

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 libros⁴ 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

⁴ 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 abstracta⁵. 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*⁶.

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-

⁵ Diccionario de la Real Academia Española. Puede consultarse en: www.rae.es.

⁶ 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 sistema⁷; 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.⁸

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 colectivo⁹. 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

⁷ 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.

⁸ Si a usted le gusta leer, asómbrase 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...

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

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-

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.

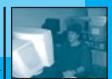


Podemos elaborar una descripción de un ascensor como objeto tecnológico.

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 colectivo¹⁰. 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 constructores¹¹. 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,

¹⁰ 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.

¹¹ 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 sí¹². Un sistema fundamenta su existencia y sus funciones como un todo mediante la interacción de sus partes.

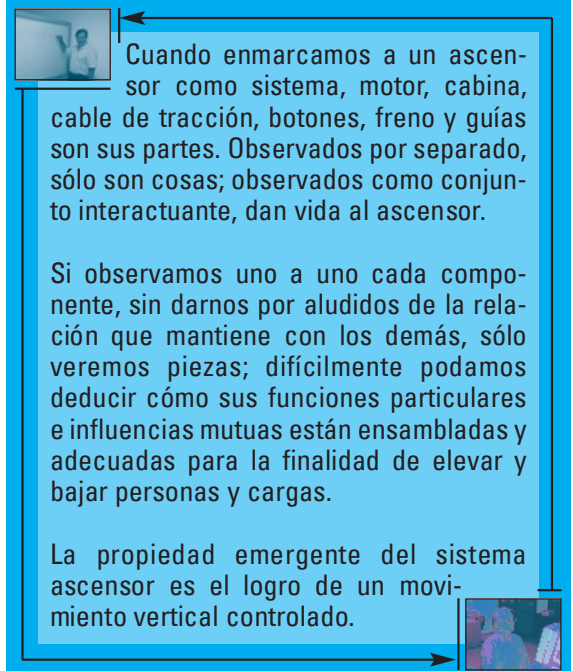
Por lo anterior, la disposición de las piezas es fundamental: las partes están juntas y funcionan todas juntas. Un sistema cambia si se quitan o añaden piezas; y, si se divide en dos, no se conseguirán dos sistemas más pequeños, sino un sistema defectuoso que probablemente no funcione (“Dividir un elefante por la mitad no genera dos elefantes pequeños.”¹³). 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.*¹⁴

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.

¹² Diccionario de la Real Academia Española.

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

¹⁴ 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.

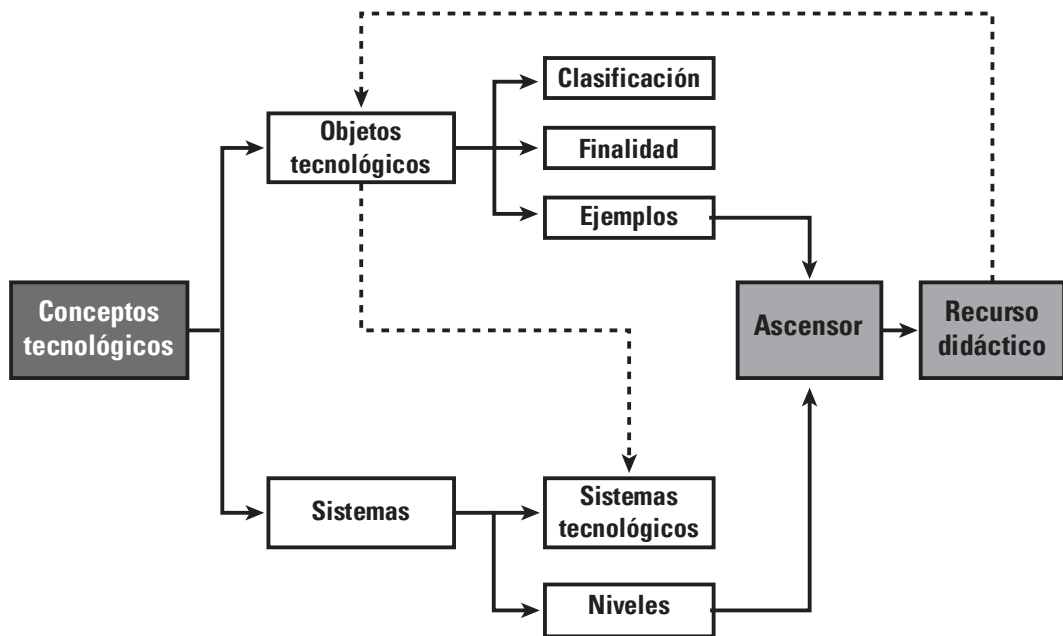
Según lo precedente, el cuerpo humano, por ejemplo, es un sistema. Lo interesante de la definición de sistema es que nos habilita para buscar aspectos en común entre entidades tan variadas como una bicicleta (que tiene varias partes mecánicas), la geometría de Euclides (con su conjunto de postulados 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.¹⁵
- 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.

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