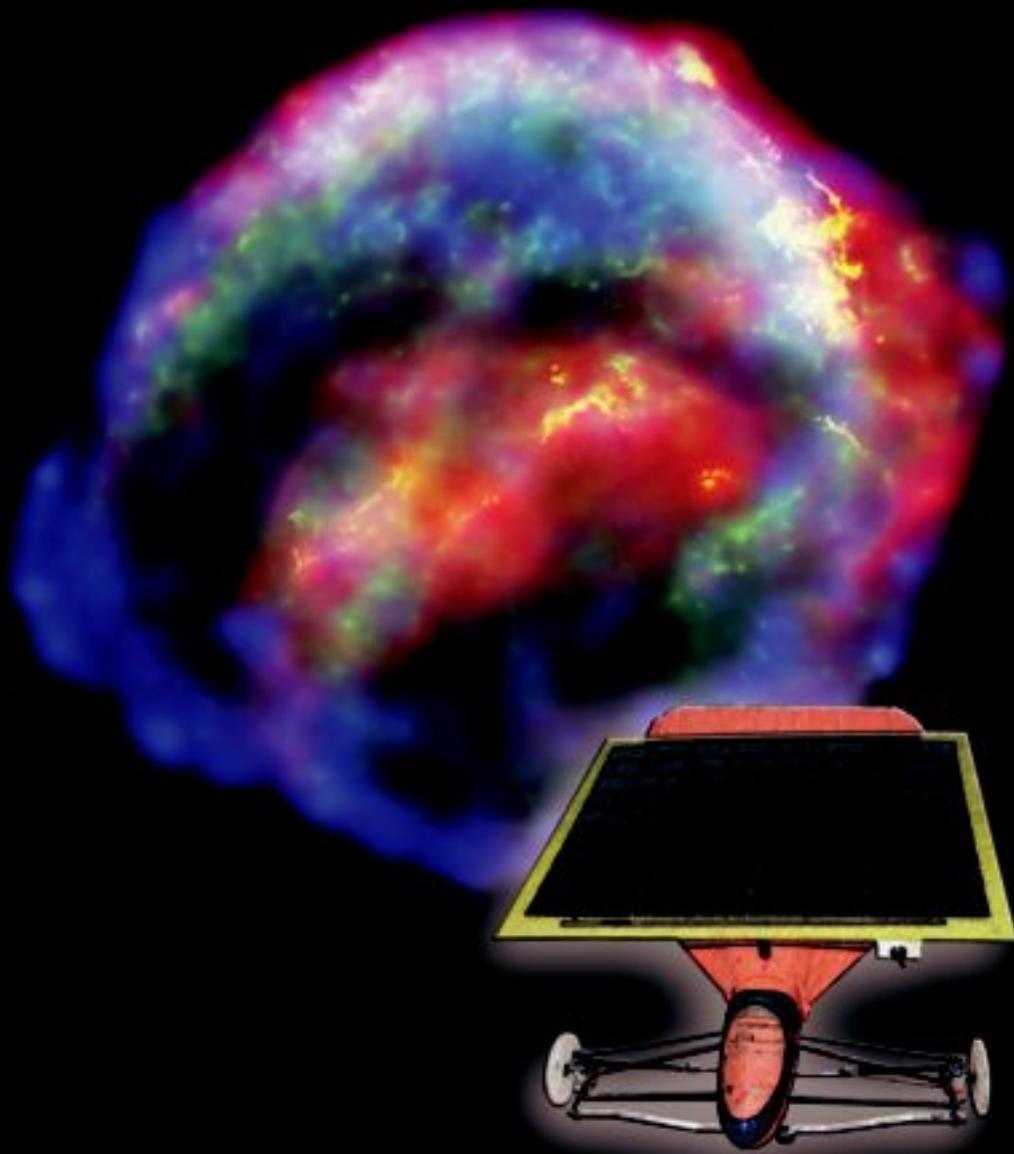




Auto solar



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

DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Lic. María Rosa Almandoz

DIRECTOR NACIONAL DEL CENTRO NACIONAL DE
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Lic. Juan Manuel Kirschenbaum

Auto solar

Marta Cristina Moyano
Gabriela Alejandra Iñigo

Colección Serie "Recursos didácticos".
Director del Programa: Juan Manuel Kirschenbaum.
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 950-00-0531-X

Moyano, Marta
Auto solar / Marta Moyano y Gabriela Iñigo;
coordinado por Juan Manuel Kirschenbaum.
- 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2006.
152 p.; 22x17 cm. (Recursos didácticos; 22)

ISBN 950-00-0531-X

I. Energía Solar. 2. Auto Solar. I. Iñigo, Gabriela.
II. Kirschenbaum, Juan Manuel, coord. III. Título

CDD 621.312 44

Fecha de catalogación: 3/01/2006

Impreso en MDC MACHINE S. A., Marcelo T. de Alvear 4346 (B1702CFZ), Ciudadela,
en marzo 2006

Tirada de esta edición: 2.000 ejemplares

Serie: “**Recursos didácticos**”

- 1 Invernadero automatizado
- 2 Probador de inyectores y de motores paso a paso
- 3 Quemador de biomasa
- 4 Intercomunicador por fibra óptica
- 5 Transmisor de datos bidireccional por fibra 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
- 11 Biodigestor
- 12 Entrenador en lógica programada
- 13 Entorno de desarrollo para programación de microcontroladores PIC
- 14 Relevador de las características de componentes semiconductores
- 15 Instalación sanitaria de una vivienda
- 16 Equipamiento para el análisis de estructuras de edificios
- 17 Cargador semiautomático para máquinas a CNC de accionamiento electroneumático
- 18 Biorreactor para la producción de alimentos
- 19 Ascensor
- 20 Pila de combustible
- 21 Generador eólico
- 22 Auto solar
- 23 Simuladores interconectables basados en lógica digital
- 24 Banco de trabajo
- 25 Matricería. Matrices y moldes
- 26 Máquina de vapor
- 27 Sismógrafo
- 28 Tren de aterrizaje
- 29 Manipulador neumático
- 30 Planta de tratamiento de aguas residuales

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 educativas 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–:

- *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– delinearon 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.

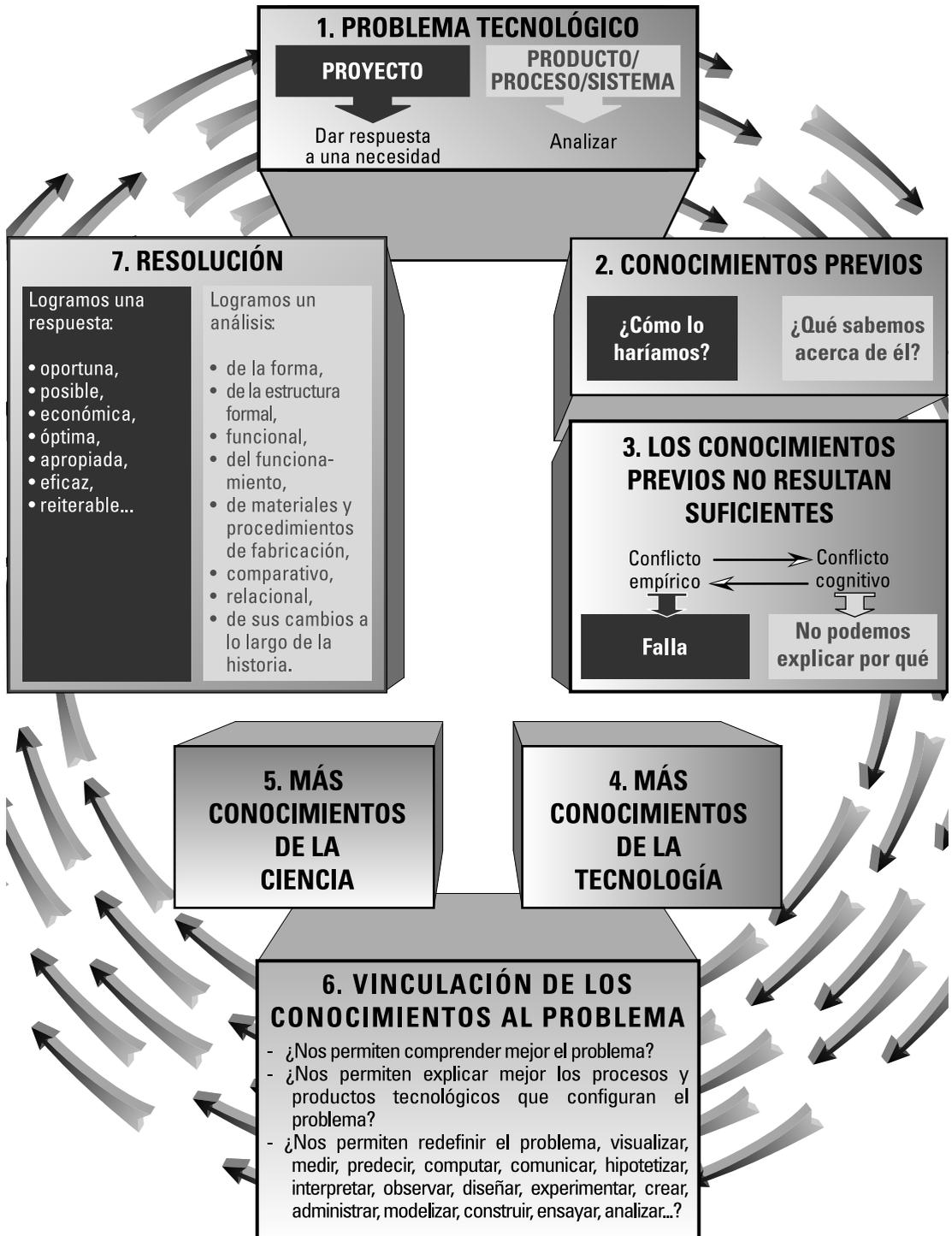
3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo.

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-

nentes. 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



22. Auto solar

Este material de capacitación fue desarrollado por:

Marta Cristina Moyano

Profesora en Matemática, Física y Cosmografía. Actualmente, es vicedirectora y profesora de la Escuela de Educación Técnica N° 3 de Mar del Plata, en la provincia de Buenos Aires. Se ha desempeñado como docente de escuelas técnicas durante más de treinta años. Ha realizado trabajos de consultoría para UNESCO, ICASE -*Internacional Council of Associations for Science Education*- e ICI -*Imperial Chemical Industries*-, en educación científica y tecnológica; especialmente, como revisora y editora de materiales para la enseñanza de la ciencia y la tecnología. Se ha desempeñado durante ocho años como representante de ICASE para América Latina y el Caribe. Actualmente, es Jefe del Comité de Asuntos Españoles. Autora de diversos libros, entre otros: *Prospectiva de la educación técnica en el MERCOSUR* (1994. CINTERFOR OIT - Centro Interamericano de Investigación y Documentación sobre Formación Profesional, Organización Internacional del Trabajo-).

Gabriela Alejandra Iñigo

Profesora en Ciencias de la Educación. Actualmente, es profesora en la EET N° 3 de Mar del Plata. Se ha desempeñado durante más de quince años en actividades relacionadas con la educación científica y tecnológica, en el ámbito nacional e internacional, habiendo realizado trabajos de consultoría para UNESCO, ICASE e ICI. Actualmente, es Jefe del Comité de Comunicaciones y Publicaciones de ICASE e integra la Comisión Nacional de DAASE -Desafío Argentino de Autos y Lanchas Solares a Escala-

Dirección del Programa:
Juan Manuel Kirschenbaum

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

Retoques fotográficos:
Roberto Sobrado

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	IV
Las acciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica	VI
La serie “Recursos didácticos”	VII

1 Problemas tecnológicos en el aula	4
• El recurso didáctico que proponemos	
2 Encuadre teórico para los problemas	7
Energía	
• Formas de energía	
• Transformación de energía	
• ¿Qué son energías alternativas y/o limpias?	
• ¿Cómo se produce la energía eléctrica a partir del Sol?	
Auto solar	
• Auto solar a escala	
• Optimizando el rendimiento del auto solar a escala	
3 Hacia una resolución técnica.	
Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo	63
• El vehículo	
• El diseño	
• Las partes	
• Los materiales	
• Los instrumentos y las herramientas	
• La construcción y el armado	
• El ensayo y el control	
• La superación de dificultades	
4 El equipo en el aula	101
• Modificaciones y adaptaciones	
• Otros vehículos	
• Otros usos de la energía solar	
• Bibliografía	
5 La puesta en práctica	112

1. PROBLEMAS TECNOLÓGICOS EN EL AULA

En un país tan diverso como la República Argentina, las situaciones que pueden presentarse en el proceso de enseñanza y de aprendizaje son igualmente diversas y variadas.

De todas las posibles, le presentamos cuatro situaciones diferentes, factibles de producirse en el aula.

Pensemos en una escuela de frontera de la provincia de Mendoza a la que no llega el tendido eléctrico y en la que el uso de un generador no es conveniente -porque es difícil conseguir combustible, ya que la estación de servicio más cercana está a más de 30 km-.

Allí se plantea una clara necesidad, ya que en invierno oscurece temprano y se necesita luz artificial, entre otras cosas, para el normal funcionamiento de la escuela.

Por tanto, existe un problema a resolver y los profesores invitan a los estudiantes a reflexionar sobre las posibles soluciones. Esta situación a superar los lleva a analizar los distintos tipos de energía.

Además, en esta provincia, la empresa distribuidora de energía eléctrica ofrece la posibilidad de instalar paneles solares para la obtención de electricidad, a las casas de zonas a las que no llega el tendido eléctrico.

En este contexto, los estudiantes se plantean la posibilidad del uso de la energía solar para solucionar el problema de suministro eléctrico en la escuela.

El costo de realizar un equipo para probar los beneficios del uso domiciliario de la energía solar, es elevado; pero, los docentes del área de Tecnología plantean su uso en otros ámbitos como, por ejemplo, el transporte¹.

Escuela rural argentina, abastecida con paneles solares



¹ Programa Escuelas Rurales 2000.
www.cba.gov.ar/nota.jsp?idNota=2592

Profesores del área de Sociales se encuentran analizando con estudiantes de una escuela técnica, la crisis existente con las empresas proveedoras de combustibles convencionales, debido a la reducción de las reservas petrolíferas en el mundo, crisis que afecta a distintos ámbitos de la sociedad, particularmente al transporte.

El profesor de "Tecnología de los materiales" de ese mismo curso, aprovecha esta circunstancia para relacionar el problema con contenidos de su propio espacio curricular: energías no convencionales y su uso.

Dada la extensión del tema y sus posibles aplicaciones, y que este curso pertenece a la modalidad de *Equipos e instalaciones electromecánicas*, el docente recurre a sus colegas para relacionar los contenidos en un proyecto común que abarque contenidos de otros espacios.

Proponen, así, a los alumnos que busquen información sobre el uso y aplicaciones de las distintas formas de energía, en particular la solar.

Estudiantes de *Industrias de procesos* están realizando análisis de los niveles de contaminación ambiental en su localidad debido a la emisión de gases a la atmósfera y comparando estos datos con los niveles en otras ciudades del mundo.

Entonces, se plantean la necesidad de buscar alternativas para reducir estas emisiones contaminantes. Surge, así, la posibilidad del uso de energías alternativas, también llamadas energías limpias.

Docentes de "Química" recurren a colegas de "Electrónica" y de "Automotores" para el desarrollo de un proyecto tecnológico en conjunto.

Están pensando en un recurso didáctico eficiente para plasmar esta idea.

Un grupo de alumnos toma conocimiento de la existencia de una competencia nacional e internacional, en la que estudiantes presentan autos y lanchas solares a escala. Recurren, entonces, a sus profesores para desarrollar un vehículo que forme parte de la carrera.

Los estudiantes analizan distintos tipos de placas e integran contenidos sobre energía solar y su aprovechamiento.

Los profesores les proponen que se dividan en distintos grupos; así, algunos podrán desarrollar un auto solar y otros una lancha, de modo que puedan participar en distintas categorías. Van a conseguir los reglamentos, para trabajar con las restricciones que allí se presentan, y a tener en cuenta todas las variables para la construcción del equipo, para obtener el mejor rendimiento del vehículo desarrollado y contar con posibilidades de participar de la competencia.

**Competencia argentina
de autos solares a escala**



El recurso didáctico que proponemos

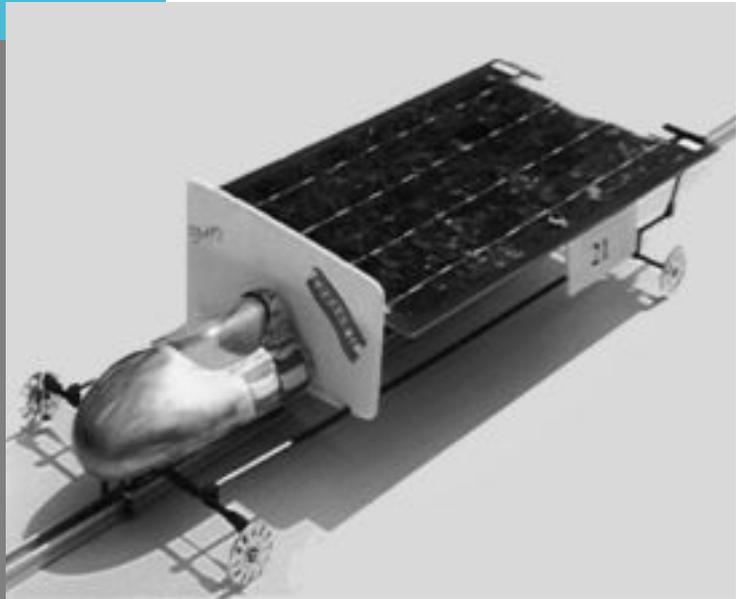
Todas estas situaciones tienen en común el hecho de analizar el uso de la energía solar. Por supuesto, son innumerables las aplicaciones que existen en la actualidad; pero, muchas de ellas no son adecuadas para su desarrollo en el aula, ya sea por el costo o por el nivel de conocimientos requerido. En cambio, el desarrollo de un auto solar a escala se encuentra al alcance de los estudiantes y tiene un costo accesible. Además, es pertinente para su aplicación en el aula y provoca un conflicto cognitivo en el estudiante, que puede ser superado durante el desarrollo del proyecto.

Para el desarrollo de este recurso didáctico proponemos el diseño y la construcción de un auto a escala, propulsado mediante energía solar. Se trata de un vehículo capaz de recorrer una distancia determinada, en el menor tiempo posible, con las condiciones de seguridad que se establezcan, utilizando al Sol como fuente de energía.

El diseño y construcción de un auto solar a escala es conveniente para ser desarrollado por alumnos de tercer ciclo de educación general básica, educación polimodal y educación téc-

nico-profesional, porque les permite estudiar y reflexionar sobre los beneficios del uso de las energías alternativas y analizar un sinnúmero de variables para concretar la construcción del vehículo, buscando la mejor solución al problema planteado.

Además, el diseño y construcción de un auto solar a escala tiene muchas similitudes con el diseño y la construcción de un auto real. En ambos casos, se deben considerar los efectos de diversas fuerzas cuando se diseña el vehículo (fuerza de roce, resistencia aerodinámica, etc.) y seleccionar los materiales a utilizar para el chasis y otras partes (ruedas, sistema de transmisión, etc.); y también se debe tener en cuenta cómo funcionan las celdas solares y cómo se transfiere la energía con la menor pérdida posible.



2. ENCUADRE TEÓRICO PARA LOS PROBLEMAS

Energía

La energía es utilizada por el hombre para satisfacer sus necesidades. La disponibilidad de recursos energéticos es uno de los factores más importantes en su desarrollo, y éste demanda el uso de distintos tipos y fuentes de energía.

Se define la **energía** como la capacidad para realizar trabajo. Se calcula como el producto escalar entre la fuerza y la distancia.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

$$W = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

Donde:

- W: Trabajo.
- F: Fuerza.
- d: Desplazamiento.
- α : Ángulo que forman los vectores fuerza y desplazamiento.

En el Sistema Internacional, la unidad de energía es el joule (J), y se define como el trabajo que hay que realizar con una fuerza de 1 newton, para recorrer 1 metro, en la misma dirección y sentido de la fuerza.

También existen otras unidades, comúnmente utilizadas:

- Caloría (Cal): Equivale a 4,1868 joule, y se define como el calor necesario para elevar en 1 °C la temperatura de un gramo de agua, a presión atmosférica normal.
- Watt-hora (Wh): Es la energía eléctrica de 1 watt de potencia, durante una hora y equivale a $3,61 \cdot 10^3$ joule. Generalmente, se utiliza un múltiplo de esta unidad: el kWh, es decir, 10^3 Wh.

Formas de energía

Existen diversas formas de energía. Entre ellas, podemos mencionar:

Energía mecánica. Está relacionada con el movimiento de un cuerpo o sistema, y las fuerzas que pueden producirlo. Se calcula como:

$$E_m = E_c + E_p$$

Donde:

- E_c : Energía cinética.
- E_p : Energía potencial.

Energía cinética. Es la energía debida al movimiento, que posee un cuerpo o un sistema. Se calcula como:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot V^2$$

Donde:

- m: Masa del cuerpo.
- V: Velocidad del cuerpo.

Energía potencial. Es la energía de un cuerpo debida a su posición, respecto de un sistema de referencia. Se calcula como:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Donde:

- g: Aceleración de la gravedad.
- m: Masa del cuerpo.
- h: Altura, respecto de la referencia.

Energía eléctrica. Es la energía que proporciona la corriente eléctrica. Se calcula como:

$$E_e = V \cdot I \cdot t$$

Donde:

- V: Tensión.
- I: Intensidad de corriente.
- t: Tiempo.

Generalmente, se mide en watt-hora.

Energía térmica. Es la energía producida por el movimiento de las moléculas; es decir, debida a la energía mecánica de las moléculas de un cuerpo. Generalmente, se mide en calorías.

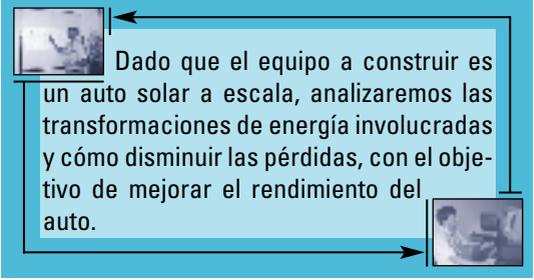
Existen otras formas de energía, como la química, electromagnética, nuclear, etc., que no son de importancia para el desarrollo de este recurso didáctico.

Transformación de energía

La energía no se crea ni se destruye; se transforma. Esto se conoce como el Primer Principio de la Termodinámica.

Puede transformarse de una forma a otra, siendo la cantidad de energía final igual a la energía inicial.

En la práctica, no toda la energía inicial se transforma en la energía deseada. Existe una transformación en otras formas, que no pueden ser aprovechadas. Se conoce a éstas como pérdidas de energía, y se dan generalmente en forma de calor.



Dado que el equipo a construir es un auto solar a escala, analizaremos las transformaciones de energía involucradas y cómo disminuir las pérdidas, con el objetivo de mejorar el rendimiento del auto.

¿Qué son energías alternativas y/o limpias?

A diferencia de las energías convencionales, las energías alternativas utilizan recursos renovables como fuente de generación; es decir, poseen una fuente prácticamente inagotable (en comparación con las energías convencionales; por ejemplo, el petróleo) en relación con el tiempo de vida del hombre.

Tienen su origen en la naturaleza: el viento, el Sol, los cursos de agua, el movimiento de las olas en la superficie del mar y océanos, el calor interior de la Tierra, son fuentes de energías alternativas.

En cada caso, observamos la presencia de un factor común: el efecto y la acción del Sol. El Sol es, en forma directa o indirecta, la fuente primaria de todas las formas de energía que utilizamos actualmente.

Ésta es la que pone en marcha la "maquinaria" de la Tierra. Calienta la atmósfera, los océanos y los continentes, genera los vientos, interviene en el ciclo del agua, hace crecer las plantas, proporciona alimento a los animales e, incluso (en un largo período), produce los combustibles fósiles. Nosotros dependemos del agua, el viento, las plantas y los combustibles fósiles para hacer funcionar nuestras industrias, calentar y refrigerar nuestras

viviendas y para mover nuestros sistemas de transporte.

En contraposición, los combustibles (carbón, petróleo, uranio, gas) usados por las energías convencionales, tienen un tiempo de vida determinado, se agotan y su utilización ocasiona graves impactos sobre el medio ambiente. Los hidrocarburos son combustibles de alto valor energético, pero su combustión introduce una variedad de contaminantes al ambiente.

En la Argentina hay más de 2.000.000 de personas que no tienen acceso al servicio del tendido eléctrico. Esta demanda podría ser cubierta por fuentes de energía renovable.

La crisis energética contribuyó a la difusión de las energías alternativas. Éstas tienen ventajas significativas:

- Utilizan recursos que no se agotan y tecnologías limpias en su producción.
- Producen un mínimo impacto sobre el medio ambiente.
- No generan residuos difíciles de tratar ni gases contaminantes, como lo hacen los combustibles fósiles.
- Permiten la utilización de recursos locales.

En la Argentina, entre el 45 y 50 % de la generación de energía proviene de centrales térmicas.

Existen varios tipos de energías alternativas. Algunas de ellas no han sido desarrolladas por limitaciones técnicas y/o económicas, y otras se han utilizado sólo parcialmente; pero, la solar y la eólica son las que mayor alcance han logrado en su desarrollo e implementación.

La principal fuente de energía es el Sol. La Tierra recibe del Sol, energía en forma de luz visible, radiación infrarroja y ultravioleta.

Sin embargo, en la atmósfera esta energía produce una variedad de efectos; algunos de éstos tienen importancia como recurso energético, tal es el caso de la energía eólica, la energía de la biomasa, la diferencia de temperaturas oceánicas y la energía de las olas. Estos tipos de energía son inagotables, limpios y se pueden utilizar de forma auto-gestionada (ya que es posible aprovecharlos en el mismo lugar en que se producen).

Energías alternativas y/o limpias

• Energía de hidrógeno

• Energía geotérmica

• Energía eólica

• Energía solar

Energía de hidrógeno. La obtención de energía a partir del hidrógeno, utiliza este elemento químico como combustible para la generación de electricidad o energía térmica.

Las ventajas son: el hidrógeno es un elemento muy abundante en el universo y no produce emisiones contaminantes, ya que su subproducto es el vapor de agua.

Su fuente más común es el agua. Mediante su descomposición química (electrólisis) se obtiene oxígeno e hidrógeno. Este último se comprime y se almacena en tanques, hasta ser utilizado.

En la actualidad ya existen autos que funcionan con hidrógeno; aunque la mayor dificultad para la generalización del uso de este tipo de energía es su alto costo.

Energía geotérmica. Se obtiene a partir de la energía almacenada en el subsuelo de la tierra. Usa el vapor natural de la tierra para la producción de energía eléctrica o térmica.



Geiser

Es posible distinguir dos formas de utilización de esta energía:

- A partir del vapor, generar electricidad; ésta es una forma similar a las centrales térmicas pero sin producir emisiones contaminantes, ya que el vapor no se obtiene quemando combustibles fósiles.
- Usar directamente el calor para calefaccionar.

Así, la ventaja es que se reduce la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.

Una desventaja del uso de la energía geotérmica es que, durante la fase de exploración y perforación, se producen alteraciones en el ecosistema.

Energía eólica. Es la energía obtenida del viento. Las aplicaciones más comunes son: generación eléctrica y bombeo de agua. Es decir, la energía cinética del viento se transforma en energía eléctrica o mecánica.

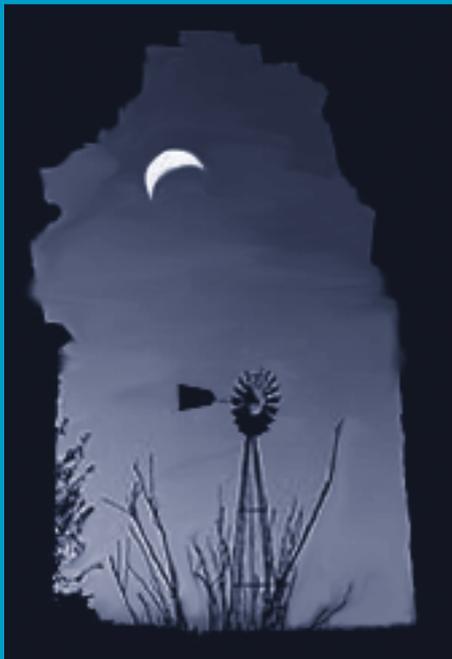
La energía eólica es derivada de la energía solar, porque una parte de los movimientos del aire atmosférico se debe al calentamiento causado por el Sol (también existe un efecto de la rotación de la Tierra y otro de la atracción gravitacional de la Luna y el Sol). En nuestro país hay regiones donde la energía eólica es muy abundante; principalmente, en el litoral marítimo y en la Patagonia.



Aerogenerador

Los equipamientos más comunes utilizados para el aprovechamiento de la energía eólica son:

- Los molinos, usados para extraer agua del subsuelo. Están compuestos por un número elevado de palas (12 a 16). Son activados a baja velocidad del viento, accionando una bomba que extrae el agua del subsuelo.



Molino utilizado para extraer agua

- Los aerogeneradores son utilizados para producir electricidad. Tienen menos cantidad de

En Comodoro Rivadavia el 10 % el suministro eléctrico es de origen eólico.

palas (generalmente, tres), un rotor y un generador que se mueve por arrastre del rotor.



Aerogenerador

Energía solar. El Sol produce una enorme cantidad de energía que es emitida en forma de radiación electromagnética a todo el espacio.

Una parte de ella es interceptada por la Tierra. Esta radiación es atenuada en su paso por la atmósfera; es decir, que la cantidad de energía solar que llega a la superficie terrestre es mucho menor que la emitida por el Sol.





*Puesta de sol en Ibiza, España.
Gentileza de Débora Iñigo*

El consumo anual mundial de energía es de 85 billones de kWh (85.000.000.000.000 de kilowatt-hora). Esto es lo que puede medirse, ya que existe una gran cantidad de energía no comercial -que no puede calcularse- que consume cada persona; por ejemplo, cuánta madera se quema, o qué cantidad de agua se utiliza en pequeños saltos para producir energía eléctrica. Según algunos expertos, esta energía no comercial puede constituir una quinta parte del total de la consumida. Aunque éste fuera el caso, la energía total consumida por el mundo sólo significaría el 1/7.000 de la energía solar que incide sobre

El Sol produce, aproximadamente, $1,1 \cdot 10^{20}$ kWh cada segundo (1 kWh es la energía necesaria para iluminar una lámpara de 100 watt durante 10 horas).

La atmósfera exterior intercepta, aproximadamente, la mitad de una billonésima parte de la energía generada por el Sol o, aproximadamente, 1,5 trillones (1.500.000.000.000.000) de kWh al año. Sin embargo, debido a la reflexión, dispersión y absorción producida por los gases de la atmósfera, sólo un 47 % de esta energía -aproximadamente, 0,7 trillones (700.000.000.000.000) de kWh- alcanza la superficie de la Tierra².

La radiación solar global se mide en forma directa, empleando instrumental destinado a tal efecto.

Como la radiación procedente del Sol es energía que llega al planeta por unidad de tiempo, se la evalúa como una potencia. Su unidad es la unidad de energía sobre la unidad de tiempo (joule/segundo, es decir watt). Cuando se quiere evaluar la radiación solar incidente en un lugar a lo largo de un determinado período, debe multiplicarse la potencia por el período. Si esa operación se realiza durante todo el día, se tiene el total de energía acumulado diariamente. Este total es la integral de la radiación solar y se denomina irradiación. Se lo mide en megajoule por metro cuadrado (MJ/m^2), o en kilowatt-hora por metro cuadrado (kWh/m^2).

Para integrar los datos provistos por los equipos de medición, se emplean distintos instrumentos electrónicos que pueden denominarse, genéricamente, integradores³.

² Datos extraídos de <http://solarfotovoltaiica.galeon.com/ARCHIVOS/faqs.htm>

³ Raúl Righini, Hugo Grossi Gallegos. Departamento de Ciencias Básicas. Universidad Nacional de Luján.

la superficie de la Tierra cada año⁴.

Por eso es que se considera a esta fuente como inagotable.

El flujo solar que incide sobre la Tierra puede ser utilizado, por ejemplo, para calentar agua, calefaccionar un ambiente o para generar electricidad.

Así, la energía solar puede transformarse en:

- **Fotovoltaica.** Se llama fotovoltaica a la energía solar aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la energía solar en electricidad.
- **Térmica.** Se denomina térmica a la energía solar cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio. La climatización de viviendas, calefacción, refrigeración, secado, etc., son aplicaciones térmicas.

La cantidad de energía solar registrada en un día soleado de verano, con cielo despejado y en una superficie de 1 m² colocada en forma perpendicular al sol, es de una potencia de 1.000 W/m², lo que equivale a 1 kWh/m² de energía, cada hora de luz solar plena.

Existen distintos sistemas de aprovechamiento de la energía solar:

- **Sistema solar pasivo o arquitectura bioclimática.** No necesita ningún dispositivo especial; tiene en cuenta la ubicación de

la vivienda, su orientación, materiales de edificación para almacenar, capturar y distribuir la luz y el calor.



Arquitectura bioclimática

- **Sistema solar activo.** La energía es recogida por dispositivos artificiales denominados colectores solares, transformándola en energía térmica, o para generar electricidad mediante la conversión fotovoltaica utilizando celdas fotovoltaicas.

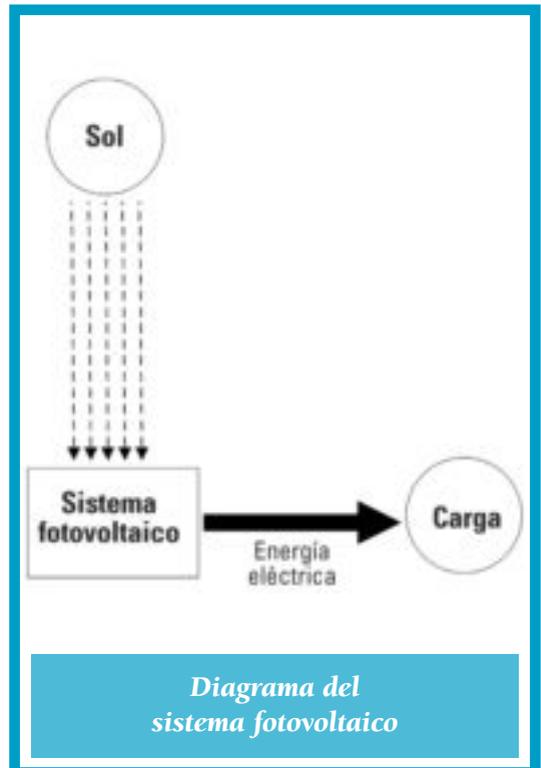


Diagrama del sistema fotovoltaico

⁴ Datos extraídos de www.construir.com/ECONSULT/Construir/Nro59



Sistema solar activo

obtenido a partir de la arena. El silicio tiene número atómico 14 y su configuración electrónica es de 2, 8, 4. Los diez electrones en la primera y segunda órbita son estables. Los cuatro electrones de la última órbita forman enlaces covalentes con electrones de la última órbita de otros átomos de silicio. Así, cada átomo comparte los cuatro elec-

trones de su última órbita con cuatro átomos adyacentes, formando una estructura atómica muy estable. Los electrones se encuentran en posiciones "fijas". Es, así, un mal conductor eléctrico.

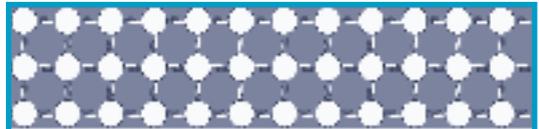
La ventaja principal del uso de estos sistemas es que son silenciosos, confiables y que tienen una producción limpia (no contaminan).

¿Cómo se produce energía eléctrica a partir del Sol?

La producción está basada en el fenómeno físico denominado **efecto fotovoltaico**. Éste consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica, por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas.

Un **semiconductor** es un dispositivo que, en ciertas condiciones, se comporta como un material conductor y, en otras, como un no conductor.

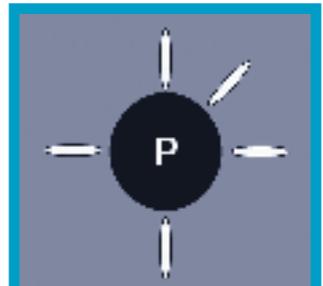
Consideremos el ejemplo de un mal conductor eléctrico. El silicio es un elemento abundante en la superficie de la Tierra. Puede ser



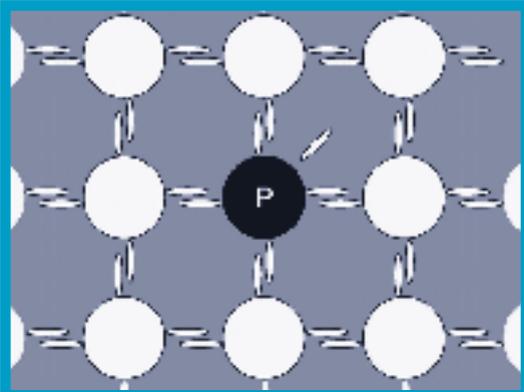
Estructura de silicio

Para cambiar esto se le agregan porcentajes de otros elementos. Este proceso se denomina "dopado".

Mediante el dopado de silicio con fósforo se obtiene un material con electrones libres o material con portadores de carga negativa (silicio tipo *n*), ya que el fósforo tiene cinco electrones en su última órbita.



Átomo de fósforo

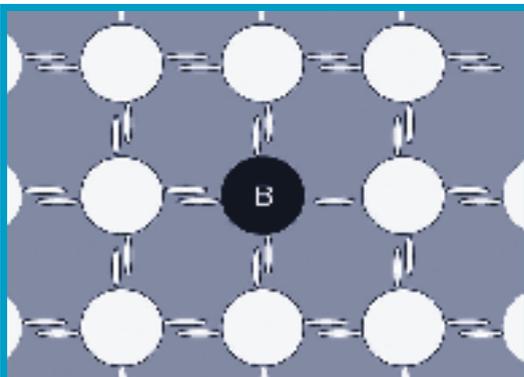


Silicio tipo *n*

Realizando el mismo proceso, pero agregando boro en lugar de fósforo, se obtiene un material de características inversas, ya que el boro tiene sólo 3 electrones en su última órbita; esto constituye déficit de electrones o material con cargas positivas libres o huecos (silicio tipo *p*).



Átomo de boro

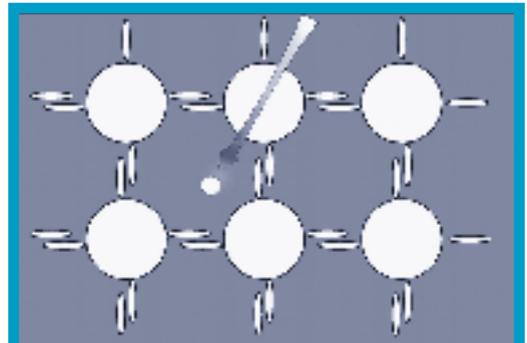


Silicio tipo *p*

El silicio es usado en las celdas fotovoltaicas. Cada celda solar se compone de una delgada capa de material tipo *n* y otra de mayor espesor de material tipo *p*.

Ambas capas separadas son eléctricamente neutras; pero, al ser unidas, justamente en la unión *p-n*, se genera un campo eléctrico debido a los electrones libres del silicio tipo *n* que ocupan los huecos de la estructura del silicio tipo *p*.

Al incidir la luz sobre la celda fotovoltaica, los fotones que la integran chocan con los electrones de la estructura del silicio, dándoles energía y transformándolos en conductores.



Fotón chocando en la estructura

Debido al campo eléctrico generado en la unión *p-n*, los electrones son orientados, fluyendo de la capa *p* a la capa *n*. Mediante un conductor externo, se conecta la capa negativa a la positiva, generándose así un flujo de electrones (corriente eléctrica) en la conexión.

Mientras la luz siga incidiendo en la celda, el flujo de electrones se mantendrá. La intensidad de la corriente generada, variará propor-

cionalmente según la intensidad de luz incidente.

Una celda es capaz de generar una tensión de 0,46 a 0,48 voltios, utilizando la radiación luminosa como fuente.

Estas células o celdas fotovoltaicas se montan en serie y/o paralelo sobre paneles o módulos, para obtener niveles más elevados de tensión. Esto constituye un **panel o placa solar**.



Panel solar

Panel solar. Este conjunto de celdas está envuelto por unos elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras que los soportan. Los elementos son los siguientes:

- **Encapsulante**, constituido por un material que debe presentar una buena transmisión a la radiación y una degradabilidad baja a la acción de los rayos solares.
- **Cubierta exterior de vidrio templado** que, aparte de facilitar al máximo la transmisión luminosa, debe resistir las condiciones climatológicas más adversas (hielo, abrasión, impactos producidos

por el granizo) y soportar cambios bruscos de temperatura.

Una prueba estándar para su homologación consiste en lanzar (con un cañón neumático) una bola de hielo de dimensiones y consistencia preestablecidas al centro del cristal.



Panel con nieve

- **Cubierta posterior**, constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre los intersticios de las células, haciendo que vuelvan a incidir sobre éstas.
- **Marco de metal**, normalmente de aluminio, que asegura rigidez al conjunto, y que lleva los elementos necesarios para el montaje del panel sobre la estructura soporte.
- **Caja de terminales**, que incorpora los bornes para la conexión del módulo.
- **Diodo de protección**, que impide daños por sombras parciales en la superficie del panel.

Teniendo en cuenta que el panel carece de partes móviles, y que las celdas y los contac-

tos van encapsulados en una resina sintética, se consigue una mejor fiabilidad junto con una larga vida útil, del orden de 30 años o más.

Los paneles solares están compuestos por células fotovoltaicas de silicio **monocristalino** o **policristalino**. La diferencia entre una y otra radica en el procedimiento de fabricación.

Las celdas de silicio monocristalino se obtienen a partir de silicio muy puro, que se refunde en un crisol junto con una pequeña proporción de boro. Una vez que el material se encuentra en estado líquido, se le introduce una varilla con un "cristal germen" de silicio, que incorpora nuevos átomos procedentes del líquido, que quedan ordenados siguiendo la estructura del cristal.

De esta forma, se obtiene un monocristal dopado que, luego, se corta en obleas de, aproximadamente, 3 décimas de milímetro de espesor. Estas obleas se introducen después en hornos, dentro de los cuales se difunden átomos de fósforo, que se depositan sobre una cara y alcanzan una cierta profundidad en su superficie. Posteriormente, y antes de realizar la serigrafía para las interconexiones superficiales, se recubren con un tratamiento antirreflexivo de bióxido de titanio.

En las células policristalinas, en lugar de partir de un monocristal, se deja solidificar lentamente la pasta de silicio sobre un molde, con lo cual se obtiene un sólido formado por muchos cristales de silicio pequeños, que pueden cortarse, luego, en finas obleas policristalinas.

Los paneles solares generan electricidad incluso en días nublados, aunque su rendimiento disminuye. La producción de electricidad varía con la luz que incide sobre el panel.

En los paneles solares, hay una pérdida de energía en la transformación debido a que:

- No toda la luz es absorbida por la placa, sino que parte es reflejada por ella.
- Parte de la energía solar se transforma en calor; y, al no ser aprovechada como energía eléctrica, es considerada como pérdida.

Una capa antirreflejo aumenta la eficacia de la placa.

El **rendimiento** de un panel solar depende, principalmente, de la intensidad de la radiación luminosa y de la temperatura de las celdas solares.

La intensidad de corriente que genera el panel aumenta con la radiación, permaneciendo la tensión aproximadamente constante. En este sentido, tiene mucha importancia la colocación de los paneles; es decir, su orientación e inclinación respecto a la horizontal, ya que los valores de la radiación varían a lo largo del día en función de la inclinación del sol respecto al horizonte.

El aumento de temperatura en las celdas supone un incremento en la corriente y, al mismo tiempo, una disminución de la tensión. El efecto global es que la potencia del panel disminuye al aumentar la temperatura

de trabajo. Una radiación de 1.000 W/m^2 es capaz de calentar un panel unos 30 grados centígrados por encima de la temperatura del aire circundante, reduciendo la potencia en un 15 %; ya que disminuye la tensión en $2 \text{ mV}/(\text{célula}/\text{grado}) \cdot 36 \text{ células} \cdot 30 \text{ grados} = 2,16 \text{ V}$.

Por ello, es importante colocar los paneles en un lugar en el que estén bien aireados.

Sistema fotovoltaico. Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre.

El sistema consta de:

- **Un generador solar** compuesto por un conjunto de paneles solares, que captan la radiación luminosa procedente del Sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 ó 24 V).
- **Un regulador de carga** cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador -las que le producirían daños irreversibles-; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.
- **Un acumulador** que almacena la energía producida por el generador y que permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.
- **Un inversor** (opcional) que transforma la corriente continua de 12 ó 24 V almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 220 V. Es decir, que una instalación solar fotovoltaica con inversor, uti-

liza 220 Vca. En cambio, una instalación solar fotovoltaica sin inversor, utiliza una tensión de 12 ó 24 Vcc.

Una vez almacenada la energía eléctrica en el acumulador, hay dos opciones: sacar una línea directamente de éste para la instalación, y utilizar lámparas y elementos de consumo de 12 ó 24 Vcc o bien, transformar la corriente continua en alterna de 220 V a través de un inversor.

Las instalaciones fotovoltaicas requieren un mantenimiento mínimo y sencillo, que consiste en las siguientes operaciones:

Paneles. Requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles, y las células y sus conexiones internas están encapsuladas en varias capas de material protector.

Es conveniente hacer una inspección general 1 ó 2 veces al año para asegurarse de que las conexiones entre paneles y al regulador estén bien ajustadas y libres de corrosión. En la mayoría de los casos, la acción de la lluvia elimina la necesidad de limpieza de los paneles; en caso de ser necesario, simplemente se utiliza agua.

Regulador. La simplicidad del equipo de regulación reduce sustancialmente el mantenimiento y hace que las averías sean muy escasas.

Las operaciones que se pueden realizar son las siguientes: observación visual del estado y funcionamiento del regulador, comprobación del conexionado y cableado del equipo, y, además, la observación de los valo-

res instantáneos del voltímetro y amperímetro, que dan un índice del comportamiento de la instalación.

Acumulador. Es el elemento de la instalación que requiere una mayor atención; de su correcto uso y buen mantenimiento dependerá, en gran medida, su duración. Las operaciones usuales que deben realizarse son las siguientes:

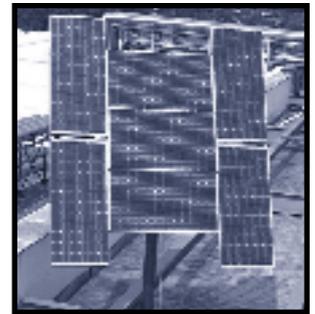
- Comprobación del nivel del electrolito (cada 6 meses, aproximadamente): debe mantenerse dentro del margen comprendido entre las marcas de "Máximo" y "Mínimo". Si no existen estas marcas, el nivel correcto del electrolito es de 20 mm por encima del protector de separadores. Si se observa un nivel inferior en alguno de los elementos, se deben rellenar con agua destilada o desmineralizada. No deben rellenarse nunca con ácido sulfúrico.
- Al realizar la operación anterior, debe comprobarse también el estado de los terminales de la batería; deben limpiarse de posibles depósitos de sulfato y cubrir todas las conexiones con vaselina neutra.
- Medida de la densidad del electrolito (si se dispone de un densímetro) con el acumulador totalmente cargado, debe ser de $1,240 \pm 0,01$ a 20

grados Celsius. Las densidades deben ser similares en todos los vasos. Diferencias importantes en un elemento son señal de posible avería.

Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos.

Prácticamente cualquier aplicación que funcione con corriente eléctrica se puede alimentar con un sistema fotovoltaico adecuadamente dimensionado.

Entre las principales aplicaciones se incluyen: electrificación de viviendas, sistemas de bombeo y riego, iluminación de rutas, repetidoras de radio y televisión, autos y botes solares, etc.



La única limitación es el costo del equipo y, en algunas ocasiones, el tamaño del campo de paneles.

Campo de paneles solares en España



No obstante, en lugares remotos alejados de la red de distribución eléctrica, lo más rentable suele ser instalar energía solar fotovoltaica en lugar de realizar la conexión a la red. En otras palabras, la rentabilidad de la energía solar dependerá del contexto en que nos encontremos.

Una gran parte de la humanidad, en los países en desarrollo, no tiene acceso a la electricidad por carecer de una infraestructura eléctrica básica. En estos países, la energía solar fotovoltaica resulta ser la fuente más apropiada para obtener electricidad y, en algunos lugares, la única.

En los países desarrollados, en los que existe una amplia infraestructura eléctrica, la cuestión es diferente. En este caso, en términos puramente económicos, los sistemas fotovoltaicos sólo resultan rentables en lugares alejados de la red convencional. No obstante, la cuestión cambiaría bastante si, además de la rentabilidad económica, también se tuviera en cuenta el costo ambiental de cada fuente de energía.

Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica. La energía solar fotovoltaica, al igual que otras energías renovables, constituye, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable. Contribuye al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc.) y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras, etc.).

Los efectos de la energía solar fotovoltaica

sobre los principales factores ambientales son los siguientes:

Clima. La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.

Geología. Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento muy abundante en la naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles solares no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno.

Suelo. Al no generar ni contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosionabilidad, es nula.

Aguas superficiales y subterráneas. No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

Flora y fauna. La repercusión sobre la vegetación es nula y, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

Paisaje. Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual. Además, al tratarse de sistemas autónomos, no se altera el paisaje con postes y líneas eléctricas.

Ruidos. El sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso lo que, en viviendas aisladas, representa una clara ventaja frente a los generadores de motor.

Medio social. El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto. Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los techos de las viviendas.

Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno -como es el caso, por ejemplo, de los espacios naturales protegidos-.

El problema de los sistemas solares fotovoltaicos es su costo inicial de instalación.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la energía solar está sometida a fluctuaciones y variaciones, que influyen en el rendimiento del sistema. Por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, cuando más se la suele necesitar.

Auto solar

Un vehículo funciona porque puede convertir la energía de una forma a otra.

Un **vehículo solar** es aquel que utiliza la energía solar fotovoltaica como fuente. La energía eléctrica obtenida del panel solar se convierte en energía mecánica, usando un motor.

Existe un gran desarrollo en autos solares; tanto Australia como EEUU realizan carreras en forma bianual, donde se muestran los prototipos logrados con esta tecnología.



El diseño de un coche solar requiere desafíos extras; por ejemplo, el peso del vehículo, la cantidad y distribución de las celdas solares, entre otros.

La mayor complicación es construir un auto eficiente; es decir, aprovechar la máxima energía para el funcionamiento del coche, teniendo en cuenta que la radiación solar no es constante (varía durante el día) y es nula durante la noche.

Los valores de tensión y corriente de los paneles solares de estos vehículos deben ser continuamente ajustados, mediante controles electrónicos, para maximizar la potencia obtenida del panel, según la radiación de cada momento.

Teniendo en cuenta que la potencia obtenida por cada celda es muy baja, son factores cruciales en el diseño: la eficiencia del motor, el peso, la resistencia al rodar y la aerodinámica.

Un vehículo solar tiene muchas característi-

cas en común con otros autos. Tiene un chasis, una fuente de energía, motor, sistema de transmisión, dirección y suspensión.

Antes de construir el recurso didáctico propuesto -auto solar a escala-, debemos tener en cuenta algunos aspectos específicos de su diseño.

Auto solar a escala



Auto solar a escala

1. Chasis

2. Distribución de la masa

3. Inercia

4. Mecanismos y transmisión

5. Ruedas y ejes

6. Aerodinámica

7. Motor

8. Panel solar

9. Dirección y suspensión

10. Dirección para la competencia

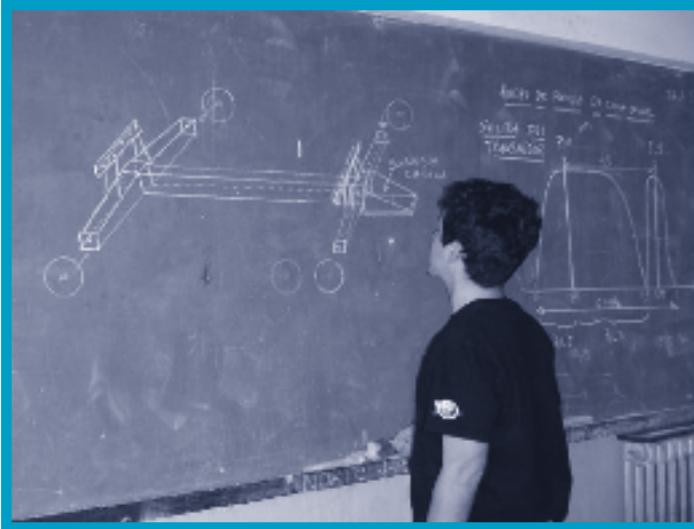
11. Carrocería y cabina

Una vez analizados todos estos aspectos, es conveniente realizar un bosquejo preliminar del auto solar a escala.

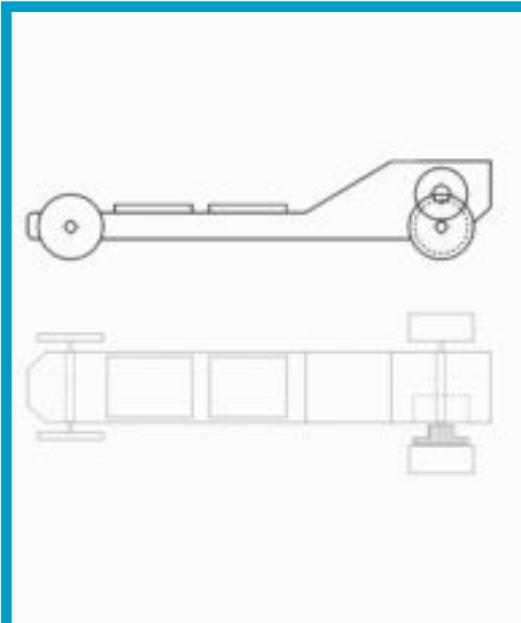
1. Chasis

El chasis o bastidor es el armazón sobre el que se montan y relacionan todos los elementos del auto: por un lado, la carrocería, el motor y la transmisión; por otro, los ejes con las ruedas; y, por último, la placa solar.

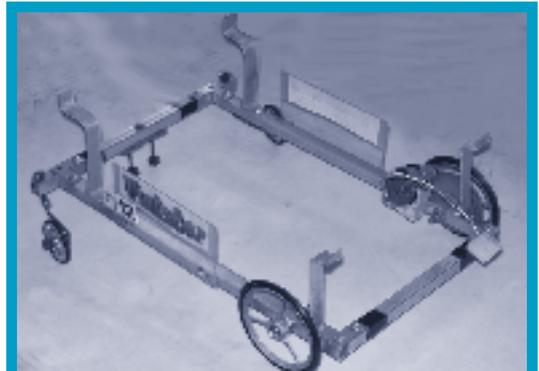
Generalmente, está formado por dos largueros, unidos entre sí por varios travesaños, aunque puede tener otras formas diversas. La estructura del chasis debe ser tal que soporte y sostenga los elementos ya mencionados.



Estudiante realizando un plano de su auto solar a escala



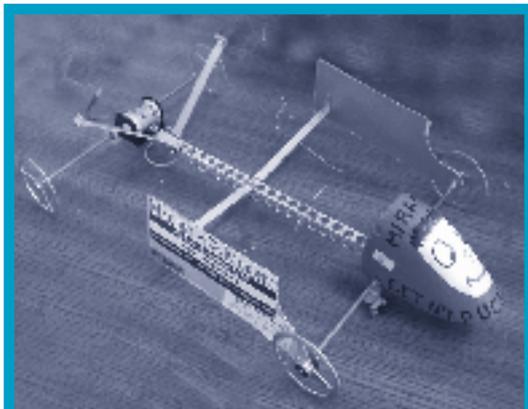
Plano de un auto solar a escala



"Twister", auto junior



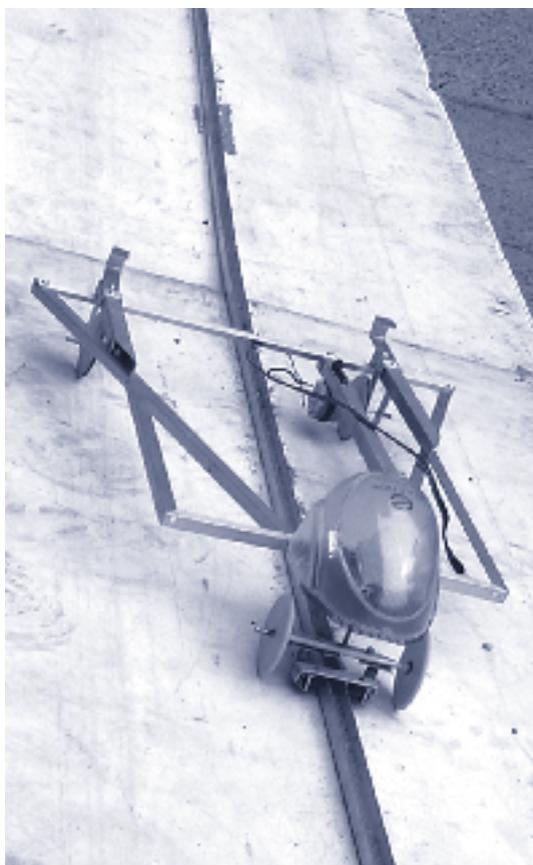
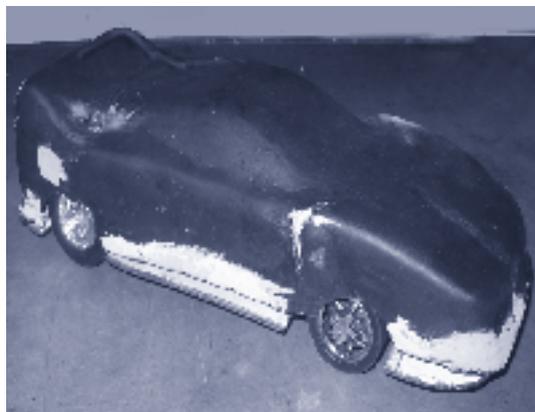
Distintos tipos de chasis

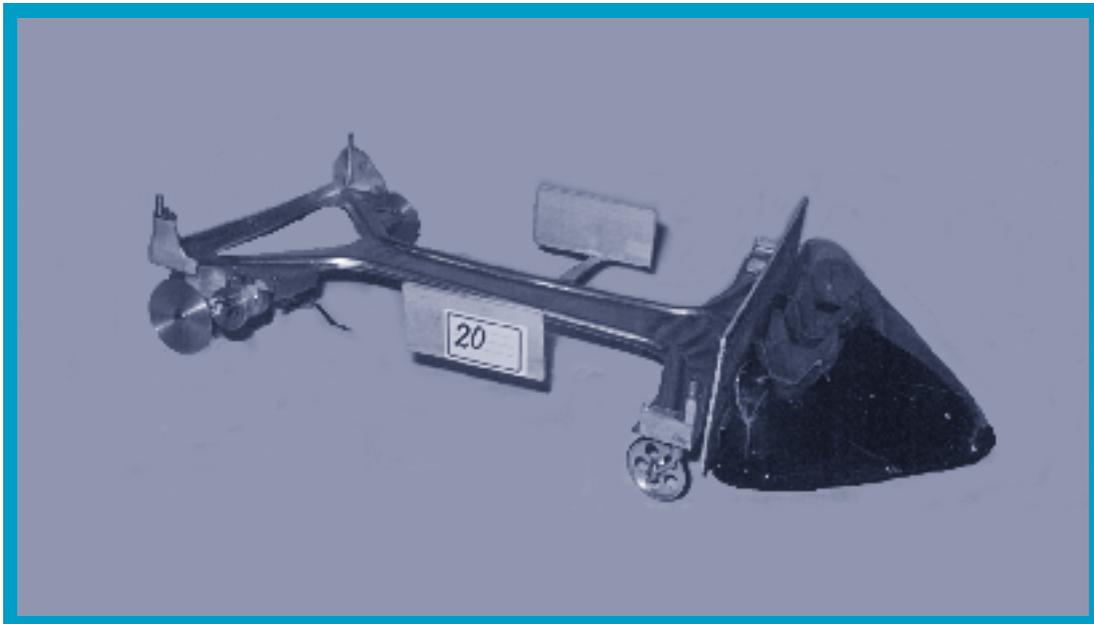


"Pucará" (Miramar)



"Pueyrredón" (Mar del Plata)





"Helios II" (Mar del Plata)

Las dos variables a considerar en la construcción del chasis son: su peso y su resistencia. La aerodinámica es un tercer factor a tener en cuenta.

El peso del chasis es determinante en el peso total del vehículo. Uno más liviano que otro -en igualdad de condiciones con el resto de las variables- será más veloz.

Por ejemplo, un auto de 1.7 kg masa demoraría 1.5 segundos más (aproximadamente) en completar un recorrido de 100 metros, que uno de 1.4 kg masa. Cabe destacar que un buen auto completa un recorrido de 100 metros en menos de 20 segundos; es decir que la diferencia de tiempo representa el 8 % del tiempo total.

En general, para ganar una carrera, el auto debe acelerar tanto como sea posible, durante el mayor tiempo posible.

En términos físicos, esto significa que la aceleración debe ser lo más grande posible. Así, el *Segundo Principio de Newton* relaciona la aceleración con la masa:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Donde:

- \vec{F} : Fuerza.
- m : Masa.
- \vec{a} : Aceleración.

$$a \propto 1 / m$$

Donde:

- \propto indica "proporcional".

Por lo tanto, la aceleración es inversamente proporcional a la masa. Es decir, mientras menor sea la masa del vehículo, mayor será su aceleración, en igualdad de condiciones con el resto de las variables.

Por otra parte, el chasis debe ser lo suficientemente fuerte para no romperse fácilmente, en caso de choque o despiste. Para lograr esto se deben tener cuenta dos aspectos en el diseño: el material con el que se construye el chasis y la estructura de éste.

Las estructuras son especialmente importantes cuando queremos considerar objetos que son comparativamente livianos y fuertes. Todos podemos hacer cosas que son fuertes; pero, muchas veces, a expensas de mayor cantidad de masa y, por lo tanto, de materiales.

Estructuras

La **estructura** de cualquier objeto es aquella parte destinada a soportar la acción de fuerzas exteriores, que tenderán a deformarlo y, en el extremo, a destruirlo. En el caso que soporte las fuerzas, las transmitirá al suelo, que se comportará, a su vez, como una estructura.

Las fuerzas actuantes pueden ser:

- permanentes (como el peso propio y ciertas sobrecargas) o
- accidentales, cuando actúan ocasionalmente (como la presión del viento, el peso de la nieve y el de las personas).

También pueden ser estáticas o dinámicas, según actúen en reposo o en movimiento.

La función primaria de una estructura es resistir la acción de las fuerzas que podrían provocar la ruptura en la sección más débil o más exigida. Pero no basta con eso; es necesario que el sistema de fuerzas actuantes se halle en equilibrio, vale decir que su resultante sea nula y que este equilibrio sea estable.

Para que la estructura resista en el transcurso del tiempo, será necesario que la situación estática no cambie por la acción de fuerzas imprevistas y, además, que los materiales conserven sus características resistentes. Estas

características podrían cambiar por efecto de la agresión física o química.

Cumplidas estas exigencias, la estructura debe satisfacer una última y verdadera finalidad, que es: Valer por sí misma y servir al objeto diseñado, del que es parte inseparable. Por lo tanto, la concepción de la estructura está implicada en el planteo de diseño mismo y no puede concebirse independiente de él. Sería erróneo concebir un objeto para una estructura; como así también, una estructura para un objeto.

El complejo problema que se plantea podría expresarse diciendo que el tipo de estructura no es más que una respuesta al problema tensional que viene planteado por la forma, la que a su vez no puede concebirse independientemente de la función y del material que le servirá de base. Material y forma quedan, así, ligados al tipo estructural de manera interdependiente. El respeto de esta interdependencia es fundamental.

La solución al problema se basa en cuatro principios, considerados en una totalidad:

- Función utilitaria (uso o destino).
- Función estática (resistencia y estabilidad).

- Función plástica (forma).
- Función económica (realización).

El proyecto está sujeto, en cierto modo, a la elección del tipo estructural en relación con los materiales y técnicas conocidas, de las que se deberá tener un concepto cabal y completo, para poder moverse con agilidad dentro de su campo, sobre todo si se ensaya una búsqueda derivada hacia soluciones nuevas.

Las incógnitas son:

- Material básico (conocimiento profundo de sus posibilidades).
- Tipo estructural (conocimiento profundo del fenómeno tensional).
- Formas y dimensiones (en relación a las anteriores).
- Proceso de ejecución (técnicamente practicable y económicamente posible).

La casi imposibilidad de resolver el problema satisfaciendo plenamente todas las exigencias, lleva al diseñador a la elección y al sacrificio de algunas de ellas en beneficio de otras.

Conviene definir los términos que utilizamos al analizar el problema estructural:

Mecánica: Rama de la Física que estudia el movimiento y las fuerzas que lo producen. La mecánica aplicada o mecánica de los materiales o resistencia de materiales estudia la acción de las fuerzas sobre los materiales y las deformaciones que les producen.

Reposo: Concepto relativo que supone invariabilidad de la distancia que separa dos puntos en el espacio.

Movimiento: Lo contrario de reposo.

Fuerza: Agente capaz de producir un cambio en el estado de reposo o movimiento de un cuerpo.

Estática: Parte de la mecánica que trata los estados de equilibrio de las fuerzas.

Equilibrio de un sistema de fuerza: La suma vectorial de las fuerzas es igual a 0.

Momento: Producto vectorial entre el vector fuerza y el vector posición, con respecto al eje de rotación del cuerpo de un sistema.

Deformación: Cambio en el estado de agregación de las partículas de un cuerpo, motivado por la acción de fuerzas exteriores, capaces de modificar las fuerzas de cohesión propias del cuerpo en estado de reposo.

Esfuerzo: Fuerzas interiores que se generan en un sólido como consecuencia de la acción de fuerzas exteriores y que buscan equilibrarlas.

Tensión: Esfuerzo referido a la unidad de superficie sobre la cual actúa el esfuerzo.

Isostáticas: Línea de presiones que indican la trayectoria de los esfuerzos de compresión o tracción en el interior de un sólido, constituyendo una red dimensional (isostáticas de compresión e isostáticas de tracción).

Isobaras: Curvas que, superpuestas a las isostáticas, resultan de unir puntos de igual valor de tensión⁵.

⁵ Villaverde, Adela. Universidad Nacional de Mar del Plata.

No es sencillo lograr un apropiado balance entre un chasis liviano y, a la vez, resistente; construyendo una estructura muy simple (con poco material) y con un material muy liviano, se obtendría un chasis liviano pero también frágil. Se debe lograr una solución de compromiso entre estas dos variables, para obtener el mejor chasis posible.

Materiales tales como fibra de vidrio, plástico, madera balsa, pueden resultar livianos pero no muy resistentes. Un grupo de estudiantes utilizó varillas de fibra de carbono para construir el chasis de su auto solar.



Combinación de materiales



Chasis de plástico



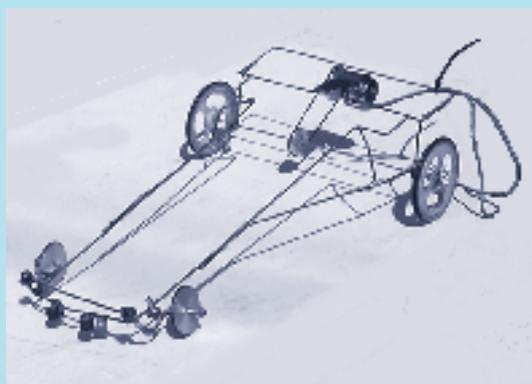
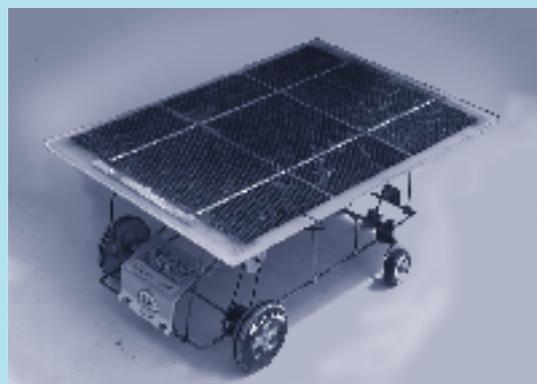
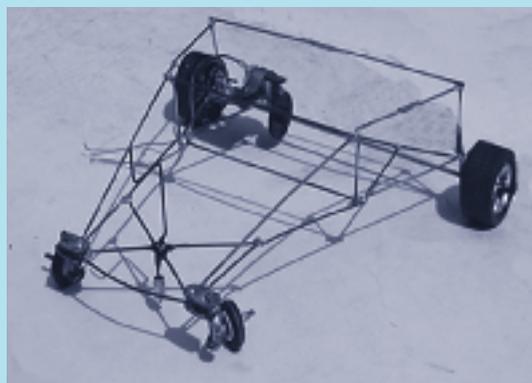
Chasis de caños

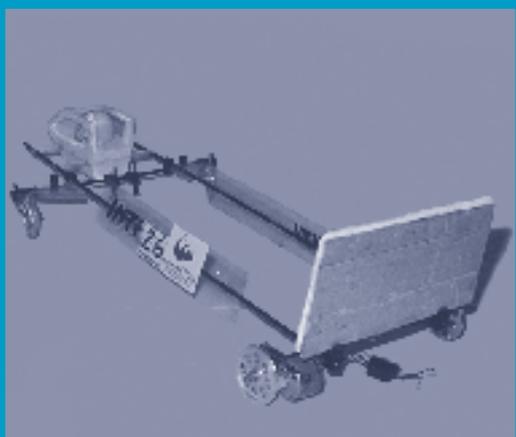


Chasis de madera balsa



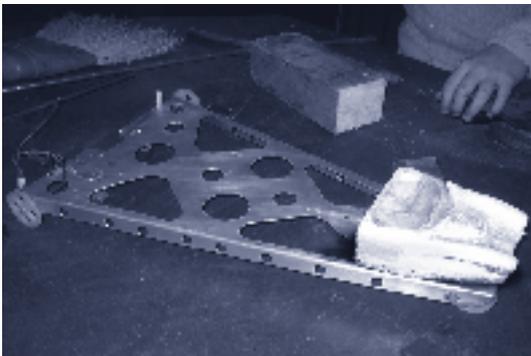
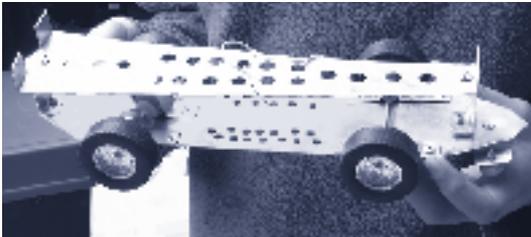
Autos junior, con chasis de alambre



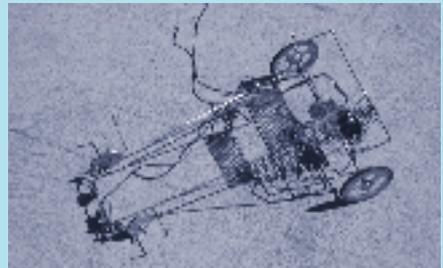
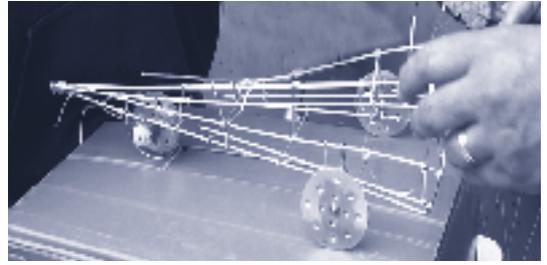


"Inti I" (San Juan)

Una solución, frecuentemente planteada, consiste en realizar una estructura más compleja, que le da al chasis mayor fortaleza; y, luego, ejecutar agujeros para disminuir su masa.



También se pueden combinar distintos materiales para lograr una disminución de la masa y un aumento de la resistencia del chasis.





"Caiken" (El Bolsón); chasis de aluminio y madera

La variedad de materiales que pueden usarse en la construcción del chasis de un auto solar a escala, está dada por la imaginación del estudiante.

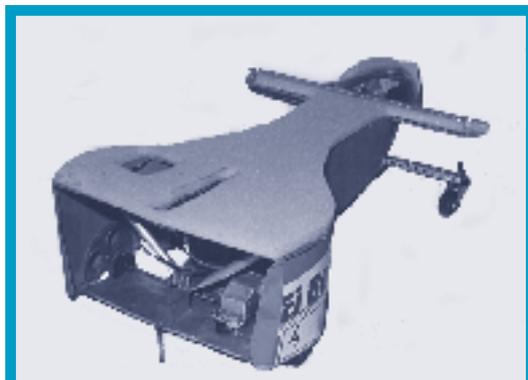


"Desafío II" (Mar del Plata)



La elección de los materiales está determinada no sólo por las propiedades del material, sino también por su costo. Esto se refiere no solamente al precio del material, sino también al costo de moldearlo y combinarlo con otros materiales para darle forma y propiedades especiales. Los materiales más caros pueden ser los "mejores"; pero, su costo adicional sólo será justificado si poseen propiedades muy específicas que no pueden ser igualadas por una alternativa más económica.

Otro aspecto relevante en la elección de los materiales es su disponibilidad. Un grupo de alumnos de una escuela de El Bolsón construyó un chasis con cartón y goma espuma, porque no disponía de varillas de aluminio, material que originalmente deseaba utilizar.



"Caiken 01b" (El Bolsón)

Otra alternativa consiste en utilizar materiales reciclados de otras máquinas o aparatos, como por ejemplo: electrodomésticos, materiales de la construcción, paraguas, etc.

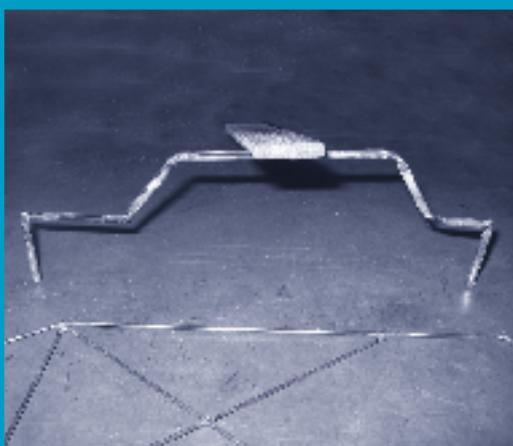


Chasis realizado con partes de una plancha

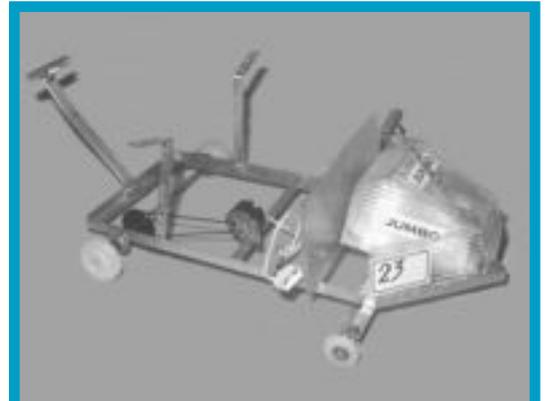


El chasis debe sostener la placa solar, el motor, la cabina y el sistema de dirección. Todos estos aspectos deben ser considerados al momento de diseñarlo. Especificaciones sobre la forma de montar estos elementos serán tratadas en la parte 3 de este módulo, ya que dependen del material y la forma del chasis.

Dada la diversidad de posibilidades para montar estos elementos, presentamos algunos ejemplos ya realizados en otros prototipos.



Chasis realizado con varillas de paraguas

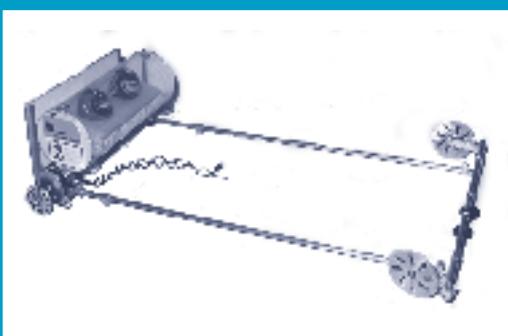


"Jumbo" (Salta) Cabina de plástico, montada sobre chasis de aluminio y motor sobre un travesaño del chasis; la placa está por encima del nivel de la cabina, apoya sobre varillas de aluminio agujereadas

Propiedades mecánicas de los materiales

Éstas se relacionan con la forma en que reaccionan los materiales al estar sometidos a fuerzas.

- **Elasticidad:** Cualidad que presenta un material para recuperar su forma original al cesar el esfuerzo que lo deformó.
- **Plasticidad:** Cualidad opuesta a la elasticidad. Indica la capacidad que tiene un material de mantener la nueva forma, una vez deformado.
- **Fragilidad:** Facilidad con que se rompe un material sin que se produzca una deformación elástica. Cualidad opuesta a la resiliencia.
- **Maquinabilidad:** Indica la mayor o menor facilidad que tiene un material para ser conformado mediante arranque de viruta.
- **Ductilidad:** Indica la capacidad de un material de ser estirado y conformado en hilos finos.
- **Maleabilidad:** Indica la capacidad de un material de ser conformado en láminas delgadas, sin romperse.
- **Resiliencia:** Resistencia que opone un material a un golpe brusco e intenso.
- **Tenacidad:** Resistencia de un material a la rotura, cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación.
- **Resistencia a la fatiga:** Resistencia contra esfuerzos fluctuantes. Estos esfuerzos pueden hacer que un material se rompa, incluso antes de haber alcanzado la fuerza correspondiente a la resistencia última.
- **Dureza:** Resistencia que opone un cuerpo a ser penetrado por otro. Esta propiedad informa sobre la resistencia al desgaste contra agentes abrasivos.
- **Resistencia o tensión a la tracción:** Esfuerzo de tracción por unidad de superficie sobre la cual actúa el esfuerzo.

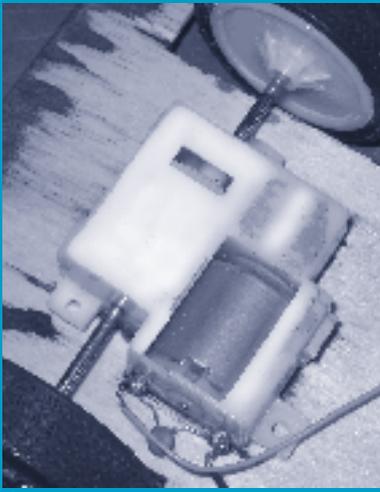


"Alfa y Omega" (Mar del Plata); motor montado sobre la rueda, sostenido con una chapa al chasis

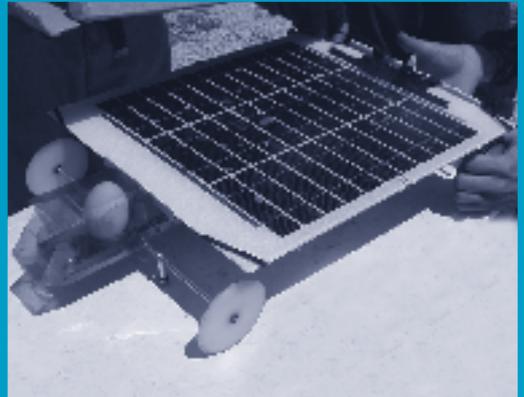


Chasis con motor y sostén para el panel solar

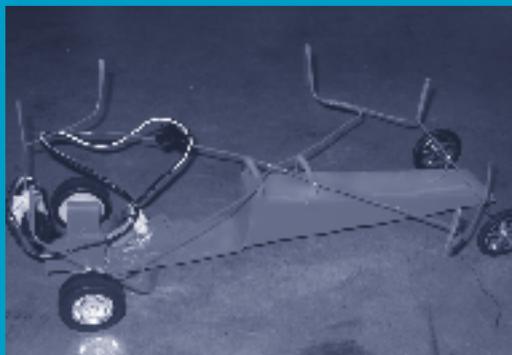
Montaje de motor en auto junior



Panel solar sostenido con bandas elásticas



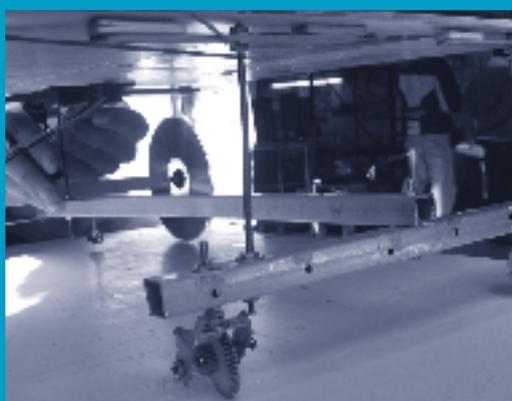
Montaje de motor en auto junior



Sostén de la placa con alambre



Sostén de la placa



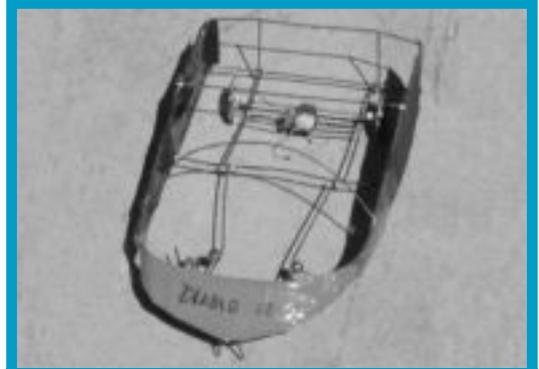
Motor sostenido con precintos



2. Distribución de la masa

La distribución de la masa es importante. Debe haber suficiente masa en las ruedas que traccionan, para evitar que éstas patinen.

Los autos que tienen tracción delantera se desplazan mejor en la nieve y el hielo, que los que tienen tracción trasera. Es mejor colocar la masa existente sobre las ruedas de conducción, que agregar masa adicional.



"Diablo"; auto con el motor colocado entre las dos ruedas

Masa de un cuerpo

$$M = \delta \cdot V$$

Donde:

- M: Masa del cuerpo.
- δ : Densidad del cuerpo.
- V: Volumen del cuerpo.

Centro de masa. Cualquier cuerpo puede considerarse conformado por una infinidad de partículas muy pequeñas. Éstas tienen su propia masa y, por ende, su propio peso. La resultante de todas estas fuerzas peso, es el peso total del cuerpo.

La ubicación del peso total estará sujeta a la forma en que están distribuidas estas partículas muy pequeñas. El punto en el que se aplica el peso total se denomina centro de masa. Dicho de otro modo, el centro de masa depende de la forma en que está distribuida la masa en el cuerpo y no tiene necesariamente que coincidir con el centro geométrico del cuerpo.

Rotación y traslación de un cuerpo. Cualquier movimiento puede descomponerse en uno de rotación y otro de traslación.

En términos simples, si se aplica una fuerza a un cuerpo, éste rotará y/o se trasladará, dependiendo no sólo del vector fuerza, sino también de dónde se aplique, respecto del centro de masa.

Una fuerza aplicada sobre el eje del centro de masa, dará como resultado que el cuerpo se desplazará, sin girar.

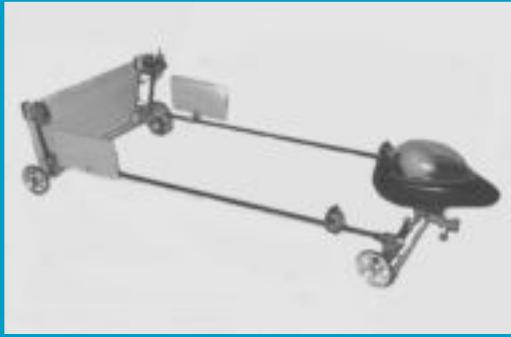
En caso contrario, la fuerza que se aplique dará como resultado una rotación del cuerpo.

Esto es originado por el momento de la fuerza o torque (M), que se define como el producto vectorial del vector posición (r), con respecto al eje de rotación y la propia fuerza (F).

$$M = r \times F$$

El torque es proporcional a la fuerza y, también, a la distancia al eje.

Este concepto es sumamente importante en el desarrollo del recurso didáctico propuesto, por lo que lo trataremos posteriormente, en detalle.



"Helios" (Mar del Plata); auto solar con motor al costado, sobre la rueda que tracciona

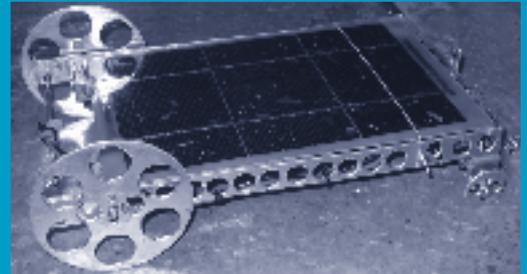
3. Inercia

La inercia de rotación depende de la masa y de su distribución respecto del eje de rotación. Como una rueda liviana acelerará más rápido que una rueda pesada, se deben utilizar ruedas lo más livianas posibles para alcanzar una rápida aceleración desde la línea de largada. Se debe mantener el centro de masa de la rueda cerca de su centro.

Quitando masa de las ruedas se reduce la inercia rotacional.



Rueda maciza de teflón



Ruedas agujereadas para reducir su masa

4. Mecanismos y transmisión

Potencia

Cuando se realiza un trabajo, no es lo mismo realizarlo en un período de tiempo que en otro mayor. Esta situación lleva a considerar otra magnitud física que relacione no sólo el trabajo, sino también el tiempo en que éste se realiza.

Así, se define la **potencia** como el producto entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la velocidad que éste adquiere.

$$P = F \cdot v$$

Donde:

- P: Potencia [watt].
- F: Fuerza [newton].
- v: Velocidad [m/s].

O:

$$P = M \cdot \omega$$

Donde:

- P: Potencia.
- ω : Velocidad angular.
- M: Momento de la fuerza o torque.

Siendo $M = I \cdot F$

Donde:

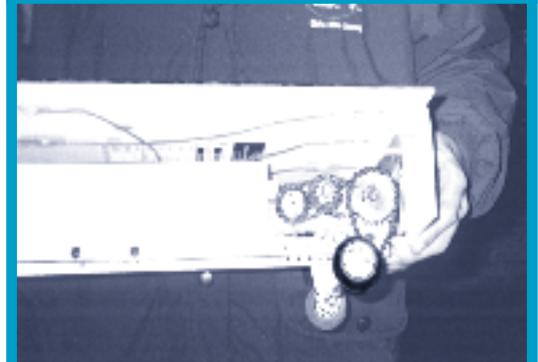
- I: Momento de inercia.
- F: Fuerza

Una transmisión es cualquier dispositivo que transmite potencia mecánica de un lugar a otro.

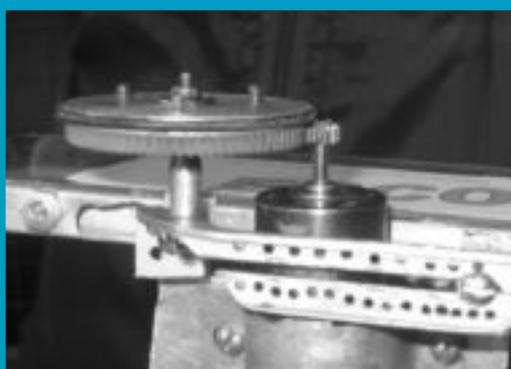
Algunas transmisiones son muy sencillas como, por ejemplo, los engranajes de un abrelatas. Otras, en cambio, son muy complejas, como la transmisión en un auto, que tiene palanca de cambios y diferentes velocidades.

Un reloj mecánico tiene una transmisión que transfiere potencia del motor al segundo. Otra transmisión va del segundo al minuterero. Ésta tiene una "relación de transmisión" de 60 a 1. Es decir, cada 60 pasos del segundo, el minuterero hace uno.

El sistema de transmisión del auto es utilizado para transferir la potencia del motor a las ruedas.



"Apolo" (Salta); sistema de transmisión con cadena



Sistema de transmisión de un auto solar a escala



Transmisión con poleas

Algunas veces está conformado solamente por el eje del motor y las ruedas; y, en otras, se incluyen además engranajes, poleas, etc.

¿Para qué es la transmisión? La potencia disponible del motor es utilizada, por una parte, para que el auto sea veloz y, por otra, para que sea fuerte (por ejemplo, para que

tenga la fuerza necesaria para subir una loma).

El sistema de transmisión permite priorizar la fuerza o la velocidad. Es decir, que además de transferir potencia de un lugar a otro, se puede intercambiar torque por velocidad o velocidad por torque, ya que la potencia disponible es la misma en ambos casos.

Por ejemplo, si se conecta el motor al panel solar o a una batería (si no hay sol), el motor girará muy rápido. No será muy difícil detener el eje con la mano. Si se conectan las ruedas directamente al eje del motor, éstas girarán muy rápidamente (lo cual es bueno), y cuando se coloque el auto en el suelo, probablemente su peso será suficiente para detener el motor (lo cual es malo).

Si pensamos que el motor es lo suficientemente potente para mover el auto, entonces, ¿qué es lo que está mal? El problema es que la proporción relativa entre el torque y la velocidad angular no es apropiada para esta aplicación.

La solución a algunos de estos problemas es un sistema de transmisión. Éste puede estar

constituido por engranajes, cadenas, poleas, etc. que harán que las ruedas giren con un mayor torque (el auto será más difícil de detener), pero a una menor velocidad que la del eje del motor.

Obviamente, aquí hay que optar, ya que la potencia disponible es fija. Se puede tener alta velocidad pero sin suficiente torque (el auto no se moverá), o baja velocidad y elevado torque (el auto se desplazará muy lentamente)

Para seleccionar una opción satisfactoria u obtener "solución de compromiso", se debe construir una transmisión con una "relación de transmisión" que dé al auto una aceleración media y una velocidad máxima media.

¿Qué es "media"? Esto dependerá del resto del diseño del auto. Un auto de Fórmula 1 y un tractor tendrán transmisiones diseñadas que les permitan trasladarse a la velocidad adecuada para los fines con que fueron contruidos. De la misma manera se trabaja con el auto solar. Se debe encontrar una relación adecuada entre los radios, ya sea de los engranajes o de las ruedas o del eje.

Mecanismos

Existen distintos mecanismos, tales como poleas y correas, aparejos, engranajes, ruedas cónicas, etc. Éstos transmiten potencia mecánica de un lugar a otro, posibilitando también el cambio de dirección del movimiento.

Poleas

La polea es una máquina simple, formada por una rueda (generalmente, con algún tipo de

acanalamiento) y abrazada por una correa, cuerda o cable. Esta rueda gira alrededor de un eje sujeto a su armadura.

Las poleas pueden ser fijas o móviles.

En este caso, $P = R$ (siendo P , la potencia y R , la resistencia). Así, la relación de transmisión será igual a 1.

Las poleas se combinan, pudiendo modificarse así la relación de transmisión. Ésta está dada por la relación de los diámetros:

$$\text{Relación} = D_1 / D_2$$

Donde:

- D_1 : Diámetro de la polea conductora.
- D_2 : Diámetro de la polea conducida.

Las correas son los elementos de unión entre las poleas. El cálculo anterior se ha realizado suponiendo que las correas no "patinan".

Engranajes

Se conoce como engranaje al conjunto de dos o más ruedas dentadas, que están en contacto a través de sus dientes, de forma tal que cuando una gira, también lo hacen las demás.

La ventaja que tienen es que no pueden resbalar -como puede ocurrir con las poleas y correas-, aunque pueden "trabarse" si no están bien colocados.

Se denomina piñón al engranaje que transmite el movimiento y rueda al que lo recibe. Así, la relación de transmisión puede calcularse de la siguiente forma:

$$\text{Relación} = N_p / N_r$$

Donde:

- N_p : Número de dientes del piñón.
- N_r : Número de dientes de la rueda.

Nótese que, en un sistema de engranajes, se cambia el sentido de movimiento circular.



Si se parte del principio que no existe deslizamiento, la velocidad tangencial de ambos engranajes es la misma:

$$V = (2 \cdot \pi \cdot R \cdot Z) / 1000$$

Donde:

- V : Velocidad [metros/minutos].
- R : Radio [mm].
- Z : Número de revoluciones por minuto.

Así, igualando las velocidades tangenciales:

$$(2 \cdot \pi \cdot R_p \cdot Z_p) / 1000 = (2 \cdot \pi \cdot R_r \cdot Z_r) / 1000$$

se deduce que:

$$R_p \cdot Z_p = R_r \cdot Z_r$$

Donde:

- Z_p : Número de revoluciones del piñón.
- Z_r : Número de revoluciones de la rueda.

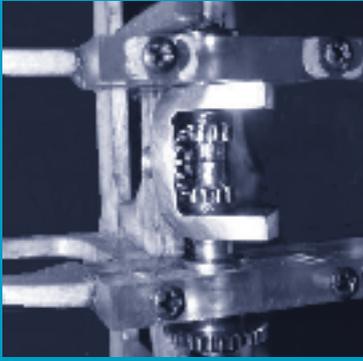
Por tanto, la relación de transmisión, también está dada por:

$$R_p / R_r = Z_r / Z_p$$

Ruedas cónicas



Sistema de transmisión con ruedas cónicas



Se utilizan para transmitir movimiento, cuando el ángulo formado por los ejes es de 90°. Y, como en el caso de los engranajes, su relación de transmisión es:

$$\text{Relación} = N_p / N_r$$

Donde:

- N_p : Número de dientes de la rueda cónica conductora.

- N_r : Número de dientes de la conducida.

Existen otros tipos de transmisiones, como las ruedas de fricción o el tornillo sinfín, que no desarrollamos en este módulo, ya que no son comúnmente utilizados como sistemas de transmisión en un auto solar a escala.

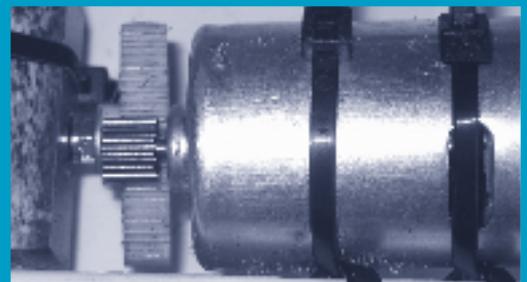


Mecanismos y transmisión

- Seleccionar la mejor relación entre engranajes
- Modificar la relación de transmisión

Seleccionar la mejor relación entre engranajes.

La relación es calculada como el radio entre el engranaje conductor y el conducido. Se debe tratar de construir un vehículo de forma tal que permita experimentar con distintos radios de engranajes.

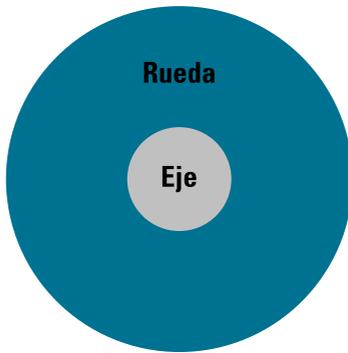


Transmisión con engranajes

Modificar la relación de transmisión. La velocidad y la fuerza pueden ser modificadas usando también diferentes tamaños de ruedas.

El tamaño de la rueda y del eje pueden ser cambiados para aumentar o disminuir la velocidad y el torque de la rueda, al igual que los engranajes y poleas. La diferencia de radios puede ser incrementada, cambiando por una rueda más grande. También se puede modificar la relación de radios, agregando una polea al eje.

Considere usted el eje y la rueda mostrados en la siguiente figura. Debido a que el radio de la rueda es cinco veces más grande que el radio del eje, una revolución del eje mueve el vehículo cinco veces la longitud de la circunferencia del eje.



La mayoría de los estudiantes elige la relación de transmisión mediante prueba y error. Aunque esto puede ser efectivo, no siempre se dispone de gran variedad de ruedas y engranajes.

Como una alternativa, se puede hacer un cálculo simplificado de la relación, conociendo algunos datos del motor.

Cabe destacar que, como otras fórmulas simplificadas, tiene sus limitaciones y debe ser usada con discreción:

$$\text{Relación de transmisión} = (V_{\text{max}} \cdot D_{\text{rueda}}) / (V_c \cdot K \cdot \sqrt{l})$$

Donde:

- V_{max} : Tensión máxima a circuito abierto del panel solar (en volt).
- D_{rueda} : Diámetro de la rueda, en milímetros.
- V_c : Tensión constante del motor para 1000 rpm.
- l : Constante que depende de la intensidad del sol: 1 para sol pleno, 0,5 a media luz, etc.
- K : Constante que depende del tipo de pista. Si la pista tiene 100 metros de largo, K es igual a 150. Si la pista tiene 60 metros de largo, K es 140.

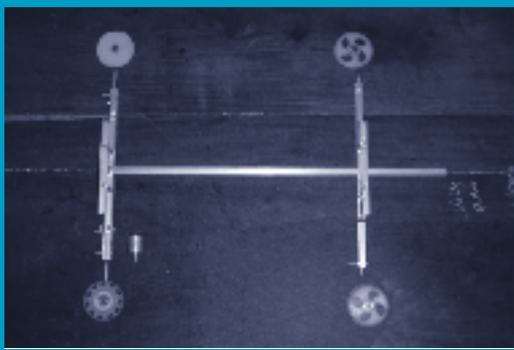
Esta fórmula es útil en la mayoría de los casos. De todas formas, la relación de transmisión puede ser modificada de acuerdo con las pruebas en pista.

5. Ruedas y ejes

Ruedas y ejes

- Elegir el tamaño de las ruedas
- Seleccionar el material de las ruedas
- Alinear ejes y ruedas
- Reducir la resistencia de rodadura

Elegir el tamaño de las ruedas. El diámetro y espesor de las ruedas y de los ejes afectarán el funcionamiento del vehículo.



Auto en proceso de construcción, donde se muestran distintos tipos de ruedas

Es conveniente utilizar ruedas con un diámetro mayor ya que, de esta forma, el auto recorrerá más distancia en cada giro de la rueda.

Así, el eje de una rueda más grande rotará más lentamente que el eje de una rueda pequeña, si ambos vehículos se desplazan a la misma velocidad.

Asimismo, a mayor velocidad de rotación del eje, mayor roce en los cojinetes.

Mientras más rápido gire el eje, más fricción tendrá. Por lo tanto, para un mayor diámetro de rueda, el eje girará más lentamente, y habrá menor pérdida de energía debido al roce en los cojinetes.

Roce

El roce o fricción es una fuerza de resistencia entre dos materiales que están en contacto y en movimiento a la vez. En otras palabras, es la fuerza entre dos objetos que están siendo frotados entre sí.

En un auto solar, las ruedas y los ejes tienen fricción cuando giran. Minimizar este roce permitirá a las ruedas girar más libremente, como así también más rápido, resultando un auto más veloz.

Cojinetes

La conexión entre el eje y el chasis es llamada cojinete. Según la Real Academia Española, un cojinete es una pieza o conjunto de piezas en que se apoya y gira el eje de un mecanismo.

Un cojinete puede ser tan simple como un eje en un agujero, o una conexión más compleja, como una funda suave en un agujero que da al eje menor superficie de roce.

Aquí también pueden usarse rulemanes. Éstos se encuentran en muchos dispositivos conocidos, como bicicletas, patines y ruedas de patinetas. Los rulemanes tienen menor roce, pero son caros y más difíciles de utilizar que los cojinetes.



Seleccionar el material. El material del que pueden estar hechas las ruedas usadas en un auto solar a escala, es muy variado.

Aquí surgen dos opciones: por un lado, utilizar ruedas del tipo de autos de hobby o de autos de juguetes, o construirlas.

En el primer caso, los estudiantes se "ahorran" el trabajo de construir las ruedas, pero no se dispone de gran variedad de tamaños y materiales. Generalmente, son ruedas anchas, de poco diámetro y de plástico. Estas ruedas no son muy convenientes para un auto solar a escala, ya que, como explicáramos anteriormente, es mejor que las ruedas sean finas y de mayor diámetro.

En el segundo caso, los estudiantes pueden elegir el material, el diámetro y el espesor de las ruedas; por lo que tienen más opciones para realizar una mejor elección de las ruedas. Cabe recordar que el diámetro de la rueda es importante, ya que forma parte de la relación de transmisión.



Auto solar junior, con ruedas obtenidas de un camión de juguete

Las ruedas son torneadas, por lo que esta instancia de la construcción de nuestro recurso didáctico es una excelente oportunidad para que los estudiantes desarrollen sus habilidades procedimentales con esta técnica.

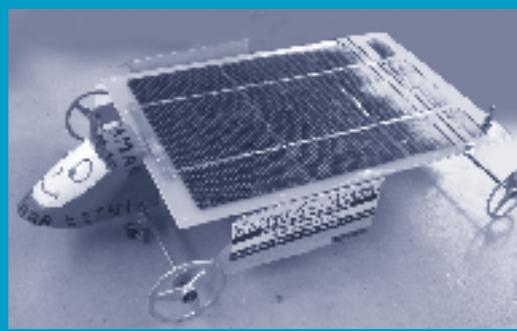


Chasis con ruedas obtenidas de un auto de juguete



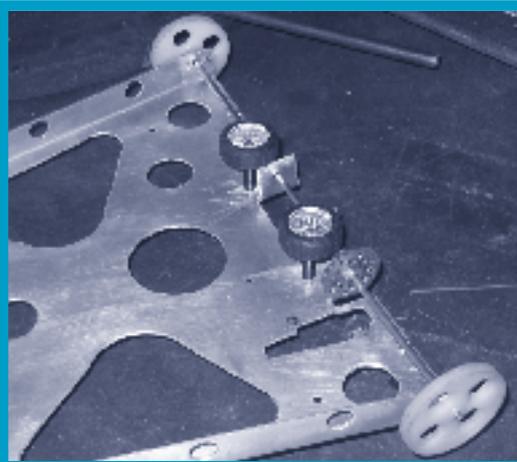
Alumno de la EET N° 3 de Mar del Plata, torneando piezas para su auto solar a escala





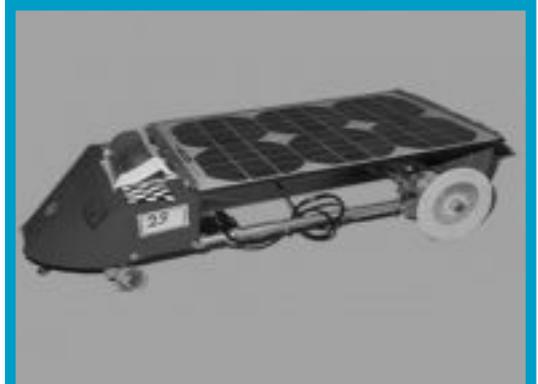
"Pucará" (Miramar); auto con ruedas de aluminio

Los materiales comúnmente utilizados son aluminio, teflón, poliamida, acrílico, entre otros. En alguna ocasión, algunos estudiantes han torneado sus ruedas de madera.



Auto solar a escala, con ruedas de teflón torneadas

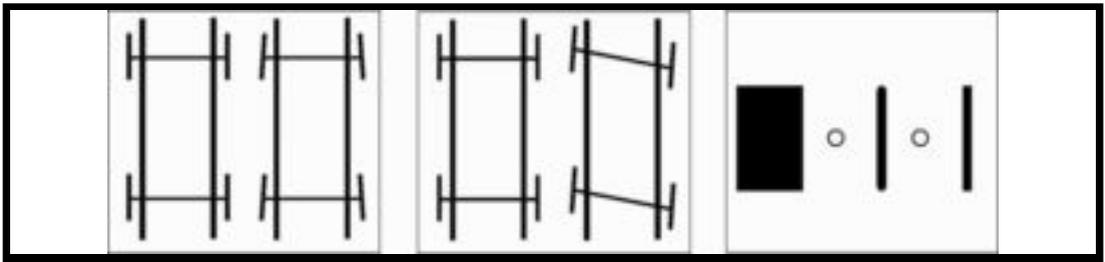
Una alternativa a las anteriormente presentadas, consiste en utilizar otros elementos como ruedas. Es decir, no las tornean, pero tampoco son ruedas compradas. Un ejemplo de esto es el uso de CD, como ruedas.



"Relámpago" (Vicente López); auto solar a escala, con CD como ruedas traseras

Alinear ejes y ruedas. Si las ruedas no están alineadas, el auto tenderá a girar, necesitando más energía para desplazarse y resultando un coche más lento.

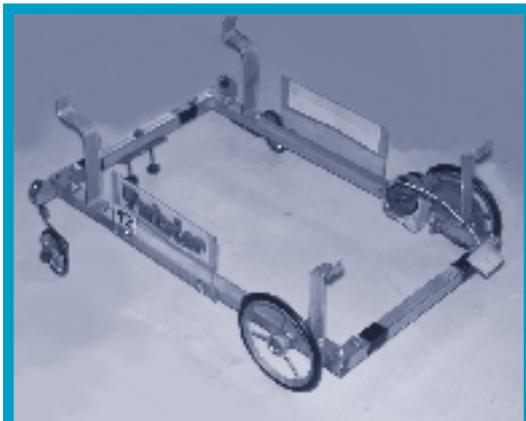
En el caso de la carrera de autos solares a escala, el vehículo se desplazará sobre una guía fija que lo mantendrá corriendo sobre la pista, aún si desea doblar. Si las ruedas no están alineadas, se desperdiciará mucha energía, ya que éste rozará contra la guía que lo conduce.



Reducir la resistencia de rodadura. En términos simples, la resistencia de rodadura es la fuerza mínima requerida para que el auto comience a moverse. Esta fuerza es directamente proporcional a su peso, al roce entre las partes móviles (transmisión) y al roce de las ruedas con el piso.

Generalmente, el roce entre las partes móviles es despreciable y, además, difícil de medir.

En cuanto al roce de las ruedas con el piso, éstas deberían ser lisas, pulidas y muy angostas (estrechas) para que rueden fácilmente sobre el piso. De todas maneras, las ruedas deben proveer suficiente tracción para que los neumáticos no resbalen en la línea de salida. Cuando las ruedas ruedan a lo largo de una ruta, la fricción no permite que resbalen. Un neumático ancho tendrá más tracción que uno angosto, pero también, más resistencia de rodadura. Si es necesario, se pueden usar bandas elásticas en las ruedas, sobre las que está conectado el motor, para incrementar la tracción.



"Twister"; ruedas traseras con bandas elásticas para incrementar la tracción

Además, la resistencia de rodadura tiene dos componentes: una estática y otra dinámica. La primera depende, principalmente, de los materiales y de las superficies que están en contacto entre sí, sin importar la velocidad. Por otra parte, la resistencia dinámica se incrementa con la velocidad.

$$F_r \propto v$$

Donde:

- F_r : Resistencia de rodadura.

- v : Velocidad.

En resumen, la resistencia de rodadura es proporcional a la velocidad, y es afectada por el material de la pista, el material y el diámetro de la rueda, los cojinetes y el dispositivo de dirección.

La resistencia de rodadura y del viento afectan la aceleración, porque reducen la fuerza resultante que actúa sobre el auto.

$$F_t = F_m - F_v - F_r$$

Donde:

- F_t : Fuerza total.

- F_m : Fuerza provista por el motor.

- F_v : Fuerza de resistencia del viento.

- F_r : Resistencia de rodadura.

6. Aerodinámica

Cuando un objeto se mueve a través del aire, experimentará una fuerza de oposición comúnmente llamada "resistencia aerodinámica".

Cabe recordar que el aire consiste en oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y otros gases; por lo tanto, es evidente que el aire tiene masa y no es "nada".

Entonces, cuando un objeto se mueve a través del aire, experimentará la resistencia aerodinámica, proporcional a su velocidad y su geometría.

Dado que se pretende que el auto se mueva lo más rápido posible, se debe intentar reducir esta fuerza.

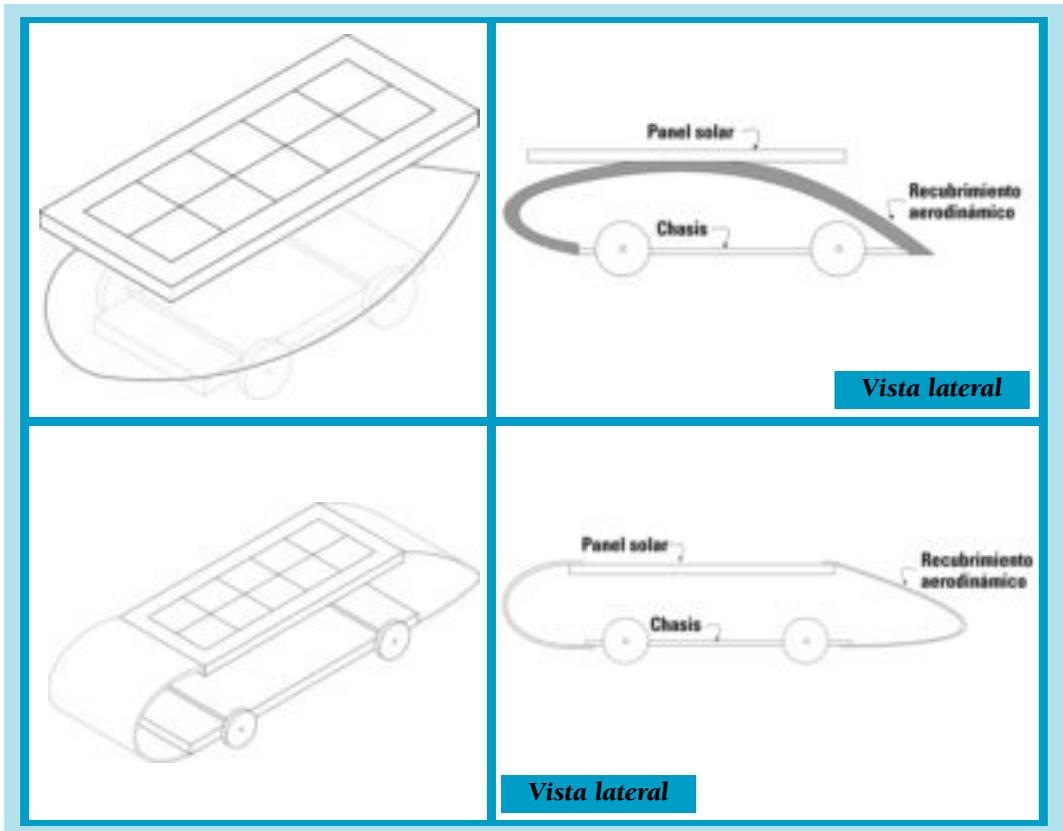
Un auto solar puede alcanzar velocidades mayores a 20 km/h. A estas velocidades, la resistencia aerodinámica es significativa,

especialmente cuando se compara esta fuerza con la provista por el motor.

Hay dos características físicas responsables de la resistencia aerodinámica en un vehículo en movimiento:

- el área frontal del auto,
- la forma.

Construir autos aerodinámicos, usualmente significará masa extra, lo cual reduce la aceleración. Por lo tanto, se debe arribar a una solución de compromiso entre la aerodinámica del diseño del auto y la masa involucrada en éste.



Para evaluar la resistencia aerodinámica de distintas formas de vehículos, los estudiantes pueden construir un "túnel de viento" y realizar mediciones.

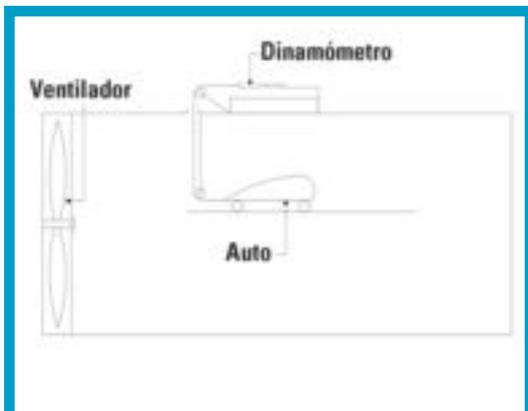


Diagrama de un túnel del viento

Un tubo de cartulina gruesa de 600 mm de diámetro puede ser un túnel apropiado. Un ventilador potente provee una fuente de viento conveniente.

La velocidad del viento puede ser medida por un instrumento, que sirve a tal efecto, disponible en el mercado.

La resistencia aerodinámica del auto puede ser medida utilizando un dinamómetro montado encima del túnel, conectado con una cuerda al vehículo a testear. Éste debe ser colocado en un lugar con poca resistencia de rodadura. Mientras mayor sea la velocidad del viento, menos significativos serán los efectos de la resistencia de rodadura.

El coeficiente de la resistencia aerodinámica k puede ser calculado de la siguiente forma:

$$F_v \propto v^2$$

Donde:

- F_v : Resistencia aerodinámica, medida con el dinamómetro.
- v : Velocidad del viento, medida con el anemómetro.

$$F_v = k \cdot v^2$$

Por lo tanto:

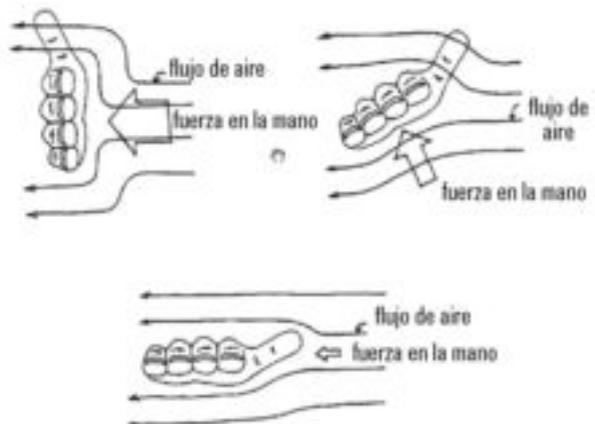
$$k = F_v / v^2$$

Donde:

- k : Coeficiente de resistencia aerodinámica.

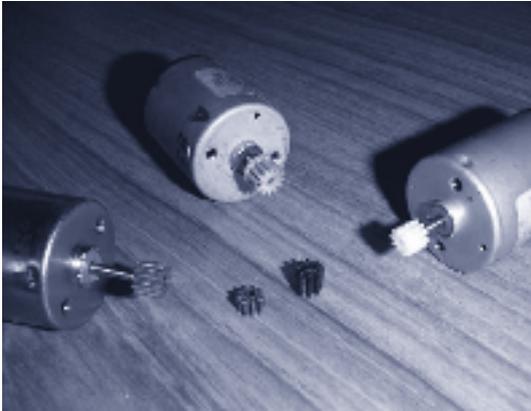
Este coeficiente no es constante; pero, para nuestros propósitos es una buena aproximación.

En resumen, el estudiante debería diseñar un vehículo con la menor resistencia aerodinámica posible. Es decir, construir el área frontal del auto tan pequeña como sea posible, y hacer una carrocería tan aerodinámica como se pueda. Una forma pobremente diseñada puede tener un coeficiente de 0.5 y una forma muy buena, uno menor que 0.012, por lo que la resistencia aerodinámica disminuye considerablemente con la forma, a igual velocidad.



7. Motor

Un motor es un dispositivo que transforma diferentes tipos de energía en energía mecánica.



Se clasifican según el tipo de energía que convierten: motores eólicos, hidráulicos, neumáticos, térmicos, eléctricos, entre otros.

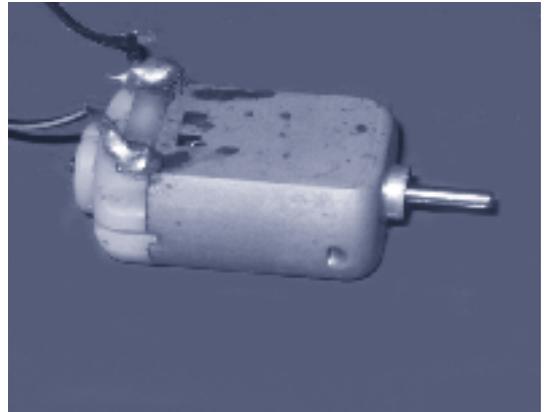
Los motores eléctricos son dispositivos que convierten la energía eléctrica en energía mecánica.

Un auto solar a escala utiliza un motor eléctrico. Éste obtiene energía eléctrica del panel solar y la convierte en energía mecánica de rotación, que será transformada en energía cinética para el desplazamiento del vehículo.

La selección del motor es un aspecto clave en el desarrollo de un auto solar a escala.

Se pueden utilizar motores de bajo costo, del tipo de "hobby"; pero la desventaja es su baja eficiencia. De todas maneras, algunos motores industriales pequeños tienen una eficacia mayor del 80 % y son una mejor

opción, aunque su costo es elevado.



Esto se debe, en los primeros, a la pérdida sustancial de potencia debido a la fuerza de roce en las escobillas. Por otra parte, los motores industriales tienen, usualmente, mucha menor fuerza de roce en las escobillas que los motores de hobby y esto, junto a la mayor potencia de los imanes, da como resultado una mayor eficiencia.

Actualmente, muchas computadoras personales están equipadas con motores de corriente continua para el ventilador. Desafortunadamente, éstos parecen haber sido diseñados para funcionar durante largos períodos y no tienen alta eficiencia. Por lo tanto, no son motores muy convenientes para usar en los autos solares a escala.

Un motor tiene distintas características, que son especificadas en las fichas técnicas, provistas por los fabricantes. En caso de no poseerlas, si son relevantes para el diseño del auto, pueden ser medidas y calculadas.

Entre las especificaciones más importantes, podemos citar:

Tensión nominal. Es la tensión o voltaje de funcionamiento, para que el motor no sobrepase la máxima velocidad recomendada, girando sin carga.

Rango de tensión. Indica el rango de tensiones a las que puede funcionar un motor. Por ejemplo, un motor con tensión nominal de 12 V, funcionará también con tensiones menores y pueden ser tolerados breves picos de voltaje más elevado.

Potencia nominal. Esta cifra representa la máxima potencia de salida, cuando el motor trabaja dentro de la zona de potencia recomendada. Depende de cada tipo de motor.

Rango de potencia. Como el rango de tensión, el rango de potencia de un motor es usualmente especificado para operaciones continuas. De todas formas, picos cortos de operación a dos o tres veces la potencia especificada son aceptables, cuando existe un lapso de tiempo que permita que el motor se enfríe.

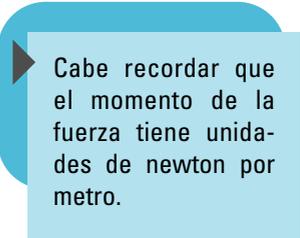
Constante de tensión o de voltaje. La constante de tensión es una de las características más importantes de un motor eléctrico, en lo que a autos solares a escala concierne, y está directamente relacionada con la selección de la relación de transmisión.

Todos los motores eléctricos con imanes permanentes generan una tensión entre sus terminales de entrada, cuando sus rotores están rotando. La tensión resultante es directamente proporcional a la velocidad de rotación del rotor y es, usualmente, referida como constante de tensión del motor, con

unidades de minivolt por rpm.

Generalmente, los fabricantes listan la recíproca de la constante de tensión en sus fichas de especificaciones técnicas, llamada "constante de velocidad", con unidades de rpm por volt.

Constante de torque. El momento de la fuerza o torque de salida de un motor eléctrico es directamente proporcional a la corriente de armadura por la constante de torque, cuando la corriente no es demasiado elevada. Esto no es un problema para los autos solares a escala, porque la corriente disponible es de alrededor de un amperé y está dentro del rango operativo de corriente del motor.



Cabe recordar que el momento de la fuerza tiene unidades de newton por metro.

La constante de torque es la cantidad de momento de la fuerza producida por cada amperé de corriente; es utilizada para calcular la fuerza disponible en la rueda, en el punto de contacto con el suelo, para conducir el vehículo. Los fabricantes no siempre especifican este valor, pero es directamente proporcional a la constante de tensión; y, si ésta es conocida, entonces la constante de torque -también llamada constante de par- puede ser calculada.

Resistencia de la armadura. Ésta es la resistencia entre los terminales del motor con la armadura estacionaria. Este valor, junto con la corriente en vacío, es usado para calcular la eficiencia del motor.

Corriente en vacío. Es la corriente que circula por el motor cuando éste no tiene carga. Depende de la fricción en las escobillas y en los cojinetes, y varía ligeramente con diferentes velocidades.

Esta tensión se opone a la fuente de tensión de entrada, hasta que se alcanza el equilibrio en el punto donde la corriente es lo suficientemente grande, para superar las pérdidas del motor.

Muchas de las pérdidas son causadas por el roce de las escobillas a través del conmutador. La corriente en equilibrio, cuando la fuente de tensión es igual a la tensión nominal, es denominada como corriente en vacío.

Consideremos, ahora, cómo es posible la medición de características.

Las características de los pequeños motores industriales son provistas por los fabricantes en las fichas técnicas.

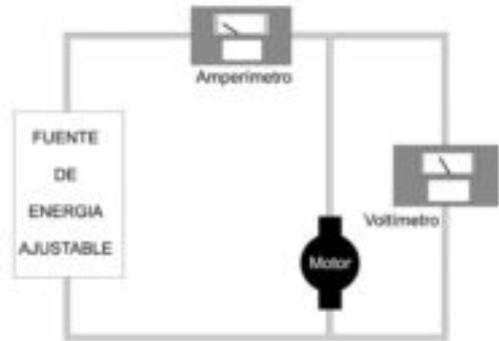
De todas maneras, puede darse el caso que se utilicen motores de los que no se dispone la ficha técnica ni el modelo del motor. Entonces, las características principales pueden ser medidas usando algún instrumental básico.

Las mediciones realizadas a continuación utilizan valores para un motor de un auto solar a escala (la potencia máxima del panel solar es de 10 W).

Medir la resistencia de armadura. Esta característica es una de las más fáciles de medir y una de las más importantes.

Se puede usar un óhmmetro o, si no se

dispone de él, puede calcularse midiendo la tensión y la corriente, como se muestra en la siguiente figura.



Sus alumnos conectan una pila y miden la corriente y la tensión con el rotor del motor detenido. Con este nivel de tensión no debería haber problema de sobrecalentamiento del motor.

La corriente medida puede variar en algunos motores debido a la posición del rotor. En este caso, debe calcularse un promedio simple de la corriente.

La resistencia de armadura (R_a) se calcula de la siguiente manera.

$$R_a = V/I$$

Y se mide en ohm.

Medir la corriente en el vacío. Utilizando el mismo circuito de la figura anterior, conectan una tensión de alrededor de 12 volt y miden la corriente. Éste es el valor de la corriente en el vacío (I_0).

Medir la constante de tensión. Esta carac-

terística puede ser medida cuando el motor gira lentamente.

Para esto, los alumnos realizan una marca en el eje del motor. Para ver mejor, pueden colocar un disco liviano en el eje, marcando un radio en él. Ajustan la tensión del generador hasta que el motor gire dos revoluciones en un segundo. En realidad, a los efectos del cálculo, la velocidad del motor no importa; pero sí para que cada revolución pueda ser físicamente contada.

Utilizando un cronómetro, registran el tiempo (t), en segundos, que tarda el eje del motor en dar cien vueltas.

También toman nota de la corriente (I) y la tensión (V) que suministra el generador. Con estos datos, más la resistencia de armadura (R_a) obtenida previamente, calculan la constante de tensión (V_c) utilizando la siguiente fórmula:

$$V_c = t \cdot (V - I \cdot R_a) / 6$$

El resultado es en volt por 1000 rpm.

El valor obtenido con este método no es exacto; pero, para nuestros propósitos, es una buena aproximación.

Medir la constante de torque. La constante de torque es directamente proporcional a la constante de tensión. Entonces, una vez calculada esta última, la constante de torque puede ser obtenida de la siguiente manera:

$$T_c = V_c / 0.1047$$

Considerar otras características. Las especificaciones de los fabricantes usualmente listan más características que las que hemos detallado. De todas formas, aparte del interés general, éstas pueden ser ignoradas para el desarrollo de un auto solar a escala, aunque podrían ser importantes para otras aplicaciones.

Montar el motor. Como ya explicáramos, el motor se monta sobre el chasis. La ubicación del motor y la forma en que éste se instala en el auto, dependerá de la forma del chasis y de la transmisión elegida.

Aquí se presenta otra oportunidad para que los estudiantes desarrollen su creatividad e imaginación en la forma de resolver este problema.



Abrazadera del motor



Motor en su abrazadera



Motor colocado y ajustado en el chasis

Es conveniente que el montaje del motor tenga un sistema regulable, para poder realizar ajustes de último momento.



Montaje regulable

Analizar el rendimiento del motor. Dos de las razones de las pérdidas en el motor son fácilmente identificables. La primera es debida a la potencia disipada en la resistencia de armadura y la segunda, al roce dentro del motor.

Gran parte de la resistencia de armadura se debe a la resistencia del bobinado y las escobillas; tendrá pequeños cambios, dependiendo de la alineación de las escobillas y de las

variaciones en la corriente de armadura. Además, cuando el motor tiene una carga elevada, se calienta y eso provoca un aumento en la resistencia de armadura.

En un motor de corriente continua, las pérdidas por roce no pueden ser evitadas, aunque se mantienen relativamente constantes a pesar de la variación de carga.

El rendimiento de un motor es provisto por el fabricante en la ficha técnica. Si no se dispone de ella, conociendo las características del motor, se puede calcular su rendimiento (E_f):

$$E_f = (P_o / P_i) \cdot 100$$

Donde:

- P_i : Potencia de entrada.
- P_o : Potencia de salida.

$$P_i = V \cdot I$$

$$P_o = P_i - P_r - P_f$$

Donde:

- P_r : Pérdida de potencia debido al roce.
- P_f : Pérdida de potencia debido a la resistencia de armadura.

$$P_r = (V - I \cdot R_a) \cdot I_o$$

$$P_f = I^2 \cdot R_a$$

El cálculo del rendimiento de un motor también es más complicado que el que hemos presentado; pero, para el desarrollo de un auto solar a escala, nuestro procedimiento resulta una buena aproximación.

8. Panel solar

El panel solar es la fuente de energía del vehículo. Como explicamos, es el dispositivo que convierte la energía solar en energía eléctrica.

Para el desarrollo de un auto solar a escala se utiliza un panel solar de 4 a 10 W. La determinación de la potencia -es decir, el modelo de panel a utilizar-, dependerá de su costo y del tamaño del auto.

Cabe destacar que la elección del motor eléctrico está relacionada con el tipo de panel solar a utilizar.

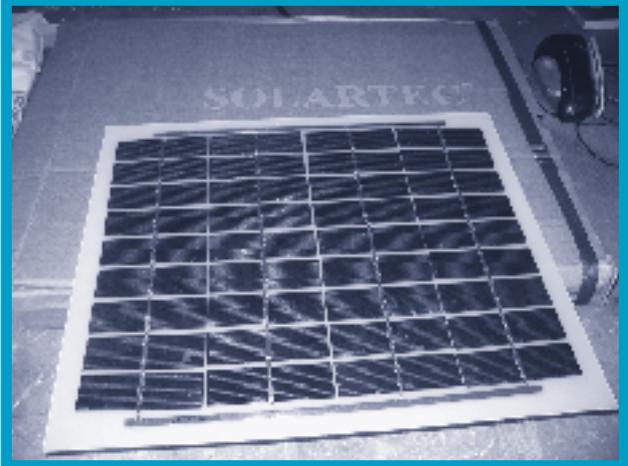
Estos paneles tienen una eficiencia de alrededor del 10 %; es decir que una de cada diez unidades de energía solar sobre el panel es convertida en energía eléctrica.

Los mejores paneles en el mundo tienen, aproximadamente, un 25 % de eficiencia y son extremadamente caros.



Panel solar de 6 watt, utilizado en los autos solares junior

Panel solar de 10 watt, utilizado en los autos solares senior



Características del panel solar

- Masa y dimensiones
- Corriente en cortocircuito
- Tensión a circuito abierto
- Rendimiento
- Factor de forma
- Inclinación

Masa y dimensiones. Estas características, usualmente, son dadas por el fabricante, en la hoja técnica.

El panel solar se monta sobre el chasis. Por lo tanto, su masa y sus dimensiones deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar el vehículo (particularmente, el chasis), ya que el panel agregará masa al auto y el tamaño del chasis debe ser acorde al de la placa.

Corriente en cortocircuito. Si se conecta un amperímetro a los terminales del panel solar, se medirá la corriente de cortocircuito del panel (I_{CC}). Ésta es directamente proporcional a la intensidad de luz solar a la que está expuesto el panel; por tanto, la máxima I_{CC} puede ser obtenida al mediodía de un día soleado.

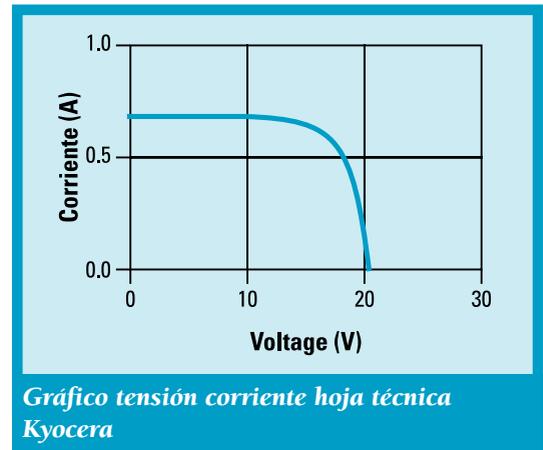
Esta corriente aumenta con el incremento de temperatura del panel, aunque estas variaciones no suelen ser tenidas en cuenta.

Tensión a circuito abierto. Si se conecta un voltímetro en los terminales del panel solar, se medirá su tensión a circuito abierto (I_{Ca}). Ésta depende de la cantidad de celdas que posee el panel (aproximadamente, 0,6 V por celda).

Esta tensión disminuye con el aumento de la temperatura en el panel (2 mV por celda, por grado Celsius de incremento de temperatura).

Rendimiento. El rendimiento de un panel solar depende de la carga que se le conecte.

Los fabricantes, generalmente, incluyen el gráfico tensión-corriente en la hoja de especificaciones técnicas del panel solar.



La potencia (en watt) se calcula multiplicando la corriente por la tensión.

$$P = V \cdot I$$

Tanto V_{ca} como I_{cc} son valores límites de tensión y corriente respectivamente; aunque el panel no produce ninguna potencia útil a V_{ca}

-porque la corriente es cero- y tampoco a I_{cc}
 -porque la tensión es cero-.

Nótese que, para conseguir la máxima potencia, la resistencia de la carga conectada al panel debe ser óptima; es decir, obtener la mayor tensión posible con la menor disminución de corriente (zona T).

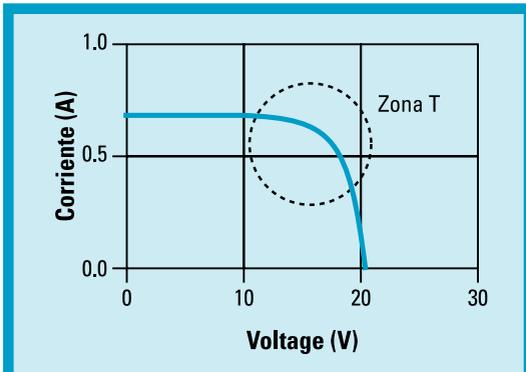


Gráfico tensión corriente con la zona T marcada

Factor de forma. Las características de dos paneles solares, aún siendo de la misma potencia y del mismo fabricante, pueden variar sustancialmente. Esto puede ser explicado a través del factor de forma (FF). Éste define la forma de la caída exponencial de la corriente del panel, en función de la tensión, y depende de la forma en que son hechas las celdas solares.

▶ No hay nada que se pueda hacer para cambiar este valor, una vez que el panel ha sido fabricado.

A pesar de ello, es bastante simple calcular el factor de forma (FF) si se conoce la potencia de salida nominal, V_{ca} e I_{cc} .

Puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$FF = P / (V_{ca} \cdot I_{cc})$$

Los valores típicos de FF, para paneles utilizados en la construcción de autos solares a escala varían, generalmente, entre 0,58 y 0,72. Es preferible un valor más elevado de FF.

Inclinación. La posición relativa del panel respecto de la luz solar -o sea, el ángulo de incidencia de la luz sobre el panel- es un aspecto a tener en cuenta, ya que se espera obtener la mayor potencia posible del panel solar.

Una forma es que el panel produzca más corriente. Para ello, se necesitan más electrones moviéndose en él. Si más luz solar incide sobre el panel, más electrones serán "arrancados" de los átomos en cada celda y, así, se producirá más corriente.





"Apocalipsis" (Mar del Plata); auto solar a escala, utilizando un panel solar sin inclinación

Inclinar el panel fotovoltaico de forma tal que el ángulo de incidencia de la luz sea de noventa grados, incrementará la potencia de salida.

Se puede medir I_{cc} del panel, utilizando distintos ángulos de inclinación, para corroborar esta afirmación.

Establecer la relación entre el motor y la placa. Se deben conocer las características del motor eléctrico y del panel solar para poder tomar una decisión acertada y fundamentada respecto del motor.

También puede ser útil analizar algunos aspectos operativos de un auto solar a escala funcionando. ¿Qué sucede cuando se conecta el motor al panel solar?

En un primer momento, el motor se encuentra en estado estacionario y la tensión en sus bornes, en el instante en que el panel solar es expuesto al sol, es simplemente el producto entre la corriente de cortocircuito I_{cc} del

panel y la resistencia de armadura R_a del motor. En este momento, la corriente de armadura deja de ser nula.

Dado que el torque es directamente proporcional a la corriente de armadura, el auto se moverá incrementando su velocidad.

En tanto el vehículo gana en velocidad, la tensión en el motor aumenta, mientras que la corriente disminuye, hasta llegar a un equilibrio. Éste es alcanzado cuando el momento de la fuerza producido por el motor y en combinación con la relación de transmisión, iguala a la fuerza requerida para mover el auto solar a escala.

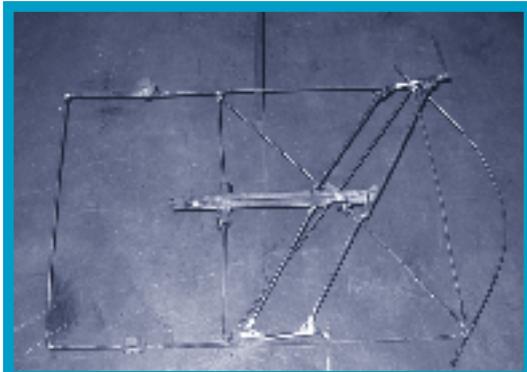
Se debe tener en cuenta que, a esta altura, la resistencia aerodinámica probablemente será mayor que la resistencia de rodadura.

9. Dirección y suspensión

La función de un sistema de dirección es dirigir las ruedas delanteras en respuesta a las órdenes dadas por el conductor, para conseguir un control direccional del vehículo.

Los ángulos de dirección posibles de ser alcanzados quedan modificados por la geometría de la suspensión, y por la geometría y reacciones en el sistema de dirección. Las características de la dirección se ven también influenciadas por factores tales como la geometría de las ruedas, el tipo de neumático y la distribución de masa. Además, se requiere una buena estabilidad para que el auto tienda, por sí mismo, a seguir en línea recta.

Para variar de dirección en la marcha de un vehículo, se cambia la orientación de las ruedas delanteras. El mecanismo de dirección ha de cumplir el requisito de llevar ambas ruedas debidamente orientadas sobre sus trayectorias curvas.



Dirección de un auto solar junior, construida con partes de un paraguas

La dirección consiste en una barra de acoplamiento en cuyos extremos se articulan las ruedas o sus ejes, mediante cojinetes o rodillos; de modo tal que cuando una rueda vira, la otra se ve obligada a hacerlo también, para que el resultado sea un cambio en la dirección del auto. Este sistema está montado en la parte delantera del chasis.

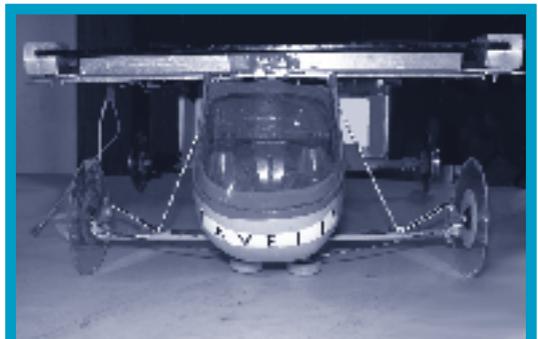


Eje de la rueda



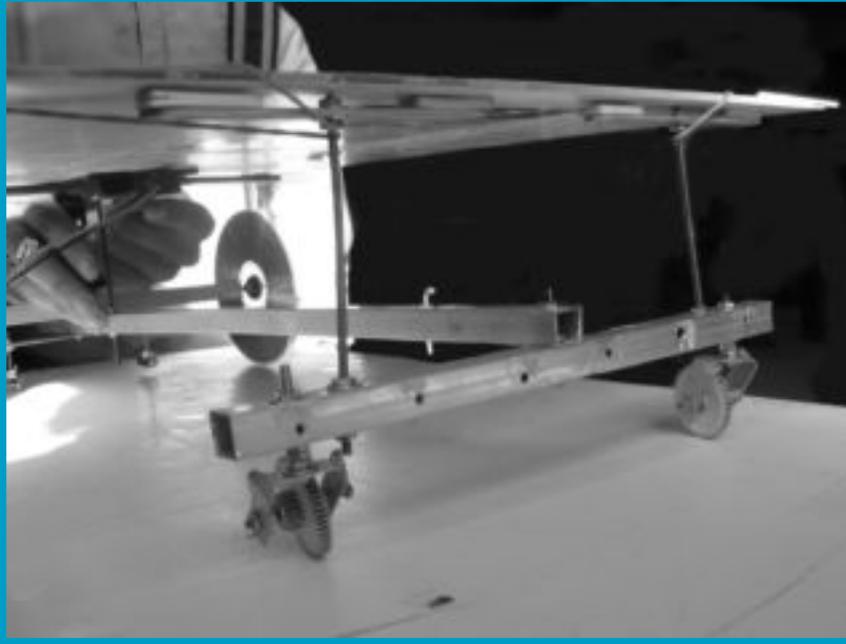
Dirección de madera

Cabe destacar que, en un auto solar a escala, no siempre se cuenta con un sistema de dirección y suspensión. En estos casos, las ruedas que no traccionan se dejan fijas y alineadas a las otras.



Auto solar a escala con sistema de dirección

Otra opción consiste en dejar las ruedas libres; es decir, que éstas puedan girar libremente alrededor de su eje. Este sistema es el más sencillo; pero, la desventaja es que las ruedas pueden posicionarse en forma perpendicular a la dirección del desplazamiento, provocando un roce mucho mayor entre las ruedas y el piso; e, incluso, trabarse y detener el vehículo.

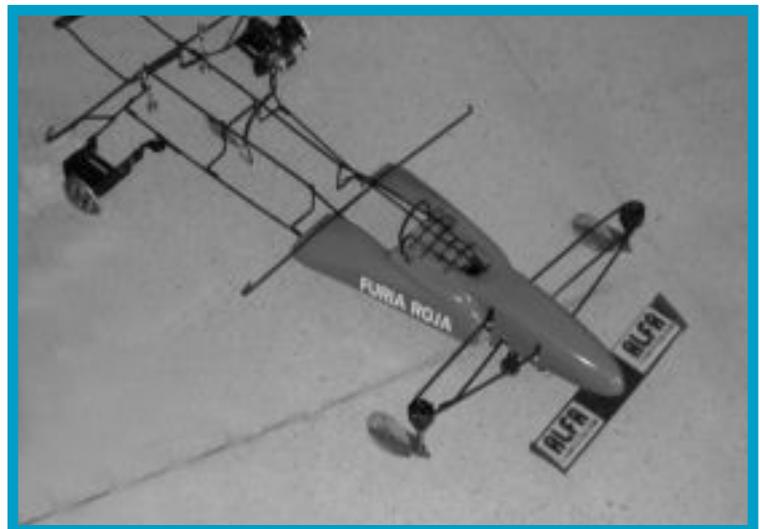


Auto sin dirección y ruedas locas

En general, dadas las dimensiones de los autos solares a escala, no se utiliza un sistema de suspensión. Aunque en los autos cuidadosamente diseñados, suele emplearse una suspensión independiente para cada rueda delantera, la que amortigua los golpes y saltos que puedan producir los desniveles de la pista.

Así, la suspensión consiste en un brazo móvil sobre el cual se coloca la rueda, y está acoplado perpendicularmente al eje fijo mediante una articulación. De esta manera, las ruedas, al subir y bajar sin reaccionar la una en la otra, gracias a la suspensión independiente, también suben y

bajan sus brazos móviles sin que el movimiento de uno repercuta en el otro, gracias a la articulación que los une al eje.



"Furia Roja" (Mar del Plata); auto solar a escala con sistema de suspensión

10. Dirección para la competencia

Tal como planteáramos en la última situación problemática que le acercábamos en nuestras páginas iniciales, en la que un grupo de estudiantes desea participar de la carrera de autos solares a escala, se debe tener en cuenta el reglamento de estas competencias.



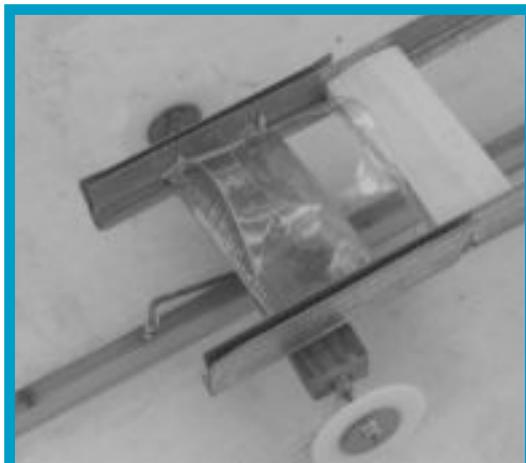
Autos solares a escala, compitiendo⁶

Dado que en los otros casos, un sistema de dirección no es absolutamente necesario, este punto será desarrollado conforme a las restricciones de la carrera de autos solares a escala.

Cabe destacar que la pista posee una guía fija, en forma de "U", sobre la cual corre el auto, que evita que éste se despiste. Por lo tanto, el auto solar a escala debe poseer un sistema que le permita deslizarse por esta guía.

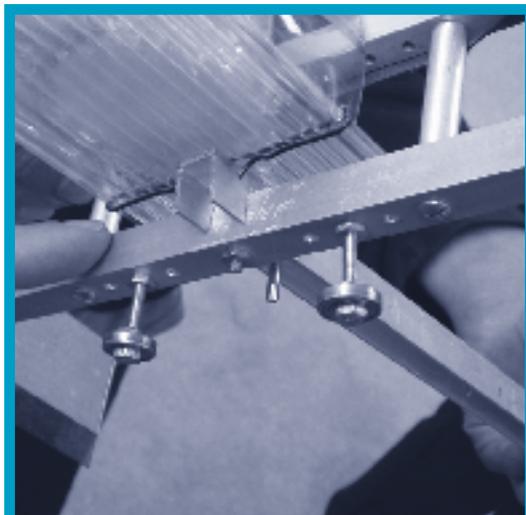
Generalmente, se utiliza un pequeño rulemán, montado horizontalmente sobre un eje vertical, en el frente del auto. De esta

manera, el rulemán se desliza por dentro de la guía en forma de "U". El rulemán debe tener un diámetro tal que encaje en la guía, sin atascarse.



Dirección por dentro de la guía

Otra forma consiste en utilizar dos rulemanes montados por fuera de la guía. Este sistema es más eficaz, cuando la guía está perfectamente alineada o instalada en la pista.



Dirección por fuera de la guía

⁶ Para acceder a estos reglamentos, le proponemos dirigirse a: www.softwaredelcentro.com.ar/daase/index.html

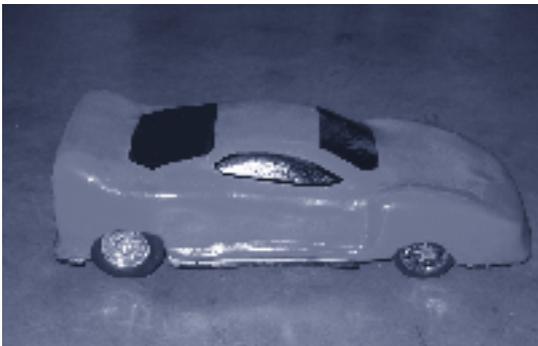


Vista frontal del sistema de dirección

Sea cual fuere la forma usada, es conveniente emplear un sistema de ajuste para la altura y el ancho.

11. Carrocería y cabina

La carrocería y la cabina de un auto real tienen varios propósitos. Protegen a los pasajeros del viento y la lluvia, proveen seguridad adicional en caso de choque e influyen en la estética del vehículo. Pero, además, modifican el rendimiento, ya que un auto bien diseñado puede reducir la resistencia aerodinámica. Esto es similar en un auto solar a escala.

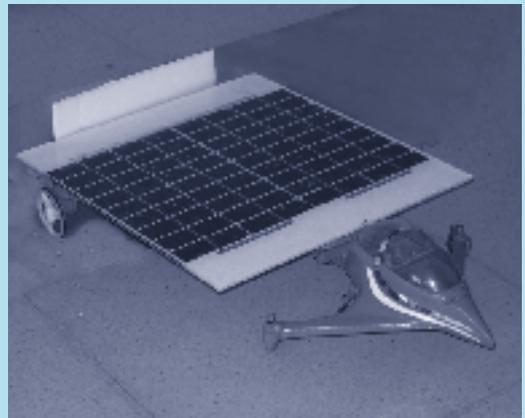


Por lo tanto, se debe diseñar una cabina con forma aerodinámica, para reducir la resistencia del aire. Es decir, construir el área frontal del auto tan pequeña como sea posible y hacer una carrocería tan aerodinámica como se pueda.

Para construir la cabina se debe elegir un material que permita dar forma y que, a su vez, sea liviano, a los efectos de no agregar masa; por ejemplo, fibra de vidrio, planchas finas de plástico, papel, etc.



Distintas cabinas



En el caso que el vehículo compita en la carrera de autos solares a escala, la cabina debe tener un habitáculo que albergue dos huevos, que hacen las veces de conductor y acompañante, ya que el reglamento indica que el vehículo debe transportar dos huevos, sin romperlos, para corroborar la seguridad del auto.

Optimizando el rendimiento del auto solar a escala

Reducir la resistencia aerodinámica o la resistencia de rodadura daría como resultado una mejora en la velocidad promedio del vehículo. De todas formas, en un auto solar a escala, es difícil precisar cuánto podría mejorarse con pequeñas variaciones de estas dos variables.

Como explicáramos en detalle, en un auto solar a escala, la fuente de energía es el Sol. Ésta se transforma, sucesivamente, hasta obtener energía cinética en el desplazamiento del vehículo.

En resumen, la velocidad final del vehículo dependerá -entre otras variables- de la energía inicial disponible.



"El hijo del Sol" (Vicente López)

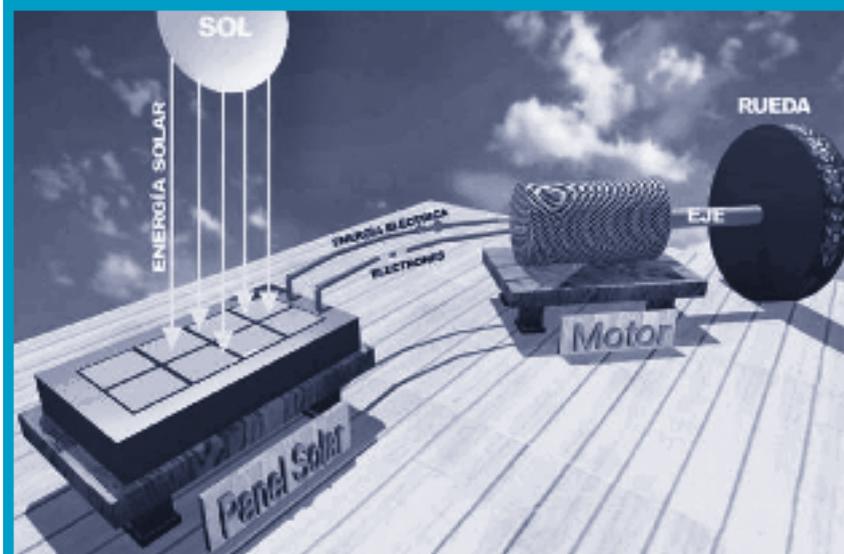


Diagrama de transformación de energía en un auto solar a escala

Además, en cada proceso de transformación existen pérdidas (de las cuales hemos hablado en detalle); por tanto, una forma de aumentar el rendimiento del auto consiste en disminuir dichas pérdidas.

Analizando el gráfico del final de esta página, se puede determinar cómo se distribuye la potencia disponible del panel solar.

La mayor parte de la potencia es utilizada para acelerar el auto, mientras que el resto es consumido por las pérdidas en cada proceso de transformación de energía, es decir: en el motor, en el sistema de transmisión, etc.

Disminuir alguna de estas pérdidas, incrementará la potencia neta disponible para la aceleración del vehículo.

Por ejemplo, reducir a la mitad la resistencia aerodinámica incrementaría la potencia disponible para la aceleración, de un 58 % al

63,5 %. Este incremento es menor que el 12 %, que sería el aumento de potencia disponible si se disminuyera la masa del vehículo en un 12 %.

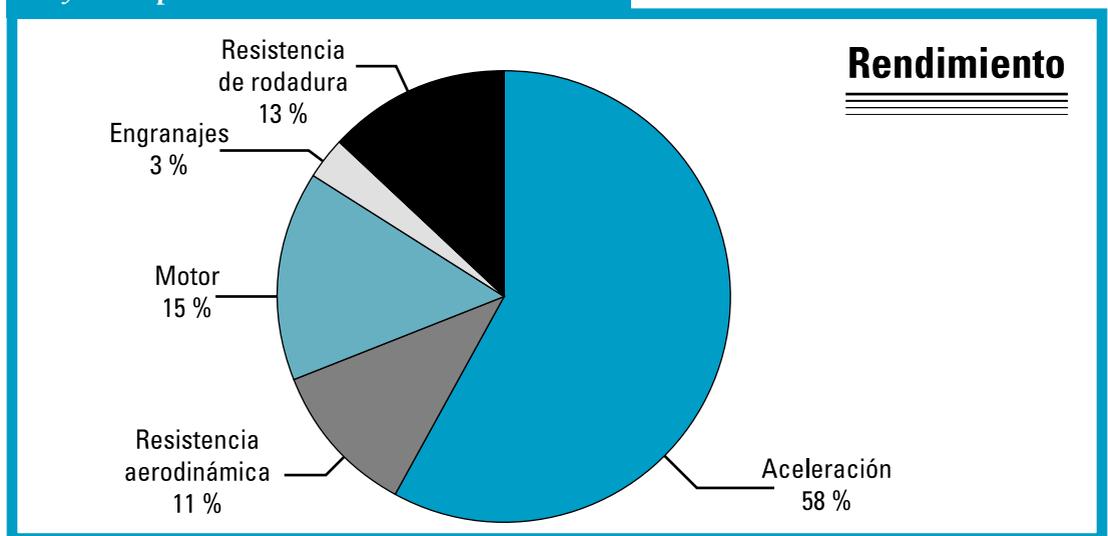
En otras palabras, el rendimiento de un auto solar a escala será afectado en mayor medida por cambios en la masa del chasis, que por los mismos porcentajes de cambio en las pérdidas del motor, roce entre las partes móviles, resistencia de rodadura o resistencia aerodinámica.

←

Todos los conceptos presentados son considerados en el desarrollo del recurso didáctico propuesto. Es en la puesta en práctica (el diseño y construcción de un auto solar a escala) en la que se establece la transferencia de estos conceptos.

→

Gráfico con distribución porcentual de la potencia útil y de las pérdidas



Rendimiento

3. HACIA UNA RESOLUCIÓN TÉCNICA

Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo

El vehículo

Vamos a proponerle el diseño y la construcción de un auto a escala, propulsado a energía solar, sin almacenamiento de energía, destacando que son innumerables las posibilidades de su resolución tecnológica.



Decidimos construir un auto sin almacenaje de energía porque esto vuelve el diseño más complejo en cuanto al desarrollo conceptual, pero lo simplifica en cuanto a la resolución tecnológica.

Usar un sistema de almacenamiento incrementa el problema de comprensión de los conceptos involucrados en el proceso de transformación de energía solar a eléctrica y, luego, a mecánica. Dicho de otro modo: Es más difícil comprender lo que sucede entre el panel solar y el motor, y entre éste y el sistema de transmisión.

Por otra parte, el hecho de no utilizar un sistema de almacenamiento de energía, hace que la resolución tecnológica sea más compleja. Es decir, hay más variables a tener en cuenta para que el vehículo funcione. Y esto amplía las oportunidades de aprendizaje de los estudiantes.



La elección de los materiales, las decisiones relacionadas con la estructura del chasis, el sistema de transmisión, entre otros, determinarán las técnicas y herramientas a utilizar.

Esta diversidad de posibilidades en el desarrollo del auto solar, brinda al docente oportunidades extras de implementar este recurso en el aula y de contextualizar el uso de materiales disponibles.

Este equipo ha sido desarrollado con las acotaciones de dimensiones y potencia que rigen la competencia de autos solares a escala. Esta decisión ha sido tomada con el propósito de incluir restricciones en el diseño.

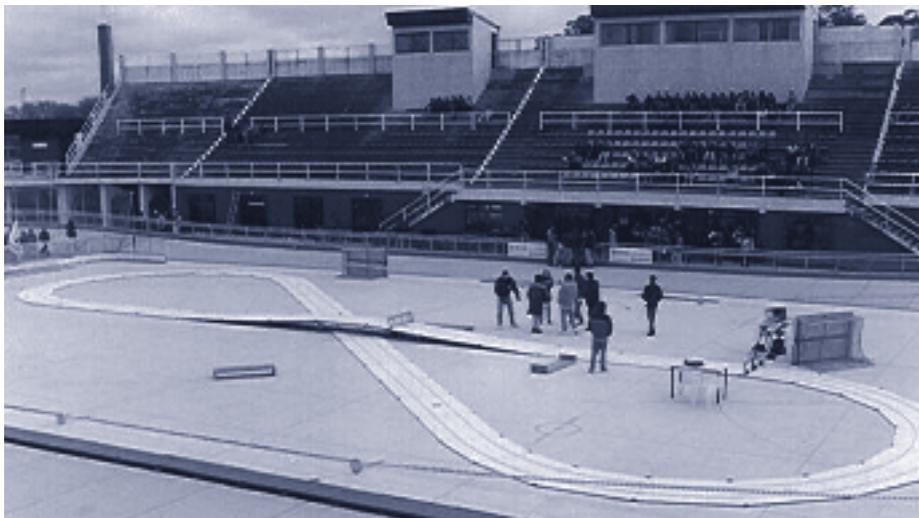
Esto acerca más a los estudiantes a una situación real, donde una solución técnica a un problema tecnológico siempre tiene restricciones, ya sean económicas, tecnológicas, sociales o ambientales.

Este auto solar a escala tiene un chasis de madera balsa, ruedas de grilón, sistema de transmisión con engranajes, tracción trasera con sistema de dirección y suspensión, y cabina de fibra de vidrio para el conductor y acompañante.

Otra condición de diseño es que el panel solar sea independiente del chasis; esto significa que, al retirar el panel, el auto debe mantener su estructura.

El vehículo debe completar una vuelta de 100 metros, en una pista con forma de ocho.

En el diseño y la construcción del auto, intervinieron Maximiliano Díaz, Matías Bruzzone, Eduardo Bueri, Pablo Facio, Mariano Barragán y Nicolás Maroto, alumnos de la Escuela de Educación Técnica N° 3 de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires.



El auto debe ser diseñado y construido de forma tal que supere estos dos puntos críticos sin problema: ser suficientemente rápido para pasar el cono de sombra sin detenerse

La pista tiene dos puntos críticos:

- La zona de sombra debajo del puente.
- La subida del puente.

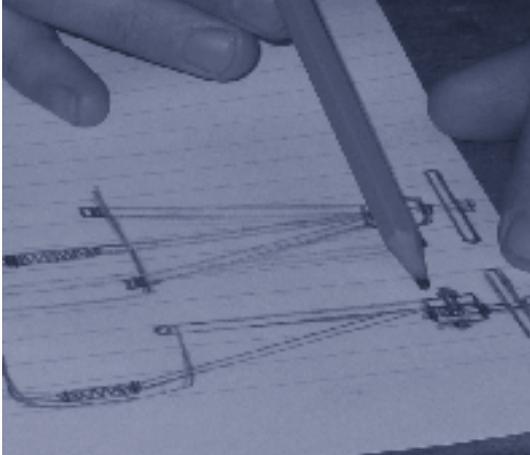
y lo suficientemente fuerte para subir la loma sin inconveniente⁷.

El diseño

Sus alumnos deben tomar decisiones, previamente a la construcción del auto. Están relacionadas con las partes del vehículo, su distribución, los materiales a utilizar, etc. Esto forma parte del diseño.



⁷ Lo invitamos a consultar la página del Desafío Argentino de Autos y Lanchas Solares a Escala -DAASE-: www.softwaredelcentro.com.ar/daase/index.html



Después de decidir el diseño, es conveniente que realicen planos con las distintas vistas del auto, que muestren algunos detalles

Cabe recordar que las vistas muestran la mayoría de la información sobre el objeto que se planea construir.

de construcción.

Una vez completados los planos, deben revisar que el diseño contemple todas las especificaciones.

A los efectos de animar a los alumnos a realizar innovaciones en el diseño, el vehículo debe contener un panel sólido, plano, rígido de al menos 100 mm por 220 mm por 0,3 mm de espesor. Este panel debe ser montado verticalmente en el auto, a 90° de la dirección de movimiento. Además, debe poder desmontarse.

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en el túnel de viento muestran que el efecto de este panel puede ser de importancia en el rendimiento del auto. Una velocidad del viento de 25 km/h en un auto, sin ninguna forma aerodinámica, podría generar una resistencia aerodinámica cinco veces mayor que en un vehículo más aerodinámico.

Los estudiantes, al igual que los ingenieros, aprenden de sus errores. Por esta razón, usualmente, construyen uno o más productos para testearlos antes de construir el definitivo.

El testeo es una parte importante del diseño; por esto, es útil monitorear, evaluar y modificar los diseños iniciales, a fin de obtener una versión final mejor.

En un auto solar a escala, estas pruebas y modificaciones se dan, principalmente, en el sistema de transmisión. La relación de transmisión es calculada inicialmente, aunque

luego es modificada de acuerdo con los resultados de las pruebas en pista.

Las partes



1. Chasis

Tal como se describiera, el chasis es fundamental en el desarrollo de este prototipo.

Éste debe ser liviano y, a la vez, lo suficientemente fuerte para no romperse y para soportar el peso del panel solar, el motor y la cabina con el conductor.

Las dimensiones del chasis deben ser acordes a las del panel solar y, además, cumplir con las exigencias del reglamento:

- Ancho máximo 320 mm, incluyendo las

ruedas.

- Largo máximo 650 mm.

El chasis de este equipo será construido con listones y planchuelas de madera balsa. Se podría utilizar varillas de aluminio o fibra de carbono; pero, la ventaja que se logra utilizando este último material, no es justificada por la gran diferencia de costo.

La madera balsa es liviana, pero se astilla fácilmente cuando se agujerea. El pino es un poco más pesado, pero más maquinable.



Decidimos que el chasis fuese de madera balsa para que los estudiantes puedan trabajar con más técnicas y materiales, dado que las ruedas se tornean y que otras piezas son de aluminio.

2. Ruedas

El diámetro de las ruedas debe tenerse en cuenta en el cálculo de la relación de trans-

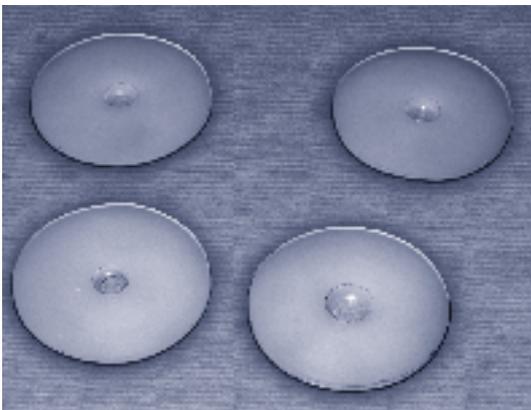
misión.

Como planteáramos, aquí los estudiantes tienen dos posibilidades:

- obtener ruedas ya hechas -por ejemplo, de un auto de juguete-, compradas en un negocio de elementos para aeromodelismo, etc.; o
- construirlas ellos mismos.

Con la finalidad de que los alumnos pueden aprender tantas técnicas como sea posible, hemos optado por la segunda opción.

Por tanto, las ruedas serán torneadas.

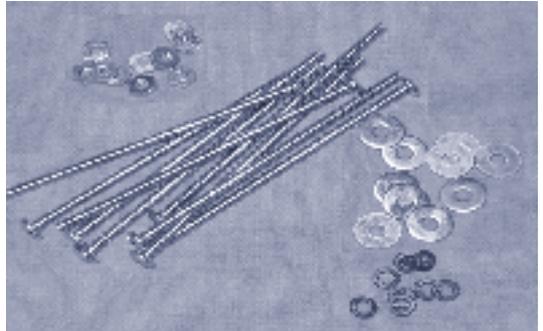


A esta altura, también debe tenerse en cuenta el roce entre las distintas partes del auto, particularmente en los ejes y las ruedas. Por esta razón, se colocarán rulemanes en las ruedas, a fin de disminuir el rozamiento entre las partes móviles del auto.

De esta manera, una vez decidido el diámetro de las ruedas, se debe contar con los rulemanes, para tomar sus medidas e incluirlas en el diagrama.

3. Ejes, dirección y suspensión

Éstos deben ser montados sobre el chasis y son otra fuente de rozamiento. Para disminuir el roce, se colocarán rulemanes en todas las ruedas.



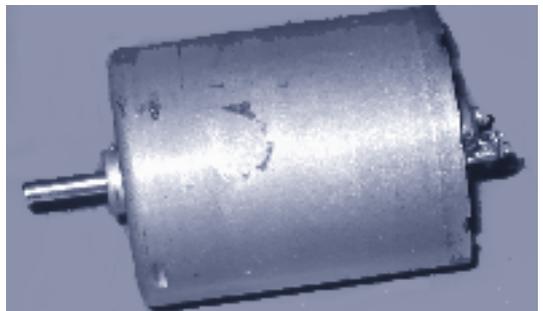
Se trabajará con tornillos, ya que permiten realizar las uniones más fácilmente.

El eje delantero llevará un sistema de dirección y suspensión.

4. Motor

El motor es de 12 V, CC, obtenido de una videograbadora.

El auto tendrá tracción trasera y sobre una sola rueda ya que, de esta forma, no se necesitan estabilizadores adicionales para las curvas.



5. Sistema de transmisión

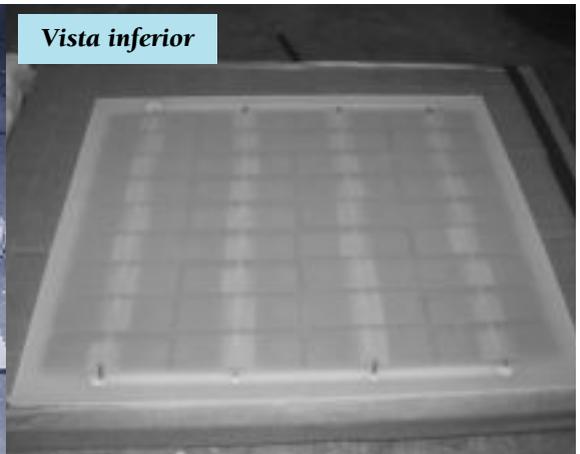
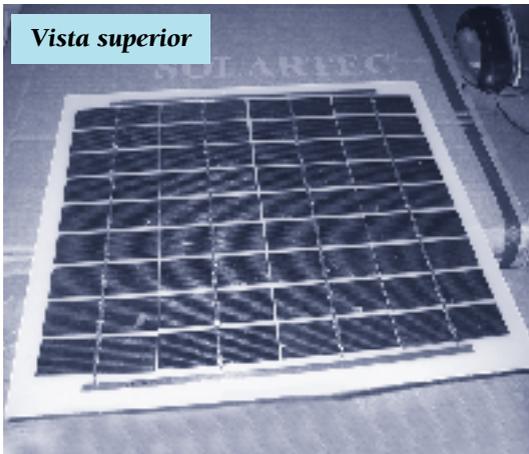
Los grabadores y videograbadoras viejos son buenas opciones para encontrar engranajes y poleas de distintos tamaños. También se pueden conseguir en los negocios de artículos para modelismo, aunque esto implica un costo extra. Se pueden considerar los mezcladores eléctricos y los controles remotos como posibles donantes de elementos para la construcción de un auto solar a escala.

El sistema de transmisión de nuestro auto consta de un piñón de bronce y una corona plástica.

6. Panel solar

El auto llevará una placa solar de 10 watt, conectada al motor con conectores molex y un interruptor, a fin de vincular rápidamente el panel al motor.

Además, contará con un sistema que permita desmontar el panel del auto.



7. Cabina

La cabina debe portar dos huevos: conductor y acompañante.

Los materiales

En el vehículo solar que proponemos, utilizamos:

- 5 listones de madera balsa rectangular de 4 mm x 4 mm.
- 2 listones de madera balsa de 10 mm x 4 mm.
- 2 planchas de madera balsa de 3 mm (el resto de las medidas es estándar: 90 mm x 7 mm).
- 2 rulemanes Ø externo: 10 mm y Ø interno: 3 mm.
- 2 rulemanes Ø externo: 16 mm y Ø interno: 5 mm.
- 2 rulemanes Ø externo: 12,8 mm y Ø interno: 5 mm (para las guías).

- 1 barra de grilón Ø: 60 mm, longitud 15 cm (la longitud dependerá de la cantidad de ruedas a tornear).
- Adhesivo instantáneo cianocrilato 2 pomos x 20 gramos.
- Soldadura plástica (10 minutos).
- 1 Panel solar Solartec de 10 watt Modelo KS10 fibra⁸.
- 1 motor de CC de 12 V.
- 1 piñón de bronce de 7 dientes.
- 1 corona plástica de 70 dientes.
- 2 conectores molex grandes.
- 1 interruptor pequeño.
- 1 m de cable bipolar.
- 4 tornillos de 1/8", longitud: 77,3 mm.
- 4 arandelas comunes 1/8".
- 4 arandelas grover 1/8".
- 4 tuercas 1/8".
- 3 tornillos de Ø: 2 mm.
- 3 tuercas de Ø: 2 mm.
- 2 tornillos de 5 mm.
- 2 arandelas comunes 5 mm.
- 2 arandelas grover 5 mm.
- 2 tuercas 5 mm.
- 3 tornillos de Ø: 2 mm.
- 3 tuercas de Ø: 2 mm.
- 2 tornillos de Ø: 1/8" paso fino (para el soporte del motor).
- 2 resortes de tensión.
- 1 barra de aluminio rectangular de 23 mm x 23 mm.
- 1 barra de aluminio Ø: 19 mm.
- 1 chapa galvanizada de 0,5 mm de espesor.
- 1 lámina de aluminio de 1 mm de espesor.
- Fibra de vidrio para el molde.
- Fibra de vidrio para la cabina.
- 3 caños de fibra de carbono de Ø: 7 mm y 50 mm de longitud.
- 50 cm de caño de bronce de Ø: 4 mm.
- 50 cm de caño de bronce de Ø: 6 mm.
- 1 hoja de papel de entelar.
- 1 frasquito de Dope.
- Tiner.
- 20 gr de cera desmoldante.
- 1 lámina acrílico de 10 cm x 10 cm.

Los instrumentos y las herramientas

Vamos a necesitar:

- Torno.
- Torno manual.
- Bit.
- Herramienta de corte.

⁸ Las autoras recomendamos esta marca, porque la empresa Kyocera Solar Argentina realiza descuentos a las escuelas que trabajan con vehículos solares a escala; y además, entrega las placas ya preparadas para los autos (es decir, sin los marcos).

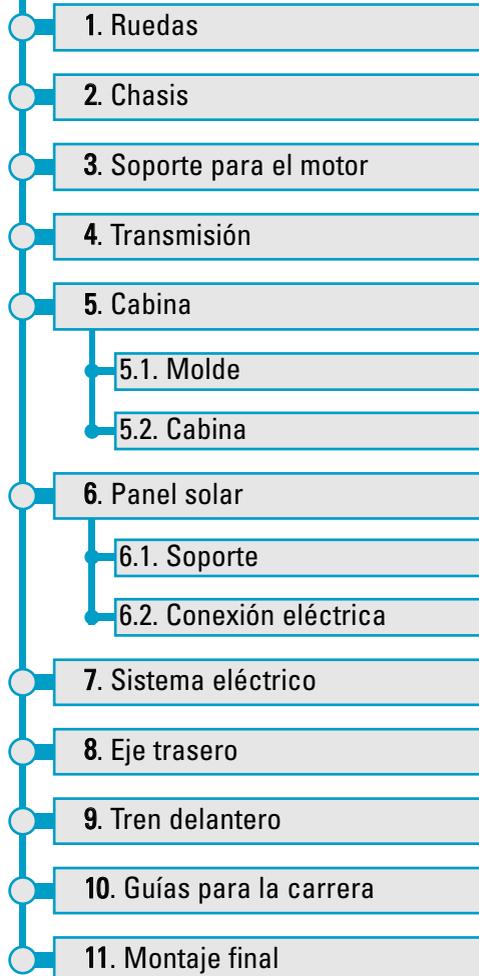
- Punzón.
- Sierra.
- Destornillador.
- Regla.
- Calibre.
- Lima plana.
- Lima de matricería.
- Escofina.
- Pinza.
- Agujereadora.
- Cizalla.
- Manchón.
- Alicates.
- Soldador (estaño).
- Pelacables.
- Trincheta.
- Tijeras.
- Lápices.
- Martillo.
- Yunque.
- Morsa.
- Dobladora.
- Mechas de: \varnothing : 9,75 mm, \varnothing : 5 mm, \varnothing : 2 mm, \varnothing : 3,25 mm.
- Mandril para adaptar al torno.
- Lija fina (500).
- Téster.
- Pincel fino.
- Nivel.

La construcción y el armado

A continuación, presentamos la secuencia a seguir en la construcción y el armado del auto solar a escala.

Cabe destacar que el orden puede variar según el diseño y materiales a utilizar; por lo tanto, esta secuencia es orientativa.

Secuencia de construcción y armado



1. Ruedas

Comenzamos con las ruedas, ya que el espesor final de éstas determinará la longitud final de los ejes y, por lo tanto, las dimensiones finales del chasis.

A partir de una barra cilíndrica de grilón, se tornean las cuatro ruedas macizas con las siguientes dimensiones:

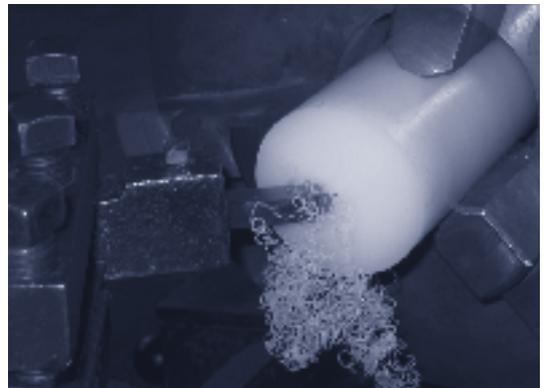
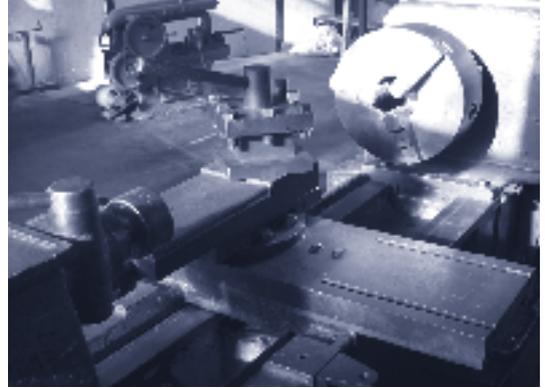
- Ø: 55 mm para las ruedas delanteras.
- Ø: 60 mm para las traseras.
- espesor: 3 mm.

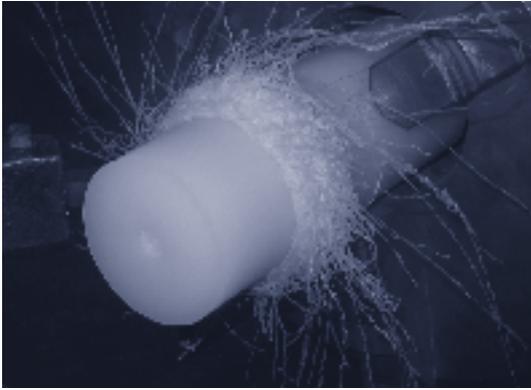


Es conveniente recordar a los alumnos las normas de seguridad para el trabajo en el torno; particularmente, en relación con el uso de gafas de seguridad (por las virutas que puedan saltar).

Las ruedas son torneadas. Para ello, se coloca la barra en el cabezal y la herramienta (bit). Se controla que ambas estén centradas.

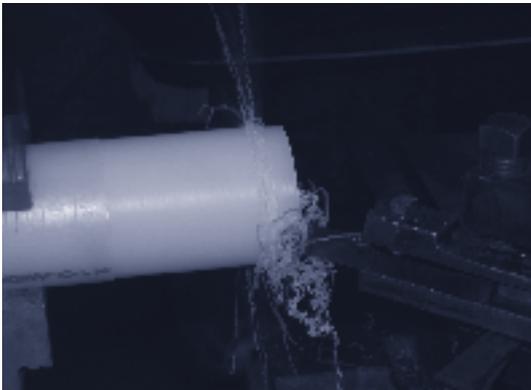
A continuación, se realiza un frentado del material; luego, se mide el diámetro inicial y se cilindra hasta alcanzar los 55 mm (que es el diámetro de la rueda).





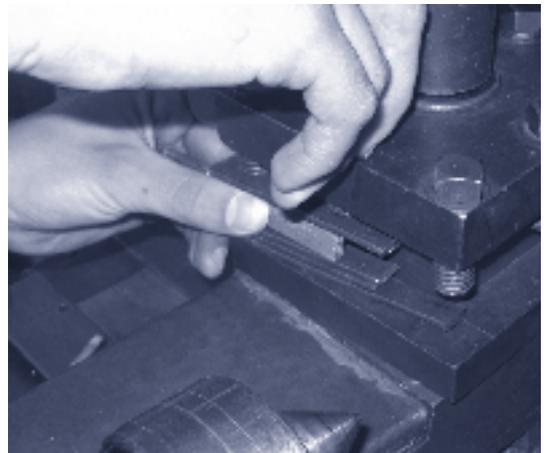
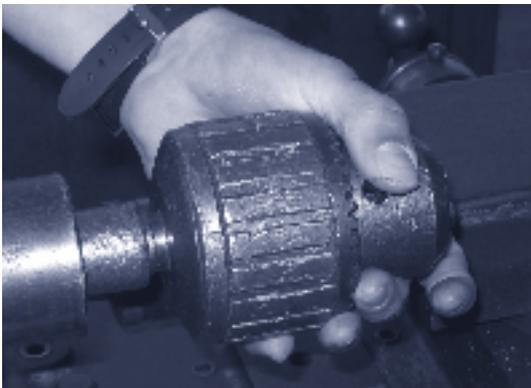
Para aprovechar mejor el material, se debe medir cuánto se adentrará la mecha en la barra; es decir, qué profundidad tendrá el agujero que estamos realizando. Éste es el espesor del rulemán; en nuestro caso, 4 mm.

Si la rueda es de 3 mm de espesor, se dejará "un topecito" de 1 mm para que el rulemán no se salga.

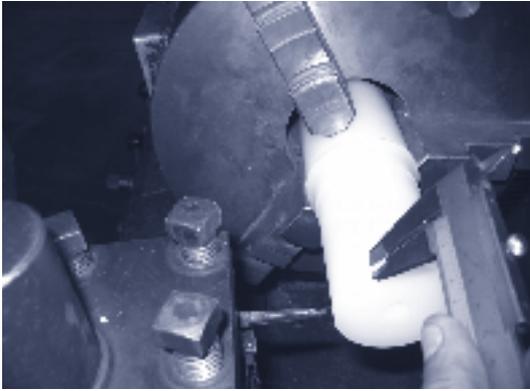


Una vez alcanzados los 55 mm, se coloca el mandril en el manguito, con una mecha de 9,75 mm de diámetro, teniendo en cuenta que el diámetro del rulemán es de 10 mm.

Una vez realizado este agujero, se coloca la herramienta de corte, la que debe estar bien afilada.



Se mide 3 mm de espesor y se marca. Luego, se hace un surco a 5 ó 6 mm, ya que se debe tener 1 mm extra para el tope del rulemán.

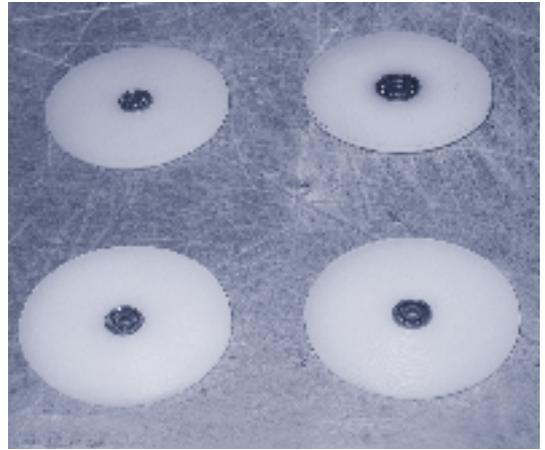


Antes de realizar el corte, se coloca el rulemán. Se va ajustando y apretando, hasta que entra completamente.

La ventaja de colocarlo en la rueda en este momento es que se puede controlar si ha quedado bien centrado. Una manera sencilla de hacer esto consiste en colocar un tornillo largo y en hacer girar el cabezal del torno.



Por último, se realiza el corte. Y, ya tenemos la rueda.



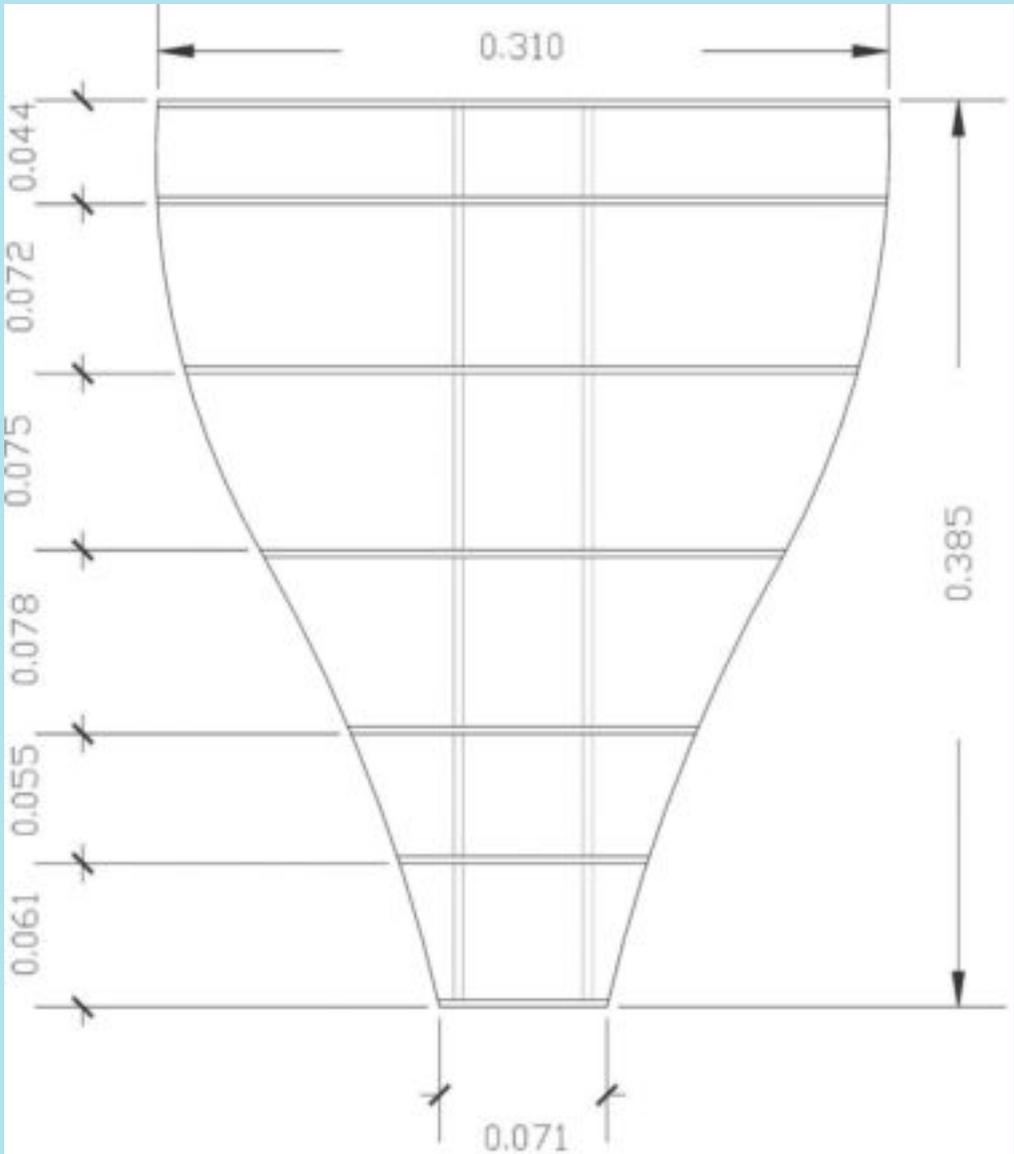
Para finalizar, se quitan las rebarbas con un cutter o con una lija fina de carpintero.

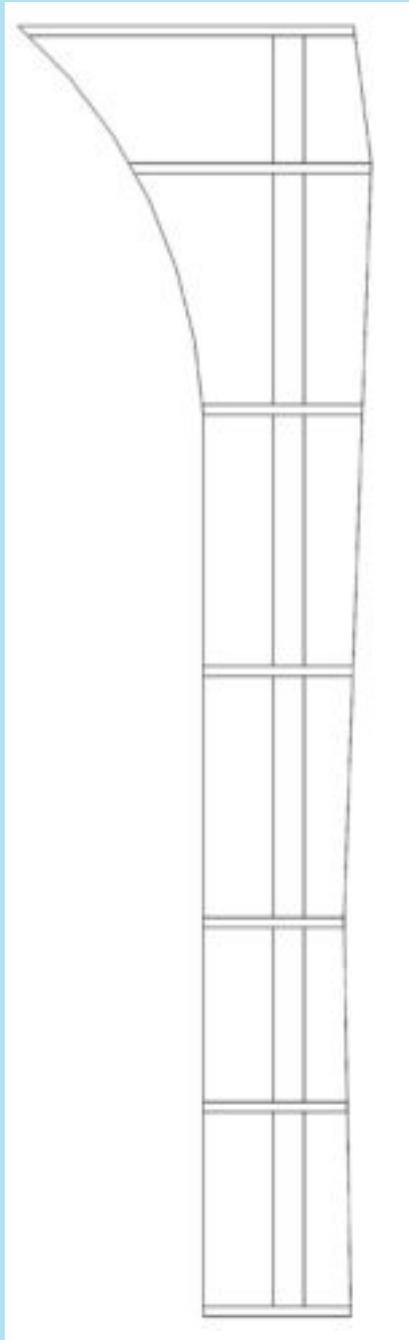
Si el agujero posterior de la rueda hubiese quedado pequeño, se agranda con una mecha o un sacabocado.

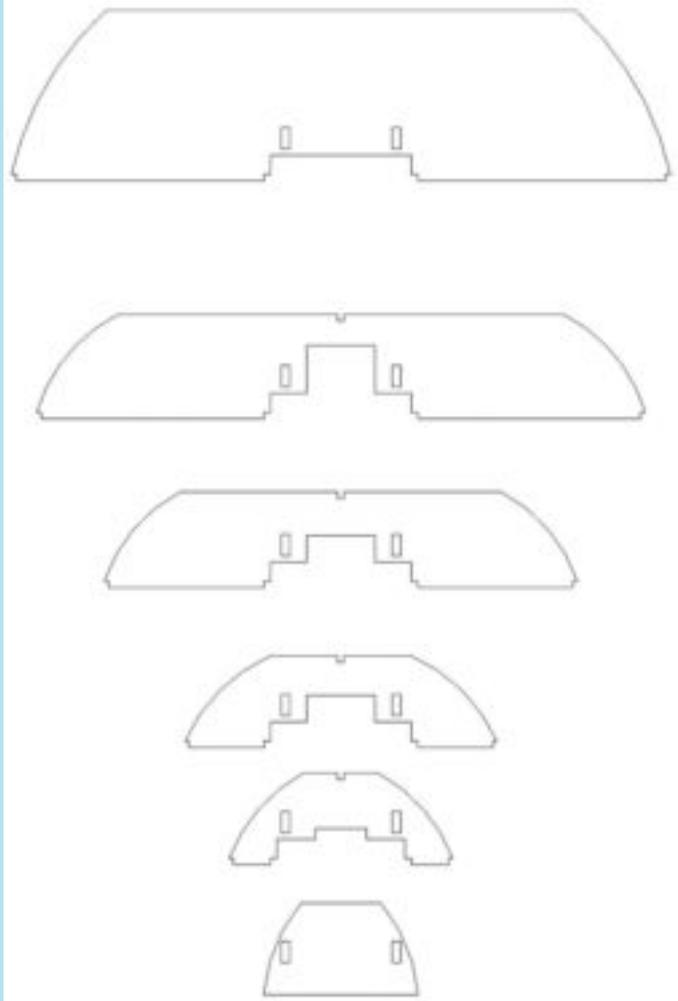
Las ruedas traseras llevan dos rulemanes más grandes que los de las otras ruedas. Por lo tanto, se efectúa el mismo procedimiento, pero el agujero se realiza de un diámetro acorde al diámetro externo del rulemán (12,8 mm) y con una profundidad de 6 mm, para que quepan los dos rulemanes.

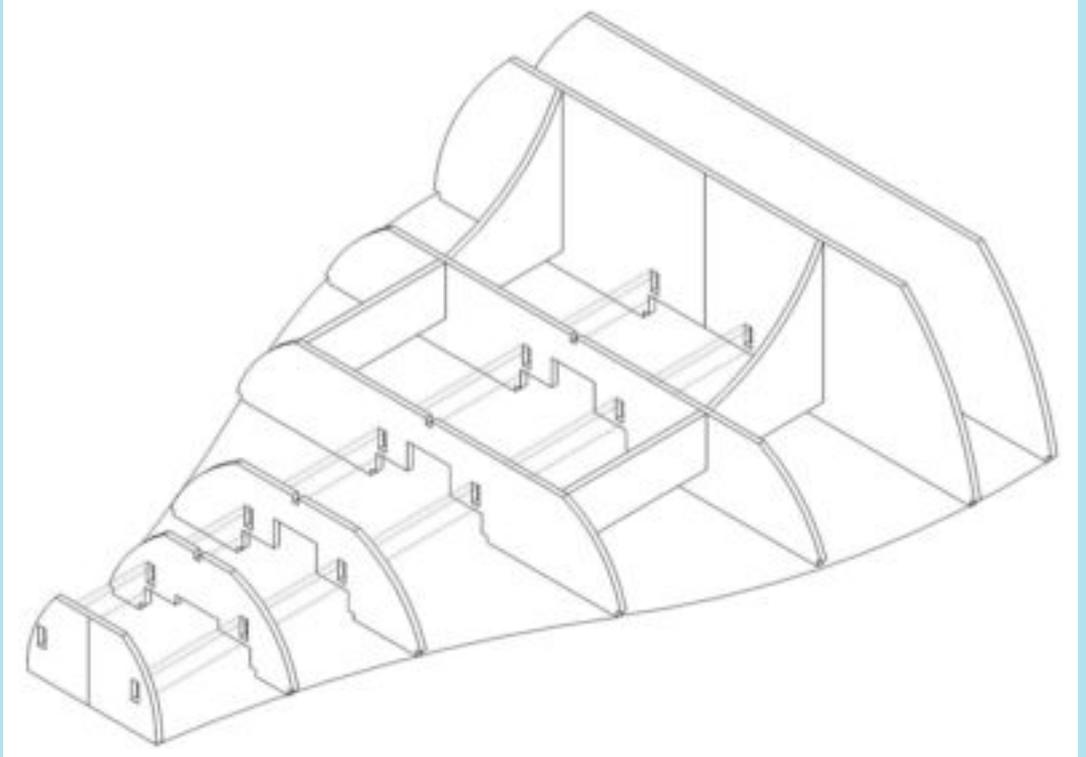
2. Chasis

Como ya adelantáramos, el chasis es de madera balsa. Consta, básicamente, de un entramado de varillas de 4 x 4 mm, con distintas "costillas" a lo largo de la estructura. Esto contribuye a que la estructura sea más fuerte.









Primero, se marcan las cuatro costillas más pequeñas en los listones de madera balsa. Se mide cada costilla y se marca con un lápiz.

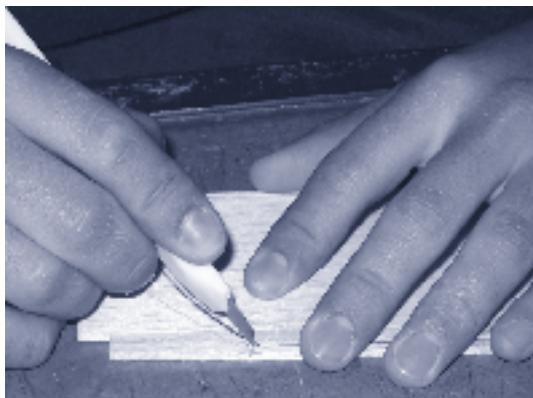
Si se ajunta la escala, se puede usar el dibujo del plano como patrón para marcar las curvas. En este caso, previamente se debe recortar la parte curva, para luego poder marcar.



A continuación, se cortan con un cutter o trincheta, dejando de 1 a 3 mm de margen, que son rebajados, luego, con una lija fina. Este procedimiento tiene dos finalidades; por un lado, obtener una terminación mucho más prolija y, por otro, evitar "pasarse" de la medida, ya que la madera balsa es muy fácil de cortar y, por lo tanto, también es fácil pasarse de la medida en un corte.



Para cortar los sectores curvos, se realizan cortes sucesivos, aproximándose paulatinamente a la medida, ya que al cortar transversalmente a la veta de la madera, ésta puede romperse.

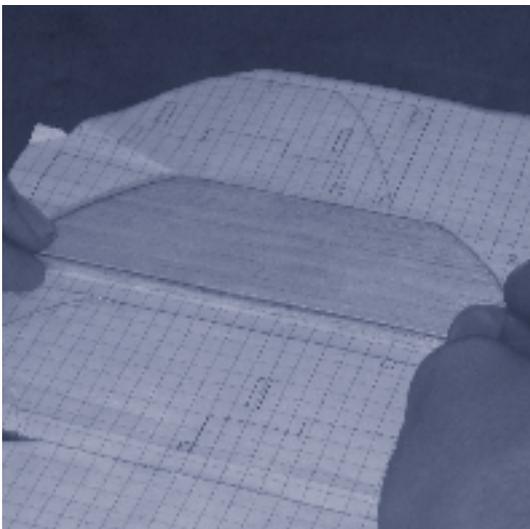


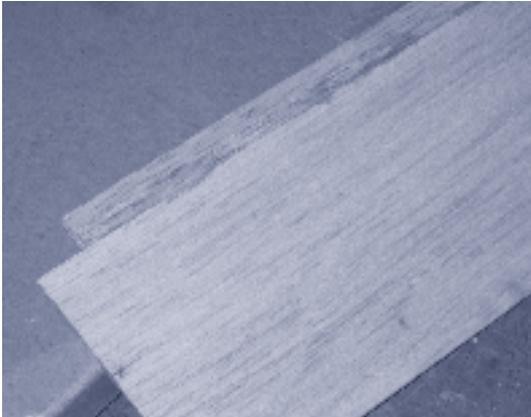


La quinta y sexta costillas son más anchas que el listón, por lo que se requiere un paso previo a marcar y cortar; se corta un trozo del listón restante y se pega sobre el otro (con adhesivo instantáneo-cianocrilato).



Una vez que se ha terminado de lijar la costilla, controlamos la terminación con el plano.





Se debe tener cuidado al trabajar con el pegamento, ya que el listón puede quedar pegado a la mesa de trabajo. Para evitar que esto suceda, se coloca un plástico debajo de la madera que se quiere pegar y, así, se evita que el material quede pegado a la mesa.

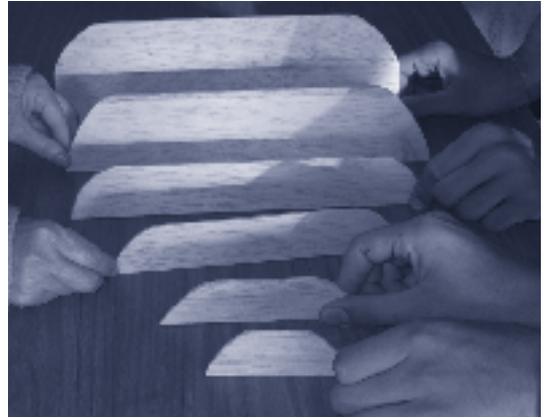
Una vez que el pegamento está seco, ya contamos con una planchuela lo suficientemente ancha para marcar la quinta costilla.



A continuación, procedemos de la misma manera que en las anteriores.

Una vez cortado el contorno de cada costilla, se marcan los cortes y agujeros a realizar,

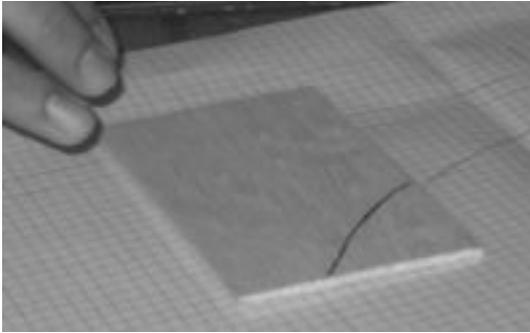
como se indica en el plano. A continuación, se corta de la misma forma explicada anteriormente.



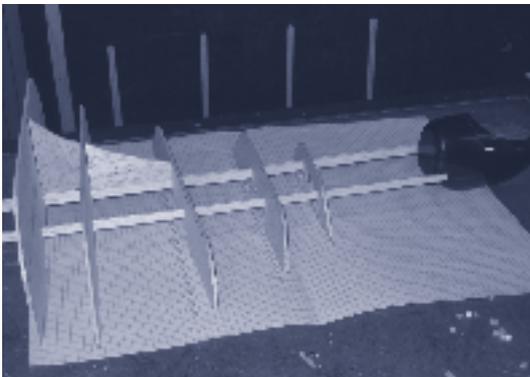
Se debe tener especial cuidado de no pasarse en el corte y arruinar la pieza.



Posteriormente, se deben construir las costillas laterales. Se procede de igual manera que con las otras costillas.

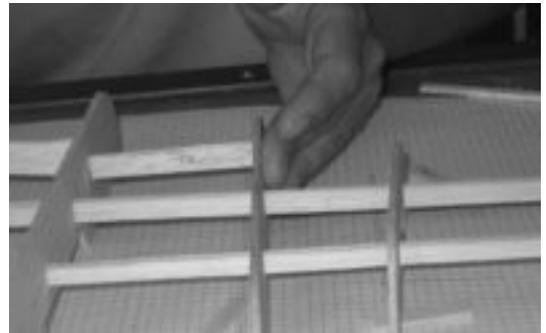


Una vez que se han preparado las piezas, se monta todo sobre la vista superior del plano y se presenta para verificar si se debe realizar algún ajuste final.

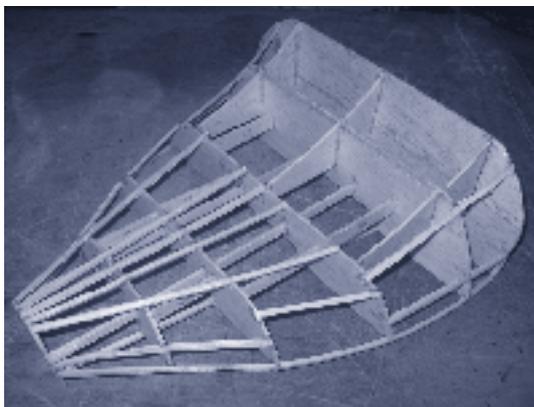
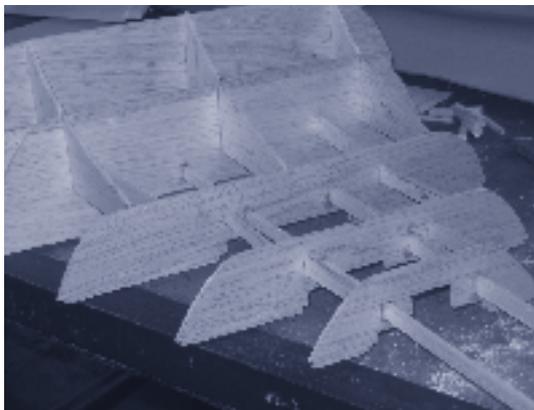


Los listones de 4 x 4 mm conforman los travesaños centrales. Éstos se pasan por los agujeros hechos en las costillas.

A continuación, se pegan con cianocrilato todas las piezas; primero, las costillas laterales o cruzantes, y, al final, las uniones de los travesaños y las costillas principales.



Se pegan listones de madera balsa -como muestra la foto- para darle forma al chasis. La cantidad es variable, según la habilidad del estudiante que vaya a hacer la cobertura del chasis. A mayor cantidad de listones, mayor facilidad al entelarlo.



3. Soporte para el motor

Consiste en una chapa galvanizada de 0,5 mm de espesor, doblada y perforada, que se fija al chasis.

En la chapa se marca un rectángulo de 54 mm x 24 mm y se corta con una cizalla.

En caso de no contar con una cizalla, sus alumnos pueden utilizar una tijera de cortar chapa o una sierra.



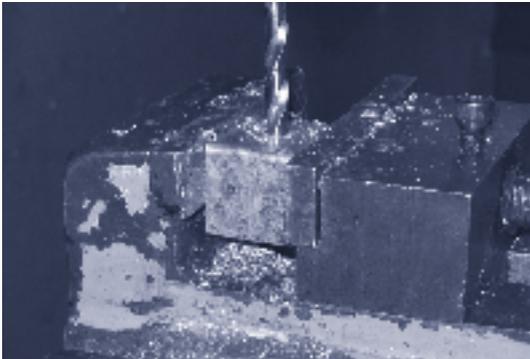
A continuación, se marca una línea a 32 mm de uno de los bordes y, por allí, se dobla a 90°, con una máquina dobladora.

En caso de no contar con una dobladora, los estudiantes pueden realizar el doblado con un yunque y un martillo.



Se realizan 3 agujeros:

- Con una mecha de 5 mm, un agujero centrado, para que pase el eje del motor (con el piñón).



- Con una mecha de 3,25 mm, para los tornillos que sostienen el motor.

Para marcar el centro de los agujeros, se procede de la siguiente manera:

Se marca una línea a $\frac{1}{4}$ y otra a $\frac{3}{4}$ del ancho de la chapa y, luego, se marca otra línea transversal a 14,7 mm del borde. Con un punzón se marcan los centros. A continuación se agujerea.

Cabe destacar que la ubicación de estos últimos dos agujeros dependerá el tamaño del motor a utilizar, por lo que es conveniente marcar los centros, midiendo las distancias de éstos en el motor.

- Los agujeros de sostén del motor son de mayor diámetro que el diámetro del tornillo, para poder tener un margen de regulación de la ubicación del motor en el auto.



4. Transmisión

Hemos seleccionado un sistema de transmisión con engranajes: piñón y corona, con una relación de transmisión de 70 a 7.

Cabe recordar que la elección del sistema de transmisión condiciona la posición del motor en el auto.

El piñón, de bronce, se acopla al eje del motor.



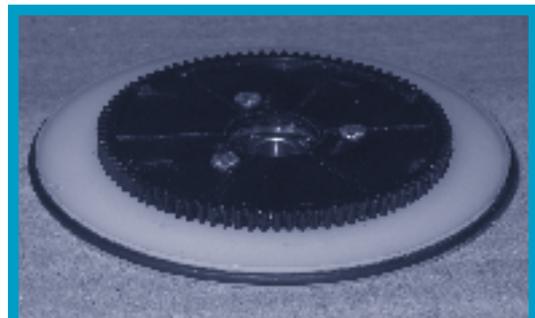
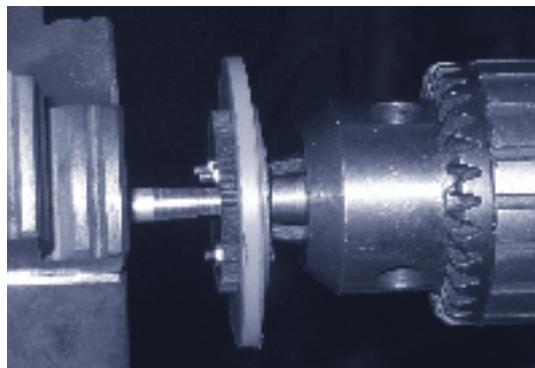
Los piñones metálicos son de mayor precisión pero los de nylon son más suaves en el acoplamiento; su función es la de determinar la desmultiplicación junto con la corona y fijar cuántas vueltas de motor se tiene que dar por cada vuelta de rueda.

Aquí corroboramos la adecuación de los diámetros del eje del motor y el agujero del piñón; por lo que, primero se presenta y, a continuación, se coloca.

Es conveniente fijar el piñón al eje, porque a pesar de encastrar en el eje, el piñón puede salirse en algún salto o golpe del auto. Simplemente se fija con adhesivo instantáneo, cianocrilato.

La corona, segundo elemento de la transmisión, se fija al lado interno de la rueda, con 3 tornillos de 2 mm de diámetro.

Previamente, se debe centrar la corona con la rueda. Además, debe estar lo más perpendicular posible al eje y sin deformaciones.



Cara interna de la rueda con corona

Es mejor atornillar la corona que pegarla, ya que de esta forma se permite el cambio de corona.



Cara externa de la misma rueda

El encastre entre el piñón y la corona se realiza al montar la rueda de tracción y el motor en el chasis, utilizando la regulación del soporte del motor para este paso.

5. Cabina

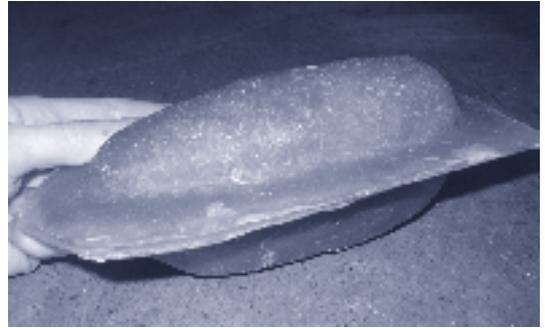
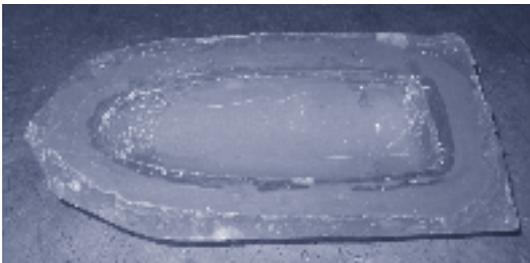
5.1. Molde. Previamente, construimos el molde de la cabina. Se coloca yeso en un molde cúbico, con un volumen mayor al que tendrá la cabina.

Una vez que el yeso se seca, queda formado un cubo macizo que se saca del molde.

Se lija, dándole la forma que se desea construir.

Una vez que se obtiene la forma deseada, se encera (con la cera desmoldante) y se recubre con fibra de vidrio.

Cuando se seca, se corta al medio, obteniéndose así el molde para la cabina.

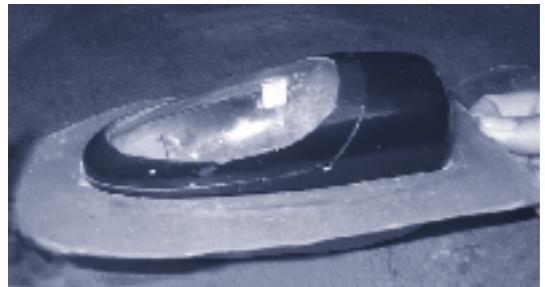


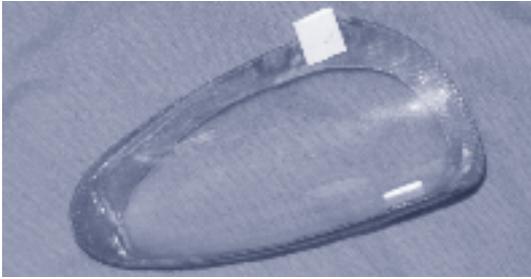
5.2. Cabina. Se encera la parte interior del molde y se coloca fibra con resina dentro de él.

Se espera a que se seque y se sacan las dos partes.

Se macilla para quitarle las imperfecciones. Luego, se pinta.

Se corta la tapa superior -con la forma reglamentaria, para que se vea el huevo- y se le coloca un acrílico.





6. Panel solar

6.1. Soporte. El panel solar se fija al chasis con un sistema de macho y hembra. Para esto, se usan caños de fibra de carbono y una barra de aluminio.

Cortamos, con una sierra, 3 varillas huecas de fibra de carbono (tipo caño) de 7 mm de diámetro exterior, 2,8 mm de diámetro interior y 60 mm de longitud, cada una.



Se liman las diferencias que pudiesen quedar, de modo que las tres varillas tengan la misma longitud.



Torneamos los machos del soporte, a partir de una barra de aluminio de \varnothing : 19 mm.



Cilindramos 6 mm del material a 2,8 mm de diámetro y dejamos una pared frentada de 0,5 mm a 19 mm de diámetro.



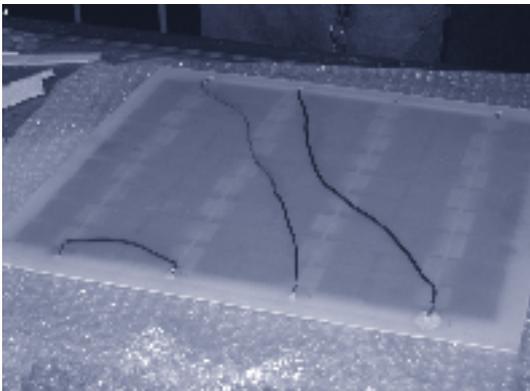
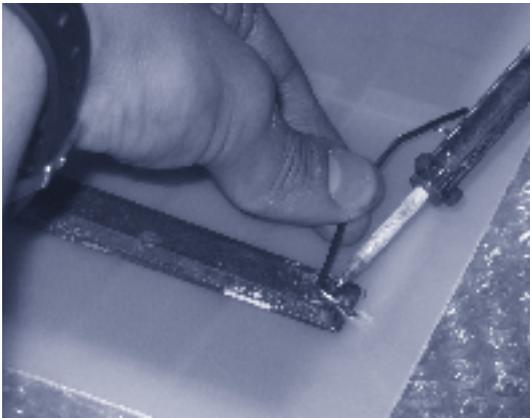
Para cada tubo, fabricamos un cubo con madera balsa. Cortamos 5 cuadrados de 13 mm de lado y 3 mm de espesor; los pegamos con cianocrilato, formando un cubo sin tapa superior. Éste se llena de cianocrilato y, luego, se introduce el caño de fibra de carbono.

Se dejan secar y, durante el montaje final, se fijan al chasis.



6.2. Conexión eléctrica. Se fija el interruptor a la cara posterior del panel solar.

A continuación, se suelda el cable bipolar a los terminales de salida del panel y al interruptor.



7. Sistema eléctrico

Se conecta el panel solar al motor, utilizando un interruptor y conectores molex, para poder separar el panel del chasis.

Se suelda un extremo de cable bipolar a cada terminal del conector hembra. El otro extremo del cable se suelda al interruptor.

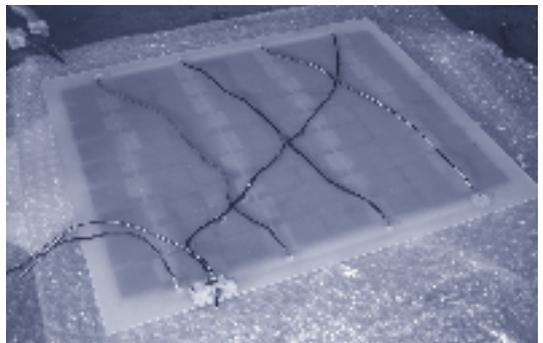
Por otra parte, se suelda otro trozo de cable bipolar a cada terminal del conector macho y el otro extremo, a los terminales de entrada del motor.



Se conectan los terminales de la placa al interruptor, soldando un cable entre ambos extremos.

Se debe tener especial cuidado en realizar una buena soldadura, para evitar falsos contactos.

Así, queda completo el conexionado eléctrico del auto.



8. Eje trasero

El eje trasero va anclado al chasis.

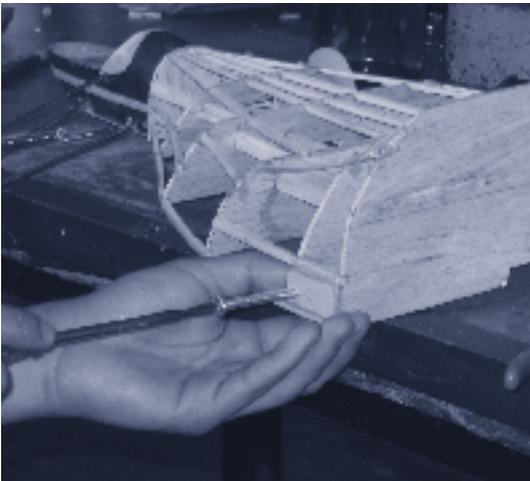
Cabe recordar que decidimos tener tracción sobre una sola rueda trasera en este auto.

De esta forma, se mejora la estabilidad en las curvas y, así, se evita la colocación de estabilizadores.

El eje trasero debe estar muy derecho y el eje de la rueda que tracciona, incorpora la corona, cojinetes y la rueda.

Los ejes traseros son realizados con dos tornillos de 5 mm (uno para cada rueda). Ya contamos con los rulemanes colocados en cada rueda, por lo que el tornillo se pasa a través del eje del rulemán, el que es fijado con arandelas y tuercas.

Por otra parte, este conjunto se fijará al chasis utilizando un cubo de madera balsa, de la misma forma en que se explicó anteriormente.

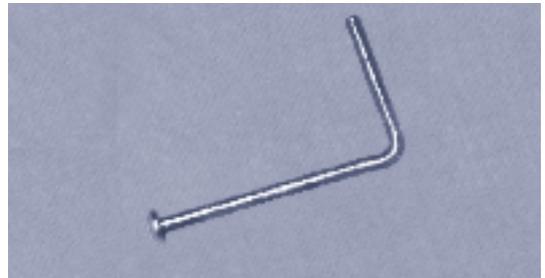


9. Tren delantero

Los ejes son realizados con tornillos de 1/8" y 77 mm de longitud.

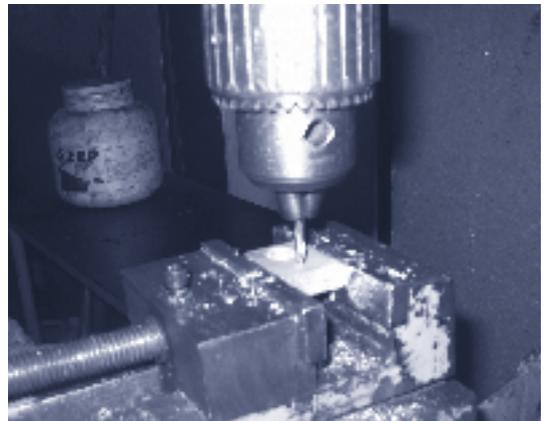
Dado que se cuenta con un sistema de dirección y suspensión, éste se construye al mismo tiempo que el montaje de los ejes y ruedas delanteras.

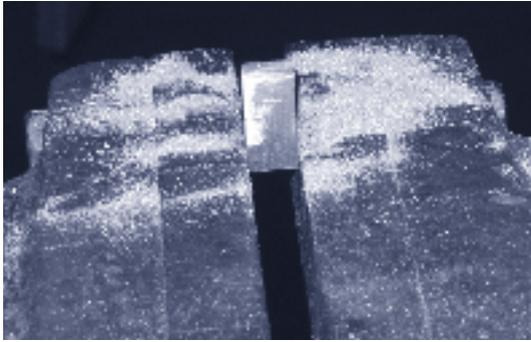
Se doblan 2 tornillos de 1/8" a 90°, a una distancia de 35 mm desde la cabeza del tornillo.



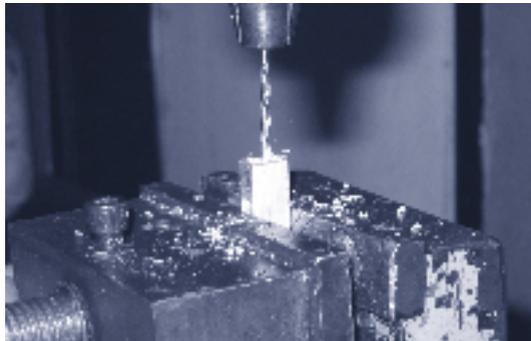
Se corta con una sierra la barra rectangular de aluminio a una distancia de 6 mm, obteniendo así el material base para la masa del sistema de dirección.

Se repite el procedimiento, ya que se necesita una masa para cada rueda delantera.

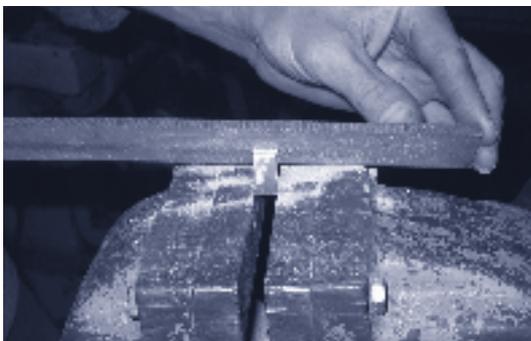




Se realiza un agujero pasante, centrado, con una mecha de 3,25 mm. Además, se hacen dos agujeros de 2 mm de diámetro sobre ambas caras laterales de la masa.



Se liman las rebarbas y se redondean las puntas.



A continuación, se corta un rectángulo de chapa de aluminio de 23 mm x 45 mm. Se

marca con un punto de marcar una línea a 10 mm de cada borde, paralela al borde más chico (línea A). Luego, se marcan dos líneas perpendiculares a las anteriores a 4 mm de cada borde de la chapa (línea B).



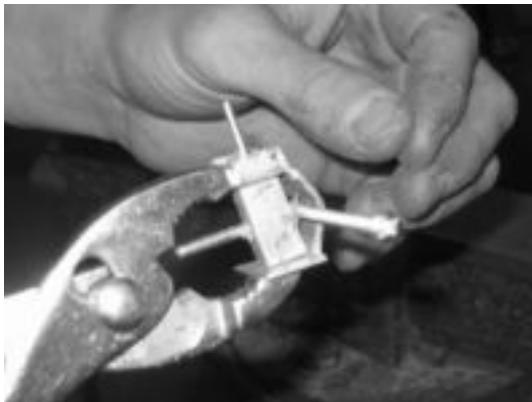
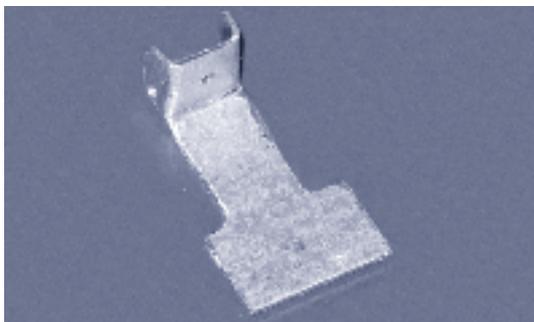
Se realiza un agujero de 2 mm de diámetro, centrado en el cuadrante indicado en la foto, que luego servirá para pasar los pernos que sujetarán la masa. Se repite el proceso para el otro cuadrante.

Luego, se realizan 4 agujeros, centrados en las franjas laterales, a 2 mm de cada línea A.

Se dobla la chapa a 90° por las líneas A, quedando así una chapa en forma de "U".

Se corta el tercio central de cada línea B y se

doblan las pestañas hacia afuera, como muestra la foto.



Se preparan los pernos (de 2 mm de diámetro).

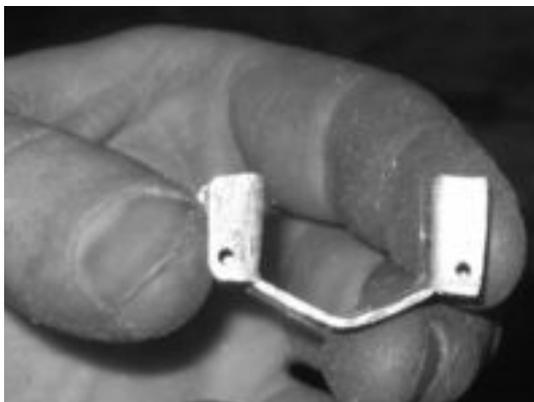
Se coloca la masa en el tornillo que hace las veces de eje (y, a la vez, de puntera de dirección) y se fija con soldadura plástica.



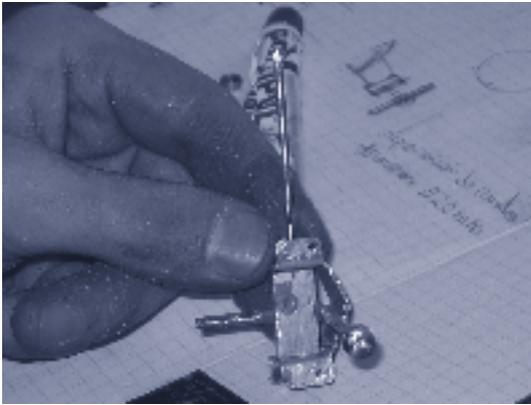
Así, se obtiene la pieza sobre la cual se monta la masa. Se presentan ambas, y se realizan los ajustes necesarios.



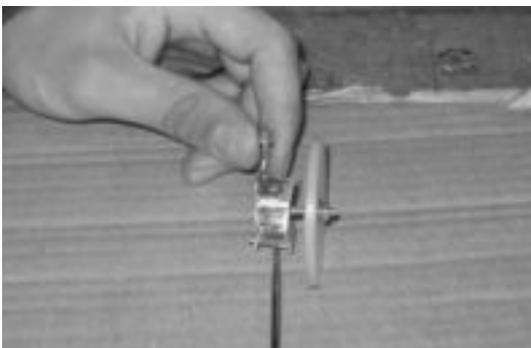
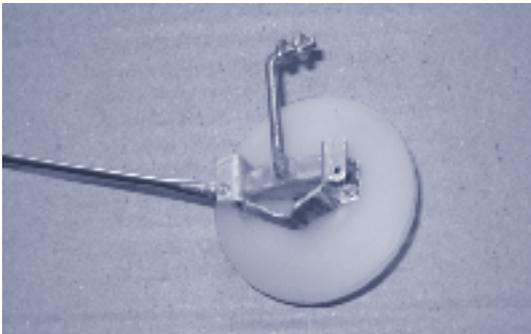
Se corta la cabeza del tornillo y se dobla el conjunto a 90°, a 7 mm del extremo.



Se monta la chapita sobre la masa y se fija con dos pernos, uno en cada extremo.



Se coloca la rueda delantera (la de 55 mm de diámetro) y se fija con tuercas. Se dejan dos tuercas en el otro extremo, las que servirán para unir el sistema con la dirección para la guía.



Se cortan dos tubos (de bronce, de 4 mm de diámetro) de 130 mm de longitud y se marcan los agujeros para los pernos, a 5 mm de sus extremos.

Se repite el proceso, pero con tubos de 6 mm y 3 mm de diámetro.

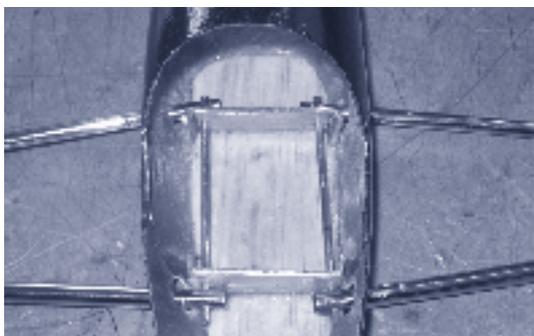
Se obtienen, así, dos tubos de cada medida; éstos conformarán las barras de dirección y suspensión.

Se agujerea la cabina a 20 mm desde la parte posterior. Y se realiza otro agujero a 60 mm desde el primero hacia delante. Se repite la operación del otro lado.



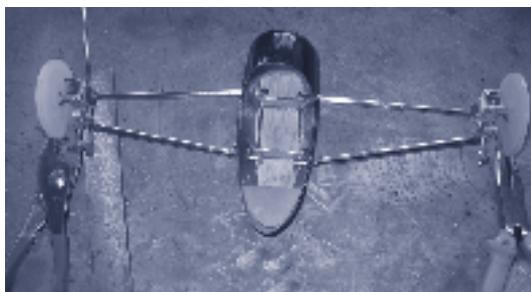
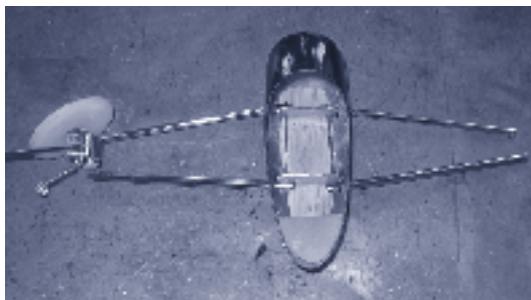
Se corta una lámina de un espesor de 1,5 mm, 45 mm de longitud y 9 mm de ancho. Se marca y se dobla a 90°, a una distancia de 5 mm de cada costado, quedando conformadas dos pestañas.

Se le hacen dos agujeros de 2 mm de diámetro, por donde pasará un eje (de 60 mm de longitud) que una las dos láminas, en el interior de la cabina. La distancia a la cual se realizan estos agujeros se determina a partir de la presentación del conjunto en la cabina.



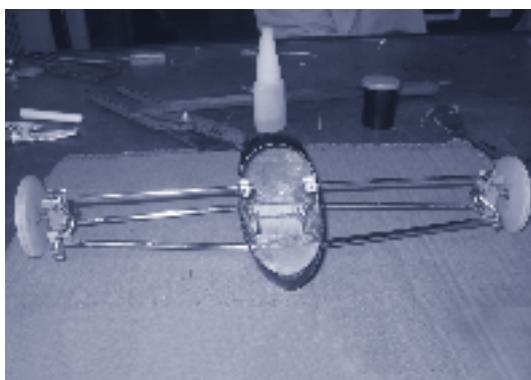
Se fijan las láminas a la base de la cabina, con cianocrilato.

Se sujetan los tubos de 6 y 4 mm a la cabina y al portamasas, con pernos. El tubo de 6 mm se coloca en los agujeros delanteros, y el de 4, en los traseros.



Una vez que este conjunto está montado, se presenta el tercer tubo (de 3 mm). Se fija al portamasas con pernos y se marca el lugar en la cabina, donde se realizan los agujeros, para que pase el tubo.

Se fijan a la cabina con pernos.



Los resortes que integran la suspensión, se colocan después de completar la dirección.

10. Guías para la carrera

Es el elemento que mantiene al auto en la pista, en la dirección de ésta.

Existen varios formatos y tamaños; pero, el más generalizado es el uso de dos rulemanes por fuera de la guía.

Una vez que está terminado el tren delantero, procedemos de la siguiente manera:

Se colocan los dos rulemanes restantes (de 12,8 mm de diámetro externo) en dos tornillos de 5 mm de diámetro. Se fijan con tuercas.



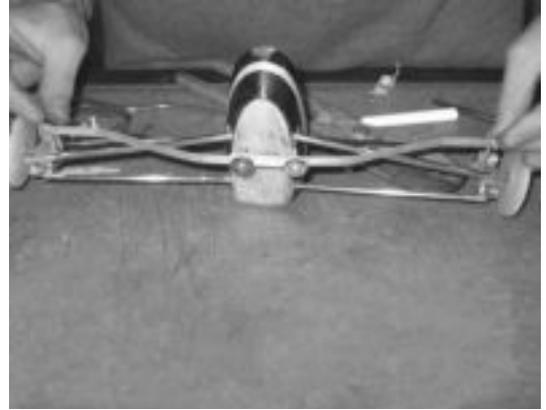
La barra de dirección, se construye cortando dos rectángulos de la chapa galvanizada, de 10 mm x 200 mm. Se agujerea cada uno, en un extremo, con una mecha de 1/8".

Se presentan los rectángulos, y se marcan dos puntos, ubicados cada uno a 30 mm del centro. Se realizan dos agujeros con una mecha de 5 mm.

Se pasan los tornillos que sujetan los rulemanes y se fijan con otras dos tuercas.

Se conecta esta barra a las punteras de dirección, con las tuercas. Así, queda conformada la barra de dirección para la guía.

Se sujetan los resortes: en un extremo, a los pernos, del lado de arriba de los portamasas; y, del otro, con un eje (como el de la barra de dirección) que pasa por debajo de la cabina.



De esta forma, finalizamos con el montaje del tren delantero y la dirección para la guía.

11. Montaje final

A esta altura, contamos con las partes del auto en forma separada:

- Cabina, con el tren delantero.
- Ruedas (la de tracción tiene montada la corona).
- Motor con el soporte.
- Panel con las conexiones eléctricas.
- Portaplacas.
- Chasis.

A continuación, montamos todo sobre el chasis, siguiendo los siguientes pasos:

Se une la cabina con el tren delantero, al chasis. Se alinea la cabina a la primera costilla.

Luego, se procede a pegar ambas piezas con cianocrilato.





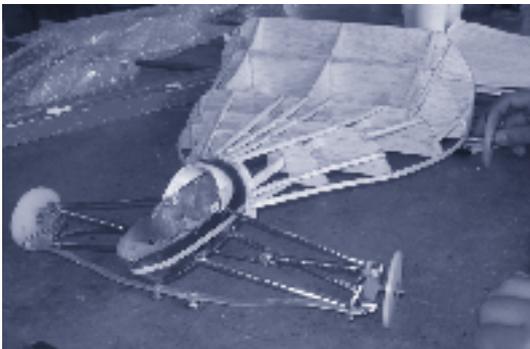
Chasis y cabina con tren delanteros, unidos

Se presentan las ruedas traseras. Se alinean con las delanteras y se colocan. Debemos tener especial cuidado de que ambas ruedas queden a la misma altura. El cubo de madera balsa se fija al chasis con cianocrilato.

Para el montaje del motor: Se lo presenta, con su soporte, a una altura determinada por la corona. El encastre entre ésta y el piñón debe ser suave, para que no haya pérdidas de energía. Se pega el soporte del motor al chasis, utilizando cianocrilato.



Se pegan los portaplasca al chasis, con cianocrilato, dos en la parte trasera y uno adelante, al centro.



Se corrobora que queden nivelados.

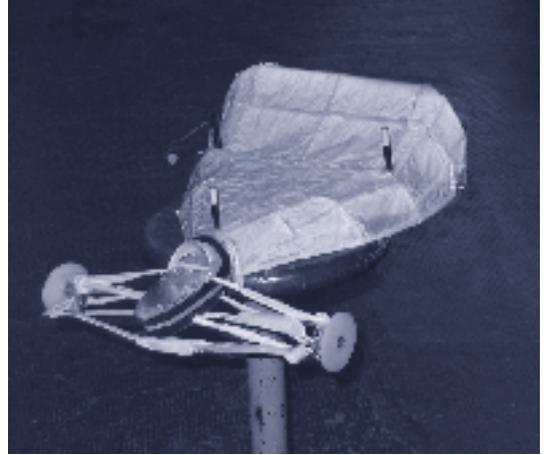


Luego, se presenta la placa, para medir la distancia a la cual deben fijarse los machos. Una vez medida, éstos se pegan al panel solar con cianocrilato.



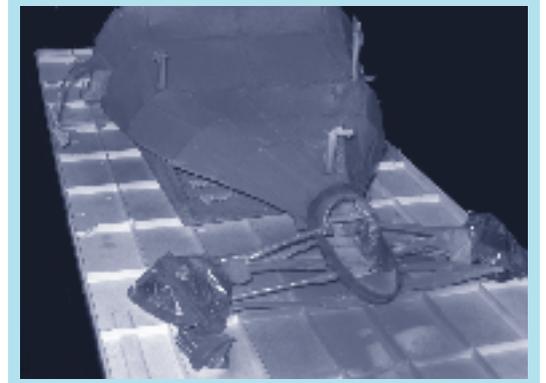
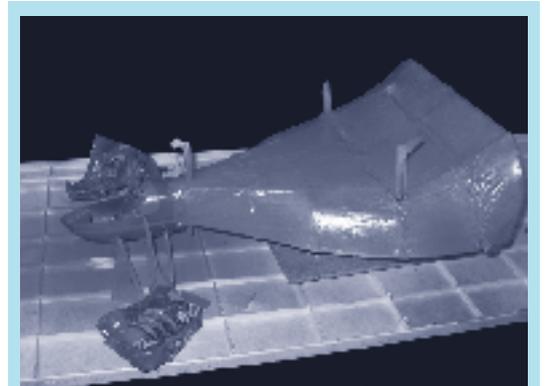
Para finalizar, se procede a entelar el chasis. Con cianocrilato, se pega el papel de entelar al chasis, bien estirado.

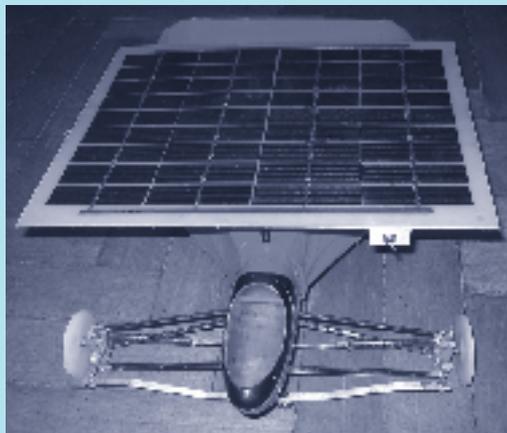
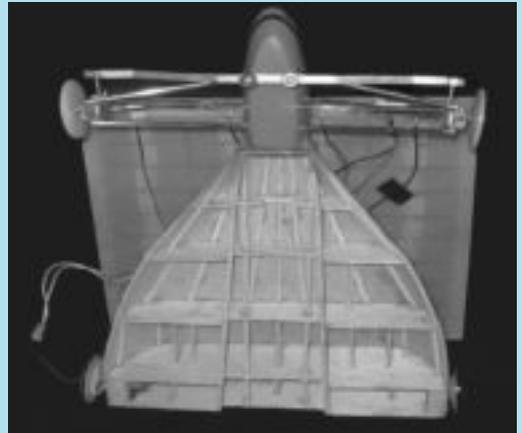
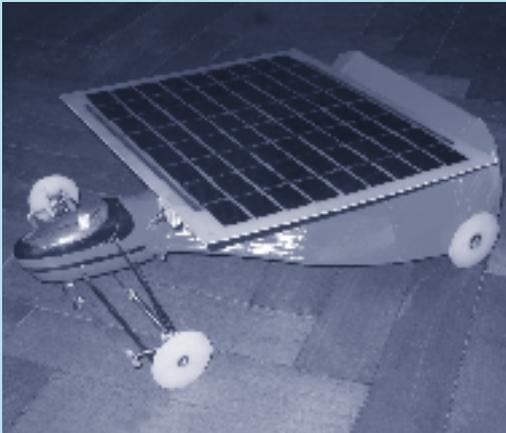
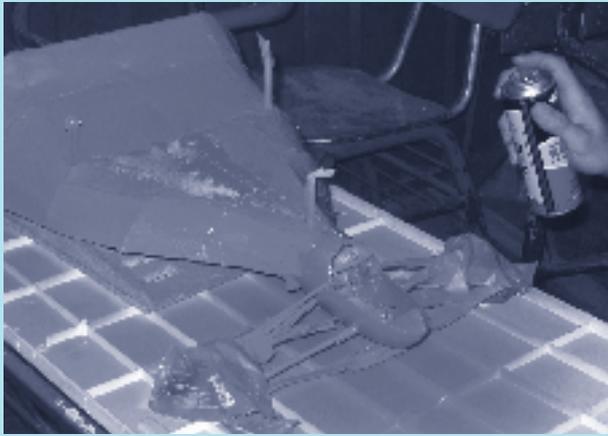




Si se desea, se puede pintar. Si lo hacemos, tomamos la precaución de cubrir las partes que no serán pintadas, tales como ejes, ruedas, etc.

Una vez que se ha entelado todo el auto, se moja con agua, utilizando un pincel fino. De esta forma, al secarse, queda bien estirado. A continuación se da una mano de dope con tiner (previamente, se mezcla al 50 %).





Una vez completada la secuencia de construcción, procedemos a probar el auto.

Colocamos el auto en el piso, al sol. Se habilita el interruptor, y el auto comienza a desplazarse.

El ensayo y el control

Para los estudiantes que trabajan en este proyecto, es útil construir varios componentes distintos, para ayudar a evaluar y testear los diseños iniciales. Por ejemplo: distintos tipos de ruedas, usar rodamientos diferentes, ensayar varios modelos de cabina, etc.

Una vez que la versión final es construida, también debe ser testeada.

Primero, se controla que todas las conexiones sean correctas, que el encastre entre el piñón y la corona sea suave, ni muy apretado como para que se trabe, ni muy alejado para que no se salteen dientes.

Si se cuenta con una rampa, se puede corroborar la relación torque-velocidad. Si el auto no sube la rampa, se debe cambiar la relación de transmisión para aumentar el torque. Esto puede hacerse de dos maneras:

- cambiando el diámetro de la rueda,
- cambiando la corona.

La superación de dificultades

Ruedas. Al tornear las ruedas, pueden surgir algunos problemas:

- Que se parta la rueda porque se clava la herramienta. En este caso, hay que tornear una nueva rueda.
- Que se funda el material o se obtenga una mala terminación, debido a un mal maquinado. Es conveniente contar con material extra, para el caso de tener que realizar una nueva rueda.



Chasis. Al trabajar la madera balsa, tenemos que tener cuidado, ya que al ser muy fácil de cortar, se puede pasar de medida cuando se realiza el corte del material -es decir, cortar de más-.

Por otra parte, cuando se doblan los listones, éstos pueden quebrarse. Si se dificulta el trabajo con los listones, puede solucionarse agregando más costillas a la estructura; de esta manera se disminuye la cantidad de listones.

Terminales. Tanto los terminales del motor como los del panel solar, deben soldarse con mucho cuidado, ya que pueden romperse durante este proceso, inutilizando el componente dañado.

Guía para la carrera. Es importante que la altura a la que están ubicados ambos rulemanes, sea regulable, de modo que no toquen con el piso, y que queden a una altura acorde a la altura de la guía (ya que, comúnmente, se desconoce este dato).

Además, no deben estar muy separados, ya que esto hace que el auto tenga un mayor desplazamiento lateral en las curvas, con merma de velocidad.

Adaptaciones ante la falta de herramientas. La falta de algunas herramientas puede provocar complicaciones en la secuencia constructiva del auto.

Por ejemplo, la falta de una mecha con la medida requerida para hacer el agujero sobre el que se monta el rulemán y que resulte un diámetro insuficiente para trabajar con una herramienta interna en el torno, puede provocar dificultades que retrasan el proceso o que signifique el cambio de alguna parte del auto.

Esto se soluciona realizando adaptaciones, que dependerán de los materiales y herramientas disponibles, y de la creatividad e inventiva de los estudiantes.

Estabilidad en las curvas. La estabilidad del vehículo en las curvas depende de su velocidad y del centro de gravedad.

Se puede calcular la fuerza centrífuga (f_c) conociendo la velocidad (v) y masa (m) del auto, y el radio de la curva (r), utilizando la siguiente fórmula:

$$f_c = v^2 \cdot m/r$$

Estimar la altura del centro de gravedad (h), que será cercana a la altura del panel solar, y calcular el momento de la fuerza:

$$M = f_c \cdot h$$

Por otra parte, calcular el peso del vehículo ($m \cdot g$) por la distancia horizontal desde la rueda al centro de gravedad (M_p) generalmente, en el centro del auto.

Para que el vehículo sea estable, el momento de la fuerza debe ser menor que M_p .

4. EL EQUIPO EN EL AULA

Las instancias de trabajo con el vehículo solar pueden esquematizarse de la siguiente manera:

Fase	Pasos a seguir
1. Conocer	<p>Investigar cómo son contruidos los autos reales: formas, materiales, características, partes, transmisión.</p> <p>Aprender sobre energía solar, celdas solares y autos solares.</p> <p>Investigar propiedades de materiales y adhesivos. ¿Absorben el agua? ¿Flotan? ¿Se deslizan? ¿Ruedan? ¿Son fáciles de dar forma y unir? ¿Son livianos? ¿No se rompen?</p>
2. Diseñar	<p>Realizar bocetos, planos del vehículo que se piensa desarrollar, teniendo en cuenta las medidas que se encuentran en el reglamento (en caso de competencia).</p> <p>Realizar cálculos.</p> <p>Calcular relaciones de transmisión.</p> <p>Estimar rendimiento y eficacia.</p>
3. Planificar	<p>Distribuir las tareas en el grupo.</p> <p>Obtener los materiales y las herramientas necesarios. Este proyecto se trata de llevar a cabo con materiales de desecho.</p> <p>Establecer un plan lógico de trabajo.</p> <p>Llevar un cuaderno de anotaciones.</p> <p>Registrar los aportes de cada miembro del grupo.</p> <p>Si es necesario, enviar cartas a las firmas comerciales, pidiendo información, catálogos, etc.</p>

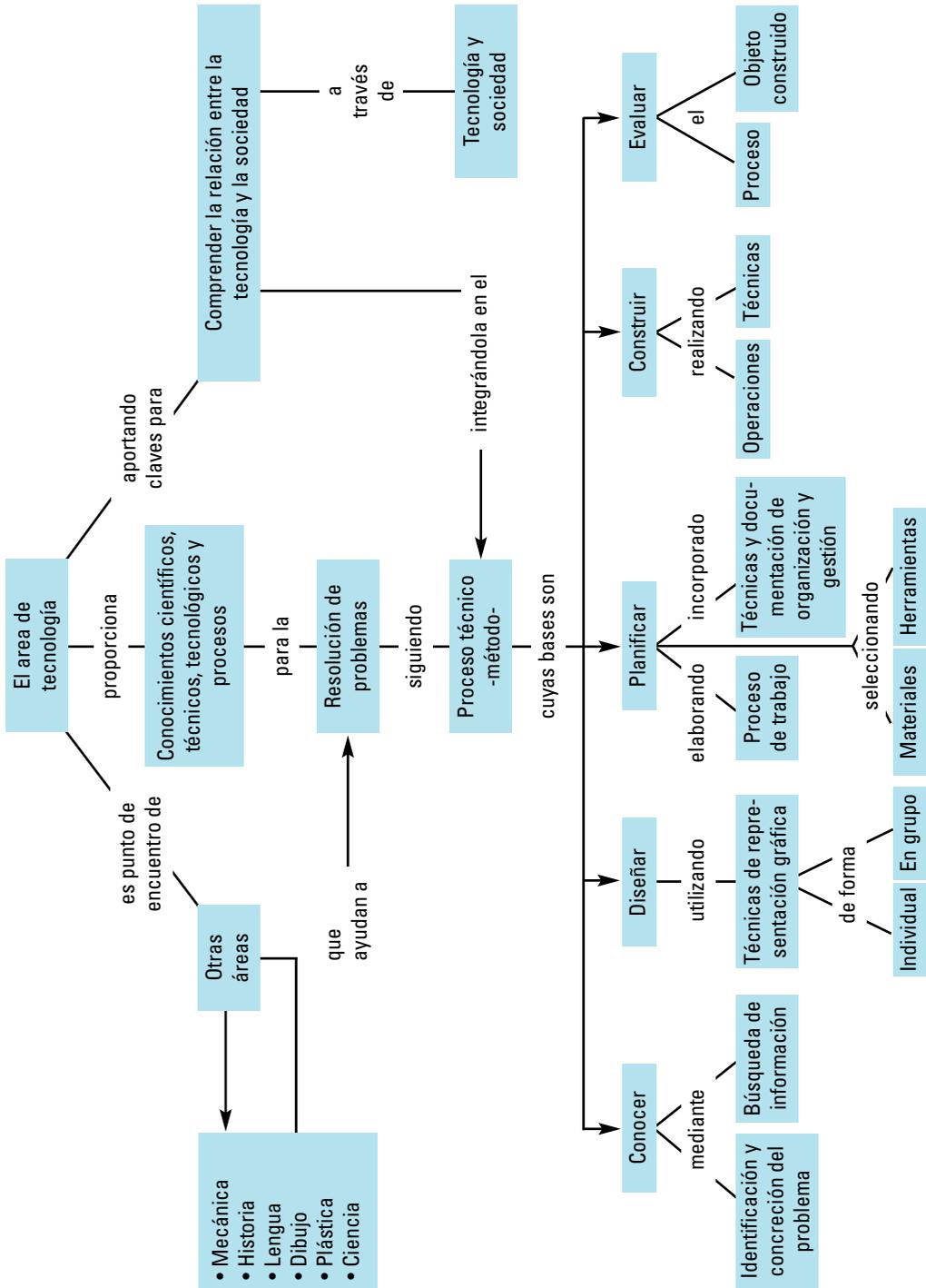
Fase	Pasos a seguir
<p>4. Construir</p>	<p>Construir circuitos eléctricos que funcionen con baterías (sólo con propósitos de prueba) y, luego, con celdas solares.</p> <p>Aprender cómo los interruptores funcionan a través de la construcción y uso de productos comerciales.</p> <p>Seguir el proceso tecnológico para construir el auto.</p> <p>Investigar, diseñar, construir, probarlo en pista. Mejorarlo.</p> <p>Realizar un póster con todos los pasos llevados adelante, a fin de comunicar el proceso concretado.</p>
<p>5. Evaluar</p>	<p>Monitorear:</p> <ul style="list-style-type: none"> • funcionamiento del vehículo, • materiales utilizados, • fuentes consultadas, ideas aportadas, análisis realizado, • dificultades y soluciones, • cambios introducidos y soluciones aportadas para mejorar el auto, • utilización de las herramientas, • funcionamiento del grupo, • toma de decisiones, • síntesis final sobre el conjunto del proyecto, • actitudes cooperativas, originalidad, • comunicación del proyecto.

Por otra parte, también promueve el trabajo interdisciplinario, ya que el desarrollo de un proyecto de estas características requiere conocimientos de distintas áreas.

Así, distintas asignaturas pueden hacer uso de este recurso didáctico, más allá del espacio de ciencias y tecnología.

Con suficiente compromiso por parte de los estudiantes y apoyo de otros docentes, los requerimientos relacionados al proyecto pueden ser hallados y negociados, por ejemplo, en:

Tecnología. Este recurso es esencialmente un proyecto de diseño y construcción, elementos claves del área de Tecnología.



Dado que los autos solares a escala posibilitan la implementación de variadas técnicas de construcción, amplitud en el uso de distintos elementos y materiales, el recurso puede ser utilizado para áreas específicas, tales como electrónica, electromecánica, carpintería, etc.

Tecnología de los materiales. En este espacio curricular se incluye el estudio de las energías renovables, como así también lo concerniente al estudio, análisis y selección de los materiales que conformarán las partes del vehículo. De esta manera, este proyecto puede encuadrarse perfectamente en este espacio.

Matemática. Se puede abordar este proyecto desde el espacio curricular de Matemática, ya que el trabajo implica el uso de fórmulas, generación y análisis de gráficos, a partir de las distintas pruebas de testeado del auto y/o sus componentes (como por ejemplo, el motor, la placa, entre otros). Otro potencial uso de la Matemática en este recurso didáctico consiste en el desarrollo de modelos matemáticos de la eficiencia de un coche solar.

Ciencia: Las ciencias y, particularmente, la Física juegan un rol muy importante en el proceso de diseño. Por una parte, ciertos requerimientos de diseño y decisiones relevantes en el desarrollo tecnológico se fundamentan en principios físicos. Así, existe una cantidad de experimentos y actividades diseñadas para testear y comparar componentes, que ayudarán a los estudiantes a tomar decisiones en el desarrollo de su auto.

Informática: La Informática es casi esencial

en la ejecución de un modelo matemático del desarrollo del vehículo. Existen distintos programas para ello.

Estudios medioambientales: El auto provee una perfecta ilustración de la aplicación y el uso de energías renovables, y esto puede utilizarse como un punto de partida para futuras investigaciones o comparaciones -como, por ejemplo, sobre modos de transporte-.

Lengua: El registro del proceso es fundamental para el buen desarrollo de un proyecto tecnológico. Los mejores modos y formas de realizar dicho este registro, pueden ser analizados y estudiados desde este espacio curricular. Asimismo, la comunicación de los resultados obtenidos, ya sea al resto de la clase, a otros grupos de estudiantes en la misma institución o a la comunidad en general, es un corolario importante de este recurso didáctico.

De igual manera, un proyecto de estas características, tiene la particularidad de integrar tanto contenidos conceptuales, como procedimentales y actitudinales, permitiendo el desarrollo de competencias referentes a la búsqueda de información, a la organización, al diseño, al ensayo de soluciones y alternativas, a la creatividad, que se articulan en la resolución de un problema tecnológico.

Entre los procedimentales podemos mencionar:

- habilidades necesarias para utilizar las herramientas y máquinas adecuadas para el trabajo a realizar,
- uso correcto de instrumentos de

medición,

- utilización de herramientas de representación (por ejemplo, el dibujo técnico) en la etapa de diseño,
- análisis de los datos pertinentes para la resolución de los problemas planteados,
- análisis crítico para la toma de decisiones respecto de los materiales a utilizar,
- análisis crítico para la toma de decisiones de compromiso con relación a las partes del auto, etc.

Entre los contenidos actitudinales, destacamos:

- trabajo en equipo: la cooperación entre los miembros del grupo para el buen desarrollo del proyecto,
- desarrollo del espíritu solidario entre los grupos,
- respeto por el pensamiento y las ideas de los otros,
- desarrollo de valores relacionados con el cuidado del medio ambiente, a través del uso de energías limpias,
- valoración de los principios científicos que sirven de base para el diseño y el desarrollo de un proyecto tecnológico, y explican el funcionamiento de máquinas y herramientas,
- desarrollo de una visión equilibrada de la Tecnología y su impacto en la sociedad.

El recurso didáctico propuesto permite a los alumnos el desarrollo de un proyecto tecnológico acorde a sus capacidades y posibilidades.

Modificaciones y adaptaciones

Este recurso didáctico ofrece una gran versatilidad en el uso de materiales, y por lo tanto en la aplicación de distintas técnicas.

Por esta razón, su implementación en el aula brinda un sinnúmero de posibilidades de modificaciones y adaptaciones.

El recurso propuesto involucra el uso de una gran diversidad de materiales: aluminio, grilón, madera balsa, fibra de carbono, galvanizado, lo cual implica una serie numerosa de técnicas.

Para la adaptación del modelo en el aula, esta secuencia puede simplificarse:

- restringiendo la diversidad de materiales,
- diseñando una estructura más sencilla,
- eliminando el sistema de dirección y suspensión,
- utilizando otro sistema de transmisión,
- integrando materiales o componentes reciclados.

A modo de ejemplo, presentamos una modificación sobre las ruedas de este prototipo.

Ruedas. Cabe recordar que es conveniente contar con distintos tipos de ruedas para probar en pista.

Así, en el caso de este auto, son macizas; pero, se pueden agujerear o tornearse. Esto brinda a los estudiantes la oportunidad de

trabajar con distintos niveles de complejidad en la tarea. Además, les permite probar la tracción, utilizando ruedas de distinta masa.

Por otra parte, si los alumnos no conocen la técnica del torneado (porque pertenecen a EGB3 o no son de la especialidad Electromecánica, por ejemplo), se pueden utilizar ruedas ya fabricadas, omitiendo así la tarea de torrear.

Esto es sólo un ejemplo, de la misma manera se pueden introducir modificaciones en las distintas partes del auto.

Materiales. La elección de los materiales está íntimamente relacionada con las técnicas a utilizar y su nivel de complejidad.

A continuación, presentamos una breve descripción de materiales que pueden utilizarse en la construcción de un auto solar a escala.

Aluminio. Se puede utilizar para hacer el chasis, los ejes, el soporte del motor, ruedas, etc. Es un metal de color blanco plateado, muy abundante en la naturaleza. Es muy ligero, fácil de mecanizar y muy maleable. Funde, aproximadamente, a la mitad de temperatura de fusión del acero, por lo que su producción es más barata. El aluminio también se puede reutilizar, hasta en un 95 %, es más ligero que el acero y absorbe mejor la energía. Entre sus importantes características se encuentran, además, la reducción del ruido y las vibraciones.

Fibra de carbono. Se trata de uno de los materiales más utilizados en el mundo deportivo, ya que es resistente y ligero. No

sólo se usa en piezas exteriores; si se combina con poliamida y poliéster, se pueden fabricar piezas para el motor, ya que estos compuestos son altamente resistentes al calor. En un auto solar a escala, se utiliza en la construcción del chasis.

Hierro y acero. Siguen siendo los materiales por excelencia: chasis, puertas, capós, llantas, suspensiones, son hechas de estos materiales. En un auto solar a escala, se utilizan cuando se reciclan materiales en su construcción.

Plásticos. Estos materiales se puede encontrar en muchas de las piezas de un automóvil. Depende de la formulación que tenga, para que su función sea una u otra. Los más utilizados son los termoplásticos y los elastómeros. Dentro de los primeros, se incluyen el polipropileno (PP), el poliestileno (PE), la poliamida (PA) y el policloruro de vinilo (PVC). En el grupo de los segundos, se pueden hallar aquellos que están reforzados con fibra y aquellos que no. En un auto solar a escala se pueden usar para construir las ruedas, el soporte del motor, el sostén del panel e, incluso, el chasis.

Poliamidas. Se fabrican a partir del fenol. Su aspecto (sin colorear) es blanco lechoso. La poliamida más conocida es el nylon. Son muy resistentes al desgaste por fricción, a la fatiga, al impacto y a la abrasión. No se deforman hasta los 100 °C. En un auto solar a escala se combinan con la fibra de carbono, para la construcción de uniones y cojinetes.

Polimetacrilatos. Son también conocidos como resinas acrílicas o metacrilatos. Se obtienen a partir del gas natural, aire com-

primido y la acetona. Son muy ligeros y resistentes, especialmente a golpes. Conservan las propiedades durante años, después de haber estado expuestos a la intemperie, a la salinidad, etc.

Polímeros y composites -compuestos químicos-. No se oxidan, no se degradan, son ligeros y absorben muy bien las vibraciones. Gracias a estas cuatro características, se utilizan cada vez más en la fabricación de todo tipo de piezas para autos. Uno de los problemas de estos compuestos es su polémico reciclaje. Los plásticos tienen que ser sometidos a una operación denominada pirólisis, que consiste en quemarlos a altas temperaturas en ausencia o con presencia muy limitada de oxígeno, para separar los diferentes elementos que forman el compuesto. Pues bien, la pirólisis resulta bastante contaminante; al producirse una combustión incompleta -falta oxígeno-, se generan dioxinas y residuos muy contaminados y, por extensión, altamente contaminantes.

En principio, parece que este problema tiene una complicada solución. Las investigaciones caminan hacia la producción de materiales cada vez más complejos, para conseguir las características de flexibilidad, resistencia o dureza buscadas. Es esa misma complejidad la que se vuelve contra los creadores que, ahora, tienen que trabajar en nuevas técnicas de separación de elementos, menos dañinas para el medio ambiente.

Componentes. Aquí también se pueden realizar modificaciones, dependiendo de la disponibilidad de materiales y de las habilidades de los estudiantes.

Por ejemplo, para el sistema de transmisión se pueden usar engranajes, o poleas, o ruedas cónicas, entre otros. La elección del sistema estará condicionada por el acceso a los distintos componentes, su costo y la habilidad en la implementación de cada sistema en el auto.

Cabe destacar que, según el sistema elegido, será la forma en que se monte éste en el auto.

En el capítulo “Encuadre teórico” de este material de capacitación hemos presentado una gran variedad de opciones factibles de ser usadas en el diseño y la construcción de un auto solar a escala.

Costo. El costo total de un auto solar a escala puede variar sustancialmente, dependiendo de los materiales y componentes a utilizar, y de la posibilidad de reciclarlos de otros aparatos (por ejemplo, si el motor se compra o se obtiene de una video).

De todas formas, el elemento de mayor costo es la placa solar, ya que difícilmente pueda obtenerse de otro aparato o que una escuela disponga previamente de ella.

Una estrategia útil para reducir costos consiste en que varios grupos utilicen un mismo panel. De esta forma, sólo se invierte en la compra de un panel; pero, varios grupos pueden desarrollar autos diferentes con la misma placa.

Auto solar a escala con almacenaje de energía. Como explicáramos, decidimos construir un vehículo sin sistema de almacenaje de energía, en conformidad con la reglamentación de la carrera de autos solares a escala.

Una variación que puede introducirse a este recurso consiste en agregar un sistema de almacenaje.

Un acumulador de energía es un elemento capaz de almacenar un tipo de energía y suministrarla posteriormente.

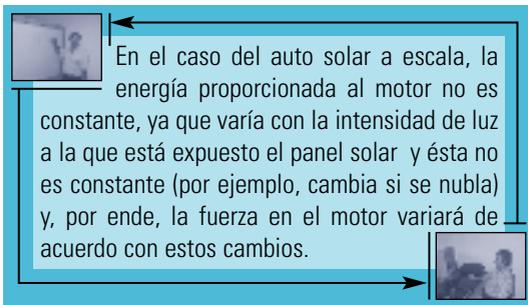
Éste puede ser mecánico o eléctrico.

Los **acumuladores de energía** mecánica más comunes son:

- volante de inercia,
- elementos elásticos.

En un auto solar a escala, éstos, al almacenar energía mecánica, deberían ubicarse a partir de la salida del motor; es decir, desde el punto en que se cuenta con alguna forma de energía mecánica.

El **volante de inercia** consiste en un disco macizo, montado sobre un eje, con la misión de garantizar un giro regular. El movimiento irregular de giro del eje se puede producir cuando la fuerza que origina el movimiento no es constante.



En el caso del auto solar a escala, la energía proporcionada al motor no es constante, ya que varía con la intensidad de luz a la que está expuesto el panel solar y ésta no es constante (por ejemplo, cambia si se nubla) y, por ende, la fuerza en el motor variará de acuerdo con estos cambios.

Las irregularidades del giro se evitan gracias a la inercia del disco, que frena el giro del eje cuando éste tiende a acelerarse y sigue giran-

do cuando el eje tiende a detenerse.

Así, se consigue un giro más uniforme en el eje de salida de la máquina.

Los **elementos elásticos** son aquellos que se deforman por la acción de una fuerza, recuperando su forma inicial cuando ésta cesa.

Esta propiedad depende del material y se llama "elasticidad".

Los elementos elásticos se pueden deformar mediante fuerzas de compresión, tracción, flexión o torsión. De esta forma, según el esfuerzo al que se encuentren sometidos los elementos, será su configuración.

Los **acumuladores de energía eléctrica** más comunes para un auto solar a escala, son los condensadores. Su uso está más generalizado, debido a los niveles de potencia con que se trabaja en un auto solar a escala.

Un capacitor o condensador es un componente formado por dos láminas conductoras separadas por un dieléctrico especialmente diseñado para ofrecer una capacidad determinada.

Se denomina **dieléctrico** a la sustancia que no conduce corriente eléctrica. En él no hay cargas eléctricas libres. La introducción de un dieléctrico en un capacitor tiene como finalidad aumentar o elevar su capacidad.

La capacidad de un capacitor, depende de su forma y del medio aislante en que se encuentre.

Reciclaje de componente de un auto

(...) Hay más dificultades en el tratamiento de los plásticos y, en muchas ocasiones, los desguazadores se plantean si, realmente, este trabajo es rentable. Existe una operación denominada desensamblado selectivo (desmontado de piezas específicas) que sólo resulta viable en el caso de parachoques, depósitos de gasolina o aquellas piezas cuyo plástico es caro (las tulipas de las luces son un ejemplo). El desensamblado, hoy en día, se realiza de manera manual, en la mayoría de los centros de desguace.

El predominio del plástico ha llevado a un progresivo abandono de los materiales tradicionales (hierro y aleaciones, sobre todo) y ha dado paso a los elementos del futuro. Metales como el magnesio o el aluminio, aleaciones como el acero y el acero inoxidable, o minerales como la crisolita, el oro, la mica, el cinabrio, el platino, el yeso o el talco hacen su aparición en escena.

La industria automovilística investiga con frenética actividad los nuevos materiales. Busca un elemento maravilloso, silencioso, duro, resistente, flexible, elástico, que vibre poco... y, además, que sea barato. Lo quiere todo. Por eso, no escatima en nada e invierte miles de millones de euros para encontrarlo.

En este camino, la industria topa con las cada vez más exigentes normativas medio ambientales; en especial, con los reglamentos relativos al reciclaje de vehículos. En 2015, el 95 % de las piezas de un coche deberán ser totalmente reutilizables. Esto plantea algunos problemas.

En 2015, el 95 % de las piezas de los vehículos fabricados en la Unión Europea deberá ser totalmente reciclable.

El plástico es uno de los ejemplos más notables. Resulta económico y es ligero; pero, su recicla-

je es costoso y contaminante, y los fabricantes no están dispuestos a pagar por ello. Surge, entonces, la eterna cuestión: ¿Quién tiene que hacerse cargo de reciclar un vehículo? ¿El usuario? ¿El fabricante? ¿El Gobierno?

Para colmo, las baterías, los catalizadores y elementos como el berilio, vanadio o cobalto (que encontramos en los cableados, sobre todo) - ¡Incluso un vehículo abandonado en su conjunto!- son considerados "residuos peligrosos". Para su reciclaje, la Unión Europea establece un protocolo de destrucción que, en ocasiones, resulta de problemática adaptación a las diversas reglamentaciones vigentes en cada país.

Hace poco más de un año (en diciembre de 2002), entró en vigor en España un Real decreto acerca de los vehículos fuera de uso. En este documento se "invitaba" a los talleres de desguace a reconvertirse en Centros Autorizados de Recepción y Descontaminación (CARD). Sólo en estas instalaciones se podrá desguazar un coche a partir de 2006. En esa fecha, un 85 % de las piezas ya tiene que ser reciclable. En 2015, el porcentaje debería llegar al 95 %.

Reciclar antes era más sencillo. En primer lugar, porque no había preocupaciones medioambientales (ni normas que sancionaran el vertido incontrolado de, por ejemplo, el aceite lubricante del motor o de los neumáticos usados) y, en segundo lugar, porque lo que de verdad se aprovechaba de los coches era el hierro (el resto de materiales, en mayor o en menor medida, se desechaba).

Así, cuando acabe la vida útil del automóvil, se desguazará y se extraerán de él las piezas reutilizables.

Estas condiciones afectan al desarrollo de nuevos materiales. Económico, resistente, ecológico, flexible, elástico... ¿no son demasiados requisitos?⁹

⁹ Artículo adaptado de www.autopistaonline.com

Así, la capacidad es la propiedad que tienen para almacenar carga eléctrica. Su unidad es el faradio (F). Esta unidad es muy grande, por lo que, normalmente, se utilizan submúltiplos, tales como el microfaradio (μF), entre otros.

Otros vehículos

Al igual que un auto solar a escala, se pueden diseñar y construir otros vehículos propulsados a energía solar.

Algunos pueden resultar más o menos complejos, debido a los contenidos que están en relación con el desarrollo del equipo, o las variables a tener en cuenta.

De todas maneras, son merecedores de un módulo aparte.

En la Argentina, junto con la competencia de autos solares a escala se está llevando a cabo una competencia de lanchas solares a escala, desde el 2001.¹⁰

Otros usos de la energía solar

Retomando las situaciones problemáticas planteadas, es evidente que la energía solar tiene otras aplicaciones, además de la aquí abarcada (proveer energía a un auto a escala). Por lo tanto, se pueden proponer otras aplicaciones además de ésta; por ejemplo: el uso

de energía solar para proveer energía eléctrica a una casa, para proveer agua caliente, etc.

Así, el docente puede plantear la aplicación de la energía solar construyendo un sistema fotovoltaico que alimente un dispositivo eléctrico o la construcción de un calentador solar.

Estas alternativas pueden tener un costo mayor que el de un auto solar a escala, como así también una menor cantidad de técnicas involucradas en el desarrollo del proyecto.

Además, el diseño y construcción de un auto solar a escala ofrece una amplitud de posibilidades, en cuanto al uso de materiales y las variables involucradas, que no se encuentra en otros desarrollos.

Nuestro agradecimiento a quienes colaboraron:

- en el diseño y en la construcción del auto, alumnos de la EET N° 3 de Mar del Plata, provincia de Buenos Aires;
- con los gráficos y diseños, Pablo Díaz;
- con los recursos tecnológicos, Sergio Sosa Ortega y Diego Iñigo;
- con material sobre estructuras, arquitecta Adela Villaverde;
- con las fotos, Débora Iñigo.

¹⁰ www.softwaredelcentro.com.ar/daase/index.html

Bibliografía

- Ayllón, Victoria y otros (2000) *Electrónica I*. Santillana. Buenos Aires
- Centre for Photovoltaic Engineering (2001) *Design & Technology. Hands & Minds*. University of South Wales. South Wales.
- Curriculum Resources Australia (1998) *Ideas into Practice*. Campbelltown.
- Francisco, Silvia; Sanz, José E. (2004) *Tecnología Industrial I*. McGraw Hill Interamericana. Buenos Aires.
- Franco, Ricardo y otros (2000) *Tecnología Industrial I*. Santillana. Buenos Aires.
- Haehnel, Robert (2003) *Junior Solar Sprint. Inside Tips on parts and construction*. USA.
- Harley, Peter (1999) *Model Solar Car Racing*. Einstein Desing. Victoria.
- Harley, Peter (2002) *Model Solar Racer*. Einstein Design. Victoria
- Heafitz, Andrew y otros (2001) *Junior Solar Sprint*. Classroom Investigations. USA.
- Holly, Krisztina y Madhani, Akhil (2000) *An Introduction to building a Model Solar Car*. Student Guide for the Junior Solar Sprint Competition. USA.
- Moyano, Marta (2002) *Proyecto curricular TPP*. Mar del Plata.
- Rutherford, Brian (2001) *Solar Vehicle*. Pitso, Inc. Pittsburg.
- Stevenson, John. *Solar Power. Resources for the secondary science teacher*. Faculty of Engeneering. University of South Wales. South Wales.
- Woithe, Stan (2001) *Model Solar Cars: optimising their performance*. Technology Education Centre. University of Adelaide. Adelaide.
- Yavorski, M y otros (1977) *Manual de Física*. Mir. Moscú.
- Young, Wayne (2002) *Model Solar Boat Guide*. Dep. Mechanical Engineering. Monash University. Australia.

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, 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 ¹
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):

.....

.....

.....

.....

.....

¹ 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 ²	Incorporado ³
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).				

² No aplicado: No lo hizo antes ni ahora con este recurso didáctico.

³ 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"/>

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

¿Completó todas las etapas del proceso de construcción propuesta?

En caso negativo, indíquenos a qué fase llegó:

a. <input type="checkbox"/> Planificación.	b. <input type="checkbox"/> Diseño en dos dimensiones.
c. <input type="checkbox"/> Construcción, armado.	d. <input type="checkbox"/> Ensayo y control.
e. <input type="checkbox"/> Superación de dificultades (evaluación del funcionamiento, siguiendo las indicaciones y la lista de control que brinda el material).	
f. <input type="checkbox"/> Construcción de otro equipo que se adapta más a sus necesidades curriculares (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>a. <input type="checkbox"/> El propuesto no se ajustaba a sus necesidades curriculares.</p>	<p>b. <input type="checkbox"/> No pudo conseguir los materiales o instrumentos indicados.</p>
<p>c. <input type="checkbox"/> No pudo interpretar el manual de construcción.</p>	<p>d. <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 ⁴	Otro ⁵
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				

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

⁵Otro: 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 ⁶	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)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

⁶ 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)

.....

.....

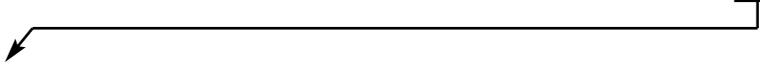
.....



6.3. Didácticas (Por favor, complete tanto si construyó el equipo como si utilizó uno ya construido)



	Sí	No
a. Congruencia. Tiene relación con los testimonios de realidad incluidos en el módulo de capacitación.		
b. Pertinencia. Los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional.		
c. Integración. Posibilita el tratamiento asociado de los conocimientos científicos y tecnológicos propuestos en el material.		
d. Escalabilidad. Es posible utilizarlo con proyectos o problemas con diferentes niveles de complejidad.		
e. Complejidad creciente. Las soluciones alcanzadas para una parte del problema, sirven de base para las siguientes o permite que, agregando componentes, sea utilizado como solución a problemas más complejos.		
f. Adaptabilidad. Permite su adaptación a soluciones diversas en torno a las problemáticas planteadas.		



Si su respuesta es negativa en alguna de ellas, indique por qué, identificándola con la letra correspondiente:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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 ⁷	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:

.....

.....

.....

⁷ 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"/>

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 provided for writing the response.

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*