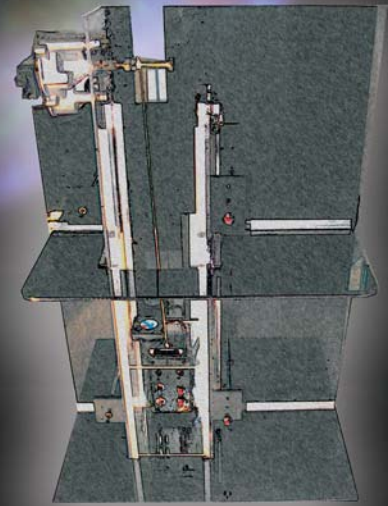
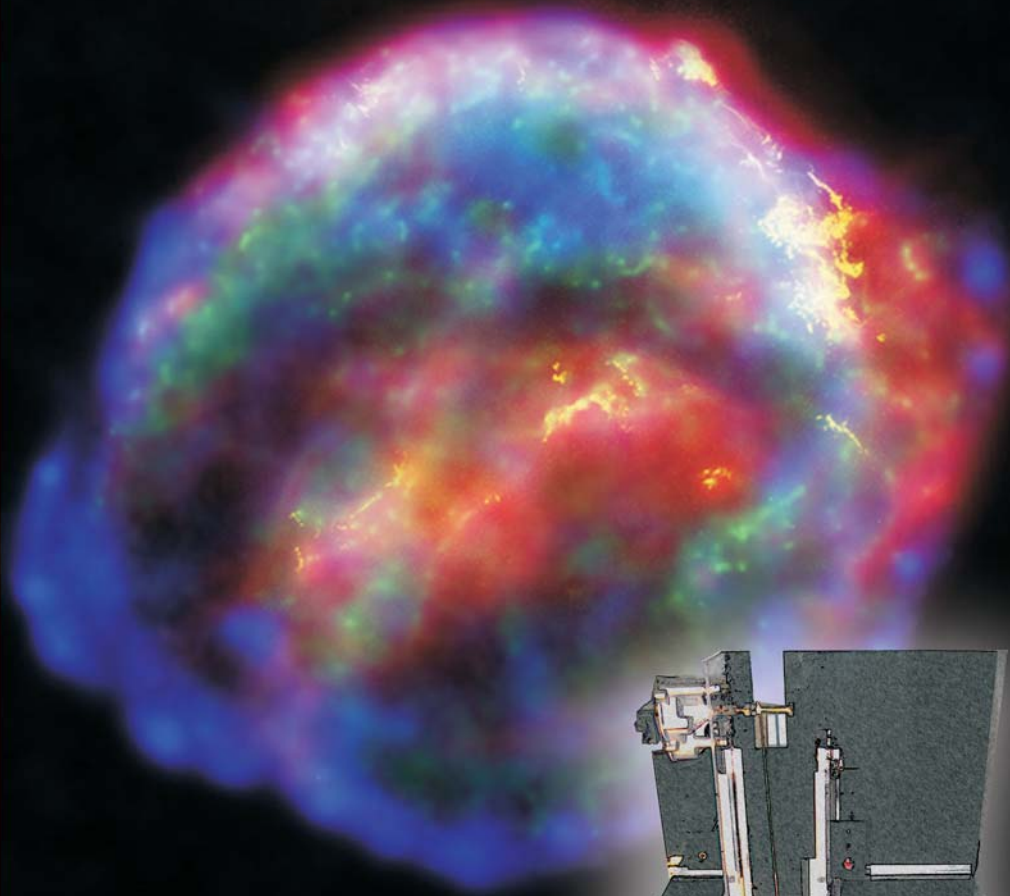




# Ascensor





# Serie: Recursos didácticos

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



a u t o r i d a d e s

---

PRESIDENTE DE LA NACIÓN

**Dr. Néstor Kirchner**

MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Lic. Daniel Filmus**

SECRETARIO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Prof. Alberto E. Sileoni**

DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. María Rosa Almandoz**

DIRECTOR NACIONAL DEL CENTRO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. Juan Manuel Kirschenbaum**



# Ascensor

Eduardo Rodríguez,  
Eduardo Bellini.

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

Distribución de carácter gratuito.

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

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

Industria Argentina.

ISBN 950-00-0527-1

Rodríguez, Eduardo  
Ascensor / Eduardo Rodríguez y Eduardo Bellini; coordinado por Juan Manuel Kirschenbaum.

- 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2005.  
128 p.; 22x17 cm. (Recursos Didácticos; 19)

ISBN 950-00-0527-1

1. Construcción. 2. Ascensores. 3. Estructuras.  
I. Bellini, Eduardo II. Kirschenbaum, Juan Manuel, coord. III. Título

CDD 690.183 3

Fecha de catalogación: 3/11/2005

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

Tirada de esta edición: 3.000 ejemplares



Serie: “**Recursos didácticos**”

- 1 Invernadero automatizado
- 2 Probador de inyectores y motores paso a paso
- 3 Quemador de biomasa
- 4 Intercomunicador por fibra óptica
- 5 Transmisor de datos bidireccional por 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

# 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 período 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](http://www.inet.edu.ar)–:

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

- *Desarrollo de contenidos*, nuestra segunda serie de publicaciones, que nuclea fascículos de capacitación en los que se profundiza en los campos de problemas y de contenidos de las distintas áreas del conocimiento tecnológico, y que recopila, también, experiencias de capacitación docente desarrolladas en cada una de estas áreas.
- *Educación con tecnologías*, que propicia el uso de tecnologías de la información y de la comunicación como recursos didácticos, en las clases de todas las áreas y espacios curriculares.
- *Educadores en Tecnología*, serie de publicaciones que focaliza el análisis y las propuestas en uno de los constituyentes del proceso didáctico: el profesional que enseña Tecnología, ahondando en los rasgos de su formación, de sus prácticas, de sus procesos de capacitación, de su vinculación con los lineamientos curriculares y con las políticas educativas, de interactividad con sus alumnos, y con sus propios saberes y modos de hacer.
- *Documentos de la escuela técnica*, que difunde los marcos normativos y curriculares que desde el CONET –Consejo Nacional de Educación Técnica– delimitaron 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

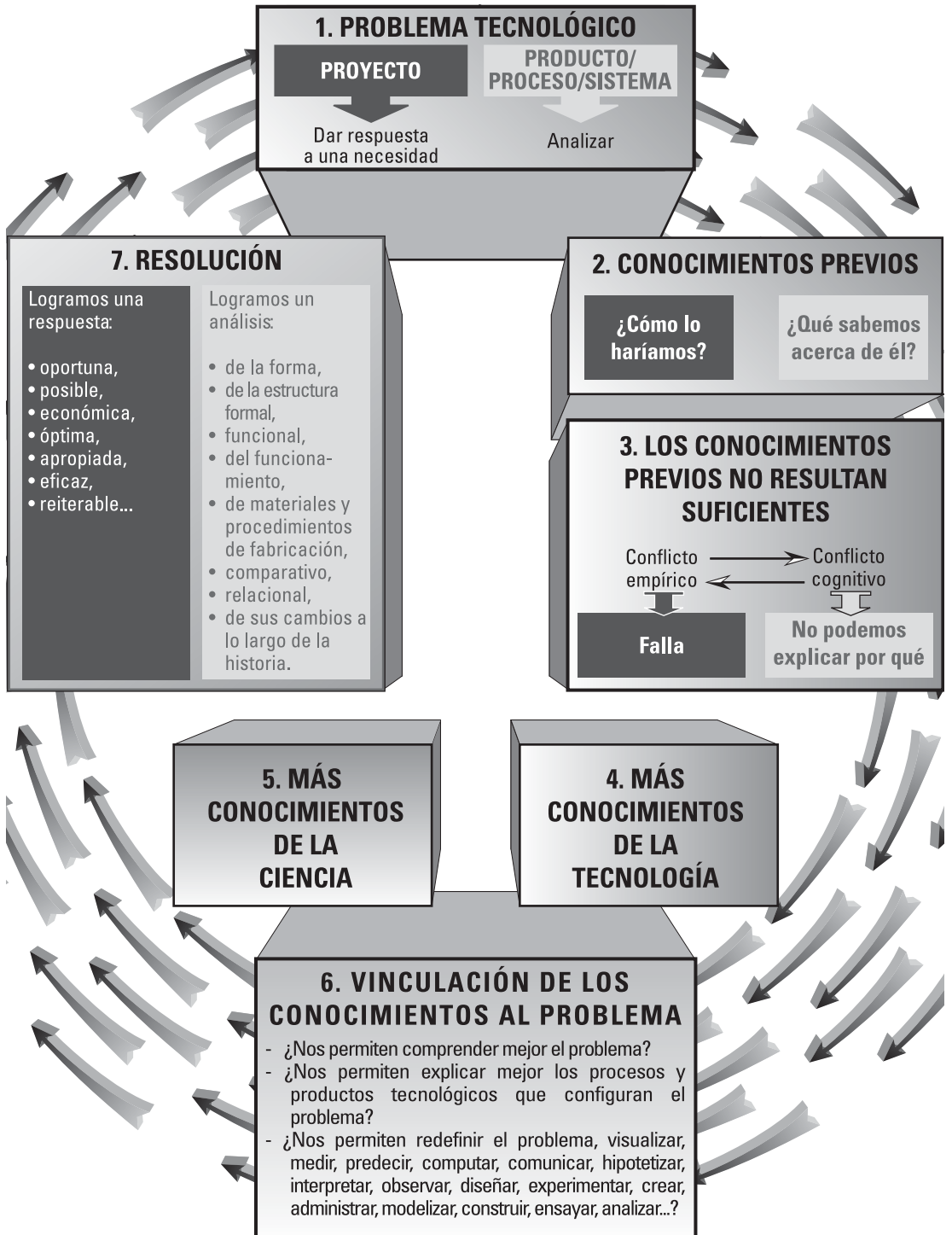
tecnológicos y conceptos científicos asociados.

**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





# 19. Ascensor

Este material de capacitación fue desarrollado por:

### **Eduardo Rodríguez**

Es Doctor en Física, egresado del Instituto Balseiro, Bariloche. Es docente en la Universidad de Buenos Aires, en la Universidad Nacional de General Sarmiento y en la Universidad Favaloro. Es co-autor del libro *Física re-Creativa: Experimentos de Física usando nuevas tecnologías*. Es co-editor de los sitios de divulgación *Física re-Creativa*: [www.fisicarecreativa.com](http://www.fisicarecreativa.com) y *Red Creativa de Ciencia*: [www.cienciaredcreativa.org](http://www.cienciaredcreativa.org). Coordina talleres de ciencia para docentes de escuelas del ciclo medio.

### **Eduardo Bellini**

Es Técnico Químico y egresado de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Enseña Química y Microbiología en la Escuela Técnica N° 33 Distrito Escolar 19, “Fundación Maestranza del Plumerillo”, de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Es coordinador del *Museo Interactivo de Ciencias* y de la *Unidad de Cultura Tecnológica* de la escuela. Es responsable del sitio [www.lacienciadivertida.com.ar](http://www.lacienciadivertida.com.ar).

#### **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

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



# Índice

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

<b>1 Problemas tecnológicos en el aula</b> .....	4
• El recurso didáctico que proponemos	
<b>2 Encuadre teórico para los problemas</b> .....	12
• Los objetos y los sistemas tecnológicos	
• El movimiento	
• Las fuerzas	
• La elasticidad de los materiales	
• La calidad y la fiabilidad	
• Consideraciones y estrategias para proyectar el cable de un ascensor	
• La cinemática en nuestro proyecto	
• El trabajo que realizan las fuerzas	
• La energía en nuestro proyecto	
• La potencia	
• La energía eléctrica	
• El motor	
• Los circuitos eléctricos; tipos de conexiones	
• La energía eléctrica	
• La historia del ascensor	
<b>3 Hacia una resolución técnica.</b> <b>Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo</b> .....	49
• El producto	
• Los componentes	
• Los materiales herramientas e instrumentos	
• La construcción	
• El armado	
• El ensayo y el control	
• La superación de dificultades	
<b>4 El equipo en el aula</b> .....	79
<b>5 La puesta en práctica</b> .....	88

# 1. PROBLEMAS TECNOLÓGICOS EN EL AULA

En la base del conocimiento tecnológico está la comprensión de qué es la Tecnología misma, cuáles son sus enunciados e ideas centrales, y cómo se integran sus múltiples componentes. Entre estos componentes, quizá los más salientes sean los objetos tecnológicos y los sistemas tecnológicos; porque, de la misma manera en que la tecnología es transversal a innumerables actividades de la cultura, estos objetos y sistemas son transversales a todas las ramas de la tecnología<sup>1</sup>.

Vivimos en un mundo tecnológico y, en la escuela, podemos potenciar su comprensión y aprovechamiento. Una posible manera es comenzar con el análisis de objetos tecnológicos, partiendo de casos reales debidamente

formulados.

Disponer de un objeto tecnológico material a ser analizado es un buen punto de partida; y si, a la vez, el objeto es de uso cotidiano y cercano al destinatario de nuestra propuesta (el aprendiz tecnológico), mucho mejor.

Entre los posibles objetos que podemos analizar, un ascensor queda bien posicionado.

Lo invitamos a considerar los siguientes testimonios. En ellos, profesores y alumnos desarrollan tareas que involucran un enfoque tecnológico centrado en un ascensor, que se considera desde distintos puntos de vista.

Los alumnos de *Tecnología* están tratando el siguiente problema:

## ***Por un mejor control del acopio de granos***

El acopio de granos es considerado un factor determinante para el progreso de nuestra región. Los productores han formado una cooperativa y han logrado que se les financie la instalación de

nuevos silos donde contener los granos hasta el momento de la venta.

En estos silos, el estado y la limpieza resultan cruciales para la calidad del acopio.

<sup>1</sup> Buch, T. (2001). *El tecnoscopio*, Aique. Buenos Aires.

Pero, suele pasar que, si un silo presenta alguna fisura, en los días de lluvia el agua se filtra y moja los granos; entonces, la humedad hace estragos y el precio de venta se resiente totalmente.

Un ingeniero ha propuesto revisar los silos desde el exterior, como método preventivo para vigilar el estado de las chapas que forman el silo y las uniones entre éstas.

El uso de escaleras para esta tarea es peligroso, por lo que propone idear un ascensor que permita que un técnico, ubicado en una cabina, recorra externamente el silo para observar su estado.

El silo tiene 15 metros de altura. El ascensor debería poder controlarse desde el interior de la cabina donde va el técnico, de modo que pueda detener el movimiento cuando corresponda, para una inspección detallada de las zonas que presenten deficiencias.

Dado el tamaño del silo, el ingeniero argumenta que, para poder revisar toda la periferia, el ascensor debería poder montarse en un vehículo que lo mueva alrededor de la construcción. Por lo tanto, la exigencia de que el ascensor sea liviano, es relevante; esto, sin descuidar los aspectos de seguridad para los usuarios.

Los alumnos van a actuar sobre el problema presentado y se plantean el objetivo de evaluar la posibilidad de diseñar un ascensor resistente y liviano, que pueda transportar por lo menos a dos personas, para las tareas de inspección externa del estado del silo.

Para esto, se agrupan en equipos de dos o tres miembros y, en conjunto, se proponen:

- Determinar las cualidades del ascensor.
- Identificar las partes o subsistemas en que el ascensor puede ser analizado.
- Comprender las relaciones entre esas partes, y sus relevancias propias y relativas.
- Evaluar posibles soluciones para los distintos componentes e integrarlos para concretar el aparato requerido.

Esta situación es tratada por los alumnos como un problema que involucra aspectos de la calidad de un producto a fabricar y de evaluación de sus componentes.

## **Los libros pesan**

En la biblioteca tienen un problema.

Al final del día, cuando los lectores se retiran, los libros quedan en las mesas de consulta; y, por supuesto, es necesario reubicarlos en los estantes correspondientes.

Algunos libros corresponden a las estanterías del primer piso, por lo que se necesita un medio ágil y económico para transportarlos.

A la bibliotecaria se le ha ocurrido que sería una buena idea disponer de un pequeño montacargas para mover los libros. Ella ha

visto que, en algunas oficinas públicas, existen montacargas de uso específico, por medio de los cuales se movilizan expedientes y carpetas de un piso a otro, lo que contribuye a aliviar el trabajo físico de los empleados que, de otra manera, tendrían que ir de un piso a otro en búsqueda de los papeles. La bibliotecaria razona que el caso de la biblioteca es análogo y la solución podría ser similar. (Vemos que ella conoce lo que dicen los libros de Tecnología que solicitan los lectores... y sabe también cuánto pesan esos libros...)

Los profesores de *Tecnologías básicas*, presentan a sus alumnos la siguiente situación:

### **Se proyecta ampliar el dispensario del pueblo**

El pueblo de Río Seco ha estado creciendo en los últimos años y el dispensario necesita una ampliación para atender la mayor demanda. El terreno no permite una extensión horizontal de la construcción actual, por lo que la solución es construir un nuevo piso.

Las autoridades han solicitado colaboración a la escuela, para dar respuesta al problema de la movilidad de las personas desde la planta baja hasta el nuevo piso; sobre to-

do, la de aquellas personas de mayor edad o las que, eventualmente, tengan que internarse para tratamiento médico: Habrá nuevos médicos y más camas, y la sala de internación estará en el primer piso.

La escuela se ha comprometido en pensar una posible solución para el transporte de un piso a otro, y tenemos que dar una respuesta satisfactoria en un mediano plazo.



Las formulaciones se realizan a partir de diálogos y de trabajo en grupos. Así, van surgiendo:

1. Desde la escuela, docentes y alumnos, ¿estamos efectivamente en condiciones, de colaborar de la manera en que se espera que lo hagamos?
2. ¿Podemos organizarnos para dar una respuesta en plazos razonables?
3. ¿Cómo debería ser el ascensor que se necesita?

El desafío está en marcha. Los alumnos se concentran en los planteos y reconocen la magnitud del problema:

- ¿Qué capacidad sería la apropiada para el ascensor? ¿Cuáles van a ser sus características? ¿Qué necesitamos saber para diseñar el ascensor? Con lo que sabemos de las materias básicas, ¿nos alcanza? ¿Necesitamos saber algo más? ¿Podremos resolver el problema real o sólo podremos manejar una variante a escala?

Estas situaciones enmarcan un problema de diseño, ligado a conocimientos previos y opciones viables.

Para concretar estas situaciones, los alumnos –orientados por sus profesores–, se proponen definir un esquema de trabajo que les permita ir resolviendo los problemas que vayan anticipando. Como objetivo inicial, se comprometen a definir un diseño conceptual básico que contenga todos aquellos elementos relevantes de un ascensor apto para el transporte de personas, en las mejores condiciones posibles de confort y seguridad.

Se establece, entonces, la premisa de investigar sobre las cualidades de un ascensor como elemento seguro de transporte y el apego a las normas que los usuarios deberían contemplar para su uso.

Y ponen manos a la obra.

Un ascensor reúne características muy atractivas para considerarlo un cuerpo de estudio. Una de sus características más salientes es que muestra un funcionamiento autónomo, que se manifiesta por medio de su movimiento. La percepción visual de esta característica es inmediata y puede potenciarse como disparadora de curiosidad. El *objeto tecnológico ascensor*, por tanto, puede ser eficaz en el aula para interesar a los alumnos en los componentes básicos de la tecnología: *¿Qué hace que un ascensor suba y baje?* Es ésta una pregunta que, quizás, no se haga el usua-

rio común pero que va a resultar central para quien quiera entender el funcionamiento o construir uno de estos artefactos. *¿Qué componentes tiene un ascensor? ¿Qué subsistemas lo integran?* También son preguntas claves para quien está interesado en la tecnología. *Un ascensor, ¿tiene un uso específico? ¿Cuál es su posibilidad de adaptación a los distintos requerimientos?* Estas preguntas nos comprometen con la comprensión de qué son los objetos tecnológicos, sus finalidades y sus transformaciones en el tiempo.

# El recurso didáctico que proponemos

El objetivo de este material de capacitación es desarrollar un recurso didáctico que contribuya a la enseñanza y al aprendizaje de aquellos aspectos básicos de un proceso científico-tecnológico.

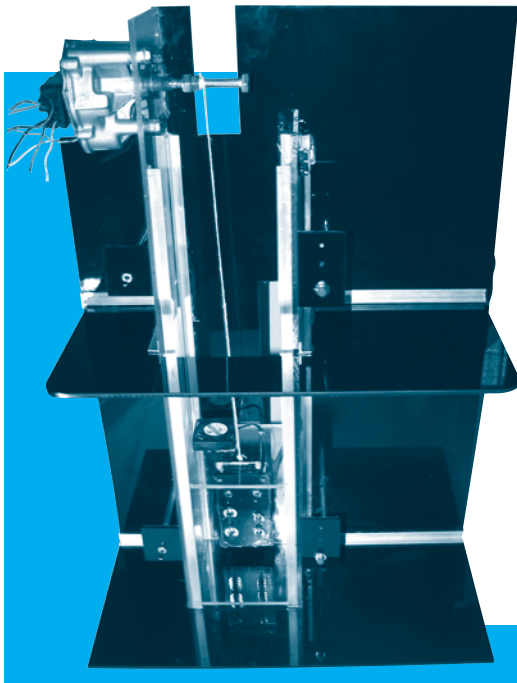
Nuestro recurso didáctico es un equipo representativo de un ascensor para un edificio de dos plantas. Sus características más salientes son:

- El equipo no es un modelo a escala de un ascensor real, sino que está basado en un desarrollo independiente. Este desarrollo tiene las características de ser comprensible y accesible para la reproducción. No

es una “caja negra” de la cual sólo se ve la acción final sino que se presenta tan “transparente” como sea posible, para ayudar al alumno a que lo construya.

- Los componentes del dispositivo están a escala con la representación de la estructura edilicia donde se monta el ascensor y el tamaño del motor elegido.
- El ascensor tiene la misión de transportar cargas desde un nivel a otro, empleando tiempos razonables (es decir, moviéndose con velocidad y aceleración adecuadas para su propósito).
- El arranque y la parada son suaves, para tratar de mostrar las condiciones (de comodidad) a la que están sometidos los pasajeros de un ascensor real. Para ello, fue necesario disponer del mecanismo adecuado y de diseñar el correspondiente control para tales propósitos.
- Los circuitos eléctricos son simples, para facilitar el análisis y la construcción; los elementos elegidos son convencionales, de fácil montaje y reposición.
- El ascensor está comandado desde tableros de mando que simulan su ma-

▶ No obstante, el circuito eléctrico desarrollado no contempla todas las situaciones de uso que pueden presentarse. Esto requiere una solución más compleja, que no presentamos aquí y que queda abierta para su ejecución.



nejo desde el exterior (usuario real en un piso) y desde el interior (usuario en la cabina). Ha sido necesario considerar, entonces, cierta lógica para un funcionamiento.

- Como componente de un sistema de seguridad real más complejo, se ha simulado una alarma integrada a la cabina del ascensor, con la cual un pasajero puede dar cuenta al exterior de situaciones imprevistas –por ejemplo, detención de la marcha entre pisos, trabado de puertas, entre otros–.
- Se ha tenido en cuenta un sistema de confort que incluye iluminación interna de la cabina (que representa las condiciones de iluminación artificial para el uso del ascensor en horarios nocturnos o en lugares de insuficiente luz natural –caso casi general en el interior de edificios–; y, también, un sistema de aireación forzada.
- La estructura es lo suficientemente sólida como para soportar el montaje de todas las partes y para permitir la manipulación del equipo completo y su transporte durante las etapas de uso en el tiempo de enseñanza y de aprendizaje en el aula-taller.

El equipo está pensado para utilizar al movimiento como motivador de un proyecto tecnológico que permite llevar a cabo:

- el diseño de un producto,
- la adaptación de insumos a distintas necesidades,
- observaciones,
- experimentos simples,
- mediciones,
- análisis de situaciones y problemas,
- modificaciones de un producto, entre otras posibilidades.

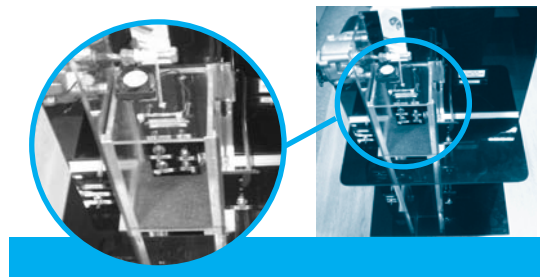
Entre la variedad de opciones que se pueden desarrollar con el equipo en la etapa de construcción y una vez construido se encuentran, entre otras:

- experimentos simples de cinemática,
- análisis, diseño y simulación de circuitos eléctricos,
- análisis lógico,
- reflexiones sobre normas de seguridad.

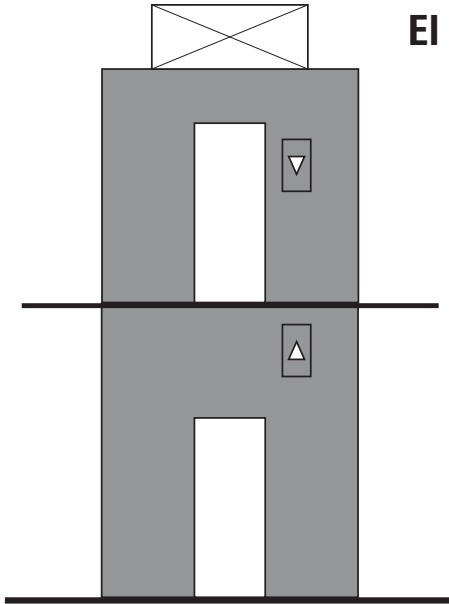
Se prevé que el equipo sirva en una escuela como insumo básico para el análisis de un objeto tecnológico y, a la vez, que éste pueda tomarse como referencia para un posterior análisis de un objeto tecnológico como sistema tecnológico.

Es central a este proyecto la integración de conocimientos científicos y tecnológicos. Por ello, en el texto que se presenta están contenidos y enfatizados aquellos conocimientos que se consideran esenciales para la comprensión y resolución de los distintos problemas que el ascensor ayuda a resolver.

Consideramos que este recurso didáctico permite a los alumnos explorar distintas etapas del proyecto tecnológico y a los docentes contar con un equipo para enseñar y modelizar, proponer mejoras, y contribuir a desarrollar nuevas perspectivas de enseñanza de la tecnología y de sus derivaciones científicas.



## El ascensor como sistema



### Subsistemas del objeto

- Sistema eléctrico
- Sistema mecánico
- Sistema de seguridad
- Sistema de control
- Sistema de confort

El esquema da cuenta del análisis previo del sistema que queremos desarrollar; sirve, asimismo, para mostrar su complejidad y las múltiples maneras de abordarla –porque, como sistema tecnológico, el ascensor ofrece diversas posibilidades de exploración–.

Simultánea o sucesivamente, cada parte o subsistema del ascensor puede tratarse por separado. Esta oportuna disección puede favorecer, con holgura y elegancia, la comprensión de ellas y su interrelación con las demás.

Sistema	Elementos	
Mecánico	Estructura Cabina	Cable Sala de máquinas
Eléctrico	Motor Circuitos	Puesta a tierra
Control	Llamadas y paradas	Lógica de funcionamiento
Seguridad	Cable	Alarma
	Control de sobrecarga	Puesta a tierra
Confort	Velocidad y aceleración adecuadas	Iluminación y ventilación

El reconocimiento de un sistema es el paso previo conceptual para entender su razón de ser o misión. La identificación de las partes es crucial para alentar una mirada más precisa a los contenidos temáticos que necesitamos disponer para evaluar soluciones específicas. Esto nos lleva a usar un método básico que concibe, primero, un enfoque general del problema para, luego, resolver los detalles técnicos de la construcción de los objetos. Esta separación conceptual y práctica es importante de reconocer y es deseable que sea compartida con los alumnos. La reflexión previa a la acción aparece como una condición necesaria del proyecto tecnológico y amerita su atención. Ahora, podemos recurrir al nominalismo y decir que tendremos que pasar en el momento adecuado de la “ingeniería conceptual” a la “ingeniería del detalle”.<sup>2 y 3</sup>

En síntesis, esta propuesta:

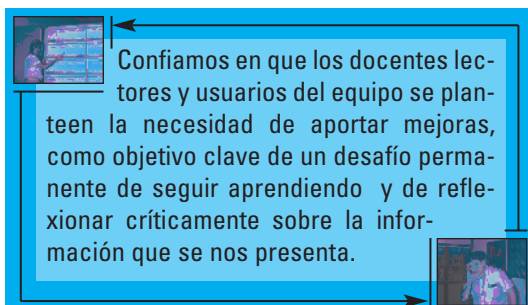
- trata de abarcar y explorar posibilidades educativas muy intensas, conducentes a una modalidad de trabajo por proyectos,
- permite avanzar sobre una separación en partes de un problema e integrar funciones de esas partes, y
- favorece el no menos importante buen hábito del trabajo en equipo, la organización y la gestión de un proyecto.

No menos relevante es el propósito didáctico que anima y orienta a este proyecto. Pensamos que el equipo se constituye en un valioso recurso complementario para numerosas clases, ya sea de física o de tecnologías básicas.

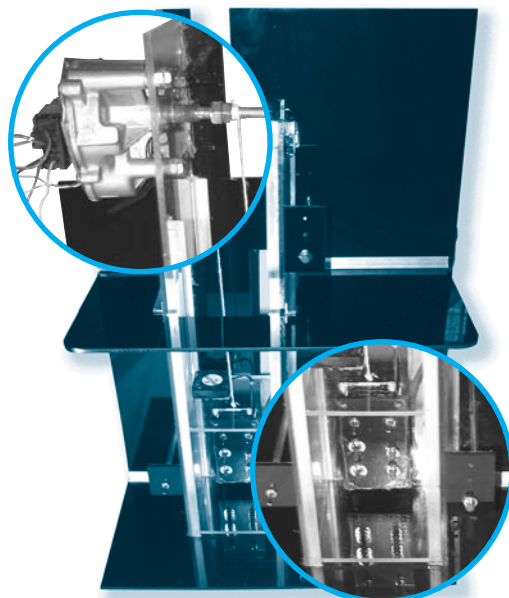
<sup>2</sup> Buch, T. (2001) *Sistemas tecnológicos*. Aique. Buenos Aires.

<sup>3</sup> Buch, T. (2001) *El telescopio*, Aique. Buenos Aires.

El recurso didáctico que proponemos está pensado para integrarse en las distintas fases de ejecución de un proyecto tecnológico. Hemos necesitado de una idea previa, un diseño primigenio del producto a conseguir, muchas modificaciones, e “idas y vueltas” imprescindibles para lograr el objetivo. Esta versión es, a nuestro entender, la más refinada, aunque dista de quedar cerrada o de ser la definitiva –lo que alejaría al proyecto de su esencia tecnológica–, por lo que queda abierta a futuras modificaciones y mejoras, y esto vale tanto para este texto como para el producto.



Confiamos en que los docentes lectores y usuarios del equipo se planteen la necesidad de aportar mejoras, como objetivo clave de un desafío permanente de seguir aprendiendo y de reflexionar críticamente sobre la información que se nos presenta.



## 2. ENCUADRE TEÓRICO PARA LOS PROBLEMAS

En esta parte de nuestro material de capacitación presentamos los conceptos básicos –científicos y tecnológicos– involucrados en el proyecto que vamos a llevar a cabo.

Comenzamos con conceptos de tecnología; hemos integrado tres excelentes libros<sup>4</sup> cuya lectura recomendamos enfáticamente. Más adelante, presentamos los conceptos físicos en vinculación con el proyecto específico. En cada tramo, hemos desarrollado ejemplos y analogías que pueden inspirarnos soluciones factibles para los problemas que tengamos que resolver durante el desarrollo del proyecto. Hemos tratado de poner en contexto la información ofrecida y de darle una continuidad adecuada, de manera de evitar que cada tópico expuesto se lea como un compartimiento aislado de los demás; consideramos conveniente una presentación entrelazada de los conceptos asociados al proyecto y no hemos hecho esfuerzo por separar lo que pueda entenderse como “científico” de lo que pueda pertenecer al “campo tecnológico” (una excepción se hace en las definiciones iniciales de los componentes de la tecnología). No creímos necesaria tal división para cubrir los objetivos de este trabajo; hemos preferido encadenar los conceptos, a medida que percibíamos que íbamos necesitando, tratando de mantener un orden didáctico, de la misma manera que un profesor pasa de un

tema a otro según el interés que van mostrando sus alumnos. Hemos tratado, desde luego, lograr secuencias conceptuales coherentes.

Por ejemplo, cuando hablamos de energía, apuntamos a ilustrar la necesidad imperiosa de transformar algún tipo de energía en energía eléctrica. La energía es un concepto físico (científico); pero, la transformación eficiente de energía es un asunto tecnológico. Los generadores de energía eléctrica son productos tecnológicos; en tanto las leyes que los gobiernan son leyes experimentales, obtenidas con algún método científico. De la misma manera, por ejemplo, la inserción del concepto de calidad adoptaría un marco abstracto si no se asocia oportunamente a las propiedades físicas de los materiales. ¿Vale la pena escindir estas ideas?

Como veremos, el entrecruzamiento de los conceptos básicos científicos y tecnológicos en el texto responde con un “No” a la pregunta anterior. Una de las razones es que no hay una rutina para pensar, un orden establecido, cuando analizamos un caso o resolvemos un problema. Desde el punto de vista cognitivo, cuando frente a un problema evocamos nuestras memorias de mediano y largo plazo, nos abstraemos de la dicotomía de si nuestros razonamientos “científicos” preceden a los “tecnológicos” o viceversa. Estas dos maneras de pensar han sido siempre dos

<sup>4</sup> Ya hemos citado dos de ellos; el tercero es: Buch, T. (2004) *Tecnología en la vida cotidiana*. Eudeba. Buenos Aires.

escalones del avance histórico del conocimiento y su acompañamiento mutuo ha sido muy fructuoso.

En lo que se refiere al contexto de los ejemplos, los que surgen para favorecer la comprensión de los conceptos, concurren sobre el objeto ascensor y/o sus partes más sobresalientes. Estamos convencidos de que podemos recorrer un atractivo camino científico-tecnológico en torno al tema elegido.

## Los objetos y los sistemas tecnológicos

El hombre ha imaginado –como *Homo sapiens*– y construido –como *Homo faber*– una vasta cantidad de objetos y bienes que le han servido para su supervivencia y bienestar sobre la faz de la Tierra. El pensar y el hacer conscientes han sido acciones permanentes en su largo proceso de transformaciones. La inspección de restos arqueológicos lleva a afirmar que la construcción de utensilios, herramientas e indumentaria ha sido una de las actividades más salientes de su quehacer cotidiano. También apreciamos cambios en los diseños y finalidades de esos productos. De la misma manera, del estudio histórico pueden inferirse los tipos de organizaciones que ha ido formulando el hombre, desde los primitivos grupos nómades hasta las actuales organizaciones que incluyen a las familiares, instituciones educativas y empresarias, entre otras. Estos componentes de su existencia, elementos materiales o no, han sido diseñados por el hombre, con el objeto de que cada uno de ellos sirva para un propósito definido, teniéndole a él mismo como su principal destinatario.

La acción constante es la que ha hecho emerger y construir tales componentes, los que a través del tiempo se han ido modificando y refinando, hasta ser adaptados más y mejor a sus propósitos. Esta última tarea es atribuida a la reflexión sobre el análisis de las acciones y los resultados.

De la colección de estos componentes creados por el hombre, sobresalen los objetos materiales. De éstos se distinguen los que llamamos artefactos (del latín *arte factus*, hecho con arte) que son, en general, aparatos o máquinas. Podríamos pensar que sólo estos artefactos caben dentro del desarrollo tecnológico. Sin embargo, es menester introducir la idea de *objeto tecnológico*, con un significado más amplio y que los abarca.

## Objetos tecnológicos

Un objeto es una cosa, algo que tiene entidad; esta entidad puede ser corporal o espiritual, natural o artificial, real o abstracta<sup>5</sup>. Los objetos diseñados, a los que reconocemos como artefactos, son, evidentemente, materiales; en cambio, una organización no es corpórea ni tangible y hasta podríamos poner en duda su presencia concreta o real. Ambos casos ejemplificados, por ser diseñados por el hombre, corresponden a lo que llamamos *objetos tecnológicos*<sup>6</sup>.

Los objetos tecnológicos no necesariamente tienen que ser artificiales desde su génesis. Por ejemplo, imaginemos que caminamos por un bosque y empezamos a sentirnos can-

<sup>5</sup> Diccionario de la Real Academia Española. Puede consultarse en: [www.rae.es](http://www.rae.es).

<sup>6</sup> Buch, T. (2001) *Sistemas tecnológicos*. Aique. Buenos Aires.

sados. Tomamos, entonces, una rama dura y la usamos como bastón. La rama es una cosa natural; pero, al convertirla en un utensilio de auxilio, la hemos resignificado como objeto tecnológico. Notamos aquí que el objeto tecnológico devino de nuestra acción que, *a priori*, previó un fin para él.

Si ahora, tras seguir de paseo, tenemos hambre y queremos cortar una fruta que está demasiado alta en un árbol y a la que no podemos alcanzar ni siquiera saltando, nos es posible usar la misma rama para extender el alcance de nuestras extremidades superiores y, así, poder llegar a la fruta. De nuevo, hemos resignificado a la rama e, incluso, le hemos cambiado su primera utilidad (bastón), momentáneamente. La idea es más general. Sigamos examinado la escena: Una vez que tenemos la fruta en la mano, la comemos. Esta fruta, elemento natural, queda resignificada como alimento.

Todas las acciones comentadas constituyen *acciones tecnológicas*. Ahora, supongamos que la rama sigue sirviéndonos de bastón, pero nos queda corta para alcanzar objetivos a mayor altura. El análisis de la situación y la reflexión sobre el uso de la rama como instrumento de mayor alcance pueden orientarnos a diseñar nuevas herramientas para ese propósito. Esta *reflexión sobre la acción* misma es parte del proceso tecnológico.

La trilogía consciente esbozada: *actuar-hacer-reflexionar* está en la esencia de lo que hoy llamamos *tecnología*. Así, el término queda liberado de su significado etimológico –*techno*, técnica y *logo*, conocimiento; que puede leerse como “conocimiento de la técnica”–. En una visión actualizada del significado de

la tecnología, se la concibe como el conocimiento técnico al que se le agrega una reflexión sobre la acción previa.

## Piedra, papel y tijera... Clasificación de los objetos tecnológicos

Podemos reconocer que los objetos tecnológicos abundan. Realizar una clasificación de ellos, en el sentido de ordenarlos por clases, sería una tarea muy ardua. A continuación, ensayamos sobre por qué es difícil la tarea.

Nos referiremos brevemente a la *Taxonomía*, la ciencia que trata los principios de la clasificación. Esta ciencia responde a una preocupación muy antigua del hombre, frente a la diversidad de las cosas y de los seres vivos que lo rodean. Esta inquietud ante la diversidad de objetos –animados e inanimados– se ha ido resolviendo en un largo proceso taxonómico que ha permitido agrupar objetos según los fines que se persiguen, que son, en general, de índole práctica. Por ejemplo, los hombres y mujeres del campo clasifican a los caballos por el pelaje, como *bayo*, *moro*, *tordillo*, *cebruno*, *colorado*, *rosillo*, *zaino*, etcétera; y distinguen hasta 40 tipos, si lo que les interesa es identificarlos por su aspecto. Pero, los llaman *de tiro*, *de yugo*, *de carrera* o *de paseo*, si quieren distinguirlos por la utilidad que les prestan. Por su parte, un esquimal distingue decenas de tipos distintos de nieve y las nombra con palabras diferentes; es decir, tiene la habilidad de clasificar la nieve, dado que de la correcta distinción puede depender su supervivencia.

Cuando la clasificación es más difícil de esta-



blecer o se quieren destacar generalidades, se necesita de un sistema<sup>7</sup>; tal es el caso de la clasificación de libros que vayan a ordenarse en estantes de una biblioteca: la clasificación tiene que responder al propósito de la rápida localización, afinidad con sus vecinos, etcétera. De todas maneras, no tenemos que perder de vista que cualquier clasificación es imperfecta.<sup>8</sup>

En el caso de los artefactos, podríamos empezar a clasificarlos, por ejemplo, como *de uso individual* o *colectivo*. Así, un cepillo de dientes es de uso individual. Un televisor, colocado en la sala de estar de una casa de familia, es de uso colectivo<sup>9</sup>. Un jabón en el baño familiar, no es ni una cosa ni la otra; sólo lo puede usar una persona a la vez, pero todas las personas pueden usarlo.

También podríamos clasificar los objetos según su finalidad. Un objeto puede tener como finalidad ser un bien de consumo —como son los alimentos—, o de uso personal —como son los libros y los CD de música—. La finalidad de un objeto está determinada por la función que va a desempeñar. La función puede ser especializada; entonces, decimos

que el objeto tiene una finalidad principal. Por ejemplo, en un edificio alto, un ascensor tiene como finalidad principal el transporte vertical de personas. Otros objetos pueden tener una finalidad secundaria —a veces, impensada en el momento del diseño original— como, por ejemplo, es el caso de un secador de pelo, usado en trabajos artesanales como fuente de calor para el secado rápido de materiales y pegamentos.

La complejidad del artefacto también puede determinar su clasificación. Algunos objetos tecnológicos son más simples que otros. Por ejemplo, un cepillo para dientes es más simple que una plancha, y ésta, más simple que un horno a microondas. La complejidad queda establecida si otras tecnologías tienen que emplearse para su producción o para su uso, según cuáles sean estas tecnologías. Un cepillo de dientes presenta una mayor facilidad de fabricación, por lo que su producción puede hacerse artesanalmente; y, para usarlo, empleamos sólo la energía de nuestros músculos. Por su parte, aunque necesite de nuestra energía muscular para desplazarla sobre la ropa, la plancha tiene una resistencia eléctrica que requiere energía eléctrica para calentarse. Finalmente, el horno también necesita energía eléctrica; pero, se añade la complejidad inherente del generador de microondas, su sujeción a normas de seguridad más exigentes, etcétera.

Para intentar otro tipo de clasificación, podemos servirnos de la observación de si, en la sucesión de cambios de los objetos tecnológicos, ha prevalecido la continuidad de la idea general del objeto y sus fines, o bien si ha habido una discontinuidad en la realización. Los ejemplos abundan: El uso de indu-

<sup>7</sup> De la Sota, E. (1982, 3ª ed.) *La taxonomía y la revolución en las ciencias biológicas*. Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington.

<sup>8</sup> Si a usted le gusta leer, asómbrese con la taxonomía que maneja Borges en “El idioma analítico de John Wilkin”, cuento de *Otras inquisiciones*, cuando divide a los animales en “a] pertenecientes al Emperador, b] embalsamados, c] amaestrados, d] lechones, e] sirenas, f] fabulosos, g] perros sueltos, h] incluidos en esta clasificación, i] que se agitan como locos, j] innumerables, k] dibujados con un pincel finísimo de pelo de camello, l] etcétera, m] que acaban de romper un jarrón, n] que de lejos parecen moscas”. Vemos que hace falta ingenio para clasificar...

<sup>9</sup> O, al menos, debería serlo... Los integrantes más jóvenes de la familia no siempre lo permiten...

mentaria ha seguido siempre la finalidad principal de proveer abrigo (la secundaria, la de embellecer exteriormente). En cambio, de la construcción de los primeros barcos de madera a la de un barco moderno de hierro hay, ciertamente, un largo trecho en cuanto a los procesos de fabricación y tecnologías complementarias involucrados.

En los objetos tecnológicos tenemos que identificar su *dominio de existencia*. En general, este concepto está asociado a si encontramos al objeto en un ámbito espacio-temporal ordinario o en otro de algún tipo. Recordemos que un objeto es una cosa, que puede ser real o abstracta. Ante la pregunta sobre cuál es el dominio de existencia de, por ejemplo, un martillo, una bicicleta o un libro, decimos que ellos existen en el espacio ordinario y que éste es su ámbito. Pero, ¿cuál es el ámbito de existencia de la organización de una cooperadora escolar, de nuestro sistema educativo o de Internet? Esta pregunta es de más difícil respuesta. Estas organizaciones diseñadas superan los ámbitos más elementales; no obstante, también son objetos tecnológicos.

La identificación del dominio de existencia de un objeto tecnológico dado puede ser, también, un criterio de clasificación y, aunque reconocemos la menor diversidad que permite el criterio, éste puede servir como punto de partida. Los artefactos ocupan un gran grupo. Podemos crear nuevos ámbitos, como el de las organizaciones, para agrupar a cooperadoras y consorcios de edificios, a nuestro sistema educativo y a los clubes, etcétera. Dejamos para el lector el desafío de idear o definir el ámbito donde se desenvuelve Internet.



Podemos elaborar una descripción de un ascensor como objeto tecnológico.

Un ascensor es un artefacto existente en el dominio del espacio ordinario. Como objeto tecnológico, tiene una finalidad principal establecida: transportar personas y cargas verticalmente (ascenso y descenso). El aparato reemplaza al trabajo muscular que, de otra manera, sería necesario para ascender y descender. Esta finalidad no ha sufrido mayores modificaciones a lo largo del tiempo.

Un ascensor es un bien de uso individual o colectivo<sup>10</sup>. Combina una serie de tecnologías, tanto en el nivel de producción como en el de funcionamiento. En cuanto a su complejidad, ésta le confiere especial atención de diseñadores y constructores<sup>11</sup>. Su funcionamiento es autónomo y transparente para los usuarios. Está sujeto a normas de fabricación y de funcionamiento, a fin de brindar un servicio seguro. Tanto constructores como usuarios prestan especial atención a la aplicación de esas normas, que anticipan y vigilan el resultado de las acciones previstas.

Entre las actividades sugeridas para desarrollar en el aula, aparece oportuna la realización de este análisis del "recurso didáctico ascensor" como un genuino objeto tecnológico.



## Sistemas y sistemas tecnológicos

Definido de la manera más general posible,

<sup>10</sup>Un ascensor de uso privado es un artículo suntuoso. Se cree que el primero fue construido para el Rey Luis XV, en 1743 en el Palacio de Versalles, Francia.

<sup>11</sup>El diseño de ascensores de alta complejidad, como el de la Torre de Kuala Lumpur, ha requerido el concurso de más de una centena de ingenieros de diversas ramas.

un sistema es un conjunto formado por elementos o componentes, junto con las relaciones o interacciones que los vinculan entre sí<sup>12</sup>. Un sistema fundamenta su existencia y sus funciones como un todo mediante la interacción de sus partes.

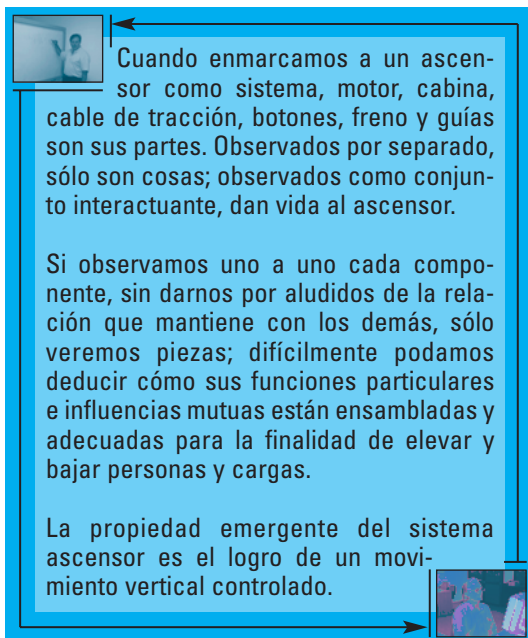
Por lo anterior, la disposición de las piezas es fundamental: las partes están juntas y funcionan todas juntas. Un sistema cambia si se quitan o añaden piezas; y, si se divide en dos, no se conseguirán dos sistemas más pequeños, sino un sistema defectuoso que probablemente no funcione (“Dividir un elefante por la mitad no genera dos elefantes pequeños.”<sup>13</sup>). Es decir, su comportamiento depende de la estructura global; si se cambia la estructura, se modifica el comportamiento del sistema. En otras palabras, un sistema no es una mera agrupación de piezas, ni es una serie de partes sin conexión y que funcionan por separado. A una serie de partes podemos agregarle y quitarle piezas, y sus propiedades básicas no se alterarán; y, si tuviera algún comportamiento, éste dependerá, en general, del número de piezas presentes. *En cambio, un sistema no es un montón.*<sup>14</sup>

Las propiedades de un sistema emergen cuando el sistema entero actúa. Estas propiedades emergentes no se encuentran en las partes que lo componen. En principio, no se pueden predecir las propiedades de un sistema entero dividiéndolo y analizando sus partes. Sólo poniendo en funcionamiento el sistema podremos saber cuáles son sus propiedades emergentes.

<sup>12</sup> Diccionario de la Real Academia Española.

<sup>13</sup> El ejemplo está desarrollado en: Senge, P. M. (1990) *La quinta disciplina*. Granica. Barcelona.

<sup>14</sup> O'Connor, J. y McDermott, I. (1998) *Introducción al pensamiento sistémico*. Urano. Barcelona.



← Cuando enmarcamos a un ascensor como sistema, motor, cabina, cable de tracción, botones, freno y guías son sus partes. Observados por separado, sólo son cosas; observados como conjunto interactuante, dan vida al ascensor.

Si observamos uno a uno cada componente, sin darnos por aludidos de la relación que mantiene con los demás, sólo veremos piezas; difícilmente podamos deducir cómo sus funciones particulares e influencias mutuas están ensambladas y adecuadas para la finalidad de elevar y bajar personas y cargas.

La propiedad emergente del sistema ascensor es el logro de un movimiento vertical controlado. →

El provecho o ventaja que sacamos de las propiedades emergentes de un sistema es que no hace falta comprender el sistema en detalle para beneficiarnos de él. No es necesario saber electromecánica para usar un ascensor; como no necesitamos entender la miríada de líneas de código de programación para usar un procesador de texto.

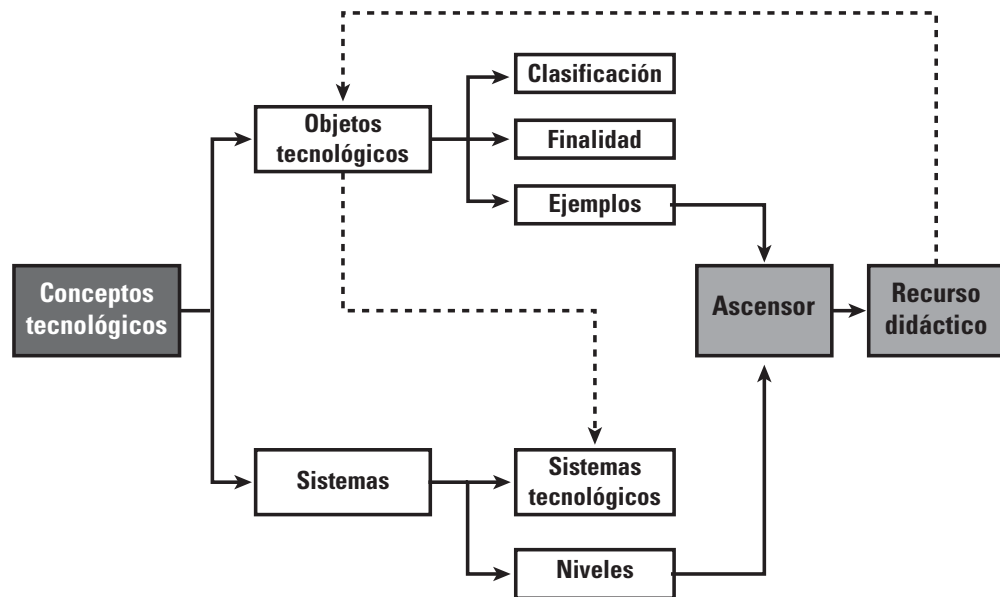
Según lo precedente, el cuerpo humano, por ejemplo, es un sistema. Lo interesante de la definición de sistema es que nos habilita para buscar aspectos en común entre entidades tan variadas como una bicicleta (que tiene varias partes mecánicas), la geometría de Euclides (con su conjunto de postulados y axiomas) y el sistema solar (con el Sol y los planetas). En este esquema general, los objetos tecnológicos también pueden ser analizados como sistemas y ubicados según distintos niveles de complejidad. Tenemos, enton-

ces, la libertad de elegir uno u otro camino para el análisis.

La complejidad de un sistema depende de las relaciones entre las partes, más que de la cantidad de partes involucradas.

- La complejidad puede ser *de detalle*; generalmente, observable cuando hay muchas piezas. El ejemplo básico es un rompecabezas: su complejidad de detalle está asociada a que cada pieza tiene una única ubicación y, cuando la encontramos, resolvemos el juego.

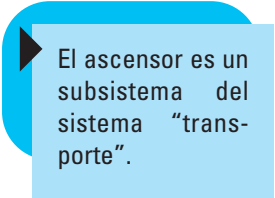
- Otro tipo de complejidad es la *dinámica*, definida por la relación de los elementos. Los elementos pueden relacionarse de muchas formas distintas y generar diferentes estados. En este caso, la complejidad no está generada por el número de partes, sino por las formas de combinarlas. Un ejemplo claro es el ajedrez: cada movimiento de piezas modifica el juego, transforma el tablero, pues se modifican las relaciones (de valor y de estrategia) entre las piezas.



*Objetos y sistemas tecnológicos. Las distintas alternativas de análisis. El destino de nuestro proyecto es el ascensor y, finalmente, el recurso didáctico*

## El ascensor como sistema tecnológico

El ascensor puede pensarse como parte de un sistema complejo que abarca a los edificios, a éstos en la planificación de una ciudad, etcétera. En efecto, no hay ascensores sin edificios, y tampoco los hay sin una fuente de energía que accione sus partes motrices, las centrales de producción de esa energía y su sistema de transporte.



El ascensor es un subsistema del sistema "transporte".

Si edificios y el sistema de energía eléctrica se colocan en un mismo nivel precedente al ascensor (denominamos a este nivel, Nivel 1), el ascensor ocupa el Nivel 0. Este sistema está constituido por varios subsistemas:

- En el Nivel 1 se encuentran:
  - subsistema motriz,
  - subsistema estructura y protección,
  - subsistema control.<sup>15</sup>
- En el Nivel 2 se encuentran:
  - sistema motriz: motor, transmisión;
  - sistema de control: interruptores, alarmas;
  - sistema de estructura y protección: cabina, puertas, sala de máquinas;
  - sistema de confort: luces interiores, arreglo del interior;
  - sistema de seguridad: frenos, alarmas.

A mayor profundidad (Nivel 3) encontramos los detalles de cada parte. A su vez, podemos encontrar aquí más complejidades, por ejemplo:

- Subsistema motor: estructura, alimentación, aislaciones, lubricación.

En el Nivel 4, el motor se compone de bobinados, rotores, un cableado interno y otro externo, etcétera. A niveles más profundos, llegamos al detalle de cada pieza, tuerca y arandela.

A fin de comprender sistémicamente al objeto, tenemos que poder identificar las interrelaciones entre los subsistemas y también cuáles de esos subsistemas pueden cambiarse sin alterar el funcionamiento del conjunto.

En general, el funcionamiento tiene que ser transparente al usuario. Por ejemplo, el reemplazo de un tipo de motor por otro debería pasar inadvertido para el usuario, que espera del ascensor la misma finalidad. En definitiva, esta transparencia resulta en que distintos usuarios, sin conocimientos previos sobre el artefacto, puedan usarlo sin dificultad. El usuario puede ignorar la existencia de la mayor parte de las componentes del artefacto y servirse de él dentro de las especificaciones para las que se ha diseñado y construido, y que él mismo espera que funcionen de una manera previsible.

Finalmente, notamos que el sistema eléctrico es un sistema transversal que cumple numerosas funciones parciales, como la de proveer energía al sistema motor, a las luces y alarmas, etcétera.

<sup>15</sup>Seguimos a T. Buch (2001. *Sistemas tecnológicos*. Aique. Buenos Aires) en su análisis del automóvil como sistema tecnológico.



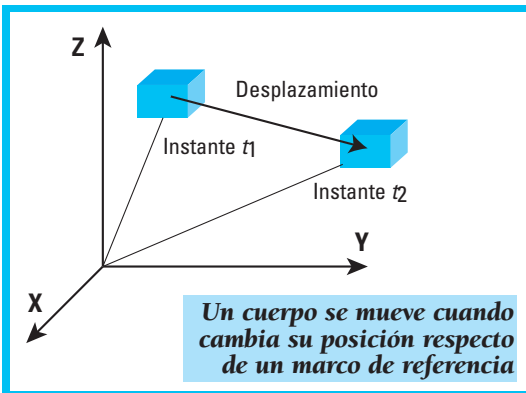
Una característica del equipo recurso didáctico que desarrollamos es la posibilidad que brinda para delimitar y analizar los distintos subsistemas que componen un producto.



## El movimiento

Uno de los fenómenos fundamentales que observamos a nuestro alrededor es el del movimiento. Se mueven las estrellas, los aviones, los ascensores, las personas. Decimos que un cuerpo (puede ser un objeto o una persona) se mueve, cuando cambia su posición respecto de un sistema de referencia dado.

Un sistema o marco de referencia es un conjunto de objetos inmóviles entre sí, que constituye el fundamento para describir la posición y el movimiento de otros objetos. Por ejemplo, dentro de una habitación las aristas que forman la intersección del piso con dos paredes contiguas y la intersección de las dos paredes forman un sistema cartesiano respecto del cual podemos ubicar otros cuerpos. Una persona se mueve si cambia su posición respecto del sistema de ejes.



El movimiento ocurre en el espacio ordinario tridimensional. Para ubicar un avión en el cielo y estudiar su vuelo, necesitamos tener en cuenta las tres dimensiones espaciales. Pero, en ocasiones, el movimiento se estudia en un marco más reducido. Por ejemplo, imaginemos a un director técnico de un equipo de fútbol pensando el movimiento de sus jugadores en el campo de juego. Necesita de una pizarra para ubicar sus posiciones y analizar las variaciones de éstas. En el mundo bidimensional de la cancha, el movimiento de cada jugador es aproximadamente bidimensional y los lados del campo definen bien el marco de referencia.

La descripción del movimiento implica que haya un observador. La historia también indica que dos de los observadores del movimiento, los más importantes de sus tiempos<sup>16</sup>, Aristóteles y Galileo Galilei, separados casi por 2.000 años, confrontaron con sus ideas sobre el movimiento, como veremos a continuación.

Decimos que el movimiento ocurre en una dimensión cuando sólo necesitamos una coordenada espacial para describirlo; en este caso, el sistema de referencia se simplifica. Tal es el caso de ubicar en cada instante a la cabina de un ascensor, que se desplaza a lo largo de una línea recta vertical.

<sup>16</sup>Le proponemos considerar, por ejemplo: Lombardi, O. (1997) "Comparación entre la física aristotélica y la mecánica clásica". *Educación en Ciencias* 1(3), 62-70. Universidad Nacional de General San Martín. San Martín.

## La naturaleza del movimiento. Un poco de historia

La naturaleza del movimiento ha sido objeto de atención desde tiempos remotos. Aristóteles (hacia 350 a. C.) describió —en una síntesis del pensamiento griego— la naturaleza de las causas del movimiento y generó una perspectiva que imperó por siglos. En esta perspectiva, los cielos debían estar formados por una sustancia ideal y por esferas en rotación uniforme. Un intrincado mecanismo de esferas arrastraba a las estrellas, al Sol, la Luna y los planetas en sus diversos movimientos. Dentro de la esfera de la Luna, cada una de las cuatro sustancias fundamentales —el fuego, el aire, el agua y la tierra—, tenían su propia esfera. Los objetos estaban constituidos por mezclas de estos elementos, agitados y mezclados por la rotación del sistema; por ejemplo, en la concepción aristotélica, la madera era una mezcla de fuego y tierra. Al arder, el fuego se libera y la tierra (las cenizas) queda como residuo. Además de sus estados reales, a los sistemas se les atribuían estados potenciales, de la misma manera que a un niño se le atribuye el potencial de llegar a ser adulto. Por ello, un cuerpo material formado, principalmente, por tierra cae a su estado potencial, que es el estado de reposo en su lugar adecuado, la esfera central del Universo. En cambio una llama, al ser fuego, se eleva para tratar de llegar a su lugar propio en una esfera que está bajo la Luna.

La teoría desarrollada también explicaba los cambios no naturales o violentos. De la misma manera que un accidente puede interrumpir el desarrollo de un niño, un impulsor (por ejemplo, un caballo) puede hacer

que un objeto pesado (como un carro) se mueva horizontalmente y no verticalmente. Estos movimientos *no naturales* requieren, según Aristóteles, *causas externas*.

El éxito de estas ideas por siglos se debió a que Aristóteles era persuasivo al basarse en nociones comunes e intuitivas, y porque su teoría unificó todo el conocimiento y la experiencia humanos de su época en una sólida estructura.

No obstante, el esquema aristotélico sólo podía ofrecer una explicación somera y cualitativa del movimiento. Por ejemplo, la explicación del movimiento balístico presentaba dificultades. Para Aristóteles, *el movimiento era causado por fuerzas*; es decir, *sobre un cuerpo que se mueve siempre actúan fuerzas*. Una flecha lanzada desde un arco, una vez en el aire, al no estar afectada ya por un impulsor externo (el arquero), debería adoptar su movimiento natural y caer directamente a tierra<sup>17</sup>.



**Aristóteles**



**Galileo Galilei**

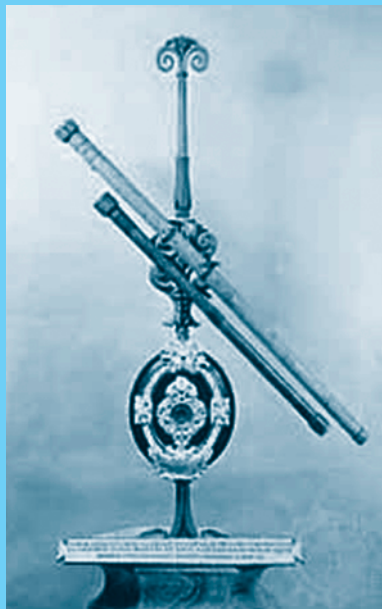
<sup>17</sup>Notamos que la experiencia indica que esto no sucede y que la trayectoria de la flecha es curva.

Tuvieron que pasar siglos de curiosidad humana y cambios de pensamiento, hasta llegar a un nuevo paradigma sobre el movimiento. En el siglo XVI, Galileo Galilei (1564-1642), físico y astrónomo, establece el principio de inercia: *El movimiento de un cuerpo no requiere causa alguna; sólo el cambio en el movimiento de un objeto requiere una explicación física*. Volviendo al caso de la flecha, según Galileo, la trayectoria es curva porque el movimiento es la combinación de un movimiento horizontal a velocidad constante con un movimiento vertical, completamente independiente.<sup>18</sup>

Es importante destacar que Galileo empleó lo mejor de la tecnología de su época para sus observaciones y experimentos. Por un lado, usó el telescopio para observar el cielo, con lo cual refutó muchas de las creencias aristotélicas de la época sobre el movimiento de los cuerpos del cielo. En sus estudios sobre el movimiento, usó ingeniosos dispositivos especialmente diseñados –planos inclinados, péndulos y medidores de tiempo, entre otros– de su propia construcción<sup>19</sup>. Podríamos decir que la nueva física que emerge con Galileo también es consecuencia del adelanto tecnológico de su tiempo, y que constituye una manifestación cabal de la interrelación entre ciencia y tecnología, interrelación que debemos comprender y valorar. Quizá no es

ya importante discutir si la ciencia se motorizó por la tecnología o si la crisis aristotélica necesitó de nueva tecnología –y el genio de Galileo– que la destronara.

**Telescopio de Galileo Galilei; Galileo innovó sus experimentos con los mejores objetos tecnológicos de su época**



## Las fuerzas

Recordemos que, antes de Galileo, se creía que todo movimiento necesitaba de un impulsor activo, como una persona, un caballo o una máquina. Galileo descubrió que el cambio de velocidad, y no la velocidad misma, requiere de una explicación física. Isaac Newton (1642-1727) dio el nombre de *fuerza* al proceso que proporciona esa explicación. Newton enunció tres leyes en torno al concepto de fuerza y su relación con el movimiento.

<sup>18</sup>En 1638 se publica *Discorsi intorno a due nuove scienze*, escrito por Galileo. En la obra intervienen tres interlocutores: Salviati, que representa a Galileo, Sagredo, espíritu culto de su época, y Simplicio, filósofo peripatético que, frecuentemente, invoca opiniones de Aristóteles.

Una versión del libro en castellano es: Galileo Galilei (2003). *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*. Losada. Buenos Aires.

<sup>19</sup>Bozzi, P. et al. (1995) *Galileo e la scienza sperimentale*. Dipartimento di Física “Galileo Galilei”, Università di Pavoda. Pavoda.



## Leyes de Newton

- Primera ley: Un cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que una fuerza externa no equilibrada actúe sobre él.

- Segunda ley: La aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza neta ejercida sobre él, e inversamente proporcional a su masa:

$$a = \frac{F}{m} \quad (1)$$

- Tercera ley: Cuando un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un cuerpo B, el objeto B ejerce una fuerza igual y opuesta sobre el cuerpo A (principio de acción y reacción).

Podemos entender el concepto de fuerza como una descripción del proceso por el cual dos objetos interactúan. En sí misma, una fuerza no es un objeto ni tiene existencia alguna independiente de los objetos que interactúan. Al respecto, Hewitt<sup>20</sup> ejemplifica, con razón: “No puedes tocar sin ser tocado...”; la imagen en su libro de una madre levantando a su hijo es elocuente.

De acuerdo con la Tercera ley, las fuerzas siempre se presentan de a pares e, invariablemente, interviene un par de objetos interactuando entre sí. Una de las fuerzas (acción) actúa sobre un cuerpo y la otra (reacción), sobre el otro.

El peso de una persona es el resultado de su interacción gravitatoria con la Tierra y

se calcula como

$$P = mg$$

donde:

- $m$  es la masa de la persona.
- $g$  la aceleración debida a la gravedad,  $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

### Clasificación práctica de tipos de fuerzas<sup>21</sup>

Tipo	Nombre	Caso	Dónde se presenta
Gravitatoria		Peso de un cuerpo	Entre dos cuerpos cualesquiera que tienen masa. En particular, llamamos peso de un cuerpo a la fuerza gravitacional que le ejerce la Tierra.
Elástica		Resortes, fuerzas normales, tensión en cuerdas, hilos y cables	Cuando se deforma un cuerpo, ejerce una fuerza elástica de dirección contraria a la deformación.
De fricción		Rozamiento entre dos superficies	Se presenta en superficies en contacto; se opone al movimiento relativo de deslizamiento.
Provocada por fluidos		Flotación, empuje, resistencia, sustentación, viscosidad	Se ejerce internamente entre elementos distintos de un fluido, o entre un fluido y un sólido sumergido o que se mueve dentro de él.

<sup>20</sup>Hewitt, P. G. (1999, 3ª ed.) *Física conceptual*. Addison Wesley Longman. México.

<sup>21</sup>Lea, S. M. y Burke, J. R. (1998) *Física: La naturaleza de las cosas*. Vol. I. International Thomson Editores. México.

Una persona de masa de 75 kg pesa 735 N, en un lugar donde  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . Por la *Tercera ley*, esa persona también ejerce a la Tierra una fuerza del mismo valor; pero, en sentido opuesto.



Imaginemos, inicialmente, a esa persona de pie dentro de un ascensor en reposo. Si el peso fuese la única fuerza que actúa sobre ella, la persona estaría –según la *Segunda ley*–, acelerada, cayéndose, atraída por la Tierra.

Dado que la persona está en reposo, debemos concluir –por la *Primera ley*– que el piso del ascensor está aplicando a la persona una fuerza hacia arriba, que iguala en magnitud al peso, de modo que la fuerza neta sobre la persona es nula.

También notamos que –de acuerdo con la *Tercera ley*–, la persona ejerce al piso del ascensor una fuerza opuesta de igual valor. Por tanto, el piso de la cabina del ascensor debe poder soportar, sin desfondarse, al peso de los pasajeros. Si consideramos personas de peso promedio de  $P = 75 \text{ kg}$  (735 N) y 5 pasajeros permitidos, la carga sobre el piso es  $P_P = 5P = 3675 \text{ N}$ . En todo diseño estructural se requiere considerar tolerancias de seguridad, por lo que podría estimarse una carga máxima de  $1,5 P_P$  y diseñar la cabina (en reposo) para una carga de aproximadamente  $P_T = 5500 \text{ N}$ .

La situación es similar cuando la cabina está moviéndose con velocidad constante. En ambos casos –reposo o movimiento con velocidad constante–, el cable que tire de la cabi-

na tendrá que poder soportar una tensión  $T$  igual a la suma del peso de la cabina  $P_C$ , del peso de los pasajeros  $P_P$  y una parte de su propio peso,  $P_B$  (la parte del cable que cuelga, por lo que  $P_B$  es variable):

$$T = P_C + P_P + P_B \quad (2)$$

La situación cambia cuando, por ejemplo, la cabina se mueve hacia arriba con movimiento acelerado con aceleración máxima  $a_M$ . Ahora –por la *Segunda ley*–, el cable tirará de ella con la máxima fuerza y –por la *Tercera ley*–, el cable estará exigido con la máxima tensión  $T_M$ , dada por:

$$T_M = P_C + P_P + P_B + (m_C + m_p) a_M \quad (3)$$

Un cable está construido por materiales elásticos (hilos, alambres en manojo); por tanto, la tensión a la que esté sometido lo deformará. La elección del cable está sujeta a que pueda soportar una tensión  $T_M$ . Nuevamente, por cuestiones de seguridad, se supone que el cable estará aún más exigido, y se afecta a  $T_M$  por un coeficiente de seguridad  $C_S > 1$ .

Por tanto, el cable debe elegirse para que soporte la tensión de seguridad  $T_{M,S}$ :

$$T_{M,S} = C_S \cdot T_M \quad (4)$$



## La elasticidad de los materiales

Cuando presionamos un trozo de material, éste “cede”, se deforma. Si la fuerza es suficientemente pequeña (el valor depende de cada material y de la forma del cuerpo), el desplazamiento relativo de los diversos puntos

del material es proporcional a la fuerza –decimos que el comportamiento es elástico–. El campo de la elasticidad trata el comportamiento de los cuerpos que tienen la propiedad de recuperar su tamaño y forma cuando se quitan las fuerzas que les producen deformaciones. En cierta medida, la propiedad elástica está presente en todos los sólidos cuando las deformaciones son pequeñas. Los resortes, las

bandas de goma y un cable metálico comparten la característica de ser cuerpos elásticos.

En un sistema elástico, conviene establecer relaciones de causa y efecto entre la fuerza aplicada y la deformación que produce.


Se definen:

- **Tensión:** La aplicación de fuerzas exteriores a un cuerpo puede generar sollicitaciones de tracción, compresión, flexión, etc. Internamente, el cuerpo reacciona por medio de tensiones. El módulo o intensidad de la tensión se halla dividiendo el módulo de la fuerza por la sección sobre la que actúa. Ejemplo:  $\sigma = F/A$ , la unidad de medida puede ser  $N.m^{-2}$ .
- **Deformación:** Cambio relativo en las dimensiones o en la forma de un cuerpo como resultado de la aplicación de fuerzas exteriores.

A partir del límite elástico o límite de proporcionalidad, la deformación se hace muy grande con pequeños incrementos de tensión. Esto ocurre en el denominado *período de fluencia*; por ello, la tensión donde comienza este fenómeno es la “tensión de fluencia” ( $\sigma_f$ ). Por ejemplo, un cable de acero de sección transversal de  $1\text{ cm}^2$  se deforma permanentemente si se le aplica una fuerza mayor de  $25.000\text{ N}$ . Esto no significa que el cable de acero se romperá en ese punto; sino, únicamente, que **no recuperará el tamaño ni la forma** originales luego de que se retire el esfuerzo.


La máxima tensión a la que puede someterse un alambre sin que se rompa recibe el nombre de *límite de rotura*. Para el acero es  $490\text{ MN.m}^{-2}$ ; es decir, el cable de  $1\text{ cm}^2$  se romperá si la fuerza excede  $49.000\text{ N}$ .

El *módulo de elasticidad*  $E$  de un material se define como el esfuerzo longitudinal por unidad de deformación relativa a su longitud inicial<sup>22</sup>. Para el acero,  $E = 207.000\text{ MN.m}^{-2}$ . Podemos estimar que una tensión de  $20.000\text{ N}$  deforma a un cable de  $1\text{ cm}^2$  mucho menos que unas décimas de milímetro.

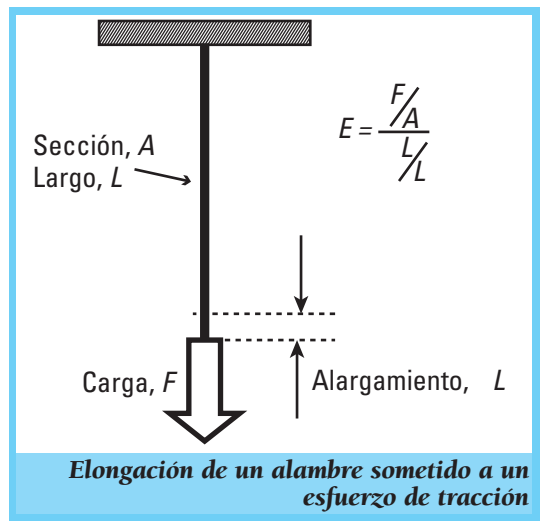


Vemos que el uso de las leyes de Newton nos permiten hacer previsible los valores de las fuerzas más relevantes presentes en el problema del movimiento de un ascensor.

Notamos que otras fuerzas presentes en un sistema real –esencialmente, las de fricción– han sido dejadas de lado para estas estimaciones y modifican levemente los cálculos.

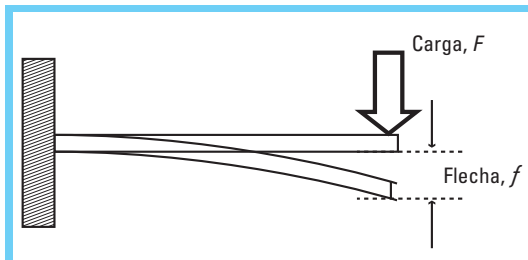


El experimento básico para estudiar las propiedades elásticas de un material se esquematiza en la figura. Éste consiste en aplicar, progresivamente, pesos al extremo libre de un cable e ir midiendo la deformación.



<sup>22</sup> En el Sistema Internacional,  $E$  se mide en  $N.m^{-2}$

Cuando el material no se presenta en la forma de alambre, se recurre a otros diseños. En el caso de vigas, es común estudiar la deformación cuando éstas están sometidas a cargas de la manera que se muestra en la figura. Se trata de relacionar el módulo  $E$  con la flecha en el extremo de la viga en voladizo<sup>23</sup>. Este método produce muy buenos resultados.



**Viga en voladizo sometida a una fuerza en el extremo libre. Del análisis de la dependencia de la flecha  $f$  con la carga  $F$  se calcula el módulo de elasticidad  $E$ .**

Los materiales de construcción presentan diferentes propiedades elásticas y es menester conocerlas previamente al uso que les demos; por ejemplo, para fabricar herramientas, utensilios y máquinas. Es conveniente que una silla que va a usarse repetidamente se construya con un material elástico y, a la vez, resistente. La *durabilidad* depende del material, el diseño, y representa una característica deseable en un objeto de uso continuo.

Conviene, aquí, virar nuestra mirada a un

<sup>23</sup> La realización completa de este experimento en un contexto educativo puede verse en el sitio web de la Red Creativa de Ciencias: [www.cienciaredcreativa.org](http://www.cienciaredcreativa.org)

Este sitio ha sido creado como parte de una colaboración entre docentes de ciencias de Argentina. El proyecto aludido puede leerse en:

[www.cienciaredcreativa.org/informes/elastic\\_patera.pdf](http://www.cienciaredcreativa.org/informes/elastic_patera.pdf)

contexto tecnológico, para reafirmar la premisa de que nuestro conocimiento científico no tiene que quedar aislado. Es importante, entonces, considerar algunos aspectos de los materiales relacionados con la seguridad de los objetos que componen y con el cumplimiento de las normas (las normas son, asimismo, objetos tecnológicos).

## La calidad y la fiabilidad

Es usual que un producto o un dispositivo se defina en términos de *calidad*<sup>10</sup>. Para esto, sus atributos deben estar definidos, como también sus limitaciones; éstos se determinan en una etapa de ensayo previa al uso del elemento. Notamos que, en cualquier caso, la calidad es un atributo significativo de un producto y confiere a éste un *valor agregado*.

También tenemos que considerar la *fiabilidad* del dispositivo, en el sentido de que lo usaremos repetidamente y esperamos que no falle. Esto requiere el mantenimiento de la calidad del producto a lo largo del tiempo, lo que queda fijado por el establecimiento de una *política de calidad*, que es de competencia del fabricante. En muchos casos, esta política requiere supervisión o seguimiento externo, cuando se trata de verificar el cumplimiento de normas.

Tomemos el ejemplo de un pulsador en la cabina de un ascensor. Este pulsador se va a usar repetidamente a lo largo del día. Su calidad tiene que garantizar un funcionamiento correcto, sometido a las exigencias de los dis-

<sup>24</sup> Juran, J. M. y Gryna, F. M. (1993, 4ª ed.) *Manual de control de calidad. Vol. I.* McGraw-Hill Interamericana de España. Madrid.

tintos usuarios. La fiabilidad se refiere a que esta calidad se mantenga durante su uso prolongado –digamos, 100.000 operaciones–.

El fabricante debe ensayar ciertas muestras de estos pulsadores y, mediante esos ensayos, especificar la calidad de su funcionamiento mecánico y eléctrico. Por otro lado, sometiendo a los pulsadores a condiciones severas de funcionamiento un gran número de veces (> 100.000), puede calificar la fiabilidad del dispositivo. Y suponiendo que, en uso normal del ascensor, las 100.000 operaciones se cumplan en 24 meses, este período define lo que se conoce como *vida útil* del elemento. Luego de cumplir su vida útil, el pulsador tiene que ser reemplazado por uno nuevo.

Corresponde también referirnos a las acciones de mantenimiento de las partes de un dispositivo. El mantenimiento adopta diversas formas, según se trate de mantenimiento correctivo, preventivo o predictivo.

- El **mantenimiento correctivo** requiere el reemplazo de los elementos que se rompen. Es el mantenimiento que hacemos en nuestras casas cuando una válvula de agua gotea o se quema un foco, y corregimos esto cambiando la suelita de la canilla o el foco.
- En el caso del **mantenimiento preventivo**, se necesita una observación permanente del estado y funcionamiento de los dispositivos, a fin de detectar anticipadamente aquellos problemas que puedan, luego, ocasionar roturas o funcionamiento indebido. El análisis de la observación decide si el elemento se reemplaza. Practicamos este mantenimiento cuando vemos, por ejem-

plo, que la correa de un motor empieza a deshilacharse, y pensamos que en el momento menos esperado puede cortarse y darnos problemas (parar una producción, dar lugar a un accidente, etcétera).

- El **mantenimiento predictivo** se apoya en los resultados estadísticos de los ensayos de laboratorio, cuando se estima la vida útil de los dispositivos. El cambio de aceite de un automóvil, tras marchar algunos miles de kilómetros, corresponde a este tipo de mantenimiento. Notamos que no nos importa que el aceite haya perdido o no sus propiedades como refrigerante y lubricante: lo cambiamos igual.

Las normas de seguridad exigen una “cultura de calidad”; ésta debe extenderse a todos los procesos (diseño, fabricación, pruebas, instalación y mantenimiento). En conjunto, con esto se tiende a brindar una máxima garantía para la seguridad de las personas y de los bienes materiales.

## Consideraciones y estrategias para proyectar el cable de un ascensor

Supongamos que tenemos que proyectar el cable de acero del que cuelga la cabina de un ascensor. Supongamos que la cabina pesa 300 kg y sólo estará permitido que viajen 4 pasajeros. Esta última restricción se lee como advertencia en muchos ascensores; pero, una cosa es que las cuatro personas sean niños de 10 años, y otra, que suban cuatro jugadores de básquet de la NBA. Entonces, “4 personas” se refiere a 4 personas de peso prome-

dio, que se toma en 75 kg, el de cada una.

Como todo promedio, representa la posibilidad de que haya valores menores y mayores. Este valor promedio quizá no se supere con 2 adultos y 2 niños; pero, con mucha probabilidad 4 adultos alcanzarán la marca.

Lo deseable sería que un ascensor tenga un sistema de seguridad que le impida arrancar cuando la carga esté excedida. Pero, muchos tienen el cartel al que aludimos pero no el sistema. Y, si bien las normas están para ser cumplidas, en muchas ocasiones un grupo de más de cuatro personas se sube a la cabina, se amontona un poco y ve qué pasa. Si el ascensor arranca, podemos imaginar que el grupo sube o baja con algo de miedo, sabiendo que eludió acatar la norma. Si el ascensor no arranca, alguien se baja. En este caso, el sistema de seguridad es el que hace respetar la norma.

Volviendo al cálculo del cable... Éste tendrá que soportar el peso de la cabina más el de los pasajeros, es decir, unos 600 kg, cuando el ascensor esté parado. Cuando arranque, habrá una fuerza mayor (volveremos sobre esto más adelante). Supongamos que  $a = 0,1 \text{ g} = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Entonces, tenemos que proyectar el cable para una tensión máxima de unos 7.000 N.

Una estrategia para elegir el cable podría ser contar con uno de una sección transversal dada que soporte, sin romperse, el doble de esta carga máxima. Además, podríamos ser más precavidos y poner dos de estos cables, lo que tiene en cuenta la posibilidad de que uno se rompa. Una segunda estrategia consistiría en poner más cables para protegernos más frente a un posible accidente; pero, esto

encarecería el producto. Es decir, tenemos que diseñar el cable y adaptar el número de cables que usemos a las restricciones impuestas para mantener una seguridad adecuada y, al mismo tiempo, no elevar demasiado los costos. Desde luego, no es correcto sacrificar seguridad es pos de abaratamiento.

Las normas establecidas tienen en cuenta estos aspectos aludidos. Muchas de estas normas surgen de la experiencia y del estudio de antecedentes —exitosos o no—; los casos críticos, incluso, determinan el cambio de las normas.

En el caso de los ascensores, no debe esperarse que uno se desplome para analizar las consecuencias sobre las vidas humanas y, recién, establecer criterios de seguridad. Usamos lo que sabemos de física: la convertimos en una hermosa herramienta predictiva para resolver el tema de la seguridad en la elección del cable.

En diciembre de 2004, un gran incendio ocurrido en un local de baile de Buenos Aires produjo la muerte de 194 personas. Es claro que las normas de seguridad estaban, más que incumplidas, violadas. A partir de este caso, se están cambiando las normas de habilitación de los locales y repensándose las medidas de seguridad a adoptar.

## La cinemática en nuestro proyecto

La cinemática es la rama de la física que describe el movimiento de los cuerpos. El nombre se deriva de la raíz griega *kine*, movimiento.

Para describir el movimiento de un cuerpo, necesitamos conocer su posición a cada instante. Un caso especial lo constituye el movimiento rectilíneo, en el cual el cuerpo se mueve siguiendo una trayectoria recta. En este caso, se requiere una única coordenada para ubicar al cuerpo respecto de un marco de referencia. El movimiento vertical de un ascensor se encuadra en este caso. Usaremos  $z$  para definir a la coordenada vertical.

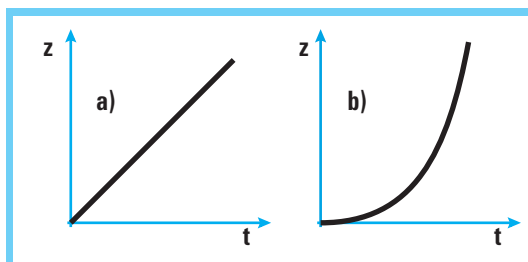
El movimiento rectilíneo puede ser a velocidad constante o acelerado.

- En el primer caso, el cuerpo se desplaza distancias  $\Delta z$  iguales en tiempos iguales  $\Delta t$  (a).
- En el segundo caso, las distancias recorridas en distintos intervalos de tiempo dependen de cómo es la aceleración. Cuando la aceleración es constante, el movimiento se denomina uniformemente acelerado y el desplazamiento  $\Delta z$  se calcula con:

$$\Delta z = v_0 \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2 \quad (5)$$

donde:

- $v_0$  es la velocidad inicial del cuerpo (b).



**Comportamiento cualitativo del desplazamiento en función del tiempo:**

- a) movimiento con velocidad constante;**
- b) movimiento con aceleración constante**

En el caso del movimiento de un ascensor, el movimiento rectilíneo es, en parte, acelerado y, en parte, a velocidad constante. La aceleración ocurre en los momentos inicial de arranque y final de frenado, mientras que el tramo a velocidad constante es el intermedio.

Vale la pena considerar que un ascensor de pasajeros se proyecta de manera que, en los tramos inicial y final, la aceleración no supere valores que puedan afectar al pasajero. Esta consideración recae directamente en el concepto del ascensor como objeto tecnológico. Esto es así, dado que el sistema mecánico que mueve al ascensor aplica una fuerza para acelerarlo con aceleración  $a$ , y son las personas las que se aceleran con él.

Es el piso del ascensor el cuerpo que ejerce al pasajero la fuerza impulsora necesaria. Esta fuerza tiene distinta magnitud, según los casos:

1. Subida, arranque:  $F = P_p + m_p a$
2. Subida, frenado:  $F = P_p - m_p a$
3. Bajada, arranque:  $F = P_p - m_p a$
4. Bajada, frenado:  $F = P_p + m_p a$

Nótese que el pasajero se sentirá “más pesado” en las situaciones 1 y 4, mientras que se sentirá “más despegado” del piso en las situaciones 2 y 3. Estas sensaciones durante el movimiento ocurren en tiempos muy cortos; pero, en general, son notables.

Estas fuerzas deben calcularse tomando en cuenta el valor de la aceleración máxima a la que funciona el ascensor. Para sintetizar ideas, podemos considerar que un ascensor acelera a  $1 \text{ m/s}^2$  y mantiene ese valor duran-

te un breve lapso –digamos, un segundo–. Es conveniente, a modo de comparación, expresar esta aceleración como un múltiplo de  $g$ , la aceleración debida a la gravedad, es decir:

$$a_M \approx \frac{1}{10} g.$$

Cabe notar que este valor es mucho menor que la aceleración a la que una persona empieza a sentirse incómoda, cuyo umbral se estima en  $a_M \approx 1/3 g$ . Cabe comentar que en experimentos sobre los efectos de la aceleración sobre el cuerpo humano, se llegó a aceleraciones hasta 100 veces la aceleración de la gravedad.

Nuestra capacidad de soportar una aceleración depende tanto de su valor como del tiempo que dure. Debido a la inercia de la sangre y de los órganos dilatables, los efectos de una aceleración moderada, de unas

Si usted ha viajado en un ascensor rápido, habrá experimentado algunos efectos de la aceleración vertical, ya sea en subida o en bajada. Los efectos están relacionados con el hecho de que nuestro cuerpo no es totalmente rígido. La sangre circula por vasos dilatables; de manera que, cuando el cuerpo es acelerado hacia arriba, la sangre se acumula en la parte inferior del cuerpo. Cuando la aceleración es hacia abajo, aumenta el volumen de sangre en la parte superior del cuerpo. A su vez, los órganos internos del cuerpo no se mantienen rígidamente en su sitio; el desplazamiento de éstos durante las aceleraciones puede producir sensaciones desagradables (el típico malestar en el estómago). En cambio, el cuerpo es menos sensible a la aceleración horizontal.

pocas  $g$ , son mínimos, si la aceleración dura un tiempo corto –digamos, un segundo–.

En un ascensor podemos estimar una aceleración típica comprendida entre 0,1  $g$  y 0,2  $g$ , que dura entre 1 y 2 segundos. El límite de confort corresponde, aproximadamente, a 0,3  $g$ ; y una parada de emergencia puede provocar una aceleración de 2,5  $g$ .

Es útil comparar los valores previos con las aceleraciones de un automóvil. Una parada confortable que dure entre 5 y 8 segundos se hace a 0,25  $g$ ; una aceleración de 0,45  $g$  es desagradable si dura entre 3 y 5 s; la máxima posible es alrededor de 0,7  $g$  y puede mantenerse durante unos 3 s; y, en un choque frontal, puede llegar a estar entre 20  $g$  y 100  $g$ , durante un tiempo muy corto –del orden de 0,1 s– y sin garantía de la supervivencia del pasajero.<sup>25</sup>

En el otro extremo, los humanos también somos sensibles a aceleraciones diminutas. En nuestros oídos hay pequeñas cámaras llenas de fluidos, que contienen fibras nerviosas sensibles al movimiento del líquido<sup>26</sup>. Nuestro cerebro usa esas señales nerviosas, todo el tiempo, para mantener el equilibrio al pararnos y movernos.

La velocidad estable del ascensor en el tramo intermedio del recorrido depende de las necesidades de transporte. En un edificio de departamentos de 5 pisos, un ascensor completa su recorrido en, aproximadamente, 20 segundos. Considerando que cada piso tiene alrededor de 4 m de altura, el trayecto es de

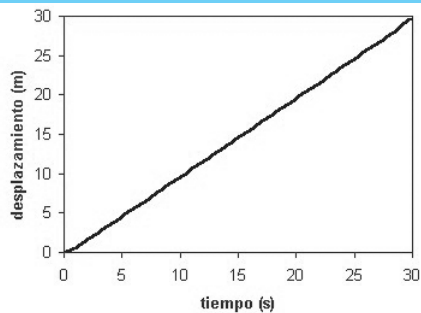
<sup>25</sup> Krane, J. W. y Sternheim, M. M. (1998, 2ª ed.) *Física*. Reverté. Barcelona.

<sup>26</sup> Curtis, H. y Barnes, N. S. (1996) *Invitación a la Biología*. Médica Panamericana. Madrid.

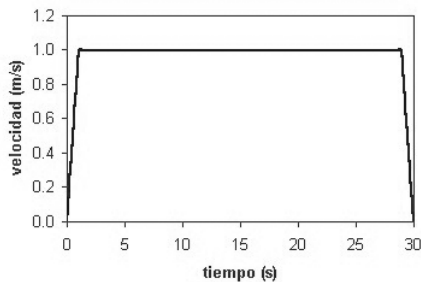


20 m, y se deduce una velocidad media de 1 m/s (3,6 km/h). En edificios de mayor altura, y dependiendo del tránsito de personas, la velocidad media puede llegar a ser de hasta 3 m/s (10,8 km/h). A diferencia de lo que sucede en movimiento acelerado, estas velocidades constantes no producen malestar en las personas. Nótese que, cuando viajamos en automóvil, llegamos a viajar a 100 km/h, y que en un avión de pasajeros vamos a 1.000 km/h.

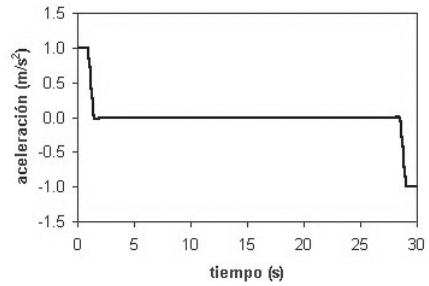
La situación corresponde al movimiento de subida desde un nivel dado hasta otro. La primera parte corresponde al arranque y el movimiento es acelerado; en la segunda parte, el ascensor adquiere una velocidad constante  $v_E$ ; la tercera parte corresponde al frenado y a la detención.



**Desplazamiento en función del tiempo**

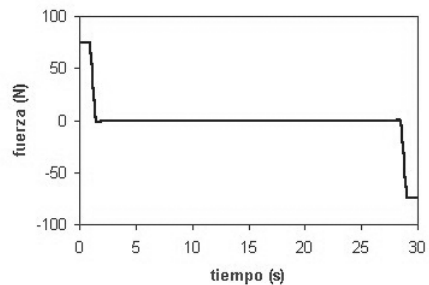


**Velocidad en función del tiempo**



**Aceleración en función del tiempo**

**Nótese el intervalo sin aceleración**



**Fuerza sobre un pasajero de una masa de 75 kg**

Estos gráficos ilustran las características del movimiento de un ascensor; su análisis ayuda a anticipar su comportamiento (al menos, en forma aproximada) en un caso real.

Al momento de proyectarse un vehículo (automóvil, satélite, ascensor), los conceptos de velocidad, aceleración y fuerza no pueden estar ausentes en la discusión previa, dado que estas magnitudes imponen condiciones al diseño y a los insumos necesarios para la

**El movimiento de un ascensor puede describirse de este modo, donde se muestran la distancia recorrida y la velocidad en función del tiempo de marcha, respectivamente. Nótese el intervalo a velocidad constante.**

construcción. En el caso de un automóvil, las piezas del motor tienen que ser suficientemente resistentes y soportar sin mayores deformaciones permanentes las temperaturas a las que estarán sometidas. Los materiales de un satélite requieren consideraciones análogas, aunque los parámetros de diseño y elección de materiales van a ser más especiales, puesto que, por un lado, el medio donde funcionará es diferente y, por otro, habrá más dificultades para hacerle mantenimiento. En todos los casos se tiene que asegurar, además del correcto funcionamiento, la seguridad de las personas o los bienes que se transporten. El impacto que el uso de estos dispositivos genera en el medio, también debe evaluarse.

## El trabajo que realizan las fuerzas

Cuando se desea provocar el desplazamiento de un cuerpo, se tiene que aplicar una fuerza neta. Por ejemplo, para levantar una viga desde la calle hasta la azotea de un edificio, para mover electrones a través de la pantalla de un televisor y para elevar un ascensor, se requiere, en cada caso, la aplicación de fuerzas.

Cuando tratamos de levantar un cuerpo (una valija, por ejemplo), al comienzo no logramos moverla. Pero, si incrementamos progresivamente la fuerza que hacemos, llega el momento en que la valija se desplaza. En física, este logro se define como *trabajo*.

El término *trabajo* tiene una definición explícita. Para que se realice trabajo:

- Debe haber una fuerza aplicada.

- La fuerza debe actuar a través de una cierta distancia, llamada desplazamiento.
- La fuerza debe tener una componente a lo largo del desplazamiento.

Suponiendo que se cumplen estas condiciones, se define:

**Trabajo:** Cantidad igual al producto de las magnitudes del desplazamiento y de la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento.

$$W = F_x \Delta x \quad (7)$$

En el ejemplo de levantar una valija, supongamos que ésta tiene una masa de 10 kg y, por tanto, pesa 98 N. Si hacemos una fuerza hacia arriba, de magnitud menor que el peso de la valija, no logramos moverla. Pero, cuando la fuerza supera los 98 N, logramos desplazarla. Si la movemos aplicando, por ejemplo, 100 N, y la elevamos verticalmente 1 metro, el trabajo que hacemos es  $W = 100 \text{ N}\cdot\text{m}$ ;  $W = 100 \text{ joule}$ .

Pero, la fuerza que hacemos no es la única que actúa sobre la valija. El peso es la otra fuerza relevante y también realiza trabajo sobre la valija. Es decir, sobre la valija obra una fuerza neta o resultante, y puede definirse el trabajo neto.

Cuando consideramos el trabajo de varias fuerzas que actúan sobre un objeto, es útil distinguir entre trabajo positivo o negativo:

- El **trabajo es positivo** si la componente de la fuerza se encuentra en la misma dirección que el desplazamiento.
- El **trabajo negativo** es realizado por una componente de una fuerza opuesta al desplazamiento.

Entonces, el trabajo que hacemos nosotros al levantar una valija es positivo, mientras que el trabajo de la fuerza peso es negativo. Finalmente, si varias fuerzas actúan sobre el mismo objeto, el trabajo neto es la suma algebraica de los trabajos de las fuerzas individuales.

Vale la pena considerar, en este punto, la situación que se presenta cuando se eleva un ascensor. La fuerza ascendente  $F_m$  la realiza un motor que tira de un cable. Como en el caso de la valija, para iniciar el movimiento, esta fuerza tiene que ser mayor que el peso  $P$ . En tal caso, el ascensor se acelera por efecto de la fuerza neta  $F_m - P$ . Una vez puesto en movimiento, puede reducirse la fuerza  $F_m$  a un valor igual al peso, y el ascensor continúa moviéndose hacia arriba con velocidad constante. De esta manera, el motor —que realiza el trabajo positivo— puede esforzarse menos luego de que se inicia el movimiento. Como vimos, el valor máximo de  $F_m$  será  $P + m a$ , donde  $a$  es la aceleración del ascensor en el momento del arranque. El trabajo del motor será  $F_m \times \Delta_z$ , el del peso será  $-P \times \Delta_z$ . El trabajo neto, por tanto, es positivo e igual a  $(F_m - P) \times \Delta_z$ . Vale la pena destacar que, cuando el ascensor se mueve en el tramo intermedio de su ascenso con velocidad constante,  $F_m = P$ , la fuerza neta sobre él, es cero; y, por tanto, el trabajo neto sobre él es nulo.

Para concluir: Vemos que el análisis de un problema en términos de fuerzas y trabajo es relevante y da lugar a matices conceptuales importantes de destacar en el aula y durante el desarrollo del proyecto.

Nos interesa considerar que el conocimiento de estas variantes da libertad al tecnólogo para recurrir a distintas posibilidades, en el camino de encontrar una solución a un problema.

## La energía en nuestro proyecto

De la experiencia cotidiana surge que, en el acto de mover un objeto, debemos aplicar fuerzas. Estas fuerzas realizan trabajo y, como resultado, logramos desplazar al objeto. Decimos que tenemos energía porque fuimos capaces de realizar un trabajo sobre el objeto. Finalmente, cuando realizamos trabajo sobre el objeto, le proporcionamos una energía igual al trabajo realizado sobre él. La unidad de energía es la misma que la de trabajo, el *joule*.



Para nuestro proyecto tecnológico nos interesan dos tipos de energía:

**Energía cinética.** Es la energía que tiene un cuerpo en virtud de su movimiento. Por ejemplo, una persona que camina, una hoja de árbol que cae, un pájaro que vuela, tienen energía cinética.

La energía cinética  $E_C$  de un cuerpo de masa  $m$  que se mueve con velocidad  $v$  respecto de un marco de referencia dado es:

$$E_C = \frac{1}{2} m v^2 \quad (8)$$

**Energía potencial.** Es la energía que tiene un cuerpo en virtud de su posición o condición. Por ejemplo, un libro que ha sido llevado a un estante alto tiene más energía potencial gravitatoria que cuando está sobre la mesa; un resorte comprimido tiene energía potencial elástica.

Nos interesa especialmente la energía potencial gravitatoria,  $E_P$ . Para un cuerpo de masa  $m$  que se ha levantado una altura  $h$  es:

$$E_P = mgh \quad (9)$$



La energía potencial depende de la elección de un nivel de referencia (en el caso gravitatorio, desde donde se mide  $h$ ), y sólo la definición de un nivel de referencia le confiere significado físico. La elección del nivel de referencia es arbitraria; finalmente, lo que importa es el cambio de la energía potencial y, no tanto, su valor.

En el caso de un ascensor, cuando asciende tirado por el cable y se mueve con una cierta velocidad, tiene una energía cinética –dada por la ecuación 8–. Al mismo tiempo, a medida que asciende –según la ecuación 9– va ganando energía potencial.

En términos de energía, vemos que la fuerza que eleva al ascensor realiza trabajo y aumenta la energía potencial del ascensor. En este caso, en un edificio, el nivel de referencia “natural” es el nivel del piso más bajo, donde tomamos  $h = 0$ .

## La potencia

Una tarea puede durar una hora o un mes. Al finalizarla, hecha está. De la misma manera, el trabajo que realizamos para desplazar un objeto desde un lugar a otro no depende del tiempo que empleemos.

Cuando el tiempo importa, tenemos que hablar de la *potencia*. Por ejemplo, decimos que una computadora tiene más potencia de cálculo que otra cuando realiza las mismas cuentas en un menor tiempo.

En términos de potencia, no es lo mismo subir por una escalera desde un piso a otro caminando que corriendo. Al correr, demo-

ramos menos tiempo para llegar al mismo lugar que cuando caminamos y decimos que nos movimos con mayor potencia. En este caso, nuestros músculos desarrollaron esa potencia. La misma idea se aplica a cualquier máquina o dispositivo que realiza trabajo.

**Potencia.** Es la rapidez con la que se realiza el trabajo.

$$P = \frac{W}{\Delta t} \quad (10)$$

La unidad de potencia es el J/s, que se llama watt (W).

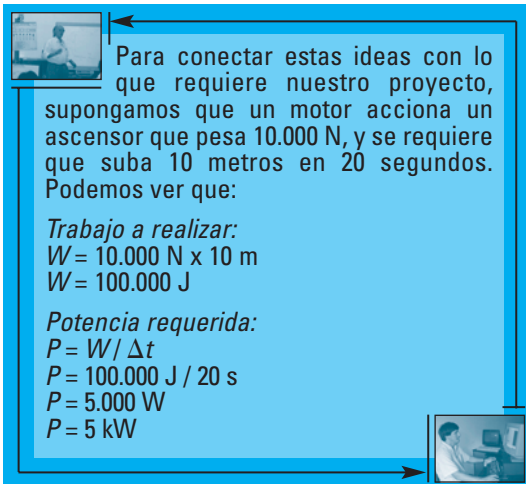
Esta unidad es común de ver en la denominación de lámparas incandescentes. Por ejemplo, una lámpara de 75 W que compramos para iluminar una habitación consume cada segundo una energía de 75 J. Si la mantenemos encendida durante 5 horas por día, consume 375 J (y es esta energía consumida la que pagaremos a la compañía que nos provee de energía eléctrica en nuestro domicilio).

La factura de energía eléctrica que pagamos cada mes indica nuestro consumo de energía medido en kW/h.

Los artefactos eléctricos tienen una denominación de potencia que es la potencia que requieren para funcionar. Por ejemplo, una plancha de 1.000 W requiere el suministro de 1.000 joule por segundo para funcionar. Cuando la plancha alcanza su temperatura de trabajo, el calor que se produce se libera a la misma rapidez: 1.000 W.

En el caso de un motor, su denominación de potencia está relacionada a la potencia que

puede desarrollar cuando realiza trabajo. Se entiende, entonces, que un motor de 10 kW puede desarrollar un trabajo de 10 kJ por cada segundo que esté en funcionamiento.



Para conectar estas ideas con lo que requiere nuestro proyecto, supongamos que un motor acciona un ascensor que pesa 10.000 N, y se requiere que suba 10 metros en 20 segundos. Podemos ver que:

**Trabajo a realizar:**  
 $W = 10.000 \text{ N} \times 10 \text{ m}$   
 $W = 100.000 \text{ J}$

**Potencia requerida:**  
 $P = W / \Delta t$   
 $P = 100.000 \text{ J} / 20 \text{ s}$   
 $P = 5.000 \text{ W}$   
 $P = 5 \text{ kW}$

Asimismo, es instructivo valorar el trabajo y la potencia que desarrollan las máquinas en nuestra vida cotidiana para reconocer su relevancia en la sociedad tecnológica actual. Si quisiéramos desarrollar con nuestros músculos una potencia de 75 W, y aprovechar esta potencia, por ejemplo, para prender una lamparita, deberíamos realizar un trabajo de 75 joule en un segundo. Si este trabajo consistiera en levantar desde el suelo hasta una mesa de 1 metro de altura una piedra de 7,5 kg, al levantarla haríamos un trabajo de 75 J (tomamos  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ), y deberíamos demorar sólo 1 segundo para la maniobra para desarrollar los 75 W requeridos. Repitiendo esta tarea (suponemos que no nos cansamos), podemos mantener prendida la lámpara. Si es ésta la forma en que vamos a desarrollar la potencia requerida para usar la lamparita, por cierto que abandonaremos pronto. Por otra parte, ¿cuánto nos pagarían por este trabajo desarrollado? En Argentina,

1 kW/h (que equivale a 3.600.00 joule) cuesta, aproximadamente, \$ 0,10; entonces, el valor pecuniario del trabajo realizado para levantar la piedra del suelo a la mesa sería apenas \$ 0,000002 (dos “micropesos”).

Terminamos así de convencernos de que debemos recurrir a dispositivos que produzcan con mucha mayor eficiencia la energía necesaria y al ritmo adecuado (a la potencia adecuada). Gran parte del desarrollo tecnológico actual depende de esos dispositivos (generadores de energía eléctrica).

## La energía eléctrica

El requerimiento actual de energía impone la necesidad de disponer de dispositivos que brinden energía eléctrica. Estos dispositivos transforman un tipo de energía (potencial del agua de un dique, eólica, nuclear) en energía eléctrica, a un ritmo dado o potencia. Esta energía está disponible en casas y fábricas, y se transporta desde la central productora por cables de alta tensión. La salida de tensión en las centrales es de alrededor de 20 MV; estaciones de transformación se encargan de variar este valor de tensión eléctrica, reduciéndola para adaptarla a las necesidades de consumo. En Argentina, la tensión eficaz domiciliar es 220 V, que resulta de una serie de transformaciones desde la central. Asimismo, algunos dispositivos emplean menor tensión para funcionar (110 V, en algunos casos), por lo que requieren transformadores extras para reducir la tensión un poco más.

La tecnología eléctrica moderna comenzó con los descubrimientos de Faraday y su ley

de inducción<sup>27</sup>. Richard Feynman, premio Nobel de Física en 1965, se refiere a la tecnología eléctrica con una exquisitez literaria rara vez vista en libros de texto<sup>28</sup>. Considera que el milagro de luces calientes de una casa proviene del agua fría de una represa a mil y pico de kilómetros de distancia, todo realizado con pedazos de cobre y de hierro dispuestos de manera especial, y que es el resultado de la ingeniería y del diseño esmerado de nuestra tecnología eléctrica. "Solamente" se necesita una represa que acumule agua y que, luego, la dirija por una cañería para que mueva las ruedas de un generador. Estas ruedas están acopladas a un lío de hierro y cobre, primorosamente intrincado, retorcido y entretejido, con dos partes: una que da vueltas y otra que no. Toda una mezcla de unos pocos materiales, mayormente hierro y cobre; pero, también, algo de papel y de barnices para aislar. Hay ahí algo gigantesco que da vueltas: el generador.

Por algún lado del enredo de metales salen unos pocos pedazos de cobre. La represa, la turbina, el hierro y el cobre, todo junto puesto allí para hacer que algo especial ocurra a unas pocas barras de cobre: una fuerza electromotriz, una *fem*. Luego, las barras de cobre se alejan un poco y rodean varias veces otros pedazos de hierro en un transformador; entonces, la tarea está concluida.

Pero, alrededor del mismo pedazo de hierro se enrolla otro cable de cobre que no tiene

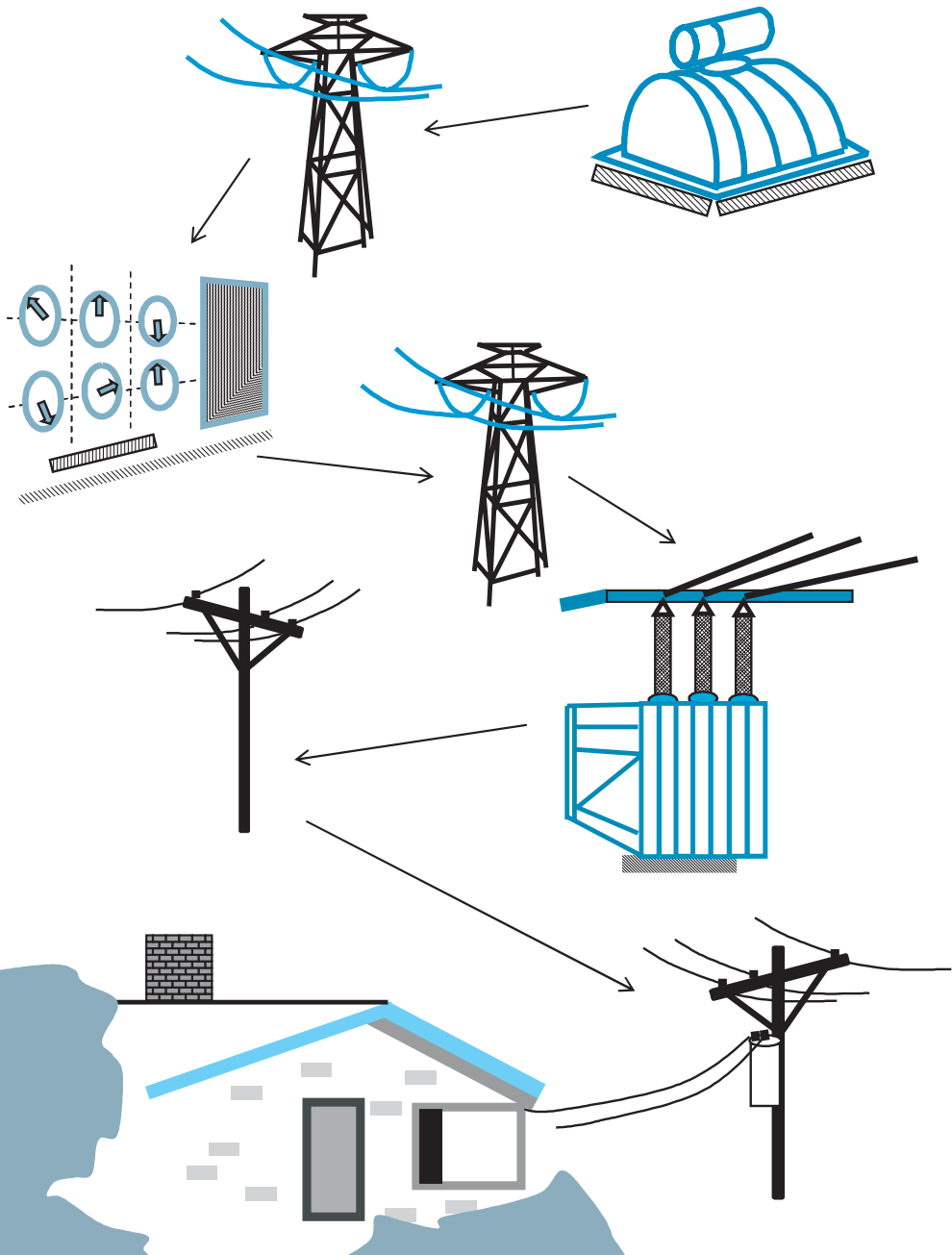
conexión directa alguna con las barras provenientes del generador. Simplemente, han sido influidas porque pasaron cerca de ella (para obtener su *fem*). El transformador convierte la potencia desde los voltajes relativamente bajos necesarios para un diseño eficiente del generador hasta las tensiones altísimas que son los mejores para una transmisión eficiente de la energía eléctrica por largos cables, a través de largas distancias. Y todo debe ser enormemente eficiente para que, por las varillas de cobre, se transporte la potencia de un río gigantesco, atrapado en una represa gigantesca.

Cuando hacemos funcionar un artefacto eléctrico, "consumimos" energía eléctrica, transformándola en otro tipo. Consumimos una pequeña parte de la energía del agua de la represa. En este otro extremo, esta energía eléctrica se manifiesta a escala microscópica por el movimiento de las cargas eléctricas a través de los artefactos que se conectan a la red. El movimiento de las cargas resulta, a escala macroscópica, en una *corriente eléctrica*.

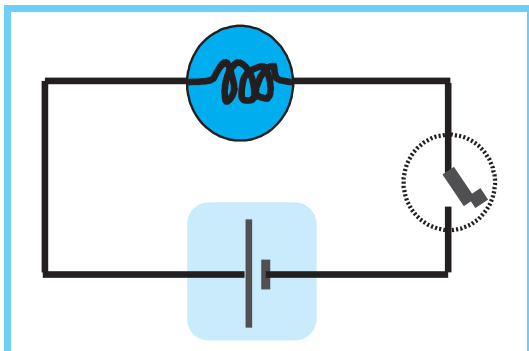
La condición para que haya una corriente es que las cargas formen parte de un *circuito* y que éste esté cerrado. Un circuito básico consiste en una fuente de tensión, una lamparita, cables de conexión y un interruptor. Este circuito simple corresponde, por ejemplo, al de una linterna. Cuando el interruptor está cerrado, la fuente de tensión empuja a las cargas eléctricas que quedan habilitadas para circular por la lamparita. El resultado de esta corriente es producir calor en los cables y en el filamento de la lámpara. En la lámpara, el calor es tan intenso que la temperatura aumenta lo suficiente para que el filamento se ponga incandescente y produzca luz.

<sup>27</sup> Cuando Faraday presentó su descubrimiento en la Royal Society de Londres, le preguntaron para qué servía, a lo que respondió: "¿Para qué sirve un bebé recién nacido?". No hay dudas de que el bebé ha crecido, goza de buena salud y produce resultados revolucionarios.

<sup>28</sup> Feynman, R., Leighton, R, y Sands, M. (1990) *Física. Vol. II: Electromagnetismo y materia*, Addison-Wesley Iberoamericana. México.



**La complejidad del transporte de energía eléctrica desde una central hasta nuestros domicilios. Adaptado de Wilson, J. D. (1996; 2° ed.) Física. Prentice Hall Hispanoamericana. México.**



**Circuito eléctrico básico**

Si, en lugar de una lámpara conectamos un motor, la energía eléctrica produce –además de calor en los cables– el movimiento del motor. El motor puede aplicar un torque a otro dispositivo y ponerlo a funcionar. En nuestras casas, el funcionamiento de licuadoras y lavarropas ilustra bien esta situación.

## El motor

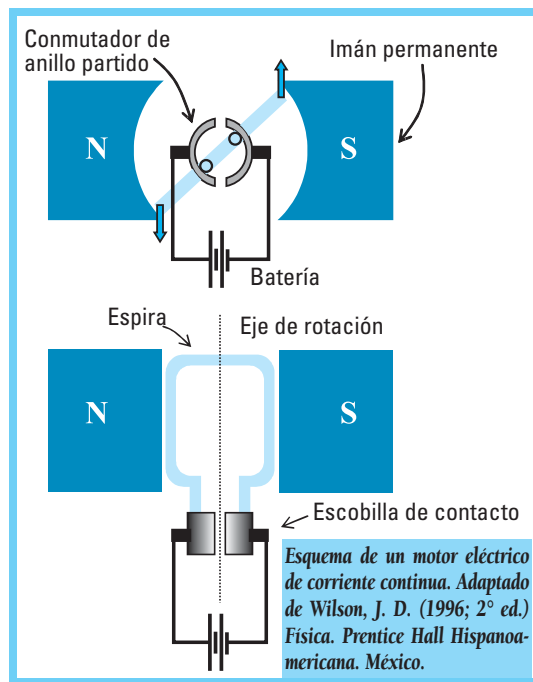
La producción moderna de energía eléctrica resuelve el problema de realizar movimiento usando máquinas. Usualmente, estas máquinas están accionadas por un motor. El motor es, a su vez, una máquina destinada a producir movimiento a expensas de otra fuente de energía. Según la clase de ésta, el motor se llama eléctrico, térmico, hidráulico, etcétera.

El motor ha tenido una evolución considerable y podemos ver, atrás, los tiempos en que animales de tiro eran necesarios para accionar máquinas más o menos complicadas. No obstante, en algunas poblaciones suburbanas de menor desarrollo es común, aún hoy, encontrar malacates<sup>29</sup> accionados

<sup>29</sup> Máquina a manera de cabrestante que tiene el tambor en lo alto y, debajo, las palancas a las que se enganchan las caballerías que lo mueven.

a sangre<sup>30</sup>; y, por supuesto... usamos bicicletas. La energía eléctrica ha sustituido a la máquina de vapor en los usos más corrientes; pero, las centrales térmicas siguen usándola como elemento básico para producir energía eléctrica. Las mismas centrales termonucleares mueven sus generadores con vapor a presión que producen en grandes cantidades. Una variedad de trenes se mueve gracias al vapor (producido en calderas) que impulsan al sistema motor.

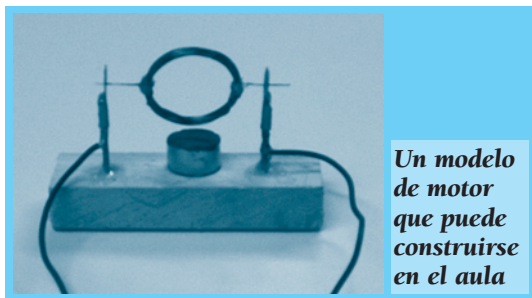
En un motor eléctrico, un momento de torsión magnético provoca que una espira –por la cual fluye corriente– gire en un campo magnético. El principio de funcionamiento del motor eléctrico se basa en leyes fundamentales del electromagnetismo.



<sup>30</sup> En cierto castillo europeo, quizá como atracción turística, un asno saca agua de un pozo al caminar continuamente dentro de una rueda vertical (Lea, S. M. y Burke, J. R. 1998. *Física: La naturaleza de las cosas*. Vol. I. International Thomson. México.)



Es oportuno mostrar que, en el aula, podemos entender el funcionamiento de un motor eléctrico mediante una actividad clara. Consideremos un motor que puede construirse a bajo costo de insumos, en un par de horas. En esta versión, el imán provee el campo magnético y la batería hace circular corriente por la bobina. La interacción entre la corriente por las espiras y el campo magnético del imán genera el torque que provoca el movimiento<sup>31</sup>. La construcción de este tipo de motor puede constituir un proyecto independiente de mucha utilidad en un curso de física o tecnología básica.



La elección de un motor depende del uso que se le vaya a dar. El motor debe proveer el torque necesario para mover el dispositivo al que asiste y hacerlo a un ritmo adecuado. La potencia, por tanto, importa. Es decir, como suce-

Recordamos que ya hemos realizado algunas estimaciones pertinentes sobre la potencia de un motor que va a usarse para elevar un ascensor. No menos importante es el precio del motor, en relación con su versatilidad, condiciones de uso, mantenimiento, durabilidad, etcétera.

de con cualquier máquina, se necesita adaptar la fuente de potencia a la tarea a realizar<sup>32</sup>.

## Los circuitos eléctricos; tipos de conexiones

Por definición, un circuito eléctrico es un conjunto de conductores que recorre una corriente eléctrica, en el cual, generalmente, hay intercalados aparatos “productores” o “consumidores” de esta corriente. Un ejemplo de elemento “productor” es una batería, dispositivo donde se convierte energía química en eléctrica<sup>33</sup>. Una lámpara incandescente y un motor eléctrico son ejemplos de “consumidores”.

Ya hemos descrito el circuito más simple. En el caso más general, cierto dispositivo ( $D_1$ ) puede incluirse en el circuito, y decimos que la batería, el dispositivo y el interruptor están conectados “en serie”.

Una condición para que el dispositivo funcione es que el interruptor esté habilitando el paso de la corriente eléctrica provista por la fuente; en ese caso, decimos que el circuito está “cerrado”.

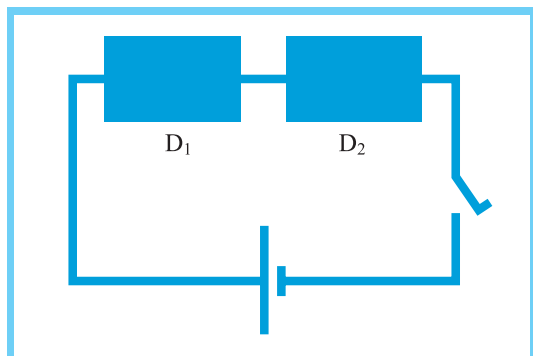
También pueden intercalarse otros elementos en el circuito; por ejemplo, un nuevo dispositivo  $D_2$  se ha colocado en serie con los elementos previamente existentes. Con el inte-

<sup>31</sup> La lista de materiales y los detalles de construcción pueden verse en el sitio web de la Red Creativa de Ciencia: [www.cienciaredcreativa.org/informes/motor.pdf](http://www.cienciaredcreativa.org/informes/motor.pdf)

<sup>32</sup> Por ejemplo, en el caso de una bicicleta, la tarea es el transporte rápido y seguro de una persona; y ésta es la fuente de potencia. El diseño de la bicicleta debe corresponderse con esas condiciones.

<sup>33</sup> También es apropiado definir a una batería como un elemento “convertidor” de energía.

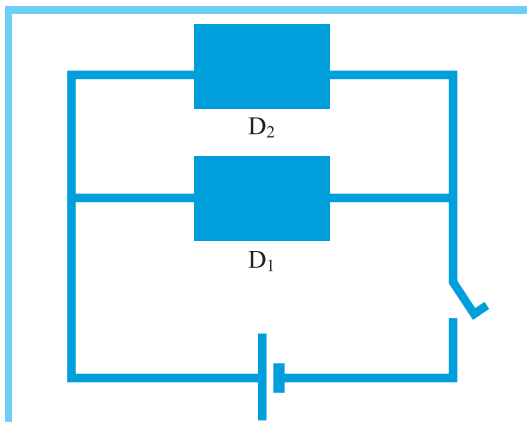
ruptor cerrado, se espera que funcionen simultáneamente  $D_1$ , y  $D_2$ . Es importante notar que, en este tipo de circuito, la corriente que circula por cada elemento conectado en serie es la misma.



**Conexión de dispositivos en serie**

Es posible modificar la conexión básica de: fuente, dispositivo  $D_1$  e interruptor, conectando a  $D_1$  otro dispositivo “en paralelo”. En este caso, la corriente que pasa por la fuente y el interruptor se bifurca por cada uno de los dispositivos y, por lo general, por cada uno circula una corriente distinta, dependiendo el valor de sus resistencias eléctricas. El dispositivo que tiene menor resistencia permite el paso de mayor corriente.

Es importante notar que la condición básica que se cumple es que la suma de las corrientes por cada dispositivo es igual a la corriente que produce la batería. Esta condición es una manifestación del principio de conservación de la



**Conexión de dispositivos en paralelo**

carga eléctrica.

Es notable que la mayoría de los artefactos de uso cotidiano estén conectados en un circuito eléctrico. Estos artefactos son tan variados que incluyen desde los timbres en las puertas de entrada, pasando por lavarropas y computadoras. Es importante no perder de vista que, en el interior de cada artefacto, hay un conjunto o conjuntos de circuitos eléctricos que, integrados en distintos niveles, forman al artefacto en su totalidad.

La denominación de la disposición de elementos en serie y en paralelo no es privativa de un circuito eléctrico; es más amplia. Por ejemplo, dos tareas se efectúan *en serie* cuando tienen lugar una después de la otra. Este tipo de tareas es fácilmente observable en una cadena de producción y nos evoca la

Para cada uno de estos circuitos internos valen las generalidades esbozadas, aunque en muchos casos las conexiones no son puramente en serie o en paralelo, y requieren de variantes más o menos complejas.

imagen de una cinta transportadora (recordamos a “Carlitos” Chaplin en la película *Tiempos modernos*) llevando una parte de un objeto para que se sume a otra en un proceso de fabricación de algo más complejo<sup>34</sup>.

<sup>34</sup> Lucchini, C., Ferrante, J. y Mínguez, R. (2001) *Los procesos de estructuración capitalista*. Biblos. Buenos Aires.

En cambio, cuando las tareas se realizan simultáneamente, se dice que se realizan *en paralelo*. Éste es el caso de ciertas computadoras desarrolladas recientemente, que cuentan con muchos procesadores que operan en paralelo sobre un conjunto de datos<sup>35</sup>.

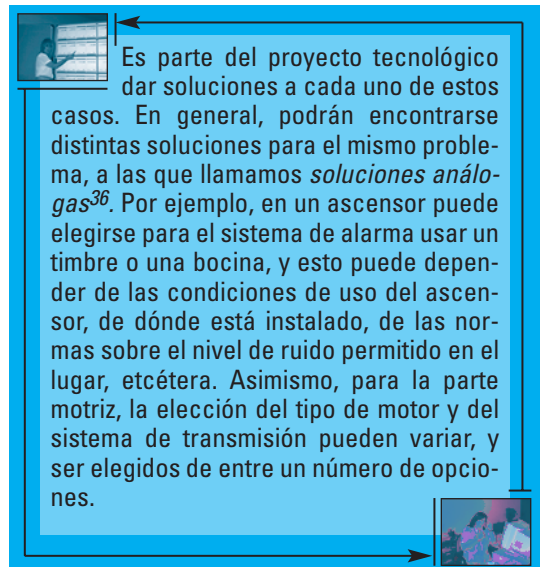
## Los circuitos eléctricos en un ascensor

Si consideramos un ascensor, podemos distinguir en él un cierto número de circuitos eléctricos asociados a sus diferentes partes y funciones:

- El sistema motriz necesita del motor; y, éste, estar inserto en un circuito. La fuente de alimentación es la red domiciliaria, que provee la tensión adecuada. Cuando un usuario requiere el uso del ascensor, usa una botonera que maneja los interruptores que hacen arrancar (o detener) el motor.
- El sistema de confort de la cabina puede constar de luces interiores y ventilación forzada por un ventilador o un acondicionador de aire. Éstos necesitan de sus propios circuitos que permitan la posibilidad de mantenerlos encendidos, apagados o en funcionamiento sólo durante lapsos programados y en independencia de la parte motriz.
- El sistema de seguridad incorpora una alarma, que es un timbre o una bocina, que el usuario puede accionar en caso de emergencia. Esta alarma puede estar integrada a un circuito de alimentación

independiente de los anteriores. Las luces de emergencia, que funcionan automáticamente en caso de un corte del suministro de energía eléctrica, pueden estar conectadas a un sistema autónomo de potencia, alimentado por baterías.

La complejidad de cada circuito depende de la función que cumpla. Si bien la alarma puede funcionar en un circuito básico –colocando como dispositivo un timbre y como interruptor un botón pulsador–, notamos que el sistema de arranque y parada del motor requiere de un circuito más complicado. Por cierto, el motor tiene que poder invertir su movimiento, puesto que, obviamente, el ascensor tiene que poder subir y bajar, y este aspecto tiene que considerarse en el diseño del circuito y de las llaves de comando. Finalmente, el diseño del circuito tiene que responder a una “lógica de utilización” del ascensor, como veremos más adelante.













Es parte del proyecto tecnológico dar soluciones a cada uno de estos casos. En general, podrán encontrarse distintas soluciones para el mismo problema, a las que llamamos *soluciones análogas*<sup>36</sup>. Por ejemplo, en un ascensor puede elegirse para el sistema de alarma usar un timbre o una bocina, y esto puede depender de las condiciones de uso del ascensor, de dónde está instalado, de las normas sobre el nivel de ruido permitido en el lugar, etcétera. Asimismo, para la parte motriz, la elección del tipo de motor y del sistema de transmisión pueden variar, y ser elegidos de entre un número de opciones.

<sup>35</sup>Buch, T. (2001) *Sistemas tecnológicos*. Aique. Buenos Aires.

<sup>36</sup>Buch, T. (2001) *El tecnoscopio*. Aique. Buenos Aires.

## Diseño y simulación de circuitos eléctricos

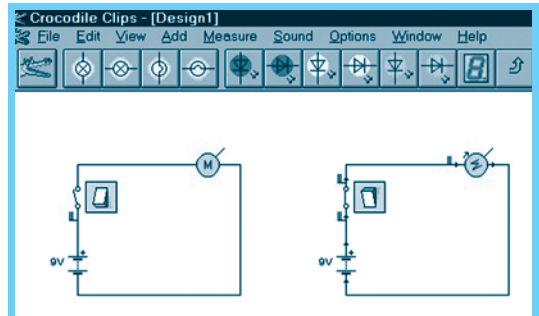
Un punto de partida para el diseño de un circuito eléctrico suele ser un esbozo en papel de la disposición de los elementos a incluir. Es usual seguir normas de diagramación simbólica, para facilitar la comunicación de la idea que se pretende cristalizar.

Símbolos de elementos eléctricos e instrumentos de medición	
Elemento	Símbolo
Fuente de CC	
Fuente de CA	
Resistor	
Capacitor	
Inductor	
Interruptor	
Diodo	
Motor	
Amperímetro	
Voltímetro	

La finalidad del diseño gráfico es la de contribuir a la visualización previa del circuito. La representación gráfica es en dos dimensiones, aunque el circuito que se representa queda materializado, generalmente, en una disposición tridimensional de los elementos.

Por otra parte, el diagrama del circuito permite un análisis preliminar para tratar de hacer previsible su funcionamiento. Para este propósito, es necesario el conocimiento de las características y comportamiento de cada elemento, junto a las reglas de resolución de circuitos.

Actualmente, existen programas informáticos que facilitan el diseño de circuitos<sup>37</sup>. Por ejemplo, el siguiente circuito comanda el movimiento de un motor, usando una llave para cerrar el circuito alimentado por una batería.



**Salida gráfica de un programa de simulación de circuitos eléctricos; a la izquierda, el circuito; a la derecha, simulación del funcionamiento**

Los programas de diseño también permiten una simulación del comportamiento de un circuito. Para esto, el programa resuelve numéricamente el circuito, calculando los valores de corrientes y tensiones de acuerdo con los elementos presentes y con los “pará-

<sup>37</sup> Como ejemplo de la salida gráfica de uno de estos programas, hemos usado el software educativo *Crocodile Clips 3.2* de la empresa *Crocodile® Clips Ltd.*: [www.crocodile-clips.com/education/](http://www.crocodile-clips.com/education/)

metros de entrada” elegidos (por ejemplo, tensión de alimentación, características de los elementos). La respuesta del cálculo se presenta en tiempo real y, en algunos casos, los funcionamientos deficientes o peligrosos son anticipados. De esta manera, el simulador facilita la etapa de diseño y la exploración de variantes, a menor tiempo y menor costo que si tuviese que hacerse cada vez un circuito real. De todas maneras, debe tenerse en cuenta que la solución numérica del circuito tiene que tomarse como indicativa; recién cuando se construya el circuito real se observará el funcionamiento definitivo.

## Lógica y circuitos ≠ Aceite y vinagre

La lógica es la ciencia del razonamiento, el pensamiento y la inferencia<sup>38</sup>. Empleamos lógica casi todo el tiempo; por ejemplo, cuando establecemos una cadena de razonamiento. A través de ella también argumentamos y tomamos decisiones. Decimos: “Vamos a ir a la cancha si nuestro equipo juega de local y si ese día no llueve”. En este esquema, está supuesto que la decisión de ir a la cancha depende de dos factores: localía y estado del tiempo, y sólo en caso de que ambas se den, vamos a ir.

**Previsión del funcionamiento de un circuito. En este caso, el diodo led y la llave se queman, puesto que la corriente que pasa por ellos es mayor que la máxima que aceptan para su funcionamiento correcto. A la derecha, la solución que resuelve el problema: se conecta una resistencia limitadora en serie con el diodo; el diodo emite luz, indicando que el motor está en movimiento.**

En la tecnología, el término *lógica* se usa de una manera algo distinta. Por ejemplo, en electrónica, recurrimos a la lógica cuando tenemos que disponer elementos electrónicos en un aparato electrónico para realizar una tarea específica. En este caso, con el término *lógica* nos referimos a un sistema o conjunto de principios que gobierna la disposición de tales elementos.

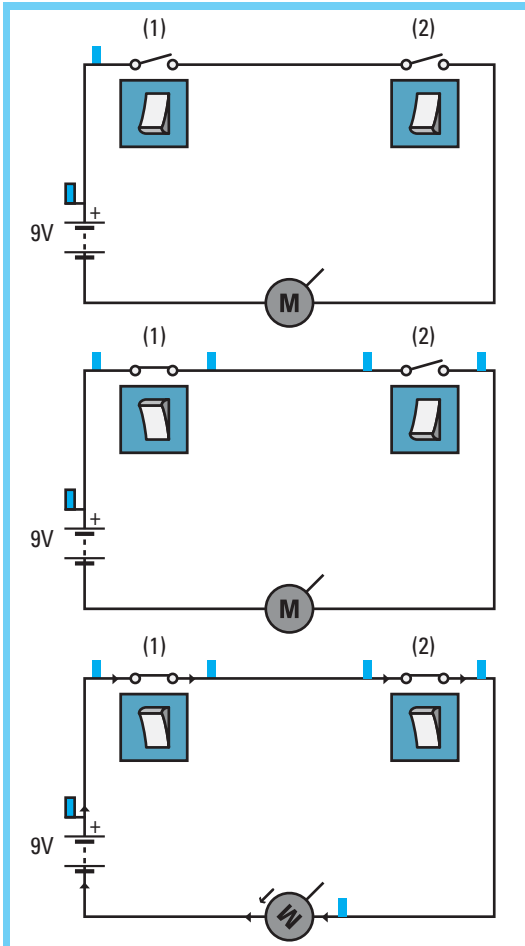
A un nivel más elemental, un circuito eléctrico sirve para ilustrar razonamientos lógicos que predicen un resultado cuando se satisfacen las condiciones adecuadas.

Ya hemos visto que, en un circuito simple, un dispositivo funciona sólo si el interruptor está cerrado, para establecer la condición de circuito cerrado.

Observemos el circuito de la próxima figura. Hay dos llaves en serie y, para establecer la continuidad del circuito, ambas deben estar cerradas. Decimos: El motor va a rotar si la llave 1 está cerrada “y” también si está cerra-

<sup>38</sup> Diccionario de la Real Academia Española.

da la llave 2. Es decir, dos condiciones deben cumplirse para lograr el resultado de poner en marcha el motor.

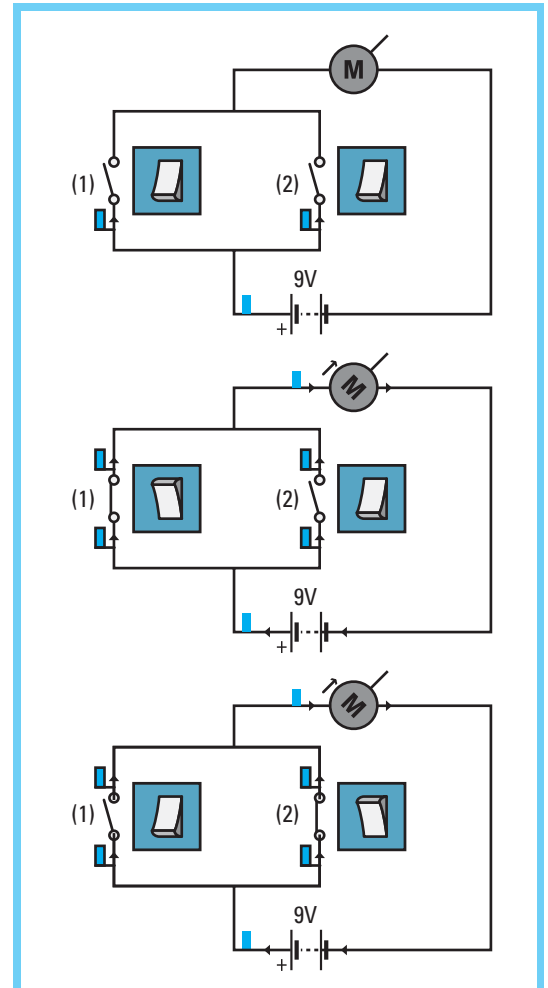


**Lógica y circuitos; compuerta AND**

Esta disposición de llaves es prototípica de un sistema lógico que necesita de dos condiciones que deben cumplirse simultáneamente. El sistema de dos interruptores en serie configura lo que se conoce como una compuerta AND (en inglés “and” significa “y”), que deja pasar corriente únicamente cuando los dos interruptores verifican la condición de estar cerrados.

Los interruptores pueden estar en paralelo. Para que la corriente circule, se necesita que se cumpla la condición de que uno de los dos esté cerrado. En este caso, el motor arranca si el interruptor 1 está cerrado o si el interruptor 2 lo está.

Esta disposición de interruptores forma una compuerta OR (“or” significa “o”) y funciona con una lógica diferente de la lógica de la compuerta AND.



**Lógica y circuitos; compuerta OR**

## Un poco de distracción, lógicamente

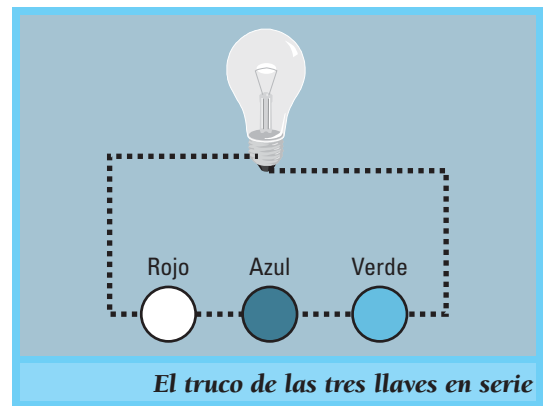
Ahora, para potenciar el espíritu lúdico que acompaña a nuestro proyecto, vale la pena mencionar el siguiente juego, comentado por Martin Gardner<sup>39</sup> en la sección “The Physics trick of the month” de la revista *The Physics Teacher*<sup>40</sup>. El juego utiliza un circuito con llaves, una lámpara y el inteligente uso de lógica AND, que puede convertirse en un rompecabezas aún para el más astuto de los profesores de física o tecnología.

El juego consiste en un tablero sobre el que se ven una lámpara y tres pulsadores. Estos pulsadores (pulsadores sin retención) están conectados en serie, por detrás del panel. La lámpara enciende si el botón rojo está ON “y” el azul ON “y” el verde ON (doble condición AND).

Iniciamos “el truco” con los botones azul y verde en posición ON, y mostrando al público (otros docentes y alumnos) que la lámpara enciende si el botón rojo está ON. Apagamos la lámpara poniendo al botón rojo en OFF y, luego, mostramos que los restantes botones no tienen efecto sobre la lámpara. Enfatizamos esto pulsando un cierto número impar de veces a cualquiera de los botones (supongamos, el azul) de modo que, tras la demostración, este botón quede en la posición OFF. La pregunta a hacer es: “¿Cuál es el

botón que enciende la lámpara?”. La respuesta “más lógica” es “El rojo”. Pero, al pulsarlo, la lámpara no enciende; sólo ocurre esto cuando el botón azul es el que se presiona, puesto que pasa a ON y cierra el circuito.

Lo mismo puede hacerse, confundiendo más al público, si se deja al botón rojo ON, se presiona al azul un número par de veces (queda ON) y, al verde, un número impar para dejarlo OFF, con lo cual pasa a ser el botón verde el que prenderá la lámpara cuando cierre el circuito. Por supuesto que otras combinaciones también están permitidas<sup>41</sup>.



## Puertas de ascensores y computas AND

Las ideas precedentes sobre lógica quedan interpenetradas cuando se trata de resolver una disyuntiva usando elementos electrónicos o circuitos. Esta interrelación nos permite diseñar circuitos bastante simples que

<sup>39</sup> Gardner es un afamado autor y divulgador de temas científicos. Entre sus libros de divulgación está: Gardner, M. (1982) *Nuevos pasatiempos matemáticos*. Alianza. Madrid.

<sup>40</sup> Gardner, M. (1999) “Three switches puzzle”. *Phys. Teach.* (37), 88. La revista *The Physics Teacher* publica notas y artículos sobre problemas y experimentos de Física, de lectura accesible para docentes y alumnos de escuelas medias y de los primeros años de la universidad: [www.aapt.org/tpt](http://www.aapt.org/tpt)

<sup>41</sup> Este juego es, en cierta manera, la “versión eléctrica” del juego de apuestas callejero de la bolita que pasa de vaso en vaso, en el que el apostador tiene que adivinar dónde queda, luego de los rápidos movimientos de manos que hace el prestidigitador.

resuelvan “problemas de lógica” en casos concretos.

Retomemos nuestro ascensor. Por razones de seguridad, tanto la puerta de la cabina como la puerta de cada piso tienen que estar cerradas antes de que el ascensor se ponga en funcionamiento; es usual que esta norma se cumpla en forma transparente para el usuario. En este caso, el usuario sólo tendría que ocuparse de cerrar las puertas para garantizar su seguridad, y el motor no arrancaría en caso contrario.

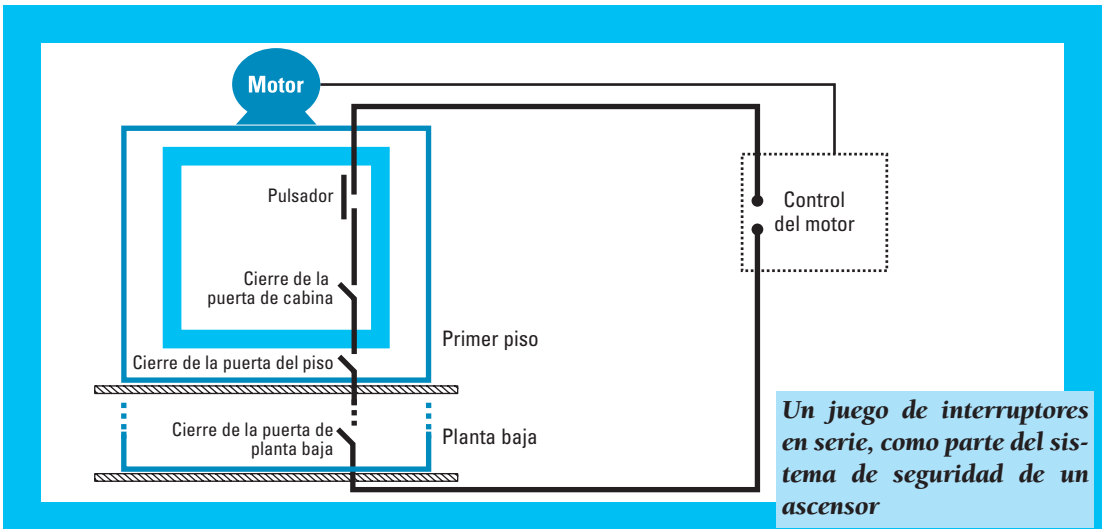
Lo invitamos a analizar un esquema elemental de conexiones de un motor a un sistema de control, con tres interruptores en serie. Supongamos que el primer interruptor es el pulsador que el usuario acciona desde la cabina para iniciar la marcha del motor. El motor inicia la marcha sólo si los otros dos interruptores también están cerrados. Los tres interruptores representan la cadena de razonamiento “El motor arranca si  $I_1$  y  $I_2$  y  $I_3$  están cerrados”. El circuito analizado cumple

el rol de una compuerta doble AND.

Nos damos cuenta que los interruptores  $I_2$  e  $I_3$  necesitan estar necesariamente vinculados a las puertas. Una manera sencilla de lograr esto consiste en que, con el cierre de cada puerta, se cierre cada interruptor. Esto se puede lograr localizando interruptores en los marcos de las puertas.

En el caso más general, es conveniente que un ascensor arranque cuando todas las puertas del sistema estén cerradas. Por ejemplo, el pasajero podría cerrar la puerta del piso donde se encuentre y la de la cabina; pero, la puerta de la planta baja podría estar abierta. En este caso, se recurre a un cuarto interruptor (en la puerta de planta baja), conectado en serie con los demás.

En este sentido es que dijimos que el funcionamiento del sistema de seguridad (al menos, en este caso) resulta transparente para el usuario: en el acto de cerrar las puertas el usuario se autoprotege.





# La historia del ascensor

La finalidad de esta última sección es la de ofrecerle una revisión histórica de ciertos aspectos de interés relacionados con los ascensores. También nos servirá para considerar alternativas para la elección del sistema motor de nuestro equipo a construir.

Siguiendo a distintos historiadores, podemos ver que no hay acuerdo unánime sobre quién inventó el ascensor. Se dice que Arquímedes construyó, hacia 320 a. C., el primer elevador con poleas y cuerdas; pero, la invención también se atribuye a Leonardo da Vinci en el siglo XVI. De cualquier manera, la idea general de elevar personas y cargas se remonta a tiempos antiguos. Las primitivas grúas accionadas con energía humana o animal o con norias de agua ya se usaban en el siglo III a. C., y fueron precursoras de los ascensores. En una versión de éstas se usaba una cuerda escalonada tirada por un burro. Mumford<sup>42</sup> considera que el ascensor es un producto tecnológico que surge alrededor de 1600 en las minas, al igual que la escalera mecánica.


Quizás sí haya acuerdo en que el ascensor moderno es un producto del siglo XIX. En esa época, la mayoría estaba accionada por una máquina de vapor o por un sistema hidráulico. La máquina de vapor introduce una nueva forma de intercambiar energía y origina el comienzo de la revolución industrial. Los ascensores con sistema hidráulico tenían una cabina montada sobre un émbolo de acero hueco que caía en un tubo o perforación cilíndrica en el piso. Se usaba agua a

presión dentro del cilindro para empujar el pistón y, con él, la cabina. Cuando se relajaba la presión, la cabina caía y su movimiento era controlado mediante un sistema de palancas que fue perfeccionándose con el paso del tiempo.

En los primeros ascensores de tracción, las cuerdas de elevación de la cabina pasaban sobre una polea y terminaban en un contrapeso. La tensión de la cuerda producida por los pesos de la cabina y del contrapeso, fuerza a la cuerda a apoyarse firmemente sobre la polea; entonces, el rozamiento producido es suficiente para arrastrar a la cuerda durante el giro de la polea, y levantar o bajar la cabina.

En 1880, el inventor alemán Werner von Siemens introdujo el motor eléctrico en la construcción de ascensores. En su invento, la cabina sostenía el motor y subía por el hueco mediante engranajes de piñones giratorios que se vinculaban a soportes dentados en los lados del hueco.


En 1887, se construyó un ascensor que funcionaba con un motor eléctrico externo que hacía girar una polea o tambor en el que se



De las versiones de ascensores, elegimos para nuestro proyecto:

- el uso de una cuerda que se enrolla sobre un eje giratorio y
- el uso de un contrapeso al final del cable de tracción que apoya sobre una polea.

Ambas posibilidades han mostrado dar resultados satisfactorios. La primera es más simple y directa, y no ofrece dificultades para la realización. La elección de la segunda posibilidad implica el uso de un cable de elasticidad y dureza adecuadas, y un ajuste más fino de su longitud.



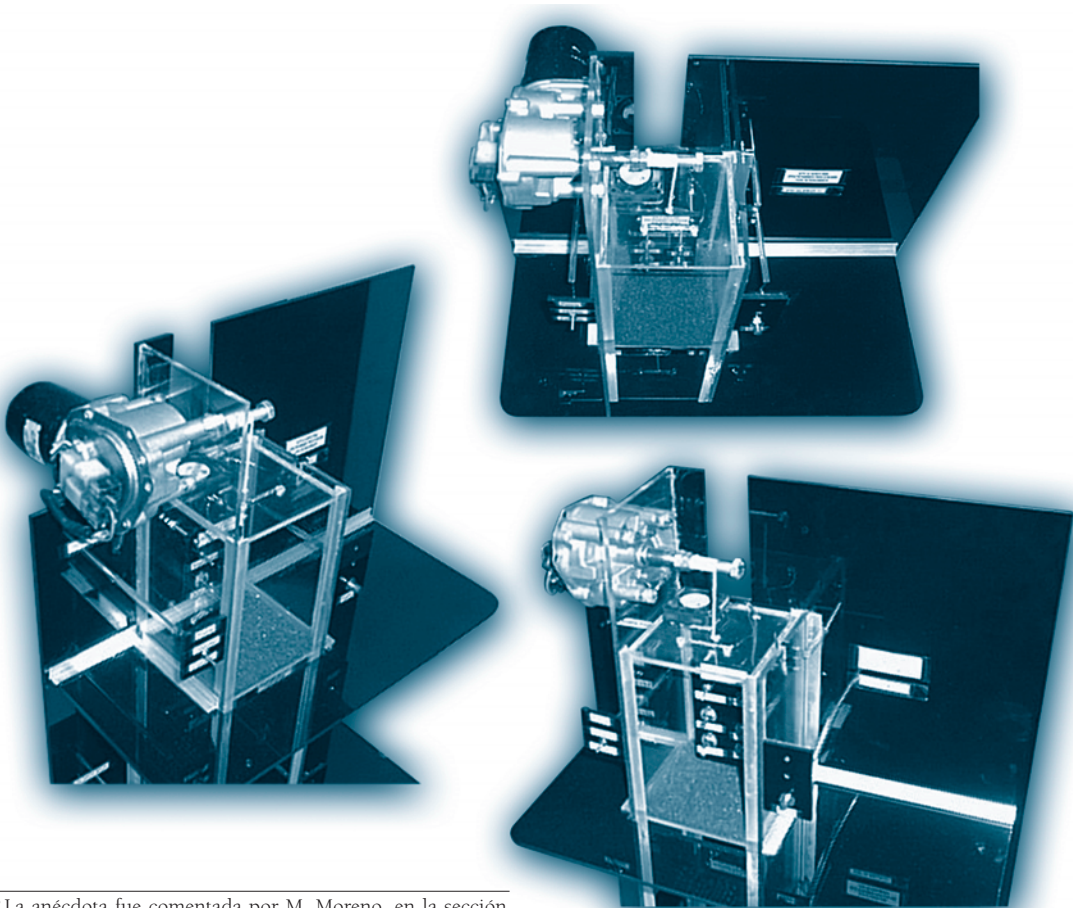
<sup>42</sup>Mumford, L. (1994) *Técnica y civilización*. Alianza Universidad. Madrid.

enrollaba la cuerda de izado.

En la actualidad, podemos encontrar ascensores accionados con motor o mediante un sistema hidráulico.

Sobre la seguridad de los ascensores, queremos comentar una anécdota que involucra a Borges<sup>43</sup>. Cierta vez le propusieron tomar un ascensor y respondió: “No, mejor vayamos por la escalera, que está más probada”. Sobre la eficacia de la escalera no hay dudas: 7.000 años dan fe de su utilidad. En cuanto al

ascensor, la experiencia es más reducida; pero, podemos considerarla exitosa, a la par de eficaz para sus propósitos. La adopción del ascensor como medio de transporte seguro surge luego de que el inventor estadounidense E. Otis propusiera, en 1853, un sistema que impedía que la cabina cayera en caso que el cable de tracción se cortara. Se dice que fue el mismo Otis quien se subió a la cabina y pidió que cortaran el cable. El corte del cable hizo funcionar un sistema auxiliar que dejó trabada a la cabina en el hueco del ascensor, evitando la caída.



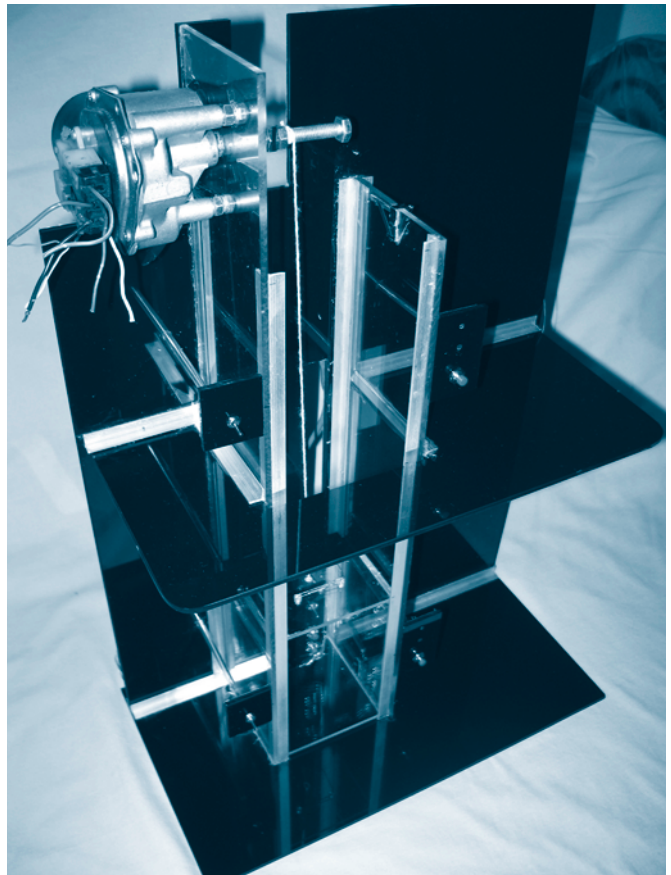
<sup>43</sup>La anécdota fue comentada por M. Moreno, en la sección “Disparador” del diario *Clarín*, el 17 de abril de 2005.

# 3 HACIA UNA RESOLUCIÓN TÉCNICA

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

### El producto

- El producto representa un ascensor de un edificio de dos plantas. El equipo tiene dimensiones de 0,60 m x 0,40 m x 0,20 m y pesa, aproximadamente, 5 kg. La estructura es robusta y permite el traslado de todas sus partes, simultáneamente.
- La cabina está accionada por un motor ubicado en la parte superior, que la tracciona mediante un hilo. El motor es uno de corriente continua y está alimentado con una fuente de 12 V. En régimen estable, la corriente de funcionamiento no supera 1,5 A. El uso de una fuente de corriente continua es una ventaja para demostraciones del producto en el espacio del aula o fuera de ella.
- El dispositivo permite el ascenso y descenso a una velocidad media de 0,03 m/s. Esta velocidad es casi indistinta, cuando la cabina está descargada o cuando la carga duplica el peso de la cabina vacía.
- El sistema de control permite llamar al ascensor desde ambos pisos o moverlo con los comandos de la cabina. Un conjunto de interruptores (de cabina, de



pasillo) maneja un sistema de tres relés. Los relés se encargan de invertir el sentido de la corriente por el motor y, así, se selecciona el sentido de avance del ascensor. Cada final de recorrido está determinado por sendos interruptores que cortan la corriente al motor.

- La cabina contiene elementos de confort –luz y ventilación–, manejados desde su interior. También incluye una alarma –a la que un hipotético pasajero podría recurrir en caso de emergencia– y un interruptor de parada del ascensor –en caso de observarse desde la cabina un funcionamiento indebido, o para una parada general por mantenimiento correctivo o preventivo–.
- Como parte del sistema de seguridad, dos interruptores simulan el estado de las puertas de los rellanos de cada piso.
- El equipo tiene interruptores de corte de energía en cada subsistema eléctrico y uno de corte general.
- El equipo permite futuras modificaciones y, desde luego, mejoras.

- a. 15 piezas de acrílico (8 de color y 7 transparentes), de las cuales:
  - 5 piezas corresponden a los paneles que definen la estructura: pared del edificio, pisos, hueco del ascensor;
  - 5 piezas sirven para construir la cabina;
  - 5 piezas representan los tableros de control de pisos y cabina.

Estas piezas van pegándose entre sí para formar la estructura integral. Más adelante, describimos las especificaciones de cada pieza y mostramos los planos de aquellas que requieren cortes especiales.

Para la elección de este material balanceamos: su disponibilidad, su facilidad de manejo y el aspecto estético que confiere al producto terminado. Por otra parte, la preparación de algunas piezas del equipo requiere maquinado y esto puede hacerse en el acrílico, sin dificultad.

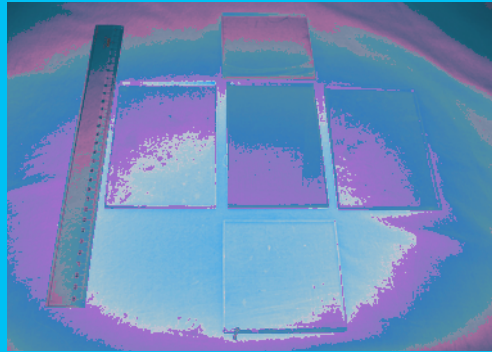
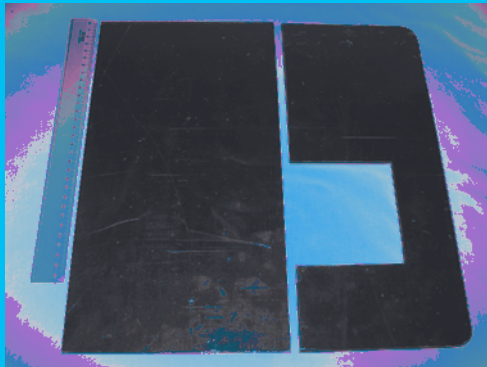
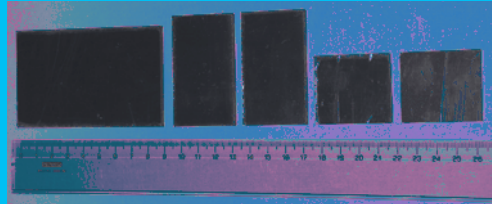
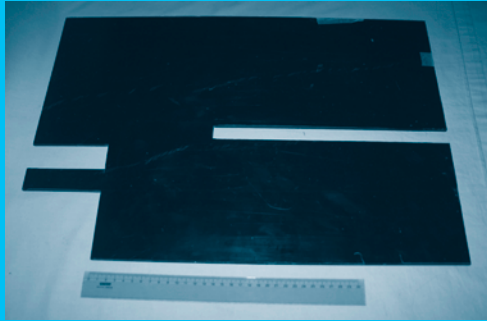
**El ensamble de las piezas requiere concentración y habilidades motoras finas, deseables de generar y de mantener en nuestros alumnos.**

## Los componentes

El equipo se compone de:

- a. piezas de acrílico,
- b. piezas de aluminio,
- c. elementos de circuito o electrónicos.

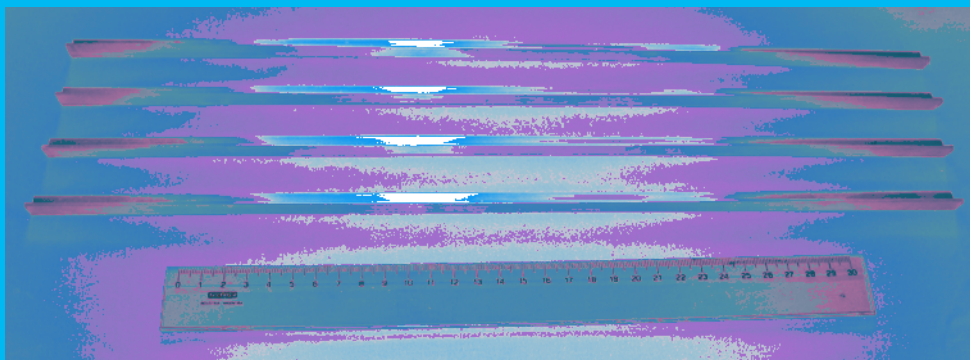
Desde luego, es parte de este proyecto tecnológico buscar alternativas para la construcción de un símil del prototipo aquí presentado. Otros materiales que pueden considerarse son: madera dura, latón, aluminio, ladrillos, entre otros.



***Paneles***

- b. 9 piezas de aluminio, de las cuales 4 forman la guía de la cabina en el hueco del ascensor y 5 sirven para reforzar la estructura.

***Guías de aluminio***

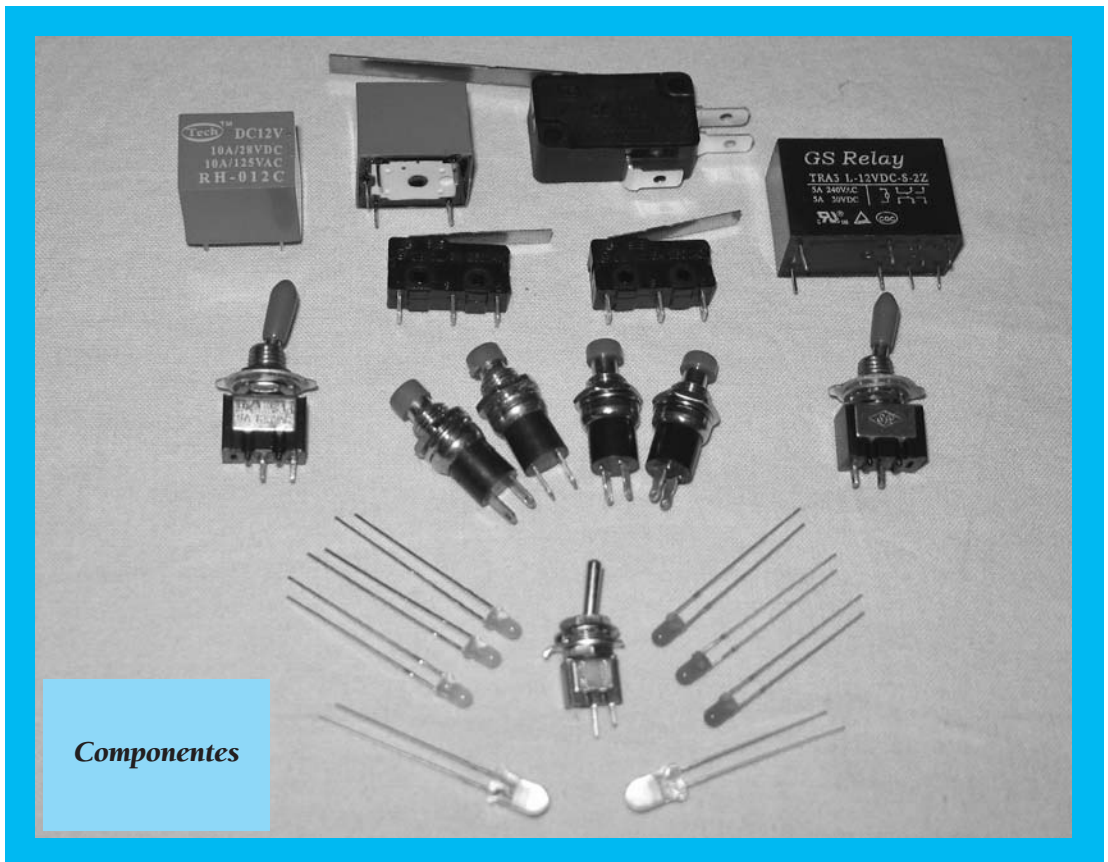


c. 27 elementos de circuito o electrónicos:

- 1 motor de corriente continua,
- 1 fuente de tensión continua,
- 2 relés,
- 4 pulsadores,
- 7 interruptores de un punto,
- 3 interruptores de palanca,
- 5 diodos led,
- 1 resistor,
- 1 zumbador,
- 1 ventilador.

Estos elementos quedan integrados a la estructura del edificio y de la cabina. En conjunto, determinan el circuito de alimentación y control del motor. Algunos de ellos (zumbador, ventilador) simulan el sistema de confort de la cabina. Una única fuente de tensión alimenta a todo el sistema eléctrico.

Hemos elegido componentes electrónicos y elementos de circuitos de características universales. Esto facilita la compra y la sustitución en caso de necesidad (adaptación del producto, extensión, modificaciones, mantenimiento). Su obtención no ofrece mayor dificultad en comercios especializados. Los precios son accesibles para un proyecto escolar.



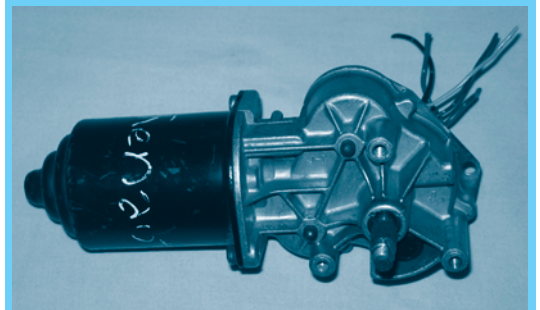
Es recomendable una revisión del funcionamiento de cada uno de los componentes eléctricos, previamente al armado de los circuitos.

Este control de calidad de los componentes es necesario antes de conectarlos definitivamente y fijarlos a la estructura.

Esta práctica contribuye, también, a que los alumnos evalúen las características de los componentes.

El motor es, quizás, el único elemento adaptado a la necesidad del producto. En nuestro equipo hemos usado un motor de corriente continua de un limpiaparabrisas delantero de un automóvil marca *Renault*®. Éste es un

buen ejemplo de adaptación tecnológica de un producto diseñado para otro uso: El uso del motor retiene el concepto de éste como elemento impulsor, pero no la especificidad para la que ha sido construido.



**Motor**

El ventilador usado (no mostrado en la fotografía) es uno de computadora. En este caso, la especificidad está mantenida, pues sirve para airear el ambiente de la cabina del ascensor; no obstante, en la computadora pertenece al “sistema de seguridad”, puesto que evita un calentamiento excesivo de circuitos integrados, y aquí forma parte de un “sistema de confort”.

**Relaciones**

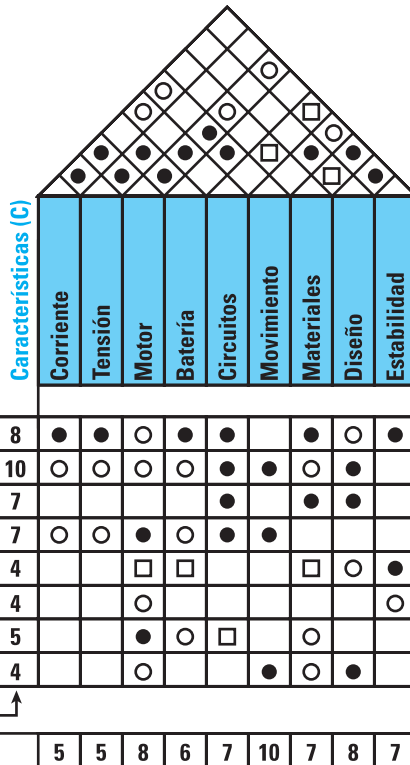
- fuerte
- media
- débil

**Atributos (A)**

		Corriente	Tensión	Motor	Batería	Circuitos	Movimiento	Materiales	Diseño	Estabilidad
<b>Sólo para escuelas</b>	8	●	●	○	●	●		●	○	●
<b>Uso didáctico</b>	10	○	○	○	○	●	●	○	●	
<b>Fácil de construir</b>	7					●		●	●	
<b>Fácil de controlar</b>	7	○	○	●	○	●	●			
<b>Fácil de transportar</b>	4			□	□			□	○	●
<b>No muy grande</b>	4			○						○
<b>No muy caro</b>	5			●	○	□		○		
<b>Apariencia atractiva</b>	4			○			●	○	●	

**Importancia de (A)** →

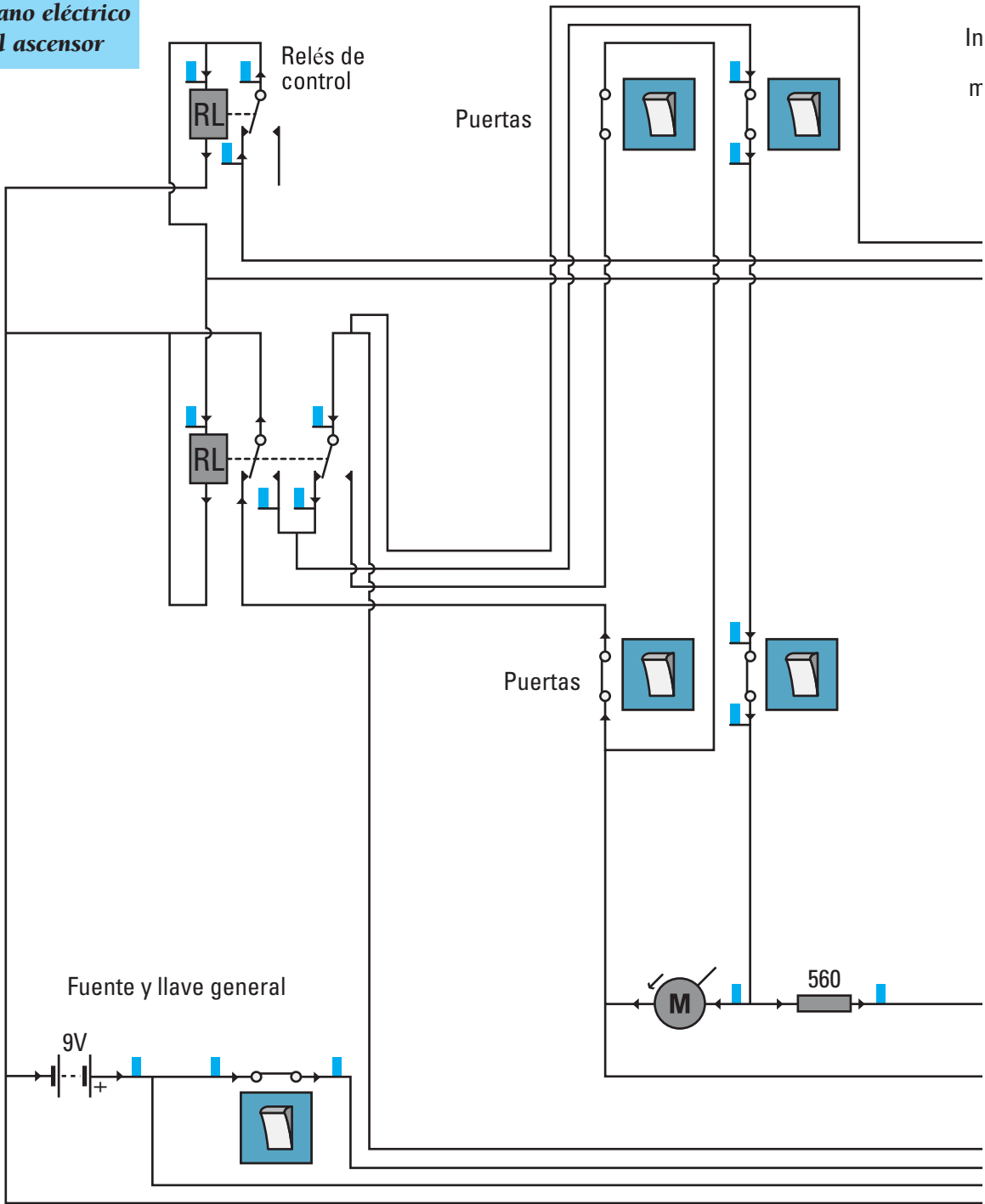
← **Importancia de (C)**



**Casita de cualidades del producto<sup>44</sup>**

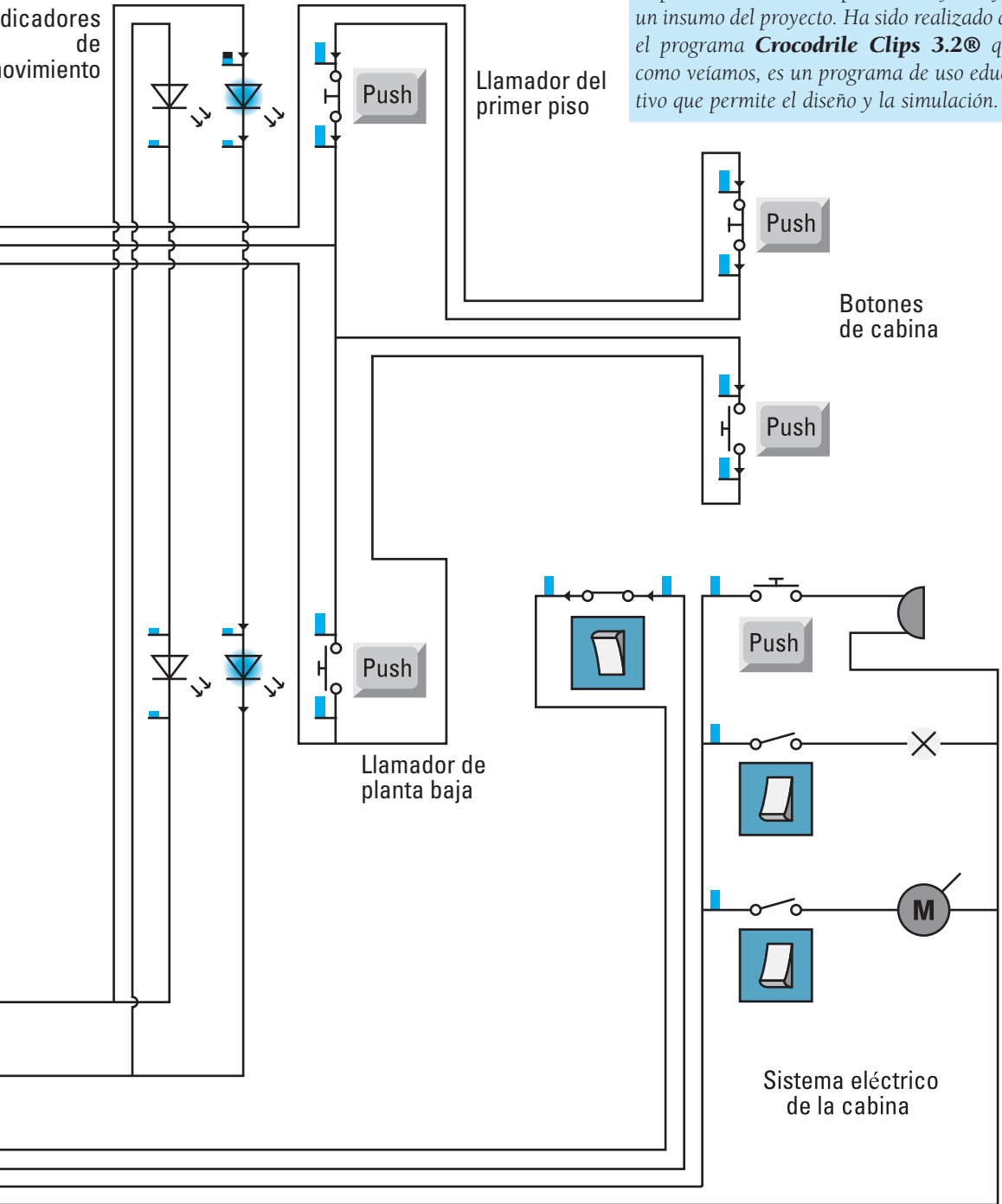
<sup>44</sup> El concepto está en: Cross, N. (2000; 3<sup>rd</sup> edition) *Engineering design methods: strategies for product design*. John Wiley & Sons Ltd. West Sussex.

**Plano eléctrico  
del ascensor**





Indicadores de movimiento

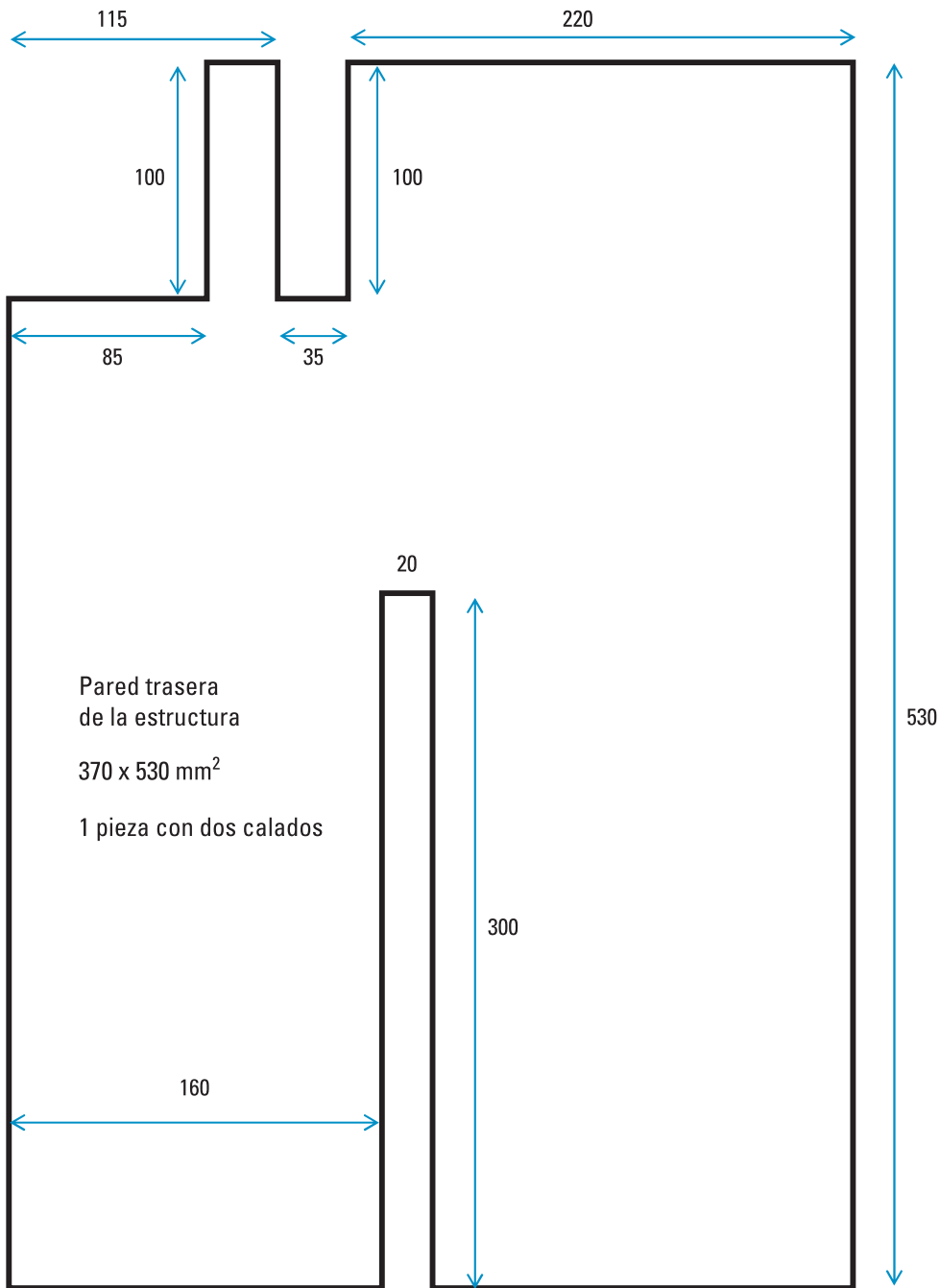


El plano del circuito se presenta adjunto y es un insumo del proyecto. Ha sido realizado con el programa **Crocodile Clips 3.2®** que, como veíamos, es un programa de uso educativo que permite el diseño y la simulación.

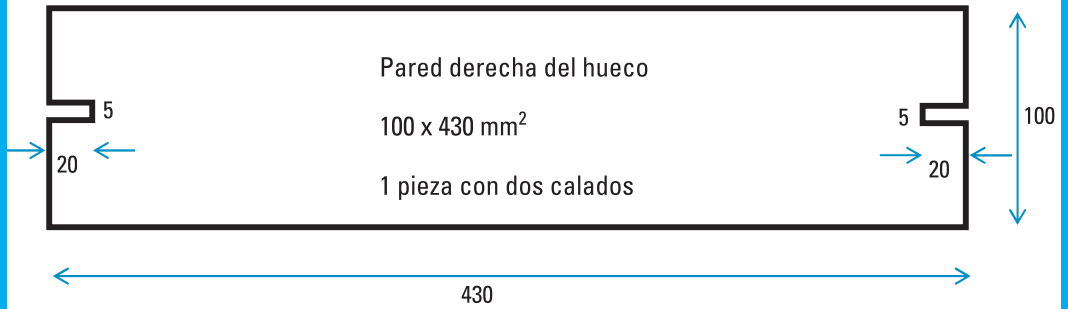
# Los materiales, herramientas e instrumentos

Materiales que se necesitan			
Nombre	Especificaciones	Cantidad	Uso
E1	Acrílico de color, 530 x 370 mm <sup>2</sup> (Plano P-E1)	1 pieza	Pared trasera de la estructura
H1	Acrílico transparente, 100 x 53 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Pared izquierda del hueco
H2	Acrílico transparente, 100 x 430 mm <sup>2</sup> , con dos calados (Plano P-H2)	1 pieza	Pared derecha del hueco
C1	Acrílico transparente, 96 x 140 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Pared lateral de la cabina
C2	Acrílico transparente, 96 x 140 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Pared lateral de la cabina
C3	Acrílico transparente, 88 x 140 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Pared de fondo de la cabina
C4	Acrílico transparente, 96 x 96 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Piso de la cabina
C5	Acrílico transparente, 96 x 96 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Techo de la cabina
P0	Acrílico de color, 200 x 370 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Planta baja
P1	Acrílico de color, 160 x 370 mm <sup>2</sup> , con un calado (Plano P-P1)	1 pieza	Primer piso
T1	Acrílico de color, 60 x 35 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Tablero derecho de planta baja
T2	Acrílico de color, 40 x 35 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Tablero izquierdo de planta baja
T3	Acrílico de color, 60 x 35 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Tablero derecho del primer piso
T4	Acrílico de color, 40 x 35 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Tablero izquierdo del primer piso
T5	Acrílico de color, 90 x 55 mm <sup>2</sup>	1 pieza	Tablero de la cabina
G1	Ángulo de aluminio, 10 mm	0,50 m	Guía vertical
G2	Ángulo de aluminio, 10 mm	0,50 m	Guía vertical
G3	Ángulo de aluminio, 10 mm	0,50 m	Guía vertical
G4	Ángulo de aluminio, 10 mm	0,50 m	Guía vertical
A1	Ángulo de aluminio, 10 mm	0,40 m	Refuerzo de estructura
A2	Ángulo de aluminio, 10 mm	0,20 m	Refuerzo de estructura
A3	Ángulo de aluminio, 10 mm	0,20 m	Refuerzo de estructura
A4	Ángulo de aluminio, 10 mm	0,12 m	Refuerzo de estructura
A5	Ángulo de aluminio, 10 mm	0,12 m	Refuerzo de estructura
S1	Interruptor de palanca normal-cerrado	1	Final de recorrido ascendente
S2	Interruptor de palanca normal-cerrado	1	Final de recorrido descendente

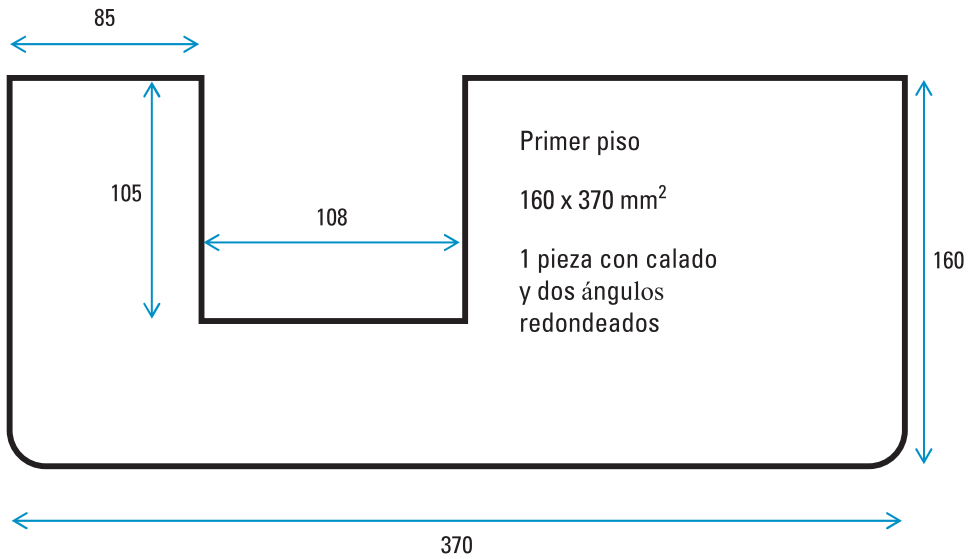
Nombre	Especificaciones	Cantidad	Uso
S3	Interruptor de palanca normal-cerrado	1	Interruptor de seguridad
D1	Diodo verde	1	Indicador de movimiento
D2	Diodo rojo	1	Indicador de movimiento
D3	Diodo verde	1	Indicador de movimiento
D4	Diodo rojo.	1	Indicador de movimiento
D5	Diodo blanco	1	Luz de cabina
R1	580 $\Omega$ (1 W)	1	Limitación de corriente por diodos
I0	Interruptor de un punto	1	Interruptor general
I1	Interruptor de un punto	1	Control de luz de cabina
I2	Pulsador-botón sin retención	1	Control de alarma
I3	Interruptor de un punto	1	Control de ventilador
I4	Interruptor de un punto	1	Parada desde cabina
I5	Interruptor de un punto	1	Simula puerta de planta baja
I6	Interruptor de un punto	1	Simula puerta del primer piso
Y1	Relé doble inversor, 2 A – 12 V	1	Control de sentido de corriente
Y2	Relé, 2 A – 12 V	1	Control de sentido de corriente
L1	Pulsador normal-abierto	1	Llamador de planta baja
L2	Pulsador normal-cerrado	1	Llamador del primer piso
L3	Pulsador normal-cerrado	1	Descenso desde cabina
L4	Pulsador normal-abierto	1	Ascenso desde cabina
V1	Ventilador	1	Aireación de cabina
Z1	Zumbador	1	Alarma
M1	Motor: 9-12 V, 1-2 A	1	Movimiento del ascensor
F1	Fuente de 12 V, 2 A	1	Alimentación del sistema eléctrico
H1	Hilo de algodón o similar, $\varnothing$ 2 mm	5 m	Tracción de la cabina
C1	Cinta aislante de plástico o papel	1 rollo	Aislaciones
Alambre de cobre	Esmaltado, 0,30 mm	10 m	Conexiones
Cable	Flexible	1 m	Conexiones
Estaño	Alambre, $\varnothing$ 1 mm	2 m	Soldaduras
Pegamento para acrílico	No tóxico, viscosidad media	50 cm <sup>3</sup>	Pegado de piezas



**Plano P- E1**



**Plano P- H2**



**Plano P- P1**

### Máquinas y herramientas que se necesitan

Nombre	Especificaciones	Cantidad	Uso
Taladro de banco		1	Agujereado del acrílico
Taladro de mano		1	Reemplaza al de banco
Mechas	Para hierro, buen filo	1 juego	Agujereado
Pinza	Punta fija	Varias medidas	Ajuste de tuercas
Destornillador	Punta plana	Varias medidas	Ajuste de tornillos
Trinchete	Buen filo	1	Corte y remoción de pegamento
Tijera	Buen filo	1	Corte de hilos
Alicate	Buen filo	1	Corte de cables
Sierra	Hojas finas	Varias hojas	Corte de flejes de aluminio
Soldador eléctrico	Punta fina	1	Soldadura de contactos
Lápiz de grafito o fibra	Punta fina	1	Trazado

### Instrumentos y accesorios que se necesitan

Nombre	Especificaciones	Cantidad	Uso
Regla	Plástica, 30 cm	1	Medición de longitudes
Escuadra	Angulo de 90°	1	Encuadre de piezas
Cinta métrica	Metálica, 1 m	1	Medición de longitudes
Multímetro	Digital o analógico, que mida tensión, corriente y resistencia	1	Mediciones y control
Plomada	Tamaño acorde a la estructura	1	Nivelación
Lija	Fina, 0000	1 hoja	Remoción del barniz de los alambres de cobre
Mesa	Superficie y altura adecuadas para el armado	1	Disposición de piezas y armado
Tela o mantel	Tela suave	Cantidad suficiente para cubrir la mesa	Cobertura de la mesa, desplazamiento suave de las piezas de acrílico
Lámpara de mesa		1	Iluminación de la mesa de trabajo
Cuaderno	Tapa dura, 80 hojas	1	Bitácora del proyecto

Las máquinas que se necesitan se encuentran, usualmente, en toda escuela secundaria, para las actividades de taller y de tecnología; del mismo modo, las herramientas son del tipo de las que disponemos en la caja de herramientas de una casa. En caso de no contar con estas máquinas y herramientas comunes, este proyecto puede brindar la oportunidad que, en la escuela, se empiece a incorporar un conjunto de herramientas básicas y, a la vez, muy útiles para una gran variedad de trabajos.

Podemos construir la plomada con un plomo de pesca y un hilo fino, y adaptar su tamaño a las dimensiones de la estructura a construir.

En cuanto al multímetro, este instrumento es el “caballito de batalla” del laboratorio de física o electrónica. En caso de no disponer de uno, su compra no representa gran dificultad, en virtud de su disponibilidad en el comercio y de su relativo bajo precio.

## La construcción

La construcción del equipo implica la preparación de los paneles de acrílico; algunos de ellos llevan perforaciones; podemos realizarlas con un taladro de banco o con uno de mano (Los procedimientos recomendados para hacer los orificios están detallados en la siguiente sección de armado). También se requiere cortar manualmente flejes de aluminio, con una precisión de 1 mm.

La habilidad requerida para el armado de los circuitos eléctricos requiere saber soldar alambres de cobre (alambres de conexión) con estaño, sobre superficies pequeñas (patas

de los componentes eléctricos).

Recomendamos atender las normas de seguridad (uso de guantes, gafas) que garanticen el trabajo seguro durante el uso de herramientas de corte o de las máquinas.

## Consideraciones generales sobre el trabajo a realizar

- Todas las piezas de acrílico del equipo tienen que presentar cantos planos, para garantizar un apoyo firme, y un buen encuadre y ensamble para el pegado definitivo; las herramientas de corte que sugerimos, posibilitan estos cantos con muy buena terminación, sin asperezas.
- Podemos encargar el acrílico en casas especializadas que realizan cortes de piezas a medida; en estos negocios también se consiguen placas de acrílico de, aproximadamente, 1 m<sup>2</sup>, de varios espesores y tonos (transparentes y opacos).
- Usualmente, las planchas de acrílico traen adherido un nailon delgado que las protege de la suciedad, y que evita que puedan producirse rayaduras durante el transporte, apilado y manipulación. Sugerimos conservar las piezas de acrílico cubiertas con su nailon. El agujereado de los paneles que necesitan perforaciones puede hacerse sin sacar el nailon, a menos que advirtamos que éste representa una dificultad para el maquinado.
- Realizamos el pegado de las piezas de acrílico mediante un pegamento adecua-

do: siliconas para acrílicos –que vienen en un pomo que se usa con una pistola, para facilitar la distribución– o pegamentos universales (cianocrilatos, adhesivos de un solo componente que curan por la acción de la humedad ambiente); con éstos se logra una excelencia adherencia. En cada uno de los casos, nos ajustamos a las especificaciones del producto, a su modo de uso y a las medidas de seguridad a contemplar.

- La viscosidad de estos pegamentos es lo suficientemente alta (100 veces la del agua) como para facilitar su distribución sobre los cantos de las piezas que van a adherirse. El tiempo de fijación varía de producto a producto y, en términos generales, es del orden de los diez minutos. La resistencia mecánica que se logra es muy alta, del orden de los 100 kg/cm<sup>2</sup> a la tracción, y soportan temperatura de hasta 80 °C en régimen continuo. De cualquier manera, la regla práctica indica que esperemos un tiempo prudencial antes de exigir mecánicamente a las estructuras que vayamos armando, sobre todo a las de mayor envergadura.
- Una vez elegido el pegamento, practicamos el encuadre y el pegado de algunas piezas de muestra. Para esto, prevemos la provisión de piezas extra con las que llevar a cabo esta práctica. En lo posible, también ensayamos con los alumnos:
  - maniobras de acomodamiento de una pieza sobre otra, una vez que está puesto el pegamento,
  - despegado rápido frente a la observación

de deficiencias en el montaje deseado,

- limpieza de las piezas con un trapo húmedo, en caso de derrame del pegamento.
- Para las perforaciones, marcamos con una punta la posición del orificio a hacer. Es recomendable realizar las perforaciones grandes empezando con mechas de menor diámetro que el final deseado. De este modo, los agujeros pequeños sirven de guía para las mechas grandes, lo que da mayor precisión a la maniobra. Por ejemplo, para un agujero de 8 mm de diámetro, tras marcar la ubicación, podemos usar, progresivamente, mechas de 1 mm, 3 mm y 6 mm, hasta llegar a la de 8 mm. Desde luego, las mechas tienen que tener un buen filo. En todos los casos, evitamos que la mecha arranque material.
- Trabajamos en una mesa de tamaño adecuado que nos permita ensamblar la estructura completa. Los accesorios necesarios para el ensamblado (escuadra, regla, pegamentos, esta guía para el armado, planos, etcétera) tienen que tener su lugar en esta mesa o en su entorno, para que su localización durante las maniobras de armado se haga sin dificultad. La mesa puede cubrirse con una tela suave, lo que facilita el desplazamiento de los paneles y minimiza el riesgo de rayaduras.
- Trabajamos en un ambiente bien iluminado, ya sea con luz natural o artificial, bien aireado y de dimensiones adecuadas para el número de alumnos involucrados en la etapa del armado.



# El armado

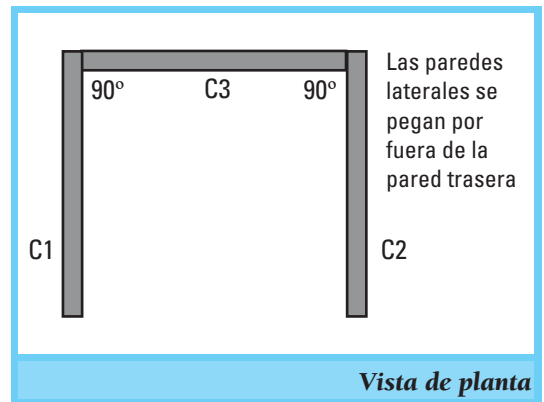
Desarrollamos la tarea en dieciocho pasos.

## Armado del ascensor:

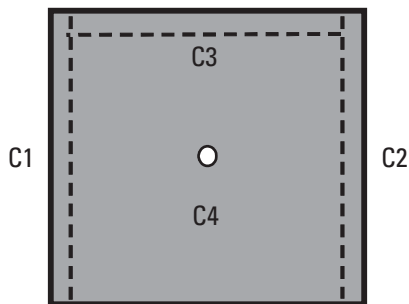
1. Armado de la cabina
2. Inicio del armado del edificio
3. Continuación del armado del hueco; colocación de las guías de aluminio
4. Terminación del hueco; prueba de la colocación de la cabina
5. Colocación de la planta baja
6. Colocación y prueba del motor
7. Preparación e instalación de los interruptores de fin de carrera de la cabina
8. Colocación del primer piso
9. Preparación, armado y colocación de los tableros externos de control
10. Preparación, armado y colocación del tablero de control de la cabina
11. Preparación de conexiones y cableado de los tableros
12. Ubicación de tableros externos y salida de cables
13. Salida y fijación de los cables de la cabina
14. Conexiones intermedias
15. Conexión de los relés
16. Conexión de interruptores principales
17. Conexión del motor
18. Suspensión de la cabina

## Paso 1. Armado de la cabina

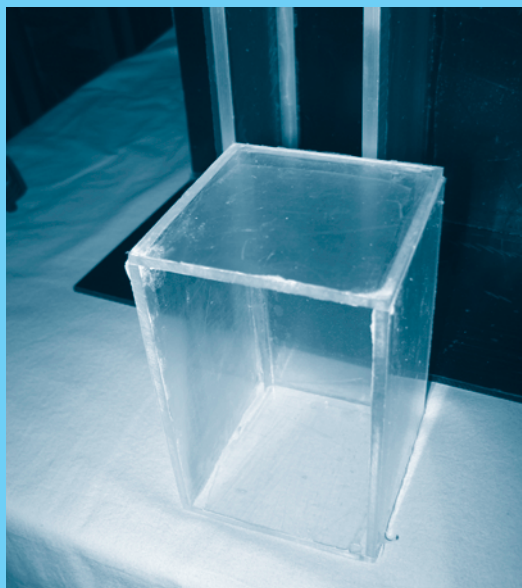
- Pegamos las paredes laterales de la cabina (piezas C1 y C2) a la pared del fondo (C3). Para esto, aplicamos pegamento a los cantos de la pared del fondo y apoyamos las otras dos paredes. Con una escuadra de 90°, aseguramos la perpendicularidad del ensamble. Puede ser de ayuda disponer, sobre la mesa de trabajo, un papel cuadriculado y armar esta parte de la cabina sobre él, de modo que se facilite el encuadre de las piezas.
- Controlamos que la perpendicularidad se mantenga durante el secado.



- Colocamos el piso y el techo de la cabina. Aplicamos pegamento a los cantos inferiores del conjunto de las tres piezas C1, C2 y C3 pegadas, y colocamos el piso C4. Repetimos el procedimiento con los cantos superiores de C1, C2 y C3, y colocamos el techo C5.
- Dejamos secar el pegamento y controlamos la perpendicularidad de las piezas.



**Vista de planta**



**Cabina terminada**

## Paso 2. Inicio del armado del edificio

- Sobre la mesa, colocamos el panel trasero de la estructura (pieza E1).
- Aplicamos una cantidad adecuada de pegamento a uno de los cantos más largos del panel H1 (pared izquierda del hueco).

- Acercamos H1 al panel trasero. Lo alineamos en coincidencia con el borde vertical del calado en el ángulo superior izquierdo de E1. Cuando estamos seguros de la posición del panel H1 sobre el E1, lo apoyamos con cuidado. Con la ayuda de la escuadra de 90°, aseguramos el encuadre final. Los lados inferiores de estos paneles tienen que coincidir. Esto puede lograrse con la ayuda de, por ejemplo, una madera o una placa de acrílico que se apoye sobre las piezas.

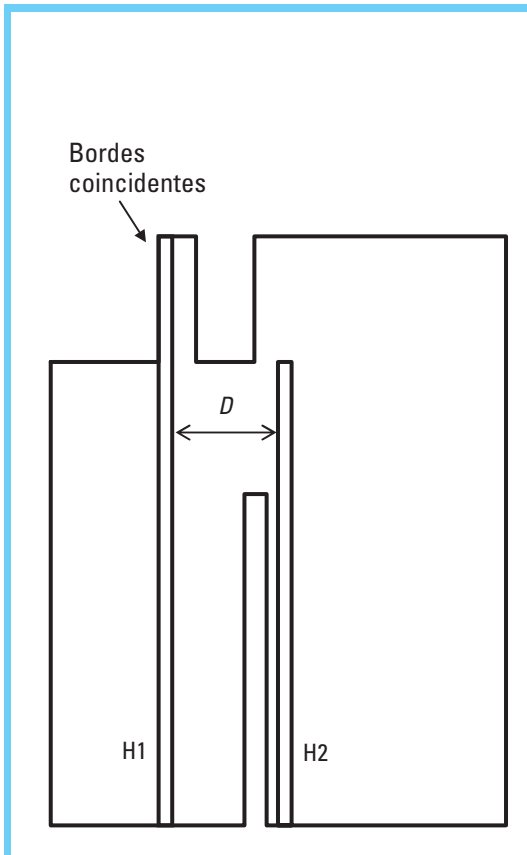
- Presentamos la cabina a la derecha de H1, separada 2 mm. Colocamos la pared derecha del hueco H2 a 2 mm a la derecha de la cabina y marcamos esta posición. Aseguramos el paralelismo entre H2 y H1. Las paredes H1 y H2 quedan separadas por una distancia  $D = 100 \text{ mm}$  ( $D = A + s_1 + s_2$ ; A: ancho de la cabina, 96 mm;  $s_1$ : separación cabina-pared izquierda,  $s_2$ : separación cabina-pared derecha;  $s_1 = s_2 = 2 \text{ mm}$ ).

En su posición, la pared H2 queda 1 cm a la derecha del calado vertical inferior de E1, por donde van a pasar los cables de los circuitos de la cabina.

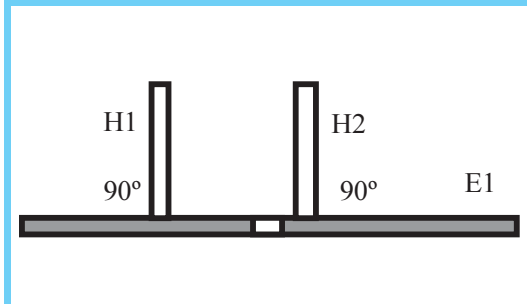
- Aplicamos pegamento a un canto largo de H2 y pegamos sobre E1. Cuidamos que coincidan los extremos inferiores de E1, H1 y H2.
- Controlamos las posiciones de los paneles durante los primeros minutos de secado del pegamento. Si observamos inexactitud en las posiciones o inclinaciones indebidas, retiramos los paneles, los

limpiamos, e intentamos otra vez su encuadre y su pegado.

- Dejamos secar el pegamento.



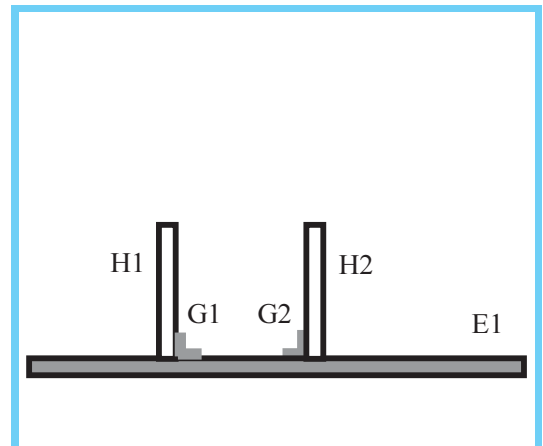
*Vista de frente*



*Vista de planta*

### Paso 3. Continuación del armado del hueco; colocación de las guías de aluminio

- Aplicamos pegamento a las aristas internas formadas por el panel trasero E1 y las paredes del hueco H1 y H2 pegadas en el paso anterior.
- Colocamos las dos guías de aluminio G1 y G2, de modo que sus extremos coincidan con los lados inferiores de los tres paneles ensamblados. Apretamos con firmeza las guías contra las aristas; esto favorece un mojado homogéneo del pegamento sobre el aluminio. En caso de derrame de pegamento, retiramos el exceso con un trapo húmedo. Evitamos que quede pegamento sobre la guía, pues esto podría entorpecer el desplazamiento de la cabina del ascensor.
- Dejamos secar.



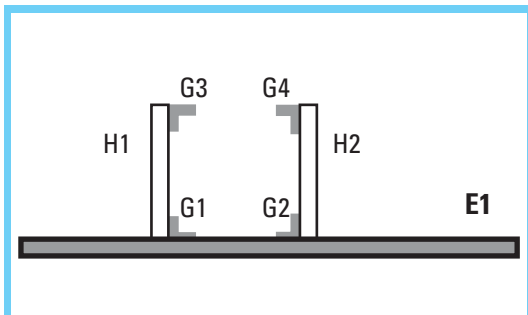
*Vista de planta*

## Paso 4.

### Terminación del hueco; prueba de la colocación de la cabina

- Presentamos la cabina en el hueco y definimos la posición de las dos guías traseras.
- Aplicamos pegamento a las guías de aluminio frontales G3 y G4, y las fijamos a las paredes del hueco del ascensor por el lado de adentro.

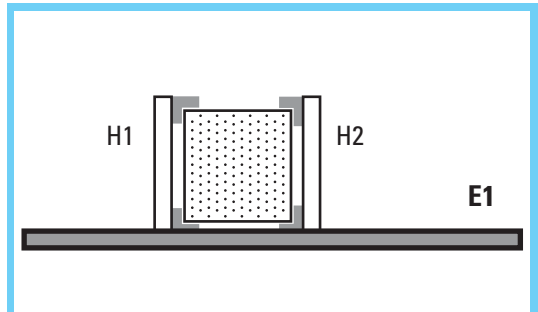
- Verificamos que la cabina pueda desplazarse sin dificultad entre las guías. Cuando la cabina esté centrada en el hueco, la separación entre ésta y las guías de aluminio debe ser de entre 1 y 2 mm.



*Vista de planta*



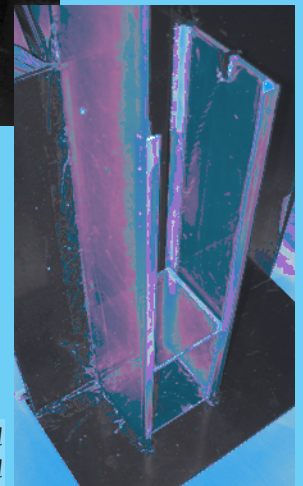
*Hueco con las guías*



*Vista de planta*



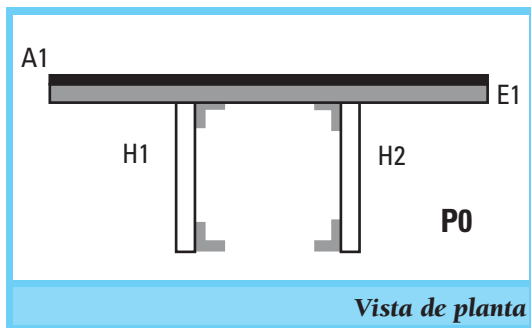
*Cabina en el hueco, de frente*



*Cabina en el hueco, de perfil*

## Paso 5. Colocación de la planta baja

- Sobre la mesa, colocamos el piso de la planta baja P0.
- Aplicamos pegamento sobre los cantos inferiores de los paneles trasero E1 y los laterales del hueco H1 y H2 preparados en los pasos 1, 2 y 4.
- Presentamos los paneles engomados sobre el piso y los pegamos a 3 cm del lado trasero. Aseguramos la coincidencia de los bordes laterales y la perpendicularidad del conjunto. Para esto último, usamos la escuadra de 90° y la plomada.
- Aplicamos pegamento a lo largo de toda la arista externa que forman el piso y el panel trasero, y pegamos el ángulo de aluminio A1 para dar mayor estabilidad a la estructura.

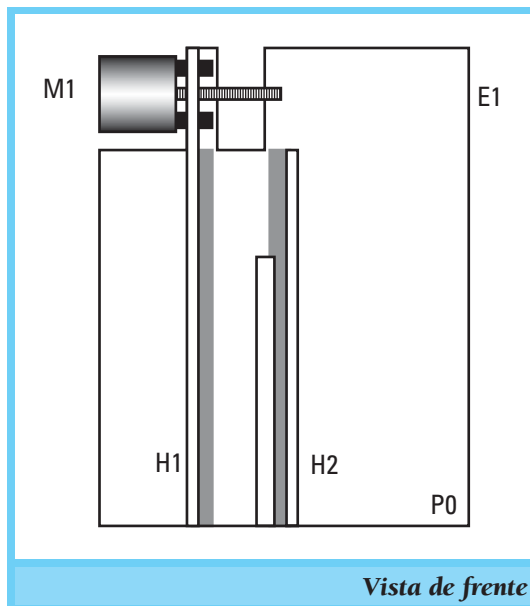


*Vista de planta*

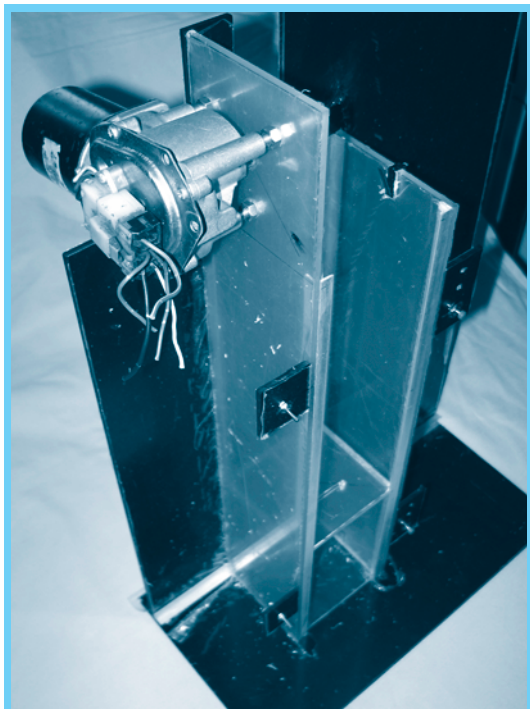
## Paso 6. Colocación y prueba del motor

- Fijamos el motor M1 en la parte superior de la pared izquierda del hueco del ascensor.

- Una vez colocado en la estructura, probamos que el motor funcione. Controlamos que el torque que produzca no afecte a la estructura E1-H1-P0, para los dos sentidos de giro.
- Pasamos un hilo por el orificio en el techo de la cabina y lo atamos al eje del motor. Colocamos la cabina en el hueco y la desplazamos con el motor. Vigilamos el movimiento. Observamos un desplazamiento suave de la cabina, tanto en subida como en bajada. Para esta prueba, debemos prever: la posibilidad de cortar de prisa el suministro de corriente al motor en caso de falla, algún roce excesivo o algún otro funcionamiento fuera de lo esperado.
- Cargamos la cabina hasta duplicar su peso total y repetimos la prueba para verificar el correcto funcionamiento del motor en las situaciones de cabina cargada.



*Vista de frente*



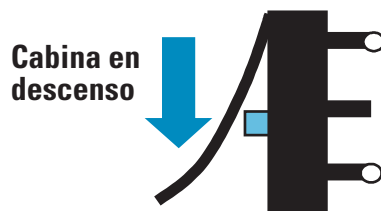
**Motor instalado**

## Paso 7. Preparación e instalación de los interruptores de fin de carrera de la cabina

- Estañamos las patas de los interruptores S1 y S2. Evitamos un calentamiento excesivo que pueda quemar el material plástico. En ambos interruptores, las conexiones a hacer corresponden a las condiciones de interruptores *normalmente-cerrados*.
- Ubicamos los interruptores en los calados respectivos –superior e inferior– de la pared derecha del hueco del ascensor.

Los calados permiten desplazarlos hasta darles una ubicación definitiva.

- Debemos prestar atención a la orientación de estos interruptores:
  - a. El interruptor inferior S1 se accionará cuando la base de la cabina lo toque, marcando el final del recorrido descendente. Por tanto, la posición correcta del interruptor en la estructura es la siguiente:



- b. El interruptor superior S2 se accionará cuando el techo de la cabina lo toque, marcando el final del recorrido ascendente. Por tanto, la posición correcta del interruptor en la estructura es la siguiente:



La posición del interruptor inferior S1 en la estructura determina el máximo recorrido de la cabina cuando baje; en esta condición, la base de la cabina tiene que quedar al nivel del primer piso.

La posición del interruptor superior S2

determina la altura máxima de la cabina del ascensor en el primer piso. Esto, a su vez, define la altura del primer piso, dado que cuando el ascensor esté parado en la planta alta, la base de la cabina tiene que quedar a la misma altura del piso.

Para establecer las posiciones de los interruptores, seguimos el siguiente procedimiento:

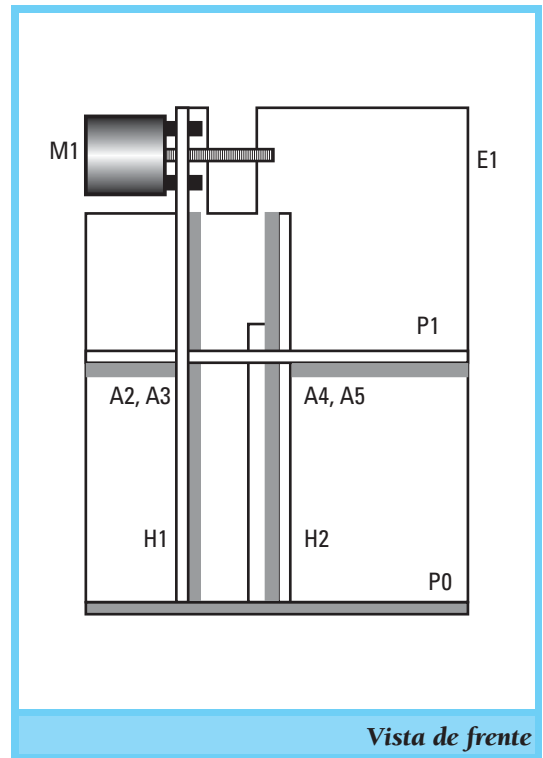
- Colocamos la cabina en el hueco del ascensor. La desplazamos manualmente hacia arriba, hasta que el techo toque el interruptor superior y se escuche el ruido de su activación.
- Luego, desplazamos la cabina hacia abajo hasta que la base toque al interruptor inferior y lo active.
- Una vez definidas las posiciones, pegamos ambos interruptores al acrílico.

## Paso 8. Colocación del primer piso

Mediante el procedimiento del paso 7, quedó determinada la altura del primer piso. Corresponde, ahora, pegar el panel P1 que lo representa.

- Aplicamos pegamento a los dos cantos traseros del primer piso y los pegamos a la estructura.
- Colocamos los ángulos de aluminio A2, A3, A4 y A5 para dar rigidez a la estructura, a la altura del primer piso. Para esto, aplicamos pegamento a las aristas inferiores que forman la pared trasera de la estructura E1 con el primer piso P1, y

las que forma el primer piso P1 con las paredes izquierda H1 y derecha H2 del hueco. Luego, colocamos, con cuidado, los ángulos y dejamos secar.

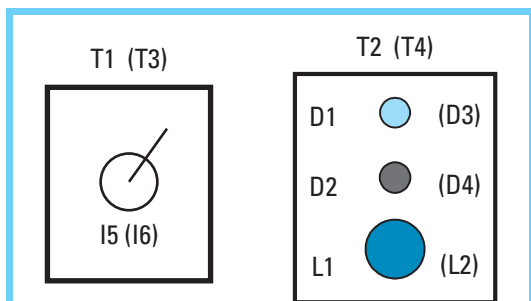


Vista de frente

## Paso 9. Preparación, armado y colocación de los tableros externos de control

- Agujereamos los tableros de control externos T1, T2, T3 y T4. Los diámetros de los agujeros tienen que ajustarse a los diámetros de los diodos led D1, D2, D3 y D4, y de los pulsadores L1 y L2 a colocar.
- Verificamos que el pulsador L1 del tablero de planta baja sea uno *normalmente-abierto*.

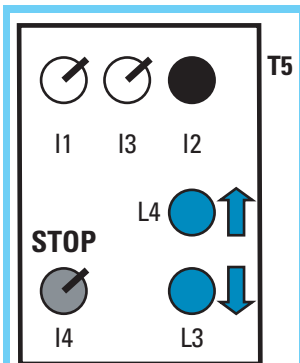
- Verificamos que el pulsador L2 del tablero del primer piso sea uno *normalmente-cerrado*.
- Estañamos los contactos de los diodos led D1 a D4, y pulsadores L1 y L2.
- Ubicamos estos elementos en los tableros. Recomendamos no pegar los diodos, para facilitar sus posibles reemplazos. Si los agujeros se hacen del diámetro adecuado, los diodos pueden quedar bien aprisionados por el acrílico y no van a moverse.



**Tablero de pasillo en preparación**

## Paso 10. Preparación, armado y colocación del tablero de control de la cabina

- Agujerreamos el tablero de control T5 que irá en la cabina. Los diámetros de los agujeros tienen que ajustarse a los diámetros de los interruptores I1, I2, I3 y I4, y de los pulsadores L3 y L4 a colocar.
- El pulsador de bajada L3 tiene que ser el de estado *normal-abierto*.
- El pulsador de subida L4 tiene que ser el de estado *normal-cerrado*.
- La ubicación relativa de los elementos queda a criterio del usuario. No obstante, es recomendable agrupar: por un lado, los interruptores del diodo led D5 que da luz a la cabina, el zumbador Z1 y el ventilador V1; y, por otro, los pulsadores de control L3 y L4, y la llave de parada I4 del ascensor.
- Estañamos los contactos de los interruptores, pulsadores, led, ventilador y zumbador de alarma.
- Ubicamos y pegamos estos elementos en el tablero de control T5 de la cabina. El zumbador puede pegarse del lado de atrás del tablero. El ventilador puede ubicarse en un ángulo de la cabina.



**Tablero de la cabina**



## Paso 11.

### Preparación de conexiones y cableado de los tableros

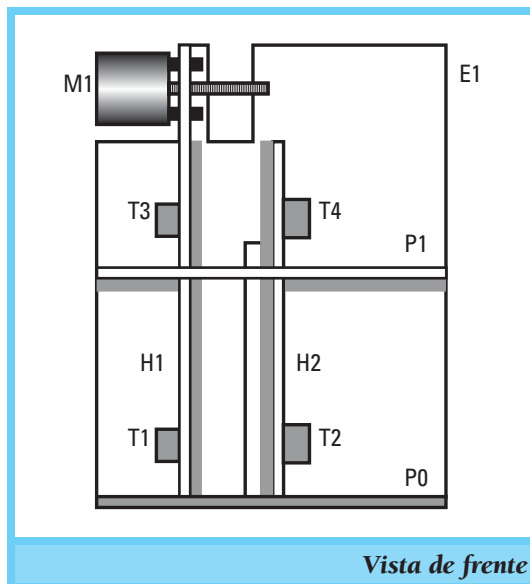
- Recurrimos al plano del circuito para identificar estas ramas del sistema eléctrico.
- En todos los casos, usamos alambres más largos de lo que sea necesario. De esta manera podremos manipularlos a medida que vayamos completando la instalación eléctrica de todo el sistema.
- Soldamos los cables finos a los elementos colocados en los tableros externos T1, T2, T3 y T4, e interno T5 (diodos led, interruptores, pulsadores, zumbador, ventilador). Para esto, removemos aproximadamente 5 mm del plástico de aislamiento y cubrimos el alambre con una capa fina de estaño. Luego, calentamos el alambre en contacto con la pata del elemento a soldar y aportamos estaño en caso de que sea necesario.
- Verificamos el estado de las soldaduras para que garanticen un buen contacto eléctrico. Una acción práctica consiste en “tirar un poco del cable” y observar que la soldadura no ceda. Desde luego, más importante aún es la verificación de la continuidad eléctrica de las conexiones, con el multímetro como medidor de resistencia (modo ohmímetro).
- Etiquetamos las puntas libres de los alambres de conexión. Llevamos registro en el cuaderno de bitácora de la nomenclatura elegida para etiquetar.

- Verificamos el funcionamiento de los elementos de la cabina: zumbador Z1, ventilador V1 y luz de cabina (diodo led blanco D5).

## Paso 12.

### Ubicación de tableros externos y salida de cables

- Pegamos los tableros externos T1, T2, T3 y T4 (donde ya se han montado los interruptores, pulsadores y diodos led) a ambos lados del hueco del ascensor, en la planta baja y en el primer piso.
- Los alambres de conexión tienen que pasar hacia atrás de la pared E1 del fondo del edificio; para esto, debemos hacer agujeros en la pared. Los agujeros tienen que permitir el paso de los cables sin mayor dificultad. La ubicación de los agujeros queda a criterio del fabricante.



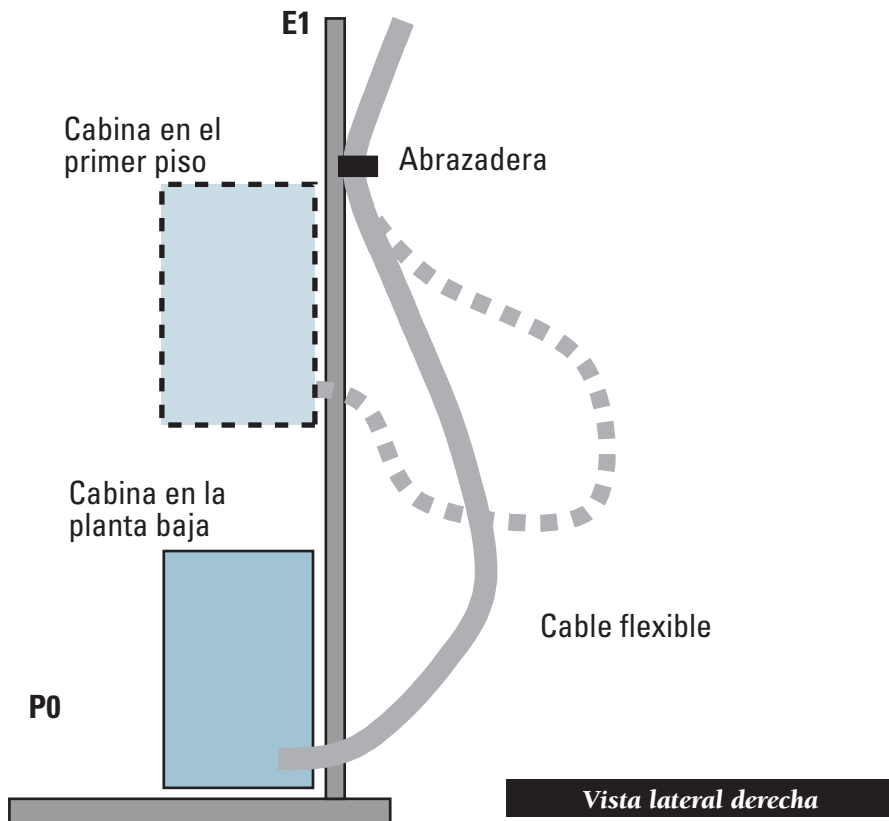
Vista de frente

### Paso 13. Salida y fijación de los cables de la cabina

- Colocamos la cabina en la planta baja.
- Sobre la pared de fondo de la cabina, marcamos el lugar donde se va a hacer un orificio de salida de los cables. El orificio debe superponerse con la posición de la ranura de E1, por donde el cable va a desplazarse durante el movimiento del ascensor.
- Pasamos el manajo de cables de conexiones del tablero de control de la cabina por el agujero en la pared de fondo y,

luego, por la ranura de E1.

- Elevamos manualmente la cabina y verificamos que el cable se desplace con suavidad por la ranura.
- En ningún caso, el movimiento del cable debe dificultar el movimiento de la cabina. Por detrás de la estructura E1, el cable tiene que quedar con libertad para curvarse (estirarse) durante el ascenso (descenso) de la cabina. Para establecer la longitud del tramo de cable que va a curvarse-estirarse, desplazamos la cabina a lo largo de todo su recorrido. Para terminar, fijamos el cable a la estructura usando, por ejemplo, una abrazadera de plástico.



## Paso 14. Conexiones intermedias

Realizamos las siguientes conexiones por detrás de la pared trasera E1, recurriendo al plano del circuito eléctrico para identificar estas ramas:

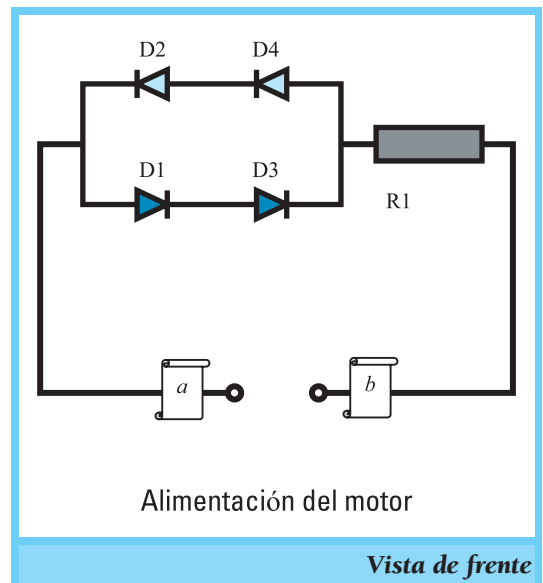
- *Interruptores que simulan el estado de puertas del ascensor.* Conectamos en serie a los dos interruptores externos I5 y I6 que simulan las puertas del ascensor: Interruptor abierto (cerrado) representa puerta abierta (cerrada). Rotulamos los cables.
- *Pulsadores del control de movimiento de ascenso.* Conectamos **en serie** al pulsador L4 de la cabina que sube al ascensor con el pulsador L2 del tablero externo que “lo llama” desde el primer piso. Rotulamos los cables.
- *Pulsadores del control de movimiento de descenso.* Conectamos **en paralelo** al pulsador L3 de la cabina que baja al ascensor con el pulsador L1 del tablero externo que “lo llama” desde la planta baja. Rotulamos los cables.
- *Diodos led indicadores de movimiento.* Conectamos los diodos led D1, D2, D3 y D4 de los tableros T2 de planta baja y T4 del primer piso, como se indica a continuación:

- Diodos verdes D1 y D3 **en serie** (indican que el ascensor baja).
- Diodos rojos D2 y D4 **en serie** (indican que el ascensor sube).

- Conectamos el par de diodos rojos **en paralelo** con el par de diodos verdes, teniendo en cuenta que deben quedar en “oposición de polaridad” (puede usted verlo en la figura).
- Conectamos el resistor R1 (limitador de corriente) en serie con el juego de diodos. Finalmente, conectamos el conjunto a la alimentación del motor.
- Rotulamos los cables.

Con esto logramos que:

- cuando el motor no funcione (no hay corriente), todos los diodos estén apagados;
- cuando el motor esté alimentado, los diodos se enciendan (indicando subida o bajada), dependiendo de la polaridad de los bornes del motor, que determina el sentido de la corriente, y, por tanto, el sentido de giro del motor y el sentido del movimiento del ascensor (ascendente o descendente).



## Paso 15.

### Conexión de los relés

- Recurrimos al plano del circuito.
- Ubicamos a los relés en una posición fija respecto de la estructura de acrílico. Podemos pegarlos en el lado trasero. De esta manera, por un lado, se facilita la soldadura de los alambres de conexión y, por otra, los relés quedan integrados al conjunto.
- Conectamos los relés a los interruptores y a la fuente.

## Paso 16.

### Conexión de interruptores principales

- Conectamos el interruptor general en serie y en proximidad a la fuente de tensión.

## Paso 17.

### Conexión del motor

- Conectamos el motor al circuito.
- Conectamos los terminales de la conexión de diodos (hecha en el paso 14) a los bornes del motor.

## Paso 18.

### Suspensión de la cabina

- Pasamos el hilo H1 por el orificio del techo de la cabina y lo trabajamos desde el interior, con un nudo.

- Con la cabina en la planta baja, llevamos el hilo hasta el eje del motor para determinar su longitud óptima. Atamos el hilo en el centro del eje, de modo que la cabina descienda centrada por el hueco del ascensor.
- Verificamos que el largo del hilo permita el recorrido completo de la cabina entre los dos interruptores S1 y S2 de finales de recorrido.
- Cuando el motor rote, el hilo deberá enrollarse sin dificultad sobre el eje. Tratamos de ajustar el enrollado de modo que el hilo no se enrolle sobre sí mismo. Si esto ocurre, el radio del eje irá variando y, en consecuencia, también cambiará la velocidad de subida-bajada de la cabina.
- Hacemos las pruebas necesarias para asegurar un buen enrollamiento del hilo sobre el eje. Primero, podemos girar manualmente el eje del motor, y hacer que la cabina suba y baje cubriendo todo el recorrido. Luego, practicamos el enrollado con el motor alimentado. Probamos el enrollado para los dos sentidos de giro del motor.
- Para terminar, hacemos un ajuste final del largo del hilo, sobre la base de los resultados de las pruebas realizadas.

¡El ascensor está listo para funcionar!

## El ensayo y el control

A lo largo de la descripción de los pasos a seguir para el armado del equipo le hemos ido comentando algunos ensayos o controles preliminares. En esta sección vamos a listar los ensayos recomendados para garantizar el correcto funcionamiento del ascensor.

- 1 Evaluamos si la estructura de acrílico se muestra en todo momento lo bastante robusta como para soportar el peso del motor y para resistir el torque que produce al arrancar. En las pruebas realizadas sobre los prototipos, hemos observado que el uso de acrílico de 3 mm de espesor no garantiza la consistencia de la estructura. En este sentido, en caso de usar acrílico, éste tiene que ser de un espesor de no menos de 4 mm.
- 2 Observamos que la cabina pueda desplazarse sin rozar con las paredes del hueco y las guías. Cuando esté suspendida del hilo, tiene que estar centrada en el hueco y mantenerse en esta posición durante el movimiento.
- 3 Durante el ensayo del movimiento, observamos el curvado del cable flexible que sale de la cabina. En ningún momento el cable tiene que impedir el libre desplazamiento de la cabina ni provocarle una inclinación tal que llegue a hacerla rozar con las guías de aluminio.
- 4 Revisamos el funcionamiento de los botones de llamada del ascensor desde los dos pisos. El botón de planta baja tiene que comandar el paso de corriente al motor en

el sentido adecuado, para que el giro del eje enrolle al hilo y tire de la cabina, subiéndola. El botón del primer piso tiene que comandar el paso de corriente en el sentido opuesto, de manera que el motor gire en reversa, el hilo se desenrolle y la cabina baje.

Tenemos que practicar el control de las acciones previstas por parte de los botones, antes de suspender la cabina. Sobre este punto: la inspección visual del funcionamiento es muy importante para evitar dificultades una vez que la cabina quede en posición en el hueco y en condiciones de ser movida por el motor.

- 5 Revisamos el funcionamiento de los botones que comandan el ascensor desde la cabina. Logramos que el botón de subida, efectivamente, la haga subir; y, el de bajada, bajar. Esto es indicativo de que los botones están comandando de manera correcta a los relés.
- 6 Verificamos el correcto funcionamiento de los interruptores de final de recorrido. Si, en algún momento, no funcionan como está previsto, se corre algún riesgo; principalmente, si es el de final de recorrido superior. Veamos por qué:

*Caso 1. Problemas con el interruptor inferior:* Si el interruptor inferior —que indica el final de recorrido descendente— se rompe y no se activa, o no se activa cuando el piso de la cabina lo oprima, el motor seguirá funcionando; entonces, el hilo se desenrollará en su totalidad y la cabina terminará apoyándose en el piso; pero, una vez que el hilo se desenrolle,

volverá a enrollarse y terminará elevando a la cabina. En estas condiciones, la cabina subirá y el interruptor superior de final de recorrido ascendente se activará y detendrá el movimiento de la cabina en el primer piso. Esta situación corresponde a la que experimentaría un pasajero que quiere bajar desde el primer piso; pero, cuando llega a la planta baja, la cabina vuelve a subir y... ¡lo devuelve al punto de partida!

*Caso 2. Problemas con el interruptor superior:* Éste es el caso más desfavorable. Si el interruptor superior está roto o no se activa cuando el techo de la cabina lo oprima, el motor seguirá funcionando; pero, como el hilo se está enrollando, éste seguirá tirando de la cabina hasta que el techo llegue a tocar al eje del motor, con la posible rotura de la cabina o del motor, que se verá sobreexigido. La solución recae en la inclusión del interruptor de seguridad S3, que se activa si el techo sobrepasa la altura máxima del recorrido. Desde luego, debe verificarse el correcto funcionamiento de S3 que interrumpe la corriente por el motor.

7 La informática nos ha enseñado que, siempre, hay que tener a mano un botón de *reset*. En el equipo, la parada general del ascensor y demás instalaciones se hace con el interruptor general. En la etapa de pruebas, en caso de prever un accidente o un funcionamiento defectuoso, tenemos que estar listos para cortar de prisa la corriente con este interruptor.

Esta lista no está agotada. Sin duda, surgirán nuevas alternativas de ensayo y control cuan-

do usted y sus alumnos estén realizando el proyecto. Le recomendamos tomar nota de todas ellas en el cuaderno de bitácora del proyecto y sumarlas a las anteriores.

## La superación de dificultades

Las dificultades que podemos encontrar están asociadas con:

- la preparación de la estructura,
- la prueba de los elementos de circuitos,
- el armado del circuito.



De todas maneras, no se detenga frente a estas dificultades o errores que usted o sus alumnos cometan.

Cometer errores está permitido, como en la vida misma.

Potencien creativamente los errores y aprendan de ellos. Resuelvan las dificultades con inteligencia, buen ánimo y predisposición. Pregunten a quienes saben más o a quienes muestren una mayor experiencia.

Nuestra tarea, ahora, es llamarle la atención sobre dificultades que pueden aparecer; sólo comentaremos algunas, lo que no quiere decir que necesariamente tendrá que enfrentarse a ellas.

Eso sí –sin ánimo de asustar–, le garantizamos que surgirán otras.



## La preparación de la estructura

Vamos a suponer que las piezas de acrílico ya están preparadas, y que sus formas y dimensiones son las correctas, según los planos adjuntos.

Una dificultad que aparece se refiere a lograr buenos ensamblajes de los paneles, manteniendo la perpendicularidad y/o paralelismo entre ellos. Es crucial practicar estas maniobras de montaje en algunas muestras de acrílico preparadas para tal efecto.

## La prueba de los elementos de circuitos

La premisa es que no hace falta saber de todo para involucrarse en un proyecto tecnológico. Es por eso que, para algunos de sus alumnos, quizá sea la primera vez que vayan a usar diodos, pulsadores, un motor, etcétera. Por cierto, tenemos que saber algo de cada elemento, sus funciones y usos; pero, sin estar obligados a ser especialistas. La información específica de cada componente puede extraerse del catálogo del vendedor (¡La lectura de catálogos suele ser apasionante!). Aquí van algunas ideas para el momento de probar los componentes.

**Diodos.** Un diodo led se prende sólo cuando la corriente circula por él en “sentido directo”. Conecte el diodo a la fuente de tensión y vea si se prende. Si no enciende, invierta la polaridad de la conexión; si no enciende, revise la fuente y las conexiones; si éstas están bien, dude del estado del diodo y evalúe el reemplazo por otro, al que tendrá que

hacer la misma prueba.

**Fuente de tensión.** Revise la tensión de la fuente en sus bornes. Use el multímetro en la función *voltímetro DC*; elija la mejor escala de medición.

**Interruptores.** Como su nombre lo indica, un interruptor tiene que interrumpir el paso de corriente eléctrica por un circuito. Antes de conectar uno, es posible verificar su funcionamiento usando el multímetro como medidor de resistencia. Cuando el interruptor está cerrado (permite paso de corriente), la resistencia entre sus patas es muy baja; cuando está abierto, la resistencia es infinita.

Los interruptores/pulsadores denominados *normalmente-abiertos* y *normalmente-cerrados* requieren una revisión similar.

**Relés.** Válgase de los datos que provea el fabricante. Las características están usualmente impresas en los mismos elementos, y se refieren a tensión y corriente máximas que toleran, y al diagrama de conexiones posibles. Revise si los relés conmutan del modo adecuado; para esto, conéctelos a la fuente de tensión y examine, con un multímetro, la existencia de continuidad o condición de *circuito abierto* entre las salidas.

## El armado del circuito

Existe una dificultad inherente a la “materialización” del circuito del plano mediante los componentes reales disponibles. La identificación de los símbolos del plano y su correlación con los elementos reales suele ser un problema para el aprendiz de electricidad y

electrónica. Al respecto, podemos decir que “la práctica hace al maestro” y que esta dificultad se supera con las “horas de vuelo”, observando y haciendo.

Además de la dificultad de tipo conceptual aludida, puede surgir la dificultad de índole práctica relacionada con el montaje y unión de los componentes. Ya hemos dicho que una habilidad necesaria es la de poder soldar con estaño alambres de cobre a las patas de los elementos. La experiencia indica que malas soldaduras conducen a... dolores de cabeza. Podemos pasarnos valiosos minutos buscando el origen de un problema eléctrico, hasta darnos cuenta que resulta de una mala conexión. Como regla práctica, una buena soldadura tiene que verse brillante (al menos, cuando recién se la hace) y de un volumen acorde al tamaño de las piezas a unir.

Los enredos de cables son usuales; sobre todo, si no nos organizamos. Entonces, es crucial rotular los extremos de los cables para saber de dónde vienen y hacia dónde van. Los rótulos tienen que asociarse a puntos clave del circuito. Las pruebas de continuidad eléctrica también ayudan y se hacen con

el multímetro como medidor de resistencia. Si fuera posible, deben usarse cables con aislantes de color que ayuden a la identificación.

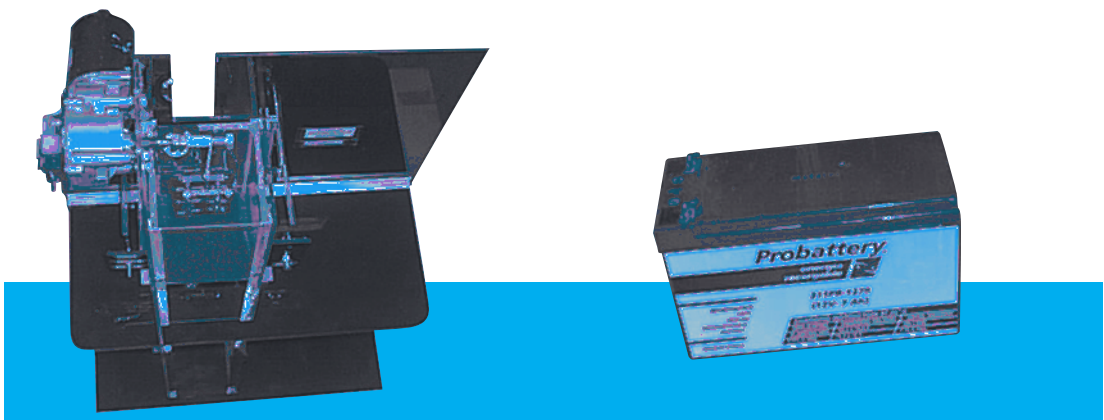
En todos los casos, es útil hacer un mapa de conexiones que contenga referencias a puntos claves del circuito. No menos importante es guardar el mapa.



Si queremos que otras personas saquen provecho del equipo como nosotros, es un acto de generosidad de nuestra parte heredarles el equipo y el mapa —este último, como si fuese un mapa del tesoro—.

Esta actitud favorece la continuidad del desarrollo del proyecto tecnológico. No tenemos por qué ocultar nada, ni reservarnos las alternativas de solución que fuimos desarrollando.

El equipo tiene que poder ser reproducido, mejorado y puesto en funcionamiento, aún cuando nosotros no estemos al lado de él.





## 4. EL EQUIPO EN EL AULA

Hemos presentado un proyecto tecnológico factible de llevarse a cabo en el aula-taller, en el marco de un programa de educación tecnológica. La propuesta se sustenta en el esquema general que da cuerpo a un proyecto tecnológico: surge de la detección de una *oportunidad*, una *demanda* o un *problema*<sup>45</sup>.

Esta propuesta trata de contener de manera equilibrada a aquellas semillas que reconocemos como iniciadoras de un proyecto. Bien vale, ahora, un juego de palabras. Para nosotros:

- la **oportunidad** es la de mejorar el aprendizaje de competencias y habilidades de maestros y alumnos que los habiliten a participar más activamente del mundo tecnológico y de sus procesos, mediante acciones precisas y valoraciones críticas<sup>46</sup>;
- la **demanda** está dada por la necesidad de contar con un objeto al que podamos diseñar, evaluar, corregir y ampliar, en la

medida de nuestras posibilidades, mediante tareas acotadas en tiempo (un ciclo lectivo o parte de él) y en espacio (en el aula, taller y laboratorio de la escuela); y sobre el que “actuemos tecnológicamente”, en el sentido de “pensarlo” y “hacerlo”;

- el **problema** específico es construir un equipo que simule un ascensor como medio de transporte de personas y cargas dentro de edificios.

Hemos elegido analizar como objeto tecnológico al ascensor porque creemos que un proyecto que gira en torno a él puede contribuir a varias facetas de la educación tecnológica. El ascensor:

- se analiza como sistema; es un sistema mecánico, que necesita de una fuente de energía para funcionar y una estructura donde estar instalado;
- ha tenido un interesante proceso de transformaciones, desde su surgimiento como medio eficaz de transporte en las minas de carbón<sup>47</sup> hasta convertirse en medio de transporte en edificios;
- es de amplio uso e imprescindible, actualmente, en edificios de altura;

<sup>45</sup> Buch, T. (2001) *El tecnoscopio*. Aique. Buenos Aires. Buch, T. (2001) *Sistemas tecnológicos*. Aique. Buenos Aires.

<sup>46</sup> *Proyecto 2061: La ciencia para todos*. Proyecto de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS). El proyecto se inició en 1985, año en que el cometa Halley se aproximó a la Tierra por última vez, y su nombre alude al año 2061, cuando el cometa regrese. El proyecto está en: [www.project2061.org/esp/Default.htm](http://www.project2061.org/esp/Default.htm)

Los textos que produce el proyecto están disponibles en: [www.project2061.org/esp/tools/Default.htm](http://www.project2061.org/esp/tools/Default.htm)

<sup>47</sup> Mumford, L. (1994) *Técnica y civilización*. Alianza Universidad. Madrid.

- la comprensión de los principios de su funcionamiento remite a diferentes ramas de la física;
- el diseño de sus partes, dentro de un conjunto de opciones posibles, nos orienta a diversas ramas de la tecnología;
- demanda, además, un análisis sistémico para integrar sus partes, y esto es muy aprovechable a los fines de la discusión entre alumnos y profesores;
- requiere, además, una pertinente evaluación de riesgos; entre otras posibilidades.

Pero, el que hemos desarrollado no es sólo un objeto tangible; por esto, no podemos darnos el lujo de permitir que el producto oculte el proceso. En el camino a la solución, vemos la necesidad de integrarnos en grupos de trabajo para realizar tareas coordinadas, con personas con distintos conocimientos, intereses y habilidades (nuestros pares y nosotros mismos somos así). Entonces, esta propuesta ofrece, también, la oportunidad de integrar tanto nuestros conocimientos de ciencias naturales como de ciencias sociales; esto último, en torno a temas de organización, gestión, y distribución de responsabilidades y cooperación.

El aula es el lugar propicio. Allí empezamos a definir el problema, a bosquejar los objetivos, a organizarnos en torno a nuestras habilidades y conocimientos previos, a preguntarnos por lo que no sabemos, a empezar a hacer, probar, diseñar y rediseñar, a evaluar los resultados parciales, y a analizar secuencias de anticipación para avanzar sobre los problemas que vayan apareciendo en camino

a la solución del problema original.

Consideramos, también, que es deseable que nuestro objetivo no sea meramente la realización de “un objeto tecnológico” sino, más decididamente, que lo sea “el proyecto tecnológico” asociado a su construcción.

Para ello, tenemos que recurrir a nuestros conocimientos previos, y a apelar a nuestra memoria de medio y de largo alcance, que nos evoque posibilidades para proponer soluciones. Entonces, nos hace falta un conjunto de conocimientos científicos que aporten cierto bagaje previo. Nuestro conocimiento acumulado se fragua con la tecnología, para el entendimiento de los principios que subyacen en el comportamiento de las cosas que queremos dominar; es decir, desde la perspectiva de la comprensión es desde donde nos lanzamos a resolver nuestro problema<sup>48</sup>.

Hay un valor educativo potencial en el tipo de intervención que hagamos. En el texto, hemos tratado de orientarlo con anotaciones y referencias.

No menos importante es que este ensamble de conocimientos y actitudes nos permitan reconocer a la educación tecnológica como orientada hacia la integración de los conocimientos propios del mundo artificial y de los

---

<sup>48</sup> Acompañamos nuestra reflexión con palabras del pedagogo Paulo Freire, quien expresa que “toda comprensión corresponde, tarde o temprano, a una acción. Luego de captado un desafío, comprendido, admitidas las respuestas hipotéticas, actuamos. La naturaleza de la acción corresponde a la naturaleza de la comprensión. Si la comprensión es crítica, la acción también lo será.” Freire, P. (2001, 49ª edición) *La educación como práctica de la libertad*. Siglo Veintiuno. México.

procesos a partir de los cuales se generan productos, organizaciones, sistemas, etcétera.

En este sentido, esta propuesta plantea recurrir a la educación tecnológica como:

- *herramienta transversal*, en tanto realizamos operaciones mentales que relacionan el pensar con el hacer, en la tarea de pasar de la reflexión a la acción; y, como
- *herramienta longitudinal*, en cuanto a que, en ciertos tramos, hace falta desarrollar algunos contenidos específicos para llevar adelante el proyecto, los que son secuenciados, organizados y evaluados<sup>49</sup>.

No está de más decir que, durante este proceso, necesitamos recurrir a nuestra curiosidad y talento para sugerir soluciones a aquellos problemas que se nos presentan inesperados. Nuestro talento consiste en desplegar actitudes sobre situaciones que no conocemos, y con métodos que quizás nadie nos ha enseñado –aunque ésta no es una definición científica del talento, puede tomarse como provocadoramente válida<sup>50</sup>.

La chance de entrar a la fase del invento queda más a mano, si usamos cooperativamente el talento de cada uno de nosotros.

Nos damos cuenta que movernos y mover cosas es algo necesario y de todos los días. El

<sup>49</sup>“Educación tecnológica: Hacer y reflexionar”. *Zona Educativa* (setiembre de 1996). Revista periódica del Ministerio de Ciencia y Educación de la Nación Argentina, de distribución gratuita que, durante algunos años llegó a las escuelas del país. Si desea consultarla:

[www.zona.lacarabela.com/ZonaEducativa/ZonaEducativa.html](http://www.zona.lacarabela.com/ZonaEducativa/ZonaEducativa.html)

<sup>50</sup>Mero, L. (1990) *Ways of thinking: Limits of rational thought and artificial intelligence*. World Scientific Publishing.

ascensor es un objeto tecnológico que cumple un cometido importante en la vida moderna. El trabajo a pequeña escala que proponemos en torno a él nos sirve para *movilizarnos* hacia el aprendizaje de las ideas centrales de un proyecto tecnológico.

Lo hemos hecho, a veces, desde una perspectiva lúdica; y otras, la mirada está puesta en la organización de un proyecto de cooperación, con responsabilidades más definidas.

## El trabajo en equipo

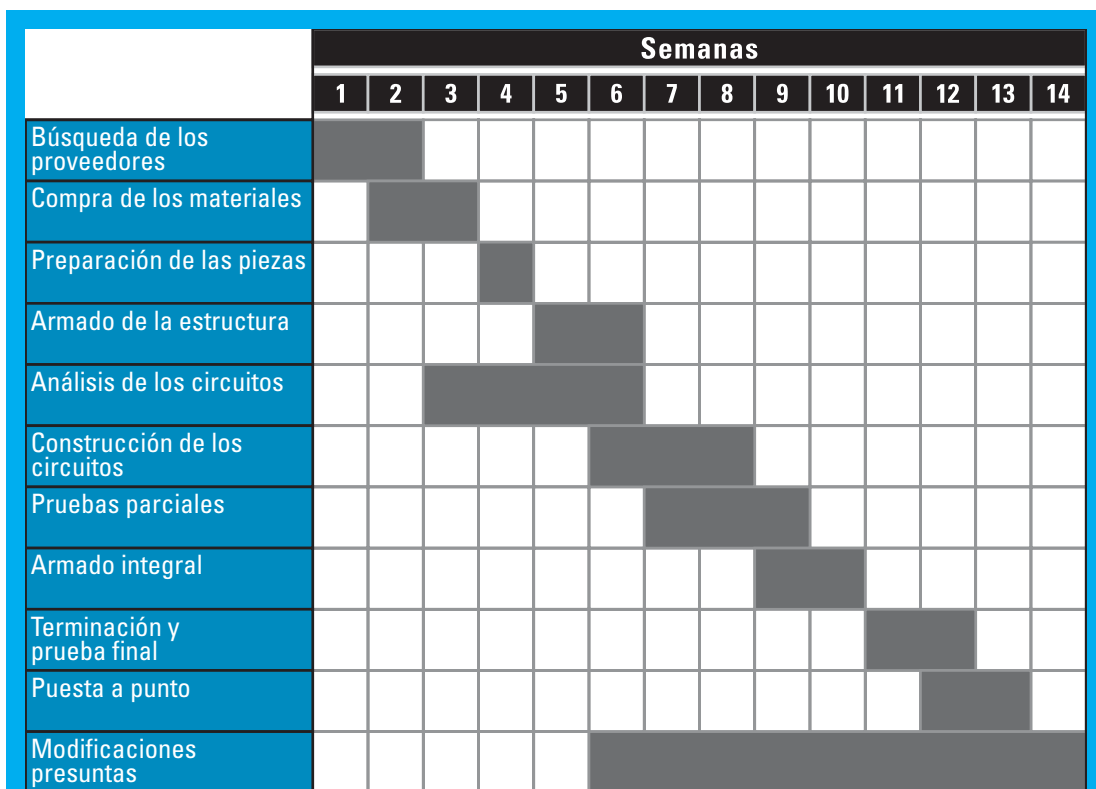
Consideramos la posibilidad de que el equipo se construya en la escuela a partir de la etapa de la compra de insumos, a la que siguen las de preparación de las piezas, armado y pruebas finales, hasta obtener un símil del producto presentado.

El trabajo en equipo es fundamental. El ascensor tiene que poder hacerse en una modalidad de “puertas abiertas”, para que el mayor número de alumnos participe.

La creatividad de los alumnos, con la orientación de los profesores, es la clave.

Quizá sea necesario que varios docentes intercambien sus experiencias para llevar a cabo el proyecto. Por ejemplo, es deseable que los docentes de Física combinen sus habilidades y conocimientos con los docentes de Tecnología. Juntos pueden orientar a los alumnos. Esto requiere que los docentes que se involucren se compenetren rápidamente con el proyecto y tomen el compromi-

so de empezarlo, continuarlo y terminarlo. Esto va a requerir de una mínima planificación de mediano plazo, para la que sugerimos el siguiente cronograma de trabajo.



Los tiempos estimados corresponden al desarrollo del equipo de acuerdo con nuestro modelo, mediante trabajo cooperativo de alumnos y docentes en el espacio escolar.

Desde luego que los tiempos sugeridos pueden variar y que esta planificación requiere revisión por parte de las personas involucradas; los docentes son los que mejor saben de los tiempos escolares. Corresponde atender este aspecto de la asignación de tiempos de

trabajo, enmarcado en lo que da por llamarse práctica de “tecnología blanda”.

De la misma manera, sugerimos reasignar los valores y relaciones de los atributos y características de la *casita de cualidades*, tal como lo considere el equipo de constructores.

## Estrategias

Durante la etapa de construcción y una vez concluido, el equipo puede representar un buen insumo de trabajo tanto para los docentes de Física como para los de Tecnología. En la segunda parte de este material de capacitación hemos dado una serie de ejemplos que pueden ser retomados en el aula.

Por el lado de la **Física** se incluyeron:

- consideraciones sobre el movimiento,
- análisis cinemático,
- análisis dinámico,
- análisis energético,
- estudio de la resistencia de los materiales,
- cálculo del cable de un ascensor,
- estudio de circuitos eléctricos,
- indagación de tipos de conexiones.

La figura del ascensor puede adquirir una fortaleza considerable en las clases de Física. Vale la pena notar que, en muchos libros de texto, se dan múltiples ejemplos de situaciones que ocurren en un ascensor. Asimismo, mencionamos, como anécdota que, cuando tuvimos que consultar a alguno de nuestros colegas sobre ciertos aspectos que nos interesaba abarcar en este proyecto, las conversa-

ciones viraban “casi naturalmente” a ejemplos de cosas que ocurren en un ascensor: su mundo de velocidades y aceleraciones, por un lado; y, por otro, desde cómo se haría el cable, hasta qué pasa si se corta, o qué hacer para que no se corte. Es que con esta máquina se explotan los tipos de movimiento que se manifiestan: acelerados, a velocidad constante, en ambos sentidos, etcétera. Podemos sacar a nuestros alumnos del mundo plano del pizarrón, y motivarlos desde la práctica y la experimentación, con el movimiento del ascensor como despertador de curiosidad. Al tratar el tema del cable, podemos enseñarles el valor de la Física como herramienta predictiva, apoyada en el conocimiento de leyes y principios.

A veces, hay dificultades para entender qué son la velocidad y la aceleración, incluso en los casos más simples. Los conceptos de cinemática se arraigan lentamente en los aprendices. Con el ascensor en marcha, los sentidos de la velocidad y la aceleración pueden empezar a verse de forma directa, en demostraciones que llevan poco tiempo. Lo que se ve, puede empezar a explicarse mejor.

Los temas de electricidad básica pueden enseñarse, en correspondencia, a partir de casos que aparecen en un ascensor. El circuito eléctrico del ascensor da lugar a varias posibilidades: El concepto de conexión en serie puede explotarse con el ejemplo de las puertas del ascensor en el marco de una clara aplicación práctica; el concepto de conexión en paralelo queda claro en las conexiones del sistema eléctrico de la cabina.

En el caso de tener que explicar el funcionamiento de un motor, puede recurrirse al pro-

yecto al que nos hemos referido en la segunda parte<sup>51</sup>. El motor que puede construirse es de bajo costo de insumos y su funcionamiento, transparente para quien lo ve por primera vez. Al respecto, pueden separarse las componentes del motor, analizar cómo están relacionadas y reflexionar sobre las leyes físicas que las explican<sup>52</sup>.

Por su parte, desde la perspectiva de la **Tecnología**, se integran los contenidos de:

- objeto tecnológico,
- sistema tecnológico,
- análisis de riesgos,
- estrategias para el diseño,
- lógica y circuitos,
- características de componentes eléctricos,
- soluciones alternativas.

Las actividades en el aula en torno a ellas, pueden ser muy variadas.

Por una parte, puede hacerse un reconocimiento del equipo educativo construido como un genuino objeto tecnológico, establecerle un dominio de existencia, y caracterizarlo por su finalidad y funciones. Hacer este análisis sobre un objeto concreto, a la vista, puede resultar una tarea muy creativa. Y, si se pide por escrito a los alumnos, mucho mejor, puesto que ayuda a fortalecer la práctica de la redacción y la práctica de medios para la presentación de información.

Por otra parte, el ascensor puede observarse como sistema tecnológico, ubicado en un

nivel correspondiente; sus subsistemas pueden ser analizados y sus interrelaciones, establecidas. La inspección de un objeto-sistema *in situ* es fundamental y sugerimos completarla con una presentación escrita de las conclusiones a las que se arrije.

Asimismo, el uso de instrumental de mediciones eléctricas –cuando los alumnos prueban los componentes eléctricos–, lleva su uso a situaciones concretas, lo que potencia el aprendizaje.

Como reflexionamos previamente, el equipo presentado no es una versión cerrada, a prueba de fallas; está abierto a modificaciones y mejoras. Corresponde que las personas involucradas perfeccionen la muestra.

La búsqueda bienintencionada de errores, omisiones o descuidos cometidos por otros, puede trascender en una actividad ingeniosa y creativa. En esta instancia, vale la pena recurrir a la técnica del *torbellino de ideas*, según la cual todos opinan libremente para sacar la mejor conclusión.

Finalmente, sugerimos que –todo el tiempo– usted enfatice que el grupo está resolviendo un problema tecnológico y, con su liderazgo, contribuya a clarificar las etapas que lo orientan, manteniendo a la vez la “tensión creativa” necesaria para que el grupo arrije a buen puerto.

## Variantes y ampliaciones

Entre las variantes y modificaciones que pueden hacerse al diseño original, destacamos las siguientes:

<sup>51</sup> El proyecto puede verse en: [www.cienciarecreativa.org/informes/motor.pdf](http://www.cienciarecreativa.org/informes/motor.pdf)

<sup>52</sup> Agradecemos esta sugerencia al doctor S. Gil ([www.fisicarecreativa.com](http://www.fisicarecreativa.com)).

- Mover a la cabina solidaria a un contrapeso. La pared trasera de la estructura tiene un calado donde puede ubicarse una polea que dirija al cable hacia fuera. Deben agregarse dos guías del lado posterior de la estructura, sobre las cuales deslice el contrapeso. El peso de este elemento tiene que ser similar al de la cabina. En el eje del motor, tiene que ir una polea con roce suficiente para arrastrar al conjunto cabina-contrapeso.
- Puede agregarse un sistema de seguridad que impida que el ascensor arranque si la carga de la cabina está excedida por sobre de un valor determinado –por ejemplo, dos veces el peso de la cabina–. Una posibilidad es hacer una cabina con un “doble piso”, de modo que, cuando la carga sea excesiva, un piso “se hunda” lo suficiente como para actuar sobre un interruptor de parada general. El doble piso puede estar apoyado sobre un conjunto de resortes. También podrían usarse sensores de fuerza o de proximidad, entre otros.
- Pueden agregarse puertas en los rellanos de cada piso. Esto requiere de un diseño de la estructura levemente distinto. El cierre de las puertas a colocar tiene que estar vinculado al sistema eléctrico (actualmente, las puertas están simuladas por los interruptores en los pisos).
- El motor puede protegerse, en caso de que la fuente saque tensiones por debajo de un valor establecido –por ejemplo, 9 V–. Para este propósito, es necesario añadir componentes de electrónica.

Recuerde que el equipo que se presenta está lejos de ser un “juguete de colección”; es de su grupo. Permita que los alumnos jueguen tecnológicamente con él y continúen resolviendo la propuesta de contar con una versión cada vez mejor. Tampoco exagere: Si la tendencia es a armar y desarmar, el equipo estará siempre desarmado... ¡y no podrá mostrar sus logros a las visitas!



## Algunas preguntas para nuestros alumnos

- ¿Cuál es la velocidad de ascenso del ascensor? Y, ¿la de descenso? Para contestar esto, deben medirlas. Usen un cronómetro para medir los tiempos de ascenso y descenso. ¿Coinciden esas velocidades?
- ¿Cuándo acelera el ascensor? ¿Cuando sube? ¿Cuando baja? ¿Cuando arranca? ¿Cuando para?
- ¿Cuál es la máxima tensión que soporta el cable que tira de la cabina del equipo? ¿Cómo miden esta tensión máxima? El ensayo que hacen para obtener el dato, ¿es del tipo *destrutivo* o *no-destrutivo*?
- ¿Cuál es la potencia del motor que usa en el equipo? ¿Qué datos necesitan conocer? ¿A través de qué mediciones los obtienen?
- ¿En qué momento el motor hace la máxima fuerza? ¿En qué momento circula por él la máxima corriente? ¿Pueden medir esa corriente? ¿Qué instrumento hace falta?
- ¿A través de qué ensayos pueden controlar las cualidades de los componentes eléctricos que se usan en el equipo?
- ¿Qué materiales alternativos podrían usarse para la estructura del equipo?



- Ustedes tienen que diseñar un sistema de alarma de la cabina de un ascensor, ¿qué colocarían y por qué? ¿Una campana que no necesita de energía eléctrica para funcionar? ¿Un megáfono en una caja de vidrio que hay que romper en caso de emergencia? ¿Un timbre activado con un pulsador? ¿Un timbre activado con una llave con retención? ¿Un teléfono celular de uso público?
- En su análisis del punto anterior, ¿consideraron el tipo de usuario del ascensor (personas mayores, niños, personas con movilidad reducida o con discapacidades)?
- ¿Por qué pueden decir que el equipo construido es un *objeto tecnológico*?
- ¿Por qué también pueden categorizar al equipo como un *sistema tecnológico*?
- ¿Qué subsistemas distinguen en el sistema ascensor?
- ¿Hay algún subsistema del ascensor que pueda llamarse “transversal”, en el sentido que comparta sus funciones con varios de los demás subsistemas?
- ¿Cómo definen la calidad de las componentes del ascensor? ¿Qué partes necesitan, en su opinión, tener mayor fiabilidad? ¿Cuáles necesitan mantenimiento preventivo más asiduo?

## 5. LA PUESTA EN PRÁCTICA

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

Esta evaluación tiene dos finalidades:

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

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

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

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

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

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

*Desde ya, muchas gracias.*

# Identificación del material:

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

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

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

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

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

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

## 2. Contenidos científicos y tecnológicos trabajados:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





### 3. Componentes didácticos:

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

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

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

### 3.2. Estrategias

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

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

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

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



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

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



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

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

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

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

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:

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



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

Acercas de los materiales, herramientas e instrumentos:

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

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

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



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



- a.**  Se ajusta mejor a los contenidos curriculares que necesita trabajar.
- b.**  Es más económico.
- c.**  Permite su reutilización (mediante el desarme y armado, en función de necesidades didácticas).
- d.**  Es más adaptable (a diversos usos).
- e.**  Otra (Por favor, especifique): .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- f.** Descripción del recurso didáctico construido: .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- g.** Indique las principales diferencias con el equipo propuesto (estructurales, funcionales, didácticas):.....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....



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

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

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

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

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





Capacidad para tomar decisiones	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
o. Analizar alternativas en función de un problema.				
p. Seleccionar alternativas en función de las restricciones planteadas en el problema, o en el contexto de enseñanza y de aprendizaje.				
q. Adecuar la propuesta para la solución del problema planteado.				
r. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				

Capacidad de aplicar y transferir	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
s. Interrelacionar los datos, técnicas y procedimientos en el diseño de la solución.				
t. Utilizar técnicas de representación adecuadas al equipo que se construye o en el ya construido que se utiliza.				
u. Integrar los conocimientos científicos y tecnológicos en los momentos pertinentes para el diseño de la solución.				
v. Relacionar, ensamblar componentes en la secuencia adecuada.				
w. Utilizar de manera correcta la simbología y los lenguajes propios de la tecnología (representación gráfica, simbólica, etc.).				
x. Transferir conocimientos científicos y tecnológicos en otras actividades similares.				
y. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				

Otro (Por favor, exprese aquí los comentarios que tenga, identificando el ítem con la letra que corresponda):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





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

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

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

Otras (Especifíquelas, por favor)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



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

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

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

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

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....







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

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

.....

.....

.....

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



## 8. Propuestas o nuevas ideas:

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

En función de ello, le solicitamos que nos indique:

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

<b>a.</b> <input type="checkbox"/> docente a cargo de un grupo de alumnos	<b>b.</b> <input type="checkbox"/> directivo
<b>c.</b> <input type="checkbox"/> responsable de la asignatura: .....	<b>d.</b> <input type="checkbox"/> lector del material
<b>e.</b> <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 providing space for the respondent to write their ideas and proposals.



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

¿Puso en práctica alguna de estas ideas o propuestas?

¿Cuál/es? ←

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

En caso negativo, por favor, indíquenos por qué:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Títulos en preparación de la serie “**Recursos didácticos**”.

- Agenda electrónica para personas con disminución visual
- Arquitectura bioclimática
- Auto solar
- Banco de trabajo
- Generador eólico
- Manipulador neumático
- Máquina de vapor
- Matriceria. Moldes y modelos
- Planta de tratamiento de aguas residuales
- Simuladores interconectables basados en lógica digital
- Sismógrafo
- Sistemas SCADA para el control de procesos industriales
- Tren de aterrizaje