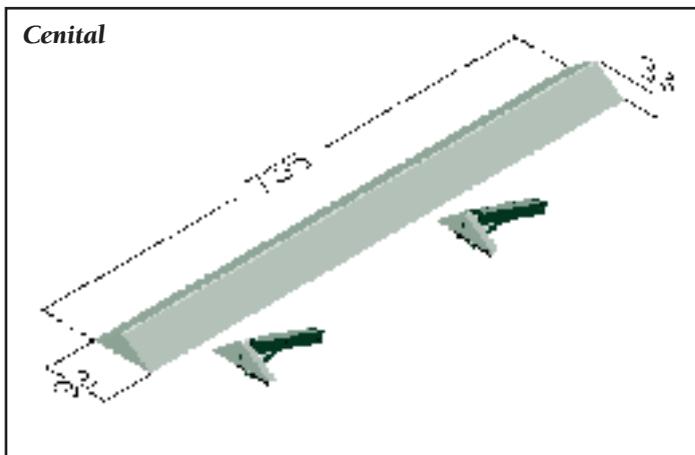
Tal como le hemos sugerido en la etapa previa, le recomendamos verificar estas medidas cuando haya prearmado la estructura metálica.

Estas piezas, con sus correspondientes medidas, se han representado en las siguientes figuras:

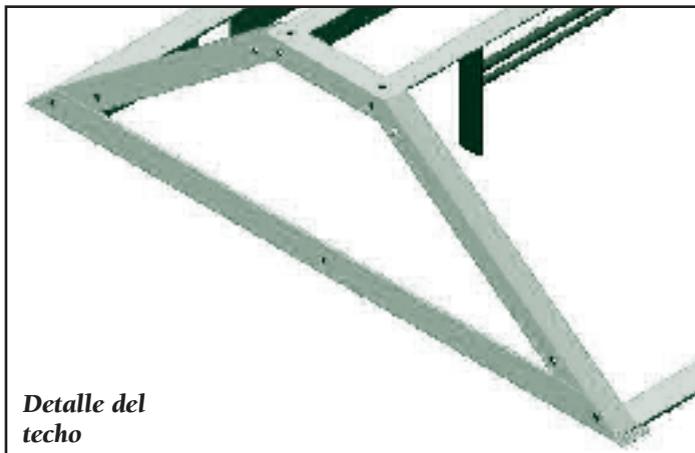
**Techo**



**Cenital**



**Detalle del  
techo**

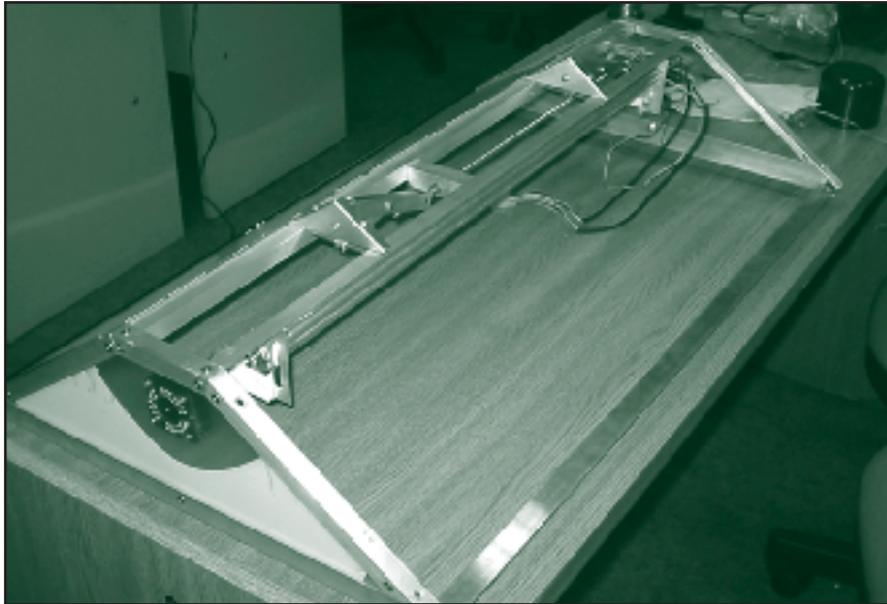


En la pared del frente y fondo del techo (pieza P-11), realizamos orificios dispuestos diametralmente, cuyo centro está ubicado, en el sentido vertical, a 70 mm de la base del trapecio y está centrado horizontalmente. En este lugar, vamos a montar, luego, los extractores –coolers–.

Los orificios destinados a la circulación de aire están inscriptos en la superficie frontal del cooler seleccionado.

La pieza A-22, parte de la cabreada, la hemos construido utilizando un único perfil. Para ello, hemos cortado dos muescas en “V” en una de las alas del perfil “ángulo” y, luego, doblamos la chapa, conformando, de este modo, la estructura cubierta. Esto también puede realizarse en tres tramos separados y unidos mediante tornillos, remaches, etc.

La placa de policarbonato que corresponde al cenital está realizada de una única pieza a la cual le hemos quitado la protección. Luego, la calentamos en su parte central para efectuar el doblado. Le recomendamos tener especial cuidado al realizar esta operación, controlando la



**Techo  
con detalles  
de la apertura  
cenital**

temperatura de calentamiento y teniendo una base rígida para la linealidad del doblez.

A modo de terminación, hemos colocado en los bordes libres de policarbonato, las vainas que se utilizan para rigidizar lomos de carpeta o mapas.

La pieza A-26 es la que sirve de soporte a los zócalos del tubo fluorescente y a los caños pasacables (piezas A-27 y A-28) que permiten alojar los conductores para alimentación, del tubo fluorescente y el extractor ubicado en la parte frontal. Por lo tanto, se fijan a la estructura a la distancia conveniente.

Las piezas A-24, soporte vertical, van colocadas entre los dos largueros centrales, a una distancia aproximada de 330 mm y 685 mm desde el borde del frente. Estas distancias dependen de la configuración y de la ubicación del mecanismo del izaje del cenital.

### Etapa 3. Desarrollo de los circuitos impresos

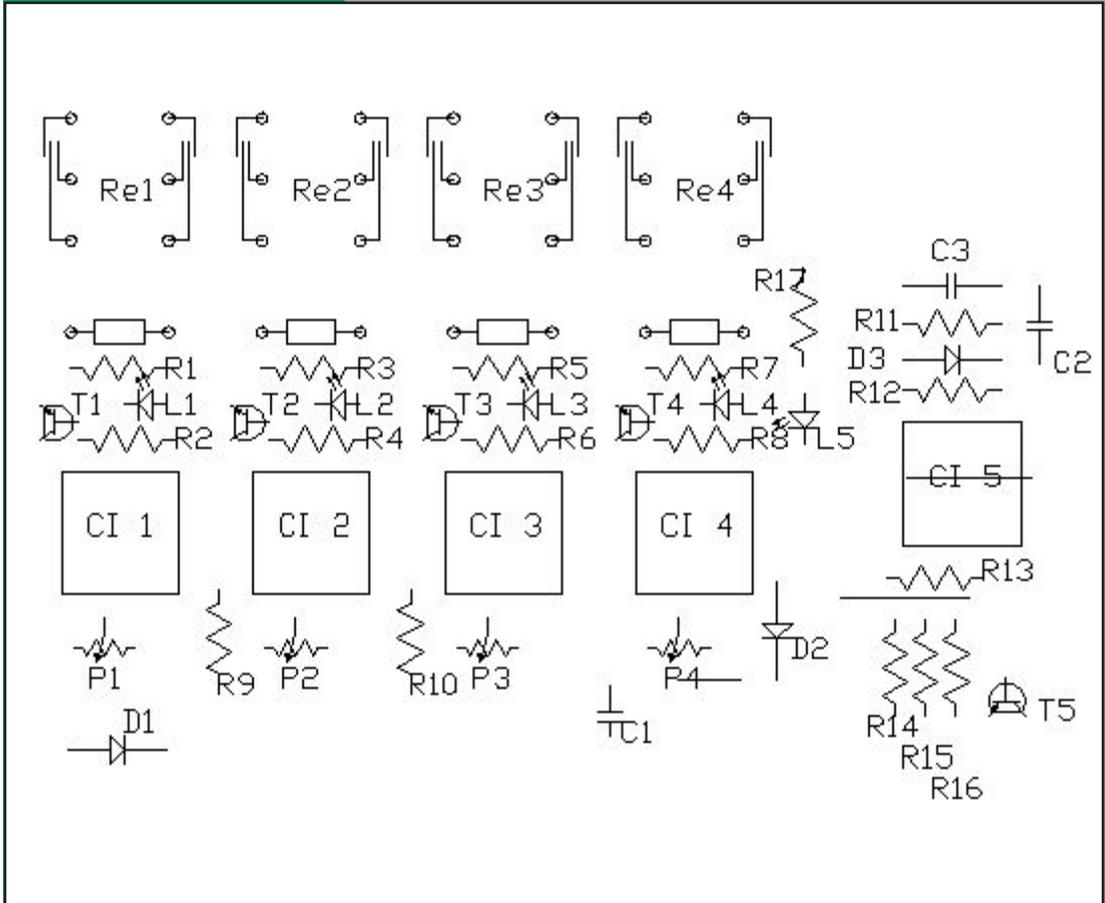
En esta parte realizamos los circuitos impresos necesarios para automatizar nuestro invernadero.

Vamos a desarrollar tres placas de circuito impreso:

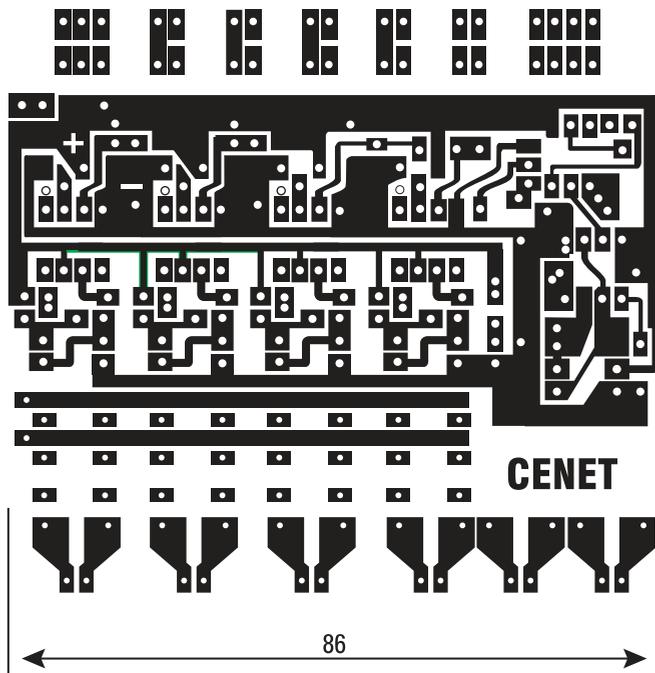
- Plaqueta de control de los automatismos.
- Plaqueta de 12 volt (Fuente regulada).
- Plaqueta de 220 volt –que alimenta al transformador (220 V–12 V) y al balasto electrónico del tubo fluorescente–.

Para cada una de ellas, a continuación, mostramos la distribución de componentes, la vista desde el lado del cobre y una foto de la placa terminada.

### 3.1. Plaqueta de control de los automatismos

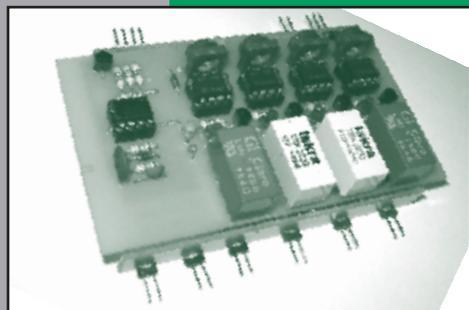


*Distribución de los componentes*

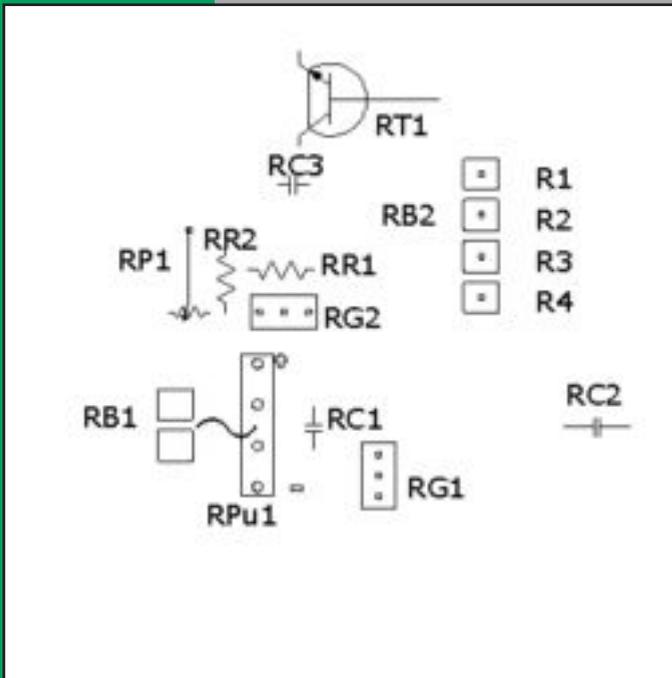


*Vista lado cobre*

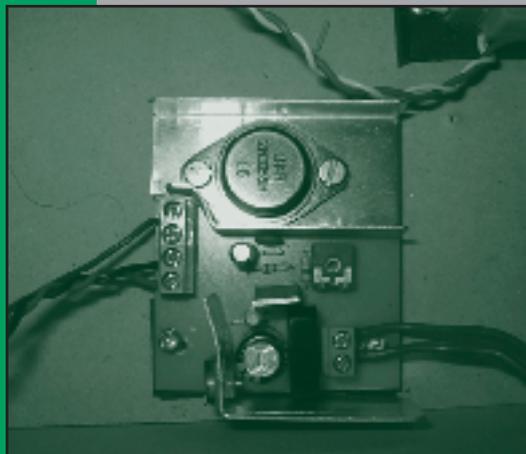
*Terminada*



### 3.2. Plaqueta de 12 volt (Fuente regulada)

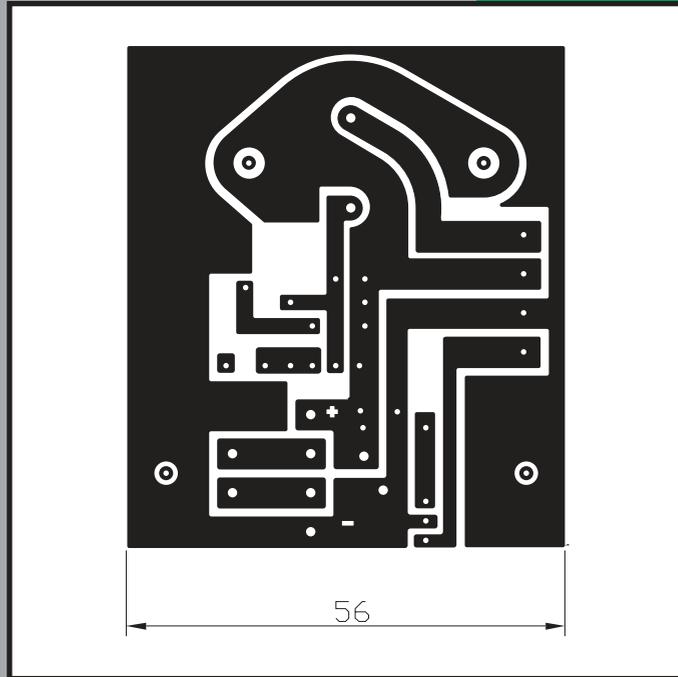


*Distribución de los componentes*



*Terminada*

*Vista lado cobre*



### 3.3. Plaqueta de 220 volt



*Terminada*

La plaqueta de circuito impreso puede realizarse de varias formas, sin que ello modifique o altere sus prestaciones. No obstante, cualquiera sea la opción seleccionada, necesitamos de un diseño del circuito. Para **Invernadero automatizado** hemos realizado el dibujo en Autocad<sup>3</sup>.

A continuación, detallamos los pasos a seguir para realizar cualquiera de las tres placas. Sólo tenemos que tener en cuenta que sus dimensiones son diferentes.

Si bien es conveniente proceder a cortar las placas antes de fotosensibilizarlas, pueden realizarse los pasos siguientes en las tres placas en forma simultánea. También puede hacerse la copia de los circuitos en una única filmina, con la debida separación entre ellos.

**Paso 1.** Para poder fotosensibilizar la placa, necesitamos tener su dibujo impreso en una filmina o transparencia. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo, fotocopiando la hoja sobre ese material. (Tenga en cuenta que de la calidad de la fotocopia depende la calidad del resultado).

Los pasos 1 a 4 corresponden a aquéllos que usted y sus alumnos van a seguir si utilizan la placa fotosensible positiva para la realización de la plaqueta de circuito impreso. Si disponen de algún otro proceso para su realización, siguen los requerimientos propios de éste.

**Paso 2.** Cortamos las placas con las dimensiones correspondientes; esto es: una de 100 mm x 80 mm, otra de 59 mm x 68 mm y de 57 mm x 25 mm.

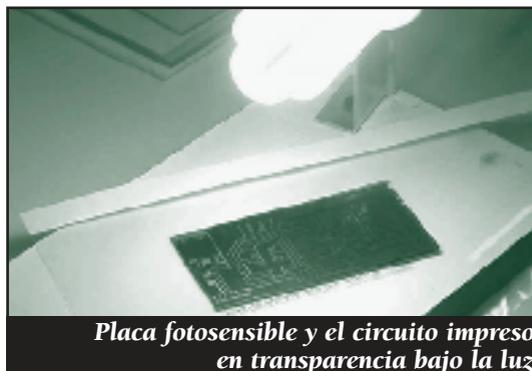
<sup>3</sup> Si usted desea conocer el software Autocad® puede dirigirse a la página: [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com). Allí obtendrá la información referida a todos los sistemas de CAD de Autodesk®.

### Secuencia de trazado, marcado y corte de la placa fotosensible



**Paso 3.** Colocamos la filmina, con el diseño del circuito del lado del cobre, sobre la placa fotosensible, a la cual le hemos quitado el film protector. Sugerimos colocar un vidrio o acrílico transparente para evitar que la filmina se deforme o se deslice. Sometemos a este conjunto a la acción de luz ultravioleta (lámpara de bajo consumo) durante un tiempo de, aproximadamente, 10 minutos.

El tiempo de exposición de la placa a la luz ultravioleta puede ser diferente al que nosotros mencionamos, ya que va a depender de las características de la lámpara. Le recomendamos probar el resultado que obtiene, tomando como base un tiempo de 10 minutos; luego, lleve la placa al revelador y compruebe si el circuito se visualiza perfectamente. De no ser así, enjuague la placa con agua, séquela y vuelva a colocarla con la transparencia, bajo la acción de la luz.



**Placa fotosensible y el circuito impreso en transparencia bajo la luz**

**Paso 4.** Retiramos la placa ya fotosensibilizada (el circuito aún no es visible) y la sumergimos en el revelador, hasta que el trazado del circuito se logre ver perfectamente.

Esta operación no tiene un tiempo determinado; es necesario seguir con atención todo el proceso. Verifique que las líneas sean absolutamente visibles; si esto no ocurre, vuelva a sumergir la placa en el revelador durante el tiempo necesario; de otra forma, podrían llegar a ocasionarse cortocircuitos entre las pistas. Una vez cumplido el revelado, enjuague la plaqueta con agua; un enjuagado antes de tiempo provoca la inacción posterior del revelador.

El recipiente utilizado para realizar esta operación es de material plástico o similar (por ejemplo, una bandeja de polipropileno como las que se usan en los supermercados). No utilice materiales metálicos.



#### **Revelado de la placa ya fotosensibilizada**

**Paso 5.** Colocamos la plaqueta obtenida en el percloruro, durante el tiempo necesario para tener perfectamente definido el circuito.

Luego, enjuagamos con agua.

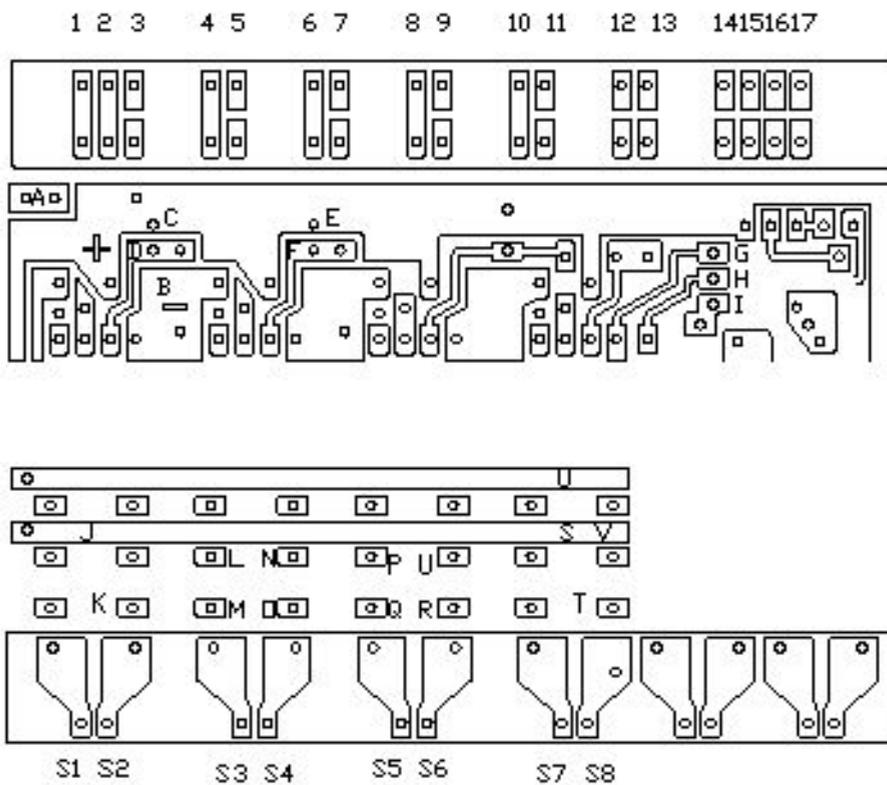
Tanto el percloruro férrico como el revelador utilizados en la realización de la plaqueta son compuestos altamente corrosivos, tóxicos y, por lo tanto, perjudiciales para la salud. No trabaje con ellos sin adoptar las medidas adecuadas. Tenga en cuenta las recomendaciones de uso brindadas por el fabricante que, seguramente, se encuentran en el cuerpo del envase y/o en el instructivo correspondiente.

**Paso 6.** Usando como referencia los centros indicados, procedemos a realizar las perforaciones correspondientes. Aconsejamos utilizar una mecha de  $\varnothing 0.75$  mm.

**Paso 7.** Ahora, colocamos y soldamos los componentes electrónicos en cada una de las plaquetas. Preste especial atención a la colocación de los transistores y LED –verificando las patas 1, 2 y 3 en el caso de los transistores, y la polaridad de los LED y del puente rectificador–. Realizamos lo mismo con los zócalos, teniendo en cuenta la posición de la pata 1 (marcada en el circuito con un punto) y, a continuación, los condensadores, relés, fichas conector, etc., según corresponda.

En nuestro caso, hemos optado por colocar conectores en las entradas y salidas de la plaqueta de control de los automatismos, para facilitar la posterior conexión de los emisores de señal y de los dispositivos de accionamiento. También –tal como puede observarse en la imagen–, hemos cortado estas partes de la plaqueta y las hemos dispuesto a  $90^\circ$  de la placa principal, realizando las uniones correspondientes mediante puentes o cables (Esto último no es imprescindible y no afecta al funcionamiento ni a la funcionalidad de la placa).

## Conexión externa



## Etapa 4. Construcción del tablero de mando

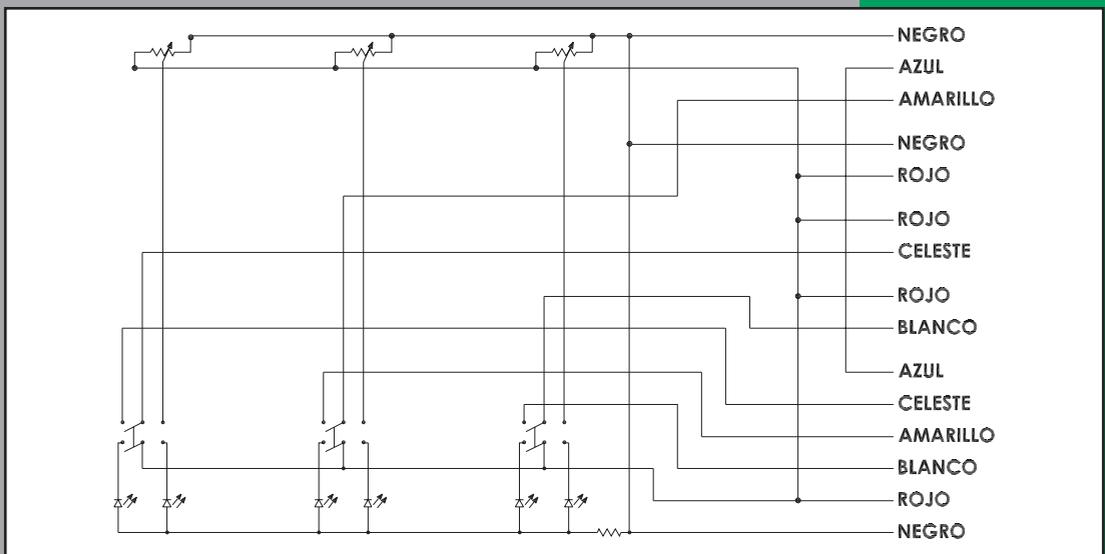
Para el tablero, utilizamos una placa de acrílico de 190 mm x 160 mm (las dimensiones de esta placa dependen del alojamiento correspondiente en la base de fibrofácil), en la cual hemos realizado las perforaciones requeridas.

Colocamos los potenciómetros, las llaves

dientes, colocamos una lámina autoadhesiva con la impresión de los controles.

Por último, fijamos las perillas en los potenciómetros.

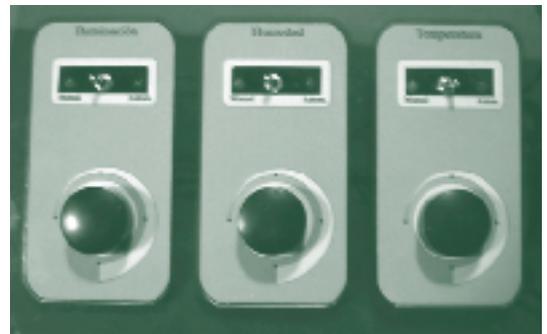
Como terminación, realizamos tapas en acrílico para cerrar, independientemente, los alojamientos correspondientes a los controles y a los circuitos.



### Conexión de componentes en el tablero de mando

selectoras y los LED. Luego, procedemos a realizar la conexión. Este tablero nos permite seleccionar entre un control automático o manual, de entre los diferentes controles de los que dispone el invernadero. En nuestro caso, tenemos tres variables a controlar: iluminación, humedad / ventilación y temperatura.

Luego de realizar las pruebas correspon-



**Tablero de control**

## Etapa 5. Construcción de mecanismos y dispositivos para el accionamiento

Nos centramos, ahora, en los dispositivos contruidos para:

- realizar la apertura y cierre de las ventanas,
- mover la apertura cenital.

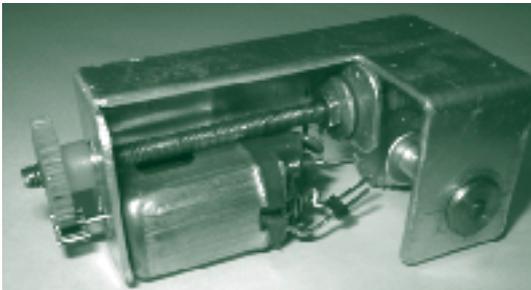
### 5.1. Sistema de apertura y cierre de las ventanas laterales

Opera a través de un accionamiento motorizado. Este accionamiento está constituido, básicamente, por dos partes:

- Motor, reductor de accionamiento.
- Mecanismos de apertura y cierre

El motor, reductor de accionamiento está constituido por un motor eléctrico de 12 VCC (volt de corriente continua) y por un mecanismo compuesto de piñón, corona y polea que, a través de dos vinculaciones, acciona los mecanismos de apertura y cierre de las ventanas laterales.

La reducción se logra por una cadena de



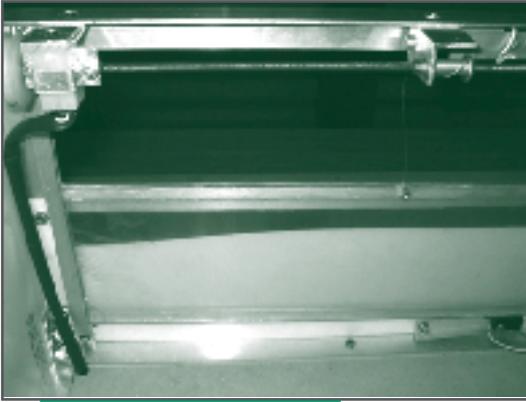
**Motor reductor de la ventana**



engranajes sin fin y corona. El conjunto está soportado en una estructura de aluminio doblado que, a su vez, sirve para sujetarlo a la estructura del invernadero.

El mecanismo de apertura y cierre está compuesto por dos sistemas. Cada uno de ellos dispone de una varilla roscada accionada por una polea vinculada al motor, reductor de accionamiento. Estos dispositivos están soportados por cada uno de los largueros laterales superiores (pieza A-1) por medio de tres soportes portarrollos (pieza A-10). El movimiento de rotación de la varilla permite el ascenso o descenso de las ventanas laterales, mediante el arrollado o desenrollado de un par de cables (en nuestro caso, utilizamos tanza) sujetos en los anclajes ubicados en ellas.





**Mecanismo ventana**

Dos finales de carrera, en la parte superior e inferior del lateral derecho del invernadero, permiten accionar o detener el motor, reductor de accionamiento; en cada caso, además, preparan la próxima secuencia de trabajo, ya sea ésta de ascenso o de descenso.

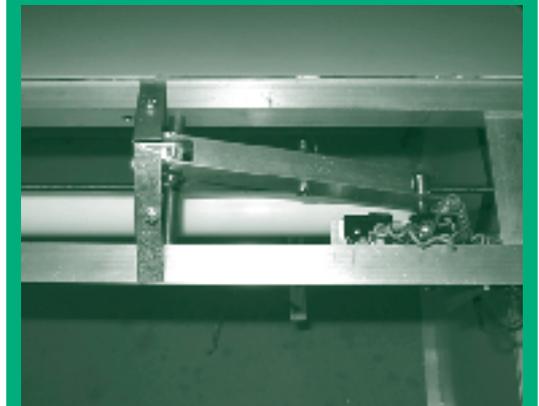
## 5.2. Movimiento de la apertura cenital

Se hace a través de un mecanismo accionado por un motor eléctrico de 12 VCC al que, por medio de sin fin y corona, se reduce; éste transmite el movimiento a una varilla rosca-da M4 que, a su vez, a través de un sistema de palancas, logra movimiento vertical. Tanto en la apertura como en el cierre, se detiene la marcha utilizando finales de carrera.

Cuando el techo está cerrado, los soportes triangulares de la cumbrera (pieza A-25) que soportan la placa de policarbonato apoyan sobre la estructura. A su vez, estos soportes se articulan con las piezas A-29 y A-30 mediante tornillos y bujes a la varilla rosca-da, permitiendo la transmisión del movimiento.

La varilla rosca-da pasa a través de una de las

alas del perfil “ángulo” de los soportes trans-versales A-24, sujetos a la estructura.



**Mecanismo cenital**

Por último, sujetamos el motor eléctrico en el lugar adecuado para que pueda transmitir su movimiento a la corona ubicada en la varilla rosca-da. Para esto, es necesario diseñar y armar un soporte que permita fijar el motor a la estructura.



También hemos colocado una ficha macho, con toma de tierra para la alimentación de 220 V 50 Hz, al equipamiento del invernadero y el correspondiente tendido de cable por la base, desde esta ficha hasta la caja de control de automatismos.

*Motor, reductor del mecanismo del cenital con soporte*

## El armado

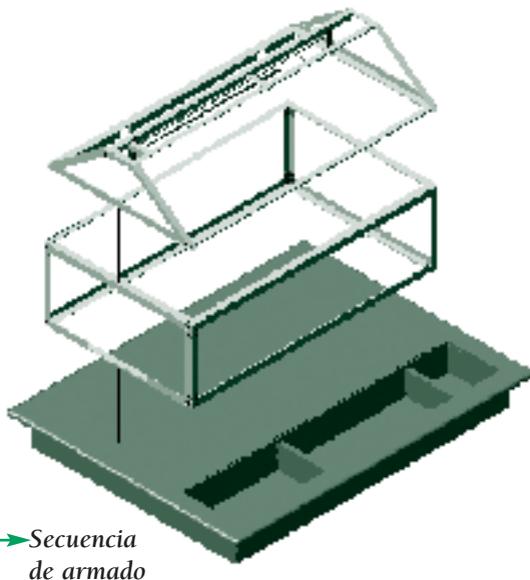
A través de las secuencias de armado, comenzamos a ensamblar todas las partes construidas.

Sobre la base de fibrofácil, ubicamos simétricamente, la alzada de aluminio, fijándola mediante tornillos para madera. Luego, colocamos sobre ésta el techo y comprobamos que “calce” perfectamente.

Dado que el techo es desmontable, puede ocurrir que durante el armado del conexionado eléctrico (sobre todo, cuando realizamos el tendido de los cables) sea necesario sacarlo varias veces de su posición final, hasta que hayamos puesto todo “a punto”.

Colocamos el soporte para los sensores. Es conveniente hacerlo lejos del frente, a un 70 % de la distancia hacia el fondo y a un 70 % de la altura a partir de la base, para que las informaciones tomadas resulten más uniformes y sean indicativas de lo que sucede en el interior del invernadero.

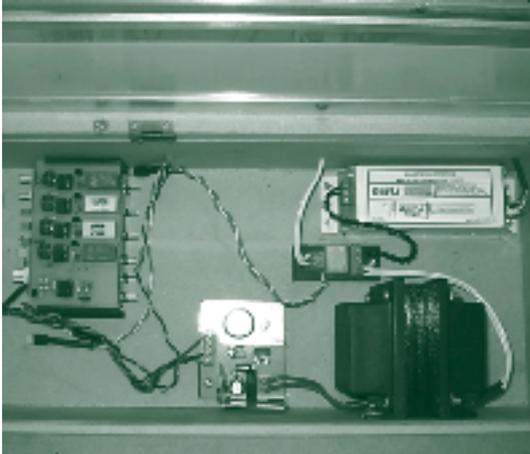
Luego, realizamos el tendido de cables co-



respondientes a los diferentes dispositivos y los pasamos por la estructura hacia la parte inferior de la base de fibrofácil. Desde allí se distribuyen hacia el tablero de control y hacia la caja de control de automatismos. En nuestro caso, hemos colocado un conector de 9 pines macho y hembra, para que sea posible desmontar el techo en cualquier mo-

mento, sin que exista riesgo de corte en los cables de conexión.

Colocamos las diferentes plaquetas de circuitos impresos, el balasto electrónico y el transformador en la caja destinada a ellos, fijándolos a la estructura con tornillos.



*Caja de control*

Hemos colocado conectores de dos o tres pines, en todos los cables que conectan la información proveniente de los sensores enviada a los dispositivos, para facilitar su conexión y desconexión; esto también puede realizarse mediante soldadura.

---

## El ensayo y el control

El modelo didáctico **Invernadero automatizado** permite controlar los dispositivos de accionamiento en forma automática –mediante la señal emitida por los diferentes sensores ubicados en su interior– y en forma manual, a voluntad del usuario.

Las variables de las que tomamos refe-

En la base de fibrofácil tenemos que realizar tres orificios para pasar los cables:

- el primero de ellos, en una de las piezas que hacen de tabique de separación de la base, para pasar los cables desde el panel de control hasta el alojamiento de los circuitos;
- el segundo, desde la caja del panel de control hacia la parte inferior de la base, para los cables que conectan los dispositivos dentro del invernadero;
- el tercero, desde la caja de ubicación de los circuitos también hacia la parte inferior de la base, para los conectores que reciben información de los diferentes sensores.

rencia son: temperatura, iluminación y humedad/ventilación.

Analicemos cómo se comporta nuestro modelo ante variaciones (Tenga en cuenta que los valores que mencionamos corresponden a un cultivo en particular y que los límites aceptados de estas variables son distintos de acuerdo con la especie):

• Nuestro modelo trata de mantener una temperatura interior del orden de los 15 °C –mínima– y 20 °C –máxima–. Cuando la temperatura ambiente supera este valor, la apertura cenital se abre, permitiendo la circulación de aire y posibilitando el descenso de la temperatura. Si la temperatura aún se mantuviera en ese nivel o lo superara por encima de los 28 °C, se abren las ventanas. Cuando la temperatura desciende, en primer lugar se cierran las ventanas y, posteriormente, el cenital.

En nuestro *kit* no hemos contemplado cómo reaccionar ante un descenso de temperatura por debajo del valor mencionado. Éste puede ser un problema tecnológico para sus alumnos: Una modificación al modelo para incorporarle calefactores ante la presencia de una situación de este tipo.

- Los rangos de variación de humedad contemplados están en el orden de los 50 % a 60 %. Cuando la humedad aumenta por sobre este valor, el modelo reacciona activando los extractores de aire; los desconecta cuando el porcentaje de humedad disminuye.
- La iluminación artificial está prevista para cuando se produzca ausencia de luz, ya sea natural –proveniente de la luz solar– o bien de luminarias existentes en el lugar donde se ubica el modelo. El tubo fluorescente en el interior del invernadero se apaga cuando la iluminación exterior alcanza un nivel determinado.

También puede observarse que el hecho de producir la apertura de cenital y ventanas ante un aumento de la temperatura influye, en alguna manera, sobre los niveles de humedad ambiente, sin necesidad de activar los extractores.

---

## La superación de dificultades

Conocemos algunos de los efectos fisiológicos del pasaje de la corriente eléctrica por el cuerpo humano y, alguna vez, hemos leído sobre algún accidente que produjo una muerte por electrocución.

Pero, nadie ha sufrido daños por electrocución con una linterna o cambiando las pilas de la radio, aunque con ellos existe contacto directo. Esto es porque funcionan con baja tensión. Por lo tanto, para valores bajos de tensión no hay riesgo de daño fisiológico, aunque exista contacto directo con la fuente

de tensión. Se recomienda que esta tensión sea del orden de los 24 volt.

Tensiones de entre 0 y 24 volt son las que obligatoriamente deben usarse en dispositivos eléctricos de uso público, como así también en configuraciones de circuitos que se utilizan en la actividad educativa, denominados MBTS –muy baja tensión de seguridad–.

Por esto, en nuestro sistema **Invernadero automatizado**, la obtención de tensión de

corriente continua para el funcionamiento de los motores y circuitos eléctricos se concreta a través de un transformador de 220 V / 12 V – 50 Hz, el que se conecta a un circuito tipo puente con diodos rectificadores y a un capacitor electrolítico en su salida, lográndose una tensión de salida de corriente continua de 17 V –valor que resulta de multiplicar los 12 V de tensión alterna (valor eficaz) por raíz de 2 (1.4142)–.

Para mantener la estabilidad de tensión de corriente continua en los circuitos eléctricos se usa el CI LM7812 que sostiene la tensión constante en 12 VCC.

Los motores utilizados para la apertura de ventanas laterales y techo cenital son de corriente continua con rotor bobinado e imanes permanentes como estator; el sentido de giro de dichos motores depende de la polaridad de alimentación y su velocidad del valor de tensión que reciben.

Para poder regular la velocidad de los

motores se utiliza un transistor 2N3055 en configuración base común, que tiene aplicados los 17 VCC por el emisor. Del colector se alimentan los motores. La tensión de base es regulada con un regulador 317.

Para mover el techo y las ventanas, es necesario bajar la velocidad de giro; pero, al disminuir la tensión de alimentación de los motores disminuye, correspondientemente, su cupla motora. Por esto se requiere utilizar un reductor mecánico constituido por un sistema de tornillo sin fin y corona.

A los efectos de aislar la operación de encendido del tubo fluorescente de los circuitos de comando (por las razones de seguridad que le mencionábamos, dado que el tubo requiere de 220 VCA – 50 Hz para su funcionamiento), se crea la placa que hemos denominado Placa de 220 V. En ella, un relé simple inversor con bobina de 12 VCC opera el circuito de alimentación al tubo fluorescente.

## 4. EL EQUIPO EN EL AULA

*Destinamos esta parte del módulo a plantearle algunas propuestas de trabajo con el equipo.*

*Presentamos el uso del modelo desde diversos puntos de vista, tales como el cultivo protegido de alguna especie comparándolo con el mismo cultivo al aire libre, la ampliación de este análisis a otras especies cuyo cultivo sea factible de realizar en nuestro modelo, el uso de automatismos en los diversos ámbitos de acuerdo con las situaciones problemáticas planteadas, las características y los criterios de selección de los materiales utilizados, etc.*

### **Producción del cultivo de lechuga para épocas otoñales y primaverales, en un ambiente al aire libre y en otro bajo cubierta**

Una vez construido el invernadero, lo utilizamos para cultivar una variedad de lechuga de hojas sueltas. Hemos elegido esta variedad debido a que –como todas las *de hoja*– permite realizar ciclos cortos y, de esta manera, aprovechar el invernadero la mayor parte del año.

La **producción de plantines** de calidad es el primer paso para llevar adelante un cultivo exitoso. Todos los esfuerzos que pongamos en esta etapa redundan en beneficios directos en el cultivo.

Comenzamos el proyecto, analizando los requerimientos la especie que vamos a producir, exigencias que van a ser resguardadas en el lugar de producción de los plantines, provisto de las comodidades para poder superar todas las dificultades.

En general, el crecimiento de las especies

hortícolas se detiene por debajo de los 12 °C y por encima de los 35 °C, con un nivel óptimo dado por los 25 °C. Durante la germinación y las fases posteriores es necesario mantener una temperatura ambiental y del sustrato adecuadas, para promover un rápido desarrollo y para evitar el ataque de agentes patógenos. También es necesario realizar un monitoreo diario para estar atentos a la aparición de insectos, ácaros o trips.

El control ambiental en la etapa posterior a la germinación hace que los plantines tengan una relación entre la parte aérea y la radicular óptima para una buena implantación. El invernadero debe garantizar, entonces, la calefacción en invierno y una adecuada ventilación en verano<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Francescangeli, N., Mitidieri, M., 1995 *El invernadero hortícola: Estructuras y manejo de cultivos*. INTA Estación Experimental Agropecuaria San Pedro.

La lechuga es una planta anual, perteneciente

**Temperaturas (°C), porcentaje de germinación (%) y tiempo promedio de emergencia (días) para distintas especies<sup>2</sup>**

Cultivo	Mínima			Máxima			Óptima		
	°C	%	Días	°C	%	Días	°C	%	Días
Lechuga	6	99	15	25	80	4	20	99	5
Pimiento	15	70	25	30	95	8	24	98	8
Tomate	14	82	22	30	83	6	24	97	6
Apio	10	70	6	25	65	7	20	97	7

a la familia de las Compositae. Su nombre científico es *Lactuca sativa* L. El nombre *Lactuca* deriva de *Lac*, que significa “leche” (en relación con el aspecto del látex que segrega al cortar alguna de sus hojas) y *sativa* porque es cultivada.

**Composición nutritiva de lechuga (100 g de producto comestible)<sup>3</sup>**

Nutriente	Lechuga
Agua (%)	95
Prótidos (g)	0.8
Grasas (g)	0.1
Hidratos de carbono (g)	2.3
Fibra (g)	-
Cenizas (g)	-
Calcio (mg)	13
Hierro (mg)	25
Sodio (mg)	1.5
Potasio (mg)	5
Vitamina A (UI)	100
Valor energético (cal)	300
Cloro (mg)	13

Es una planta anual cuyo consumo se inicia hace 2500 años, aproximadamente. Los griegos y los romanos la conocían, aunque sus variedades no se corresponden con las variedades cultivadas en la actualidad.

Es una hortaliza fresca, de bajas calorías, de alto contenido en minerales y vitaminas; es consumida todo el año pero con predominio en verano. En la Argentina, el consumo de lechuga *per capita* es de más de 15 kg/año.

Las variedades de lechuga cultivadas se clasifican en función de su morfología y de su adaptación a una determinada estación del año.

De la clasificación por grupos morfológicos, resulta<sup>4</sup>:

- **Lechugas de hojas sueltas.** Poseen hojas de 30–40 cm de largo, de aspecto variable en cuanto a la superficie y color del limbo, y al festoneado de los bordes de las hojas. Son las que cumplen el ciclo en menos tiempo en el invernadero, llegando a durar éste de 35 días en primavera–verano a 45 días en otoño–invierno.
- **Lechugas romanas** (*L. sativa* var. *longifolia* Lam.). Poseen hojas de 30–40 cm de largo, redondeadas en el ápice, con forma de cuchara, superficie algo abullonada o lisa, bordes poco ondulados, color en general verde oscuro. Las hojas forman una cabeza compacta, por lo que se suelen atar las plantas para que al final del ciclo; las hojas centrales se blanquean. El ciclo de invernadero, en otoño–invierno, es de 70–80 días.

<sup>2</sup>Francescangeli, N., Mitidieri, M., op. cit.

<sup>3</sup>Marotto, J. V. 1995. *Horticultura herbácea especial*. Mundi–Prensa. Madrid.

<sup>4</sup>García Palacios, A. 1987. *La lechuga: cultivo y comercialización*. Oikos–Tau. Citado en Francescangeli, N., Mitidieri, M., 1995. *El invernadero hortícola: Estructuras y manejo de cultivos*. INTA. Estación Experimental Agropecuaria San Pedro.

- **Lechugas de cabeza** (*L. sativa var. capitata* L.). Dentro de este grupo se encuentran variedades de hojas consistentes y de hojas blandas mantecosas. Cuando las cabezas tienen madurez comercial, las plantas tienen una altura de 20-25 cm y un diámetro de 15–20 cm.

- Dentro de las mantecosas, hay materiales de color verde claro, oscuro, con tonalidades rojizas y cabezas más o menos compactas. El ciclo en invernadero, en otoño–invierno, es de 70–80 días.
- En cuanto a las variedades de hoja consistente, se debe prestar atención a utilizar materiales adaptados al cultivo en invernadero, ya que las bajas intensidades luminosas y las altas temperaturas que pueden producirse en otoño, pueden promover la producción de hojas delgadas y largas, e impedir la formación de la cabeza.

Las temperaturas óptimas para el desarrollo de los plantines es de 15 °C durante el día y 10 °C durante la noche; para el desarrollo del cultivo, éstas varían en función de la luz disponible: Cuanto más abundante es la luz, más elevada puede ser la temperatura, que oscila entre los 16 y 20 °C para el día y los 10–12 °C para la noche. El desarrollo vegetativo se detiene por debajo de los 6 °C.

La temperatura óptima del suelo es de 10 °C; por debajo de 5 °C, no se forman raíces

nuevas. En la medida de lo posible, las temperaturas nocturnas deben rebajarse, cuanto más superen las diurnas el nivel óptimo; por eso, se recomienda ventilar los invernaderos por la noche, lo que presenta dos ventajas: las plantas se hacen robustas y las pérdidas por respiración se reducen<sup>5</sup>.

La implantación del cultivo puede hacerse por siembra directa o por trasplante. El trasplante se efectúa cuando las plantitas tienen 4-5 hojas definitivas. Esta modalidad de manejo permite obtener mayor uniformidad ya que, desde su inicio, las plantas crecen sin competencia. Sin embargo, en implantes de verano, el estrés del trasplante puede provocar retardos en el crecimiento y disminución en el lote de plantas.

¿Cómo se desarrolla nuestra experiencia de cultivo de lechuga?

La idea es que nuestros alumnos –que están abordando temas referidos a la producción de cultivos y, en especial, aquéllos que se pueden desarrollar bajo cubierta– comprueben la evolución, el crecimiento y el resultado tanto en un ambiente protegido (utilizando nuestro modelo) como al aire libre.

En nuestra experiencia para el espacio externo, elegimos un lugar reparado de los vientos que, durante el día, recibe luz solar la mayor cantidad de horas.

**Extracciones de fertilizantes para un cultivo de lechuga bajo cubierta (kg/ha)<sup>6</sup>**

Cultivo	Rendimiento	Manejo	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Lechuga	4,5 kg/m <sup>2</sup>	Invernadero, 18 pl/m <sup>2</sup>	100	50	250	-	12

<sup>5</sup>Marotto, J. V. 1995. *Horticultura herbácea especial*. Ediciones Mundi–Prensa. Madrid.

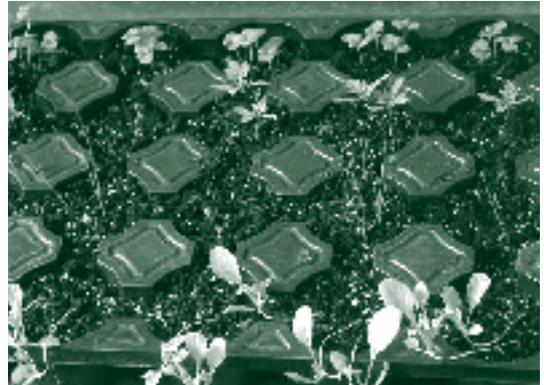
<sup>6</sup>Marotto, J.V. 1995. Op. Cit

La experiencia se lleva a cabo en dos momentos: época otoñal y primaveral, realizando el trasplante de los plantines, el 4 de mayo y el 4 de agosto, respectivamente.

Los plantines son obtenidos en bandejas y trasplantados a raíz desnuda con cuatro hojas verdaderas.

Para el cultivo, realizamos la siembra sobre un semillero. En éste, las semillas se esparcen al voleo y son recubiertas con una fina capa de tierra, procurando que en ningún caso las semillas queden en una profundidad mayor a 5 mm.

Como “bandejas de germinación” utilizamos recipientes de 20 cm de largo por 10 cm de ancho. (Nos resultan adecuadas las bandejas plásticas que se usan en los supermercados para contener galletitas).



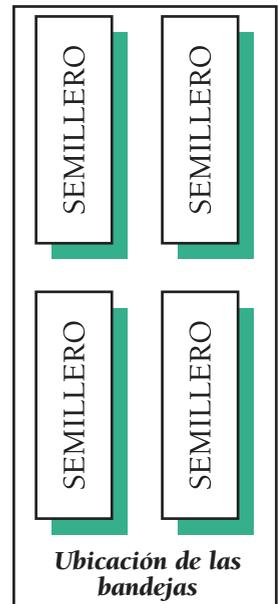
El sustrato utilizado para nuestro semillero se conforma con una mezcla. Utilizamos tres partes de tierra para almácigo, una parte de perlita y una parte de turba (Recordemos que una buena mezcla no debe ser excesivamente compacta, debe tener buena retención de agua, no debe tener niveles muy altos de nutrientes y debe estar desinfectada.)

Perforamos las bandejas para permitir su correcto drenaje, llenamos los recipientes con la mezcla preparada y sembramos las semillas. Utilizamos cuatro recipientes y un sobre de 2 gramos de semillas.

Colocamos bandejas de soporte, regándolas a todas con igual cantidad de agua (por ejemplo, un vaso), de modo tal de producir un riego por subirrigación. Las bandejas están niveladas para que el riego sea lo más uniforme posible.



Para la producción de plantines con pan de tierra, existe en el mercado gran variedad de envases que cumplen función de almácigos. Entre ellos los *speedlings*, bandejas redondas o cuadradas con celdas de capacidad variable (en general, 25 a 50 cm<sup>3</sup> de capacidad por unidad) con forma de cono invertido o piramidal. Pueden ser de diferentes materiales (plástico o de poliestireno expandido). Tanto el material como su estructura deben producir los menores daños en el sistema radicular, en el momento de la extracción de los plantines para su trasplante.



Dentro del invernadero, ubicamos las bandejas en sentido longitudinal, a lo largo de las ventanas, para que reciban más luz.



Realizamos el control ambiental<sup>7</sup> de nuestro invernadero, regulando los sensores con los valores necesarios para este tipo de cultivo:

Una vez que las plantitas alcanzan 8 a 10 cm de altura y 5-6 hojas verdaderas, efectuamos su trasplante, a raíz desnuda.

### Niveles medios para las variables: temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz artificial en la etapa de producción de plántines

Parámetro	Niveles
Temperatura (°C)	
Diurna	15-18
Nocturnas	4-6
Humedad relativa %	55-60
Luz artificial	Si en este período se mantiene una temperatura de 5 °C durante la noche y de 16 °C durante el día, con baja luminosidad, se produce una gran superficie foliar que aumenta la capacidad de asimilación. Fuera de estos valores, para uniformar la emergencia en especies de semillas muy pequeñas como las de la lechuga –que tienen pocas reservas y dependen muy pronto de la fotosíntesis–, la suplementación con luz artificial tiene efectos beneficiosos sobre el crecimiento del plantín.



<sup>7</sup> **Control ambiental.** El control ambiental está basado en el manejo adecuado de todos aquellos sistemas instalados en el invernadero –calefacción, ventilación, fertilización carbónica, luminosidad–, manteniendo los niveles adecuados de radiación, temperatura, humedad relativa y nivel de CO<sub>2</sub>. De esta manera, se obtiene la mejor respuesta del cultivo y, por lo tanto, mejoras en el rendimiento, precocidad y calidad del producto. El cultivo bajo invernadero favorece producciones de mayor calidad y rendimiento. También permite alargar el ciclo del cultivo, produciendo en las épocas del año más difíciles; se obtienen, de esta manera, mejores precios.

**Parámetros a considerar en el control climático.** El desarrollo de los cultivos, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado por cuatro factores ambientales o climáticos: temperatura, humedad relativa, luz y CO<sub>2</sub>. Para que las plantas puedan realizar sus funciones, es necesaria la conjunción de estos factores dentro de unos límites mínimos y máximos, fuera de los cuales las plantas cesan su metabolismo, pudiendo llegar a la muerte.

Regamos el almácigo con un día de anticipación y retiramos los plantines con gran cuidado, para que conserven la mayor cantidad posible de raíces. Descartamos las plantas muy débiles.



La plantación en el “terreno” definitivo se realiza con plantadores, a través de la operación simultánea de hacer el hoyo y de plantar. Para esta etapa, utilizamos envases descartables (vasitos de yogur) con sustrato constituido por una mezcla de resaca enriquecida con compost.



Regamos después de la plantación, para producir un adecuado asentamiento de la tierra alrededor de las raíces.

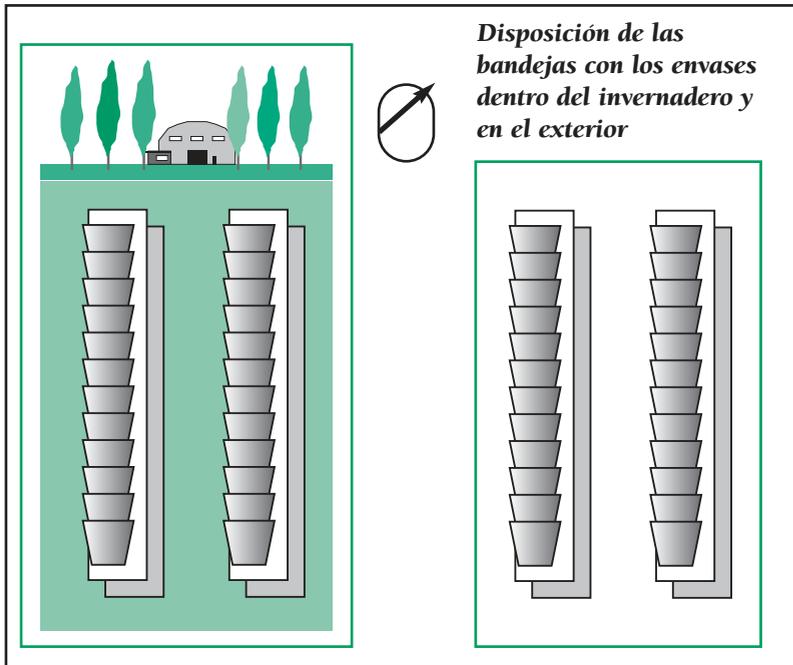


Distribuimos el total trasplantado en dos partes; una mitad se coloca en el invernadero y la otra en el exterior. Ubicamos los envases sobre bandejas de soporte y regamos todas las plantas con igual cantidad de agua. La frecuencia de riego de las plantas colocadas en el exterior depende de las condiciones ambientales naturales (temperaturas medias, cantidad de lluvia, vientos, etc.)



Es necesario controlar que el suelo cuente con una humedad constante, para mantener a la planta con un desarrollo ininterrumpido. Sin embargo, debe estar seco en superficie para evitar podredumbre del cuello y de la vegetación que toma contacto con el suelo, condiciones que favorecen la esclerotinia.

La **esclerotinia** implica la caída o el marchitamiento (*Sclerotinia sclerotiorum* y *S. Minor*). Ambas enfermedades tienen síntomas similares y pueden atacar a la lechuga en sus distintos estadios; especialmente, cuando las plantas se encuentran próximas a la madurez comercial. La infección se produce en el tallo, a nivel del suelo; las hojas seniles de plantas maduras sirven de sustrato para la colonización de los hongos. Las primeras hojas que se marchitan son las exteriores y, luego, las centrales; finalmente, muere toda la planta. Por medio de los esclerocios, los hongos pueden persistir en la tierra por varios años.



plantas pequeñas; en cambio, ocasionan daños en las hojas extremas y, a veces, en las internas de plantas que se encuentran en su madurez comercial. Estos daños favorecen la aparición de enfermedades, y disminuyen la calidad y el rendimiento comercial.

En presencia de una luminosidad mínima, aumenta notablemente el peso de la planta y el tamaño de las hojas, siempre y cuando otros factores del cultivo no sean limitantes. Cuanto

Regulamos los sensores del invernadero para esta etapa.

mayor es la luminosidad, mayor es la temperatura diurna óptima para el crecimiento.

**Niveles medios para las variables: temperatura (°C), humedad relativa (%) y luz artificial desde el trasplante hasta la cosecha**

Parámetro	Niveles
Temperatura (°C)	
Diurna	20-24
Nocturnas	7-12
Humedad relativa %	60-65
Luz artificial	7 a 10 h - 17 a 20 h

La temperatura nocturna debe bajarse cuando más excedan las temperaturas diurnas el nivel correspondiente de iluminación disponible.

El excesivo calor acelera la aparición de la etapa de floración y produce quemaduras de los extremos de las hojas, las que se tornan amargas, constituyendo cabezas poco compactas. También se produce la aparición del *tipburn* –quemadura del borde de la hoja o necrosis apical–.



Las temperaturas bajas y aún las heladas de escasa magnitud no producen daños en las

Los ciclos de cultivo se extienden entre 35 a 45 días, para la segunda siembra. Para el período de frío más intenso (mayo, junio, julio) dura entre 45 a 55 días.

Existen diferencias significativas en el rendimiento final de la lechuga cosechada en nuestro invernadero frente a la de campo, lográndose precocidad –de hasta una semana– entre el primer sistema y el segundo.



El efecto de trasplante en pleno invierno favorece el cultivo de la lechuga en el invernadero, ya que permite una rápida implantación con menores requerimientos de reposición y una mayor producción a través de pesos por planta más elevados y de menores porcentajes de descarte.

Durante el trimestre de ocurrencia de valores extremos de temperatura, los ritmos de crecimiento se equiparan. En ese período no se observa prácticamente ninguna diferencia en las velocidades de crecimiento.

Sin embargo, la velocidad de crecimiento evidencia una diferencia más pronunciada en otros momentos del cultivo debida, probablemente, a mejores valores de temperatura del suelo, estabilidad de esta temperatura y un estado hídrico más adecuado, en el cultivo de invernadero.

▶ Cuando los plantines se producen en invierno es fácil encontrar desequilibrios entre la temperatura ambiental (donde se desarrolla la parte aérea) y la temperatura del sustrato (donde se desarrolla la radicular).

En el cuadro se muestran los resultados obtenidos

**Evaluación de la producción de lechuga de hoja (*Grand Rapids*) en cultivo otoñal y primaveral, para dos fechas de siembra, en dos ambientes de cultivos –a campo y en invernadero–**

Fecha de siembra	Fecha de trasplante	Fecha de cosecha	Ambiente	Ciclo	%	Gramos		Descarte	
						Total	Promedio /planta	%	Causa
7/4/04	4/5/04	22/7/04	Invernadero	50	90	1162,6	64,58	10	Mildiu y Sclerotinia
		22/7/04	Campo	50	65	699,8	53,83	35	Sclerotinia
8/7/04	4/8/04	11/9/04	Invernadero	40	95	1286,7	68,24	5	Sclerotinia
		11/9/04	Campo	40	75	866,6	57,77	25	Sclerotinia

Ciclo En días de siembra a cosecha.

% Porcentaje de plantas cosechadas respecto de la cantidad total (20 plantas en invernadero y 20 plantas en el exterior).

Gramos Totales sobre plantas cosechadas y promedio por planta.

Descarte Expresado en porcentaje sobre el total y la causa.

Encontramos diferencias significativas entre la producción en diferentes ambientes, para las variables del peso medio por planta y de rendimiento total en cada fecha de siembra.

Las temperaturas medias diurnas y nocturnas registradas en el cultivo protegido permiten satisfacer más apropiadamente las demandas térmicas generales determinadas para la especie, que en el de campo.

Como consecuencia, se obtienen diferencias significativas en el peso por planta, en el número de plantas, en el porcentaje de descarte y en el rendimiento total.

El descarte debido a Sclerotinia muestra diferencias para la primera fecha de siembra. El descarte debido a Mildiu se mani-

fiesta en la producción de invernadero en la primera fecha de siembra. Las pérdidas debido a Sclerotinia son mayores en la producción al exterior, debido a las condiciones que se presentan durante algunas etapas del cultivo (altas temperaturas y baja luminosidad).

**Mildiu o Bremia** (*Bremia lactucae* Regel) es una enfermedad que ataca a las hojas exteriores, desmejorando la calidad de la planta. Ocurre, especialmente, con tiempo fresco y húmedo. Los primeros síntomas aparecen sobre la cara superior de las hojas, en forma de manchas angulosas, de color amarillo pálido, y de tamaño y forma variable, que pueden permanecer aisladas o hacerse confluentes abarcando grandes zonas de la superficie foliar. En el envés de las hojas y en correspondencia con las zonas cloróticas, puede observarse una eflorescencia blanca pulverulenta (conidios).





- > Por supuesto, usted puede realizar otras experiencias evaluando otras variedades de hojas, como así también realizar la producción de plantines de variedades de cabeza (Lorca, Patriot), romanas (Capri, Vicotria), mantecosas (Cóndor, Babylon), con otros ciclos y con otros requerimientos ambientales, para luego terminar su ciclo en espacios más amplios.
- > También, es posible evaluar, comparar otros cultivos: florales, aromáticas, y algunos cultivos sencillos y rápidos como, por ejemplo, de cactus.
- > Otra utilidad que damos a nuestro prototipo o modelo didáctico es la de producir plantines de distintos cultivos: albahacas, apios, puerros, copetes, caléndulas, violas, etc., que luego son trasplantados a un recinto más amplio o al aire libre.

# Otras propuestas de actividades

## 1. Análisis de automatismos

Le proponemos realizar con sus alumnos un estudio de los sistemas que se controlan o regulan en un invernadero real y cómo se podrían adaptar éstos al modelo.

Sobre la base de estos análisis, usted puede plantear a sus alumnos los interrogantes que reseñamos a continuación, vinculados al proyecto **Invernadero automatizado**, a las dos situaciones problemáticas planteadas –*Fitoterapia* y *Salón para usos múltiples*. ¿Las recuerda?– o a otro problema que sea relevante para presentar a su grupo.

### Cuestiones referidas a regulación y control:

- En un sistema invernadero, ¿existen subsistemas de regulación?
- ¿Cuáles son? ¿Qué variables regulan? ¿Son subsistemas realimentados?
- ¿Qué tipo de realimentación seleccionaríamos? ¿Por qué?
- Realice un diagrama en bloques para uno de los subsistemas de regulación identificados, señalando qué variable se regula y mediante qué dispositivo se realiza.
- ¿Para qué se utiliza el sistema de control de luz artificial? ¿Qué función cumple?

¿Por qué es necesario?

- Indique una instalación en la cual se utilice el procedimiento de activar o desactivar, en forma automática, un sistema de iluminación artificial.
- ¿Por qué es necesario regular la humedad relativa ambiente en un invernadero? ¿Cómo se logra?
- Una heladera eléctrica, ¿dispone de un sistema de regulación? ¿Qué variable física es la que se regula? ¿Qué tipo de realimentación es el utilizado?

### Referidas a los sensores:

- En un sistema invernadero, ¿existen sensores?
- ¿Cuáles son? ¿Qué variables sensan? ¿Qué tipo de magnitud física sensa cada uno?
- La información que recibe cada sensor, ¿qué tipo de señal constituye? ¿Análogica o digital?
- Existen sensores de temperatura denominados "termocuplas", ¿cuál es su principio de funcionamiento? ¿Qué tipos diferentes hay? ¿Cuál es su campo de aplicación?
- ¿Qué es un termistor PTC y un termistor NTC? ¿Cuáles son sus características

eléctricas?

- ¿Cuál es el motivo de sensar la magnitud humedad relativa ambiente?
- ¿Qué es un LDR y cuáles son sus características eléctricas? Indique una instalación eléctrica urbana donde se utilice este dispositivo sensor.

## 2. Mejorando el modelo

Durante o después de construido el modelo que hemos propuesto –o bien aquél que el grupo destinatario haya adoptado como solución a la situación problemática planteada–, usted puede, además, trabajar los siguientes aspectos:

### Cuestiones relativas a los sensores:

- Describa sobre qué dispositivos de mando operan las señales enviadas por cada sensor.
- ¿Qué nombre técnico reciben cada uno de los diferentes sensores de las magnitudes controladas, en el sistema invernadero?
- El sensor de la magnitud humedad relativa ambiente emitirá una señal de información, ¿por reducida humedad o por exceso de humedad?
- ¿Cuál es el sensor del invernadero que actúa sobre un subsistema de transforma-

ción de movimiento?

- Realice el diagrama en bloques correspondiente a diferentes subsistemas de control.
- Identifique cuál es el dispositivo sensor de la magnitud temperatura, instalado en el invernadero.
- ¿Cómo se denomina técnicamente a este dispositivo sensor? ¿Cuáles son sus características?
- El sensor en estudio, ¿es de tipo analógico o digital?
- Analice el circuito asociado al sensor instalado y explique su funcionamiento.
- Investigue sobre otros tipos de sensores de temperatura, elaborando un informe donde se detallen características, principios en que se basa su funcionamiento, campo de aplicación, etc.
- ¿Cómo funciona el sensor de nivel de luz natural?
- ¿Por qué dicho sensor requiere de un circuito asociado para la acción de encendido y apagado de las luminarias?

### Relativas a regulación y control:

- Si, de acuerdo con los requerimientos necesarios para el o los cultivos, en el interior del invernadero, el tiempo total de iluminación tiene que ser mayor de 12 horas y menor a 24 horas, con posibili-

dad de regular la cantidad de horas en dicho intervalo, ¿cuál sería la magnitud de ajuste? ¿Qué dispositivo seleccionaría, para incorporar al subsistema de iluminación artificial, que posibilite cumplir con el requisito planteado? ¿Cómo funcionaría dicho dispositivo? ¿En qué parte del diagrama en bloques estará como entrada la magnitud de ajuste?

- Realice el diagrama del circuito eléctrico (utilizando la simbología de norma), del encendido y apagado de la luminaria del interior del invernadero, incluyendo el nuevo dispositivo regulador de tiempo incorporado al subsistema.

### 3. Un sistema de calefacción

Frente al *kit* terminado, es posible considerar con sus alumnos cuál o cuáles son las mejoras a incorporar en el modelo.

Por ejemplo:

- En nuestro sistema de invernadero, si la temperatura desciende por debajo de los 15 °C, las ventanas y el cenital permanecerán cerrados. Dado que no tenemos sistema de calefacción, si el cultivo requiriese de una temperatura controlada media del orden de los 20 °C, por ejemplo, no habría forma de lograrlo según la configuración de este prototipo.

### 4. Riego automático para el equipo

Otro aspecto que no hemos abarcado en el equipo es el concerniente al riego automático que, en el *kit* ha de realizarse en forma manual.

Resultaría muy interesante que sus alumnos diseñaran y concretaran este automatismo.

### 5. Otros problemas tecnológicos

- ¿Cómo administrar nutrientes –con una determinada frecuencia y dosificación– a los cultivos que crecen en este microclima automatizado?
- Ciertas veces, la radiación solar diurna es excesiva y puede afectar al cultivo. En esos casos y para evitar este exceso, debe preverse de un sistema que contemple esta posibilidad de reducción de la radiación.
- Es oportuno incorporar al invernadero automatizado un sistema de apertura y cierre de puertas de acceso automático: la temperatura y la humedad ambiente deben mantenerse dentro de parámetros preestablecidos y si, por descuido, se deja abierto el acceso, tal estabilidad no es posible. Además, en un invernadero real es de gran ayuda contar con este sistema; sobre todo, si la persona que desea ingresar tiene las manos ocupadas.

¿Qué dispositivos, instalaciones y/o equipos pueden incorporarse para satisfacer estos requerimientos? ¿Es factible introducir en el modelo alguna de estas mejoras? ¿Qué debe modificarse? Los dispositivos a incorporar, ¿deben tener regulación? ¿Por qué?

## 6. Cambios en los materiales

En el equipo que presentamos, hemos utilizado una serie de materiales tanto estructurales como de fijación, anclajes, componentes eléctricos y electrónicos.

Consideramos que es de gran utilidad abordar con los alumnos la posibilidad de emplear otros materiales que puedan suplir a los descritos, encarando todos los aspectos que hacen al diseño, desarrollo, construcción y funcionamiento, ya sea en un modelo didáctico como en un invernadero real.

- En el equipo hemos utilizado aluminio para la estructura y policarbonato para los cerramientos. ¿Cuál es la funcionalidad del modelo si empleamos, por ejemplo, madera, hierro, plástico... para la estructura; y, para los cerramientos, diferentes tipos de vidrio, PVC, plásticos flexibles?

## 7. Acortamos tiempos

Dado que, a veces, resulta tedioso esperar

que ocurran cambios en las variables de control, en un tiempo relativamente corto, usted y sus alumnos pueden llegar a simular la ocurrencia de estos fenómenos y comprobar la respuesta del equipo ante una orden manual.

Por ejemplo, podemos suponer o simular que la temperatura del habitáculo ha ascendido por sobre el valor máximo preestablecido y comandar los dispositivos pertinentes para producir la adecuada aireación.

Para esto, utilizamos las palancas selectoras ubicadas en el tablero de control, colocándolas en modo manual. Las tres variables a controlar son independientes entre sí, de modo tal que podemos operar una o dos en modo manual, y la o las restantes en automático.

# Sus propuestas de actividades

A series of horizontal dotted lines for writing.



## 5. LA PUESTA EN PRÁCTICA

Esta parte final de nuestro módulo de capacitación contiene un cuadernillo para la evaluación del recurso didáctico que le presentamos y, de las experiencias didácticas y contenidos propuestos a partir de él:

Esta evaluación tiene dos finalidades:

- Brindarle a usted, como docente que utiliza este material, la oportunidad de documentar el seguimiento de las actividades que realice con sus alumnos, a partir de nuestras propuestas y, en función de esta memoria de acciones, propiciar una reflexión acerca de los cambios, mejoras o enriquecimiento de su propia tarea de enseñanza.
- Obtener de su parte, como usuario de este material, información sobre todos los aspectos en torno a los cuales gira la propuesta.

Para este relevamiento de información, usted encontrará, a continuación, una serie de cuestionarios organizados básicamente en tablas o matrices para completar. Con los datos que usted exprese en ellos esperamos tener una realimentación que nos permita mejorar todos los componentes de la serie de publicaciones “Recursos didácticos” y enriquecerla con propuestas o documentación complementaria para aquellos docentes que planteen iniciativas, interro-

gantes o dificultades específicas con relación a la construcción del recurso didáctico, a las actividades de aula, a los contenidos científicos y tecnológicos, a la metodología de enseñanza, a los procedimientos incluidos, a la información sobre materiales y a otros aspectos.

Dada la importancia que esta información de retorno tiene para nuestro trabajo de seguimiento, mejora y actualización, le agradecemos que nos remita el cuadernillo con todas las observaciones, comentarios o sugerencias adicionales que nos quiera hacer llegar. Para ello puede remitirnos una copia, a través de correo postal, a

Área de Monitoreo y Evaluación –CeNET–  
Oficina 112  
Saavedra 789. C1229ACE.  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.  
República Argentina.

O, si lo prefiere, solicitarnos el archivo electrónico de las páginas que siguen a [evcenet@inet.edu.ar](mailto:evcenet@inet.edu.ar), enviándonos la versión digitalizada de sus respuestas a través del mismo correo electrónico.

*Desde ya, muchas gracias.*

# Identificación del material:

Las dimensiones que se consideran para la evaluación del módulo de capacitación y del recurso didáctico son:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Nivel educativo                       | 5. Documentación                               |
| 2. Contenidos científicos y tecnológicos | 6. Otras características del recurso didáctico |
| 3. Componentes didácticos                | 7. Otras características del material teórico  |
| 4. Recurso didáctico                     | 8. Propuestas o nuevas ideas                   |

## 1. Nivel educativo en el que trabajó el material:

Nivel educativo	EGB 2	EGB 3	Polimodal (*)			Escuela técnica (*)						Trayecto técnico- profesional (*)	Formación profesional (*)	Otra (*)	
			1	2	3	1	2	3	4	5	6				
Nivel en el que usted lo utilizó															

Asignatura/espacio curricular en el que usted lo utilizó:.....  
 .....

(\*) Por favor, indique la modalidad, la orientación, la especialidad, etc.  
 .....

## 2. Contenidos científicos y tecnológicos trabajados:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





### 3. Componentes didácticos:

#### 3.1. Testimonios (situaciones problemáticas) presentados en el material

	Sí	No	Otro <sup>1</sup>
a. ¿Le resultaron motivadores para iniciar las actividades propuestas?			
b. ¿Le facilitaron el desarrollo de contenidos curriculares que usted tenía previstos?			
c. A su criterio, ¿están vinculados con el recurso didáctico que se le propone desarrollar?			
d. ¿Le facilitan la organización de situaciones didácticas para el trabajo de los contenidos científicos y tecnológicos propuestos?			
e. El nivel de las situaciones problemáticas que se plantean, ¿es el adecuado al nivel educativo para el que está previsto?			
f. En caso negativo, ¿permiten adecuaciones para ser trabajados en el nivel educativo de sus alumnos o en otro nivel educativo?			
g. Los testimonios iniciales, ¿permiten generar diferentes soluciones (soluciones tecnológicas o didácticas)?			

En caso que su respuesta sea negativa (en cualquier ítem), le pedimos que nos indique por qué (señale el número del ítem a que corresponde su comentario).....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Otro (indique el ítem al que corresponde el comentario): .....

.....

.....

.....

.....

.....

<sup>1</sup> Utilice esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la matriz.

### 3.2. Estrategias

A partir de la utilización de las propuestas de trabajo en el aula contenidas en el material y del recurso didáctico con el que se asocian, le solicitamos que nos indique (tomando como referencia su forma de trabajo anterior a disponer del material), cómo resolvió las actividades consignadas en la tabla siguiente:

3.2.1. Contextualización de la estrategia didáctica  Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:	Mejor	Igual	No aplicado <sup>2</sup>	Incorporado <sup>3</sup>
a. Determinar las capacidades, habilidades, conocimientos previos necesarios para iniciar las actividades propuestas.				
b. Organizar, asociar, relacionar los conocimientos científicos y tecnológicos para resolver un problema tecnológico.				
c. Recortar (identificar) los contenidos científicos y tecnológicos a trabajar con sus alumnos para el desarrollo de un sistema/producto tecnológico como el propuesto por el material.				
d. Vincular estos conocimientos con los saberes previos de los alumnos.				
e. Establecer la secuencia adecuada de los contenidos científicos y tecnológicos, y de los procedimientos para generar una solución tecnológica (la propuesta por el material u otra diferente).				
f. Organizar una experiencia didáctica integrando conocimientos científicos y tecnológicos, metodología de resolución de problemas y procedimientos propios del trabajo tecnológico.				
g. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

<sup>2</sup> No aplicado: No lo hizo antes ni ahora con este recurso didáctico.

<sup>3</sup> Incorporado: Integró la estrategia a sus clases a partir de la utilización del recurso didáctico propuesto.



3.2.2. Desarrollo de la estrategia didáctica	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
h. Encuadrar la tarea a partir de la formulación de uno (o varios) problemas.				
i. Explicitar consignas de trabajo que plantean una situación problemática.				
j. Organizar las actividades de aprendizaje atendiendo a las etapas propias de la resolución de problemas.				
k. Utilizar técnicas de trabajo grupal.				
l. Promover el trabajo colaborativo y cooperativo.				
m. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

3.2.3. Aspectos cognitivos (proceso de aprendizaje de sus alumnos)	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
n. Estimular a sus alumnos en la búsqueda de información e investigación en torno al problema eje del material.				
o. Promover la consulta a variadas fuentes de información.				
p. Rescatar, incorporar los aportes del grupo para identificar aspectos o variables críticas del problema.				
q. Evaluar los conflictos cognitivos propios del proceso de aprendizaje.				
r. Detectar, evaluar, la comprensión asociativa.				
s. Promover la reflexión sobre las actividades realizadas y las estrategias utilizadas en cada parte del proceso.				
t. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				



4.1.2. ¿Realizó todo el proceso de construcción del recurso didáctico con sus alumnos? (Conteste este apartado en caso de que haya construido un equipo igual al propuesto. En caso contrario, pase al apartado 5 “Documentación”)

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.1.3. En caso de que su respuesta sea afirmativa, le pedimos que nos indique:

	Sí	No
a. ¿Pudo seguir sin dificultades los procedimientos indicados en el “Manual de construcción”?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. La secuencia indicada, ¿fue la adecuada para la construcción?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. El grado de complejidad, ¿fue el apropiado para el nivel educativo a que se dirige el recurso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Los contenidos científicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Los contenidos tecnológicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Con sus alumnos, ¿construyó el recurso didáctico siguiendo el proceso y la metodología de resolución de problemas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. ¿Siguió todos los procedimientos propuestos para la construcción pero incorporó sus propios contenidos científicos y tecnológicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Por el contrario, ¿hizo adaptaciones en los procedimientos de construcción pero mantuvo los mismos contenidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. ¿Realizó la construcción siguiendo las actividades de aula propuestas en el material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. ¿Diseñó sus propias experiencias en función de su grupo de alumnos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿Completó todas las etapas del proceso de construcción propuesta?

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

En caso negativo, indíquenos a qué fase llegó:

<b>a.</b> <input type="checkbox"/> <b>Planificación.</b>	<b>b.</b> <input type="checkbox"/> <b>Diseño en dos dimensiones.</b>
<b>c.</b> <input type="checkbox"/> <b>Construcción, armado.</b>	<b>d.</b> <input type="checkbox"/> <b>Ensayo y control.</b>
<b>e.</b> <input type="checkbox"/> <b>Superación de dificultades</b> (evaluación del funcionamiento, siguiendo las indicaciones y la lista de control que brinda el material).	
<b>f.</b> <input type="checkbox"/> <b>Construcción de otro equipo que se adapta más a sus necesidades curriculares</b> (Si marcó esta alternativa, lo invitamos a responder, directamente, el apartado 4.1.5.).	

4.1.4. Complete este ítem sólo si realizó el proceso de construcción del equipo siguiendo los procedimientos indicados en el Manual. Si no fue así, lo invitamos a responder el apartado 4.1.5.

Acerca de los materiales, herramientas e instrumentos:

	Si	No
a. La especificación de los materiales para la construcción, ¿fue suficiente para conseguirlos?		
b. ¿Utilizó los mismos materiales (en calidad y tipificación) indicados en la documentación?		
c. ¿Reemplazó materiales, instrumentos, componentes, piezas, etc., sin alterar el resultado final previsto en el material?		
d. La especificación de las herramientas a utilizar, ¿le resultó adecuada?		
e. La cantidad de herramientas indicadas, ¿fue la necesaria?		
f. Los instrumentos, ¿estuvieron bien especificados?		
g. El tipo y cantidad de instrumentos, ¿fueron los adecuados para armar el recurso didáctico?		

4.1.5. En caso de que usted haya construido un recurso didáctico diferente al propuesto por el material de capacitación, le pedimos que nos indique si la razón fue:

<p><b>a.</b> <input type="checkbox"/> El propuesto no se ajustaba a sus necesidades curriculares.</p>	<p><b>b.</b> <input type="checkbox"/> No pudo conseguir los materiales o instrumentos indicados.</p>
<p><b>c.</b> <input type="checkbox"/> No pudo interpretar el manual de construcción.</p>	<p><b>d.</b> <input type="checkbox"/> Otra (Por favor, especifíquela).</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>



4.1.6. ¿Qué características específicas destacaría en este recurso didáctico diferente al propuesto por el material, que sus alumnos han construido. (Marque todas las opciones que considere necesarias):



**a.**  Se ajusta mejor a los contenidos curriculares que necesita trabajar.

**b.**  Es más económico.

**c.**  Permite su reutilización (mediante el desarme y armado, en función de necesidades didácticas).

**d.**  Es más adaptable (a diversos usos).

**e.**  Otra (Por favor, especifique): .....

.....

.....

.....

.....

**f.** Descripción del recurso didáctico construido: .....

.....

.....

.....

.....

.....

**g.** Indique las principales diferencias con el equipo propuesto (estructurales, funcionales, didácticas): .....

.....

.....

.....

.....

.....



4.2.2. Ya sea que haya desarrollado el recurso didáctico con sus alumnos según las especificaciones del material, ya sea que haya construido otro diferente o que haya utilizado un equipo ya construido, en relación con las actividades que usted venía realizando, la utilización del recurso didáctico propuesto por el material le permitió (seleccione la opción que coincida con sus experiencias):

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso didáctico le permitió a usted, como docente:	Mejor	Igual	No aplicable <sup>4</sup>	Otro <sup>5</sup>
a. Integrar contenidos científicos y tecnológicos en la solución de situaciones problemáticas de carácter tecnológico.				
b. Diseñar situaciones de enseñanza y de aprendizaje centradas en la resolución de problemas tecnológicos.				
c. Planificar y promover en sus alumnos la organización del trabajo (planificación y secuenciación de tareas), según el proceso tecnológico.				
d. Favorecer la identificación de aspectos o variables críticas de una situación problemática.				
e. Organizar las actividades de manera que facilite la toma de decisiones por parte de los alumnos (determinación y selección de alternativas, opciones de diseño, materiales, etc.).				
f. Organizar la actividad de sus alumnos en función de soluciones diversas a los problemas planteados.				
g. Agregue otras que usted considere haber logrado de una mejor manera con este recurso didáctico				

<sup>4</sup>NA: No aplicable; es una actividad que no realizó antes ni ahora.

<sup>5</sup>Otro: Recuerde utilizar esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la tabla.

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso le permitió a los alumnos (habilidades intelectuales):	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
Capacidad de planificar				
h. Identificar variables o aspectos fundamentales de un problema tecnológico.				
i. Organizar su trabajo en etapas (identificar y seguir la secuencia de operaciones de un proceso).				
j. Ejecutar las actividades en los plazos o etapas previstas.				
k. Seleccionar materiales, herramientas y piezas, de acuerdo con las necesidades del diseño.				
l. Anticipar y resolver dificultades que podrían surgir en el proceso.				
m. Prever puntos críticos de todo el proceso.				
n. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				







## 5. Documentación (Material teórico, manual de procedimientos y propuestas didácticas):



5.1. ¿Cómo calificaría los aportes del material recibido (encuadre y desarrollo teórico, y experiencias propuestas para el aula)?

	MV <sup>6</sup>	V	PV
a. Por su potencialidad didáctica (sugerencias, propuestas de trabajo en el aula, papel motivador, etc.).			
b. Para sus necesidades curriculares (desarrollo de los contenidos y experiencias previstas en su planificación).			
c. Para organizar, planificar, concretar experiencias didácticas relacionadas con problemas de Educación Tecnológica.			
d. Para renovar, actualizar, ampliar (subraye el que se ajusta más a su experiencia) los contenidos que desarrolla en su área/ disciplina.			
e. Para trabajar conocimientos científicos y tecnológicos de manera asociada a un problema tecnológico.			
f. Para organizar experiencias de aprendizaje en torno a la utilización de recursos didácticos.			
g. Para utilizar un recurso didáctico en el marco de experiencias didácticas organizadas en función de la resolución de problemas.			
h. Para integrar mejor contenidos científicos y tecnológicos en la solución de problemas de carácter tecnológico.			
i. Para estimular la generación creativa de otros recursos didácticos.			

Otras (Especifíquelas, por favor)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<sup>6</sup> Escala= MV: Muy valioso / V: Valioso / PV: Poco valioso

## 5.2. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del recurso didáctico

En caso de que haya seguido los procedimientos contenidos en el Manual (ya sea para hacer un equipo igual o uno diferente al propuesto), le pedimos nos indique si:

	Sí	No	Otro
a. ¿Pudo seguir todos los procedimientos descritos, sin dificultad?			
b. ¿La secuencia descrita le resultó la adecuada?			
c. ¿La secuencia establecida le planteó alternativas según algún criterio (disponibilidad de los materiales, trabajo de contenidos específicos, etc.)?			
d. ¿La finalidad (para qué sirve) del equipo está indicada con claridad?			
e. ¿Se establecen cuáles son los contenidos (científicos o tecnológicos) que se asocian al equipo a construir?			
f. ¿Se determina la relación entre conocimientos implicados, procedimientos a seguir, materiales a utilizar y experiencias posibles de realizar?			
g. ¿Considera que la relación anterior es pertinente (es la que corresponde) para la construcción que se propone?			
h. ¿La descripción de los procedimientos le facilitaron la organización de las experiencias de trabajo con sus alumnos?			
i. ¿Pudo seguir las indicaciones para la puesta en funcionamiento?			
j. ¿Todas las indicaciones para el uso son claras?			

Por favor, fundamente sus respuestas negativas o agregue los comentarios que crea pertinentes (identifique el ítem a que se refiere):

.....

.....

.....

Otro (identifique con la letra que corresponda el ítem sobre el que hace observaciones)

.....

.....

.....









## 7. Otras características del material teórico:

¿Cómo calificaría el diseño del módulo escrito (desarrollo de contenidos científicos y tecnológicos, y propuestas de experiencias didácticas)?

	MB <sup>7</sup>	B	R	M
a. Formato gráfico del material (distribución del contenido, márgenes, distribución de texto e imágenes, inserción de gráficos, diseño gráfico global, etc.).				
b. Lenguaje utilizado (claridad, adecuación al destinatario).				
c. Organización (secuencia entre cada parte).				
d. Adecuación al destinatario (evidencia que se toma en cuenta que es un material para ser trabajado en un ámbito escolar).				
e. Pertinencia de los conocimientos científicos con las problemáticas planteadas.				
f. Pertinencia de los conocimientos tecnológicos con las problemáticas planteadas.				
g. Vinculación (pertinencia) del recurso didáctico que propone con las situaciones didácticas planteadas.				
h. Congruencia (vinculación) de los contenidos propuestos con el recurso didáctico.				
i. Aporte metodológico para enriquecer sus estrategias didácticas.				
j. Aporte teórico (en general) para su trabajo docente.				
k. Valor motivador para el trabajo con sus alumnos.				
l. Valor orientador para generar sus propios recursos didácticos.				
m. Concepción innovadora para el trabajo didáctico en la educación técnico-profesional.				

Si marcó la opción “Malo”, le pedimos que nos explique por qué:

.....

.....

.....

<sup>7</sup> Escala= MB: Muy bueno / B: Bueno / R: Regular / M: Malo



## 8. Propuestas o nuevas ideas:

Tanto para los autores de este material, como para el CeNET como institución responsable de su elaboración y distribución, una de las finalidades más importantes es suscitar en los educadores nuevas ideas, aplicaciones o propuestas creativas a partir de la lectura o el trabajo con el módulo.

En función de ello, le solicitamos que nos indique:

Si a partir del módulo (contenido teórico y recurso didáctico) usted, en su calidad de (marque todas las opciones que correspondan):

a. <input type="checkbox"/> docente a cargo de un grupo de alumnos	b. <input type="checkbox"/> directivo
c. <input type="checkbox"/> responsable de la asignatura: .....	d. <input type="checkbox"/> lector del material
e. <input type="checkbox"/> otro (especifique): ..... .....	

ha generado nuevas ideas o propuestas:

Respecto de los contenidos (independientemente del recurso didáctico):

	Sí	No
a. Organización de su asignatura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Contenidos científicos y tecnológicos (formas de asociarlos, ampliarlos, desarrollarlos, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Planificación de las experiencias didácticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Trabajo con resolución de problemas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Otras (Por favor, especifique en qué ámbitos ligados con los contenidos ha generado estas nuevas ideas o propuestas):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Si su respuesta fue afirmativa le pedimos que la amplíe:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



En relación con el recurso didáctico. Le pedimos que nos relate (libremente) las nuevas ideas o propuestas que el trabajo con este material le ha suscitado:



A series of horizontal dotted lines providing space for the user to write their responses to the prompt above.



Títulos en preparación de la serie “**Desarrollo de contenidos**”.

- Colección: **Tecnología química en industrias de procesos**
  - El aire como materia prima
  - El azufre como materia prima
  - Los minerales como materia prima –bauxita y minerales de hierro
  
- Colección: **Construcciones**
  - Construcción de edificios. Cómo enseñarla a través de la resolución de problemas
  - Construcciones en hormigón armado: tecnología, diseño estructural y dimensionamiento
  
- Colección: **Telecomunicaciones**
  - Técnicas de transmisión banda base aplicadas a redes LAN y WAN
  - Cálculo de enlaces alámbricos
  
- Colección: **Materiales**
  - Fundamentos y ensayos en materiales metálicos
  
- Colección: **Tecnología en herramientas**
  - Historial de las herramientas de corte
  - Diseño y fabricación de herramientas de corte
  
- Colección: **Electricidad, electrónica y sistemas de control**
  - Instalaciones eléctricas
  - Familia TTL (Lógica transistor-transistor)
  - Familia lógica CMOS



MINISTERIO *de*  
**EDUCACIÓN**  
CIENCIA y TECNOLOGÍA  
PRESIDENCIA *de la* NACIÓN



Argentina

**ineti**  
*Instituto Nacional de  
Educación Tecnológica*