

MECANISMOS EN APARATOS, MÁQUINAS E INSTRUMENTOS

ALBERTO RODRÍGUEZ
FABIO PINEDA



Rodríguez, Alberto

Mecanismos en aparatos , máquinas e instrumentos / Alberto
Rodríguez, Fabio Pineda. --Medellín : Fondo Editorial
Universidad EAFIT, 2009.

348 p. ; 24 cm. -- (Colección académica)

Incluye bibliografía.

ISBN 978-958-720-032-4

1. Máquinas herramientas. 2. Maquinaria en la industria
3. Ingeniería mecánica. 4. Maquinaria I. Pineda, Fabio II. Tít.
III. Serie.

621.9 cd 21 ed.

A1216488

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

MECANISMOS EN APARATOS, MÁQUINAS E INSTRUMENTOS

Primera edición: mayo de 2009

© Alberto Rodríguez

© Fabio Pineda

© Fondo Editorial Universidad EAFIT

Cra. 49 No. 7 sur-50 - Tel.: 261 95 23

www.eafit.edu.co/fondoeditorial

Email: fonedit@eafit.edu.co

ISBN: 978-958-720-032-4

Diseño de colección: Miguel Suárez

Ilustración de carátula: Pablo Vásquez V., Tomás Moreno P.

Editado en Medellín, Colombia

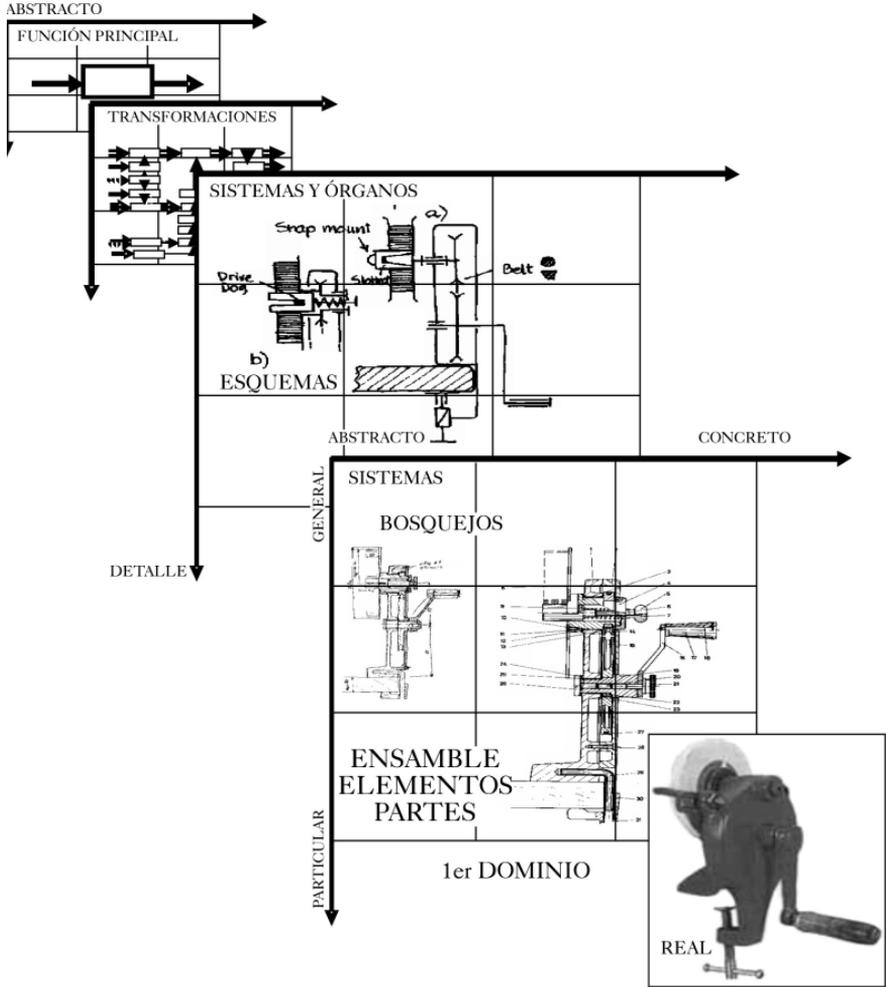


TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
CAMINOS EXPLICATIVOS	11
DISTINCIONES EN EL LENGUAJE Y CAMINOS EXPLICATIVOS	13
DOMINIOS EXPLICATIVOS	18
CAPÍTULO 1: UN PRIMER DOMINIO EXPLICATIVO	23
1.1 LA PALABRA, EL VOCABLO, LA VOZ, EL TÉRMINO, LA DICCIÓN	24
1.2 PROPIEDADES BÁSICAS	29
1.2.1 ESTRUCTURA: REDES Y RELACIONES	30
1.2.1.1 SUPERFICIES ACTIVAS	50
1.2.2 PATRONES DE FORMA, CRECIMIENTO Y CUADRÍCULAS	51
1.2.3 DIMENSIONES: UNIDAD, COHERENCIA Y RITMO	57
1.2.3.1 TALLA A ESCALA DE LO NATURAL	57
1.2.3.1.1 ORDEN E IGUALDAD (SECCIÓN ÁUREA)	57
1.2.3.1.2 CRECIMIENTO Y PATRONES DE FORMA (APLICADOS A CUADRADOS Y RECTÁNGULOS ÁUREOS)	59
1.2.3.2 CRECIMIENTO Y PATRONES DESDE LO NATURAL Y PARA LO ARTIFICIAL	62
1.2.3.3 OTROS CÁNONES EN CUESTIÓN DE RAZONES, PROPORCIONES Y PROGRESIONES	64
1.2.3.4 UNA CIERTA RUPTURA	66
1.2.3.5 ELEMENTOS Y TIPOS DE DIMENSIONES	73
1.2.3.6 ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE MECANISMOS	76
1.2.3.6.1 SÍNTESIS ESTRUCTURAL (A MODO DE REFERENCIA INICIAL)	78
1.2.3.6.2 SÍNTESIS DIMENSIONAL	79
1.2.3.6.3 MECANISMOS DE CUATRO BARRAS (VERIFICACIÓN DIMENSIONAL DE SU TIPO)	114

CAPÍTULO 2: UN SEGUNDO DOMINIO EXPLICATIVO	117
2.1 LENGUAJE BASE: GRAFOS Y DENOMINADORES	121
2.1.1 GRAFOS	121
2.1.2 DENOMINADORES	125
2.2 SÍNTESIS ESTRUCTURAL	129
2.2.1 ESTRUCTURAS O CADENAS CINEMÁTICAS	131
2.2.2 GRADOS DE LIBERTAD DE UN MECANISMO	134
2.2.3 CRITERIOS DE MOVILIDAD Y GRADOS DE LIBERTAD EN UNA CADENA CINEMÁTICA	135
2.3 REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA DE CADENAS CERRADAS	139
2.3.1 CONFIGURACIÓN CINEMÁTICA O ESTRUCTURAL	140
2.3.2 CADENAS CINEMÁTICAS ISOMORFAS	141
2.3.3 LEYES DE NIETO	142
2.3.4 INVERSIÓN CINEMÁTICA	147
2.3.5 GRUPOS DE ASSUR	151
2.4 OBTENCIÓN DE MECANISMOS POR ADICIÓN DE DÍADAS O SUSTITUCIÓN DE PARES	153
2.4.1 ADICIÓN DE DÍADAS O GRUPOS DE ASSUR	153
2.4.2 SUSTITUCIÓN DE PARES	153
2.5 OTRAS EQUIVALENCIAS	163
2.5.1 MECANISMOS RRRP (3R–1P)	163
2.5.2 MECANISMOS RRPP (2R–2P)	164
2.5.3 MECANISMOS RPRP	164
2.6 ORGANIZACIONES Y SISTEMAS	166
 CAPÍTULO 3: UN TERCER DOMINIO EXPLICATIVO	 179
3.1 TELEOLÓGICO: FINES	180
3.2 FUNCIÓN, FUNCIONES Y FUNCIONAMIENTO	181
3.3 MANEJO DEL ESPACIO, DEL TIEMPO, DE LA MAGNITUD, DEL TIPO Y LA CANTIDAD	186
3.3.1 EL MANEJO DEL TIEMPO	186
3.3.2 EL MANEJO DEL ESPACIO	187
3.3.3 EL MANEJO DEL TIPO	197
3.3.4 EL MANEJO DE LA CANTIDAD	202
3.3.5 EL MANEJO DE LA MAGNITUD	203
3.4 FUNCIONES Y PORTADORES DE FUNCIÓN	203

CAPÍTULO 4: UN CUARTO DOMINIO EXPLICATIVO	207
4.1 LOS SISTEMAS HOMBRE ARTEFACTO AMBIENTE	208
4.2 NECESIDADES HUMANAS, SATISFACTORES Y BIENES ECONÓMICOS	209
4.2.1 NECESIDADES Y SATISFACTORES	210
4.2.2 SATISFACTORES Y BIENES ECONÓMICOS	211
4.2.3 MATRIZ DE NECESIDADES Y SATISFACTORES	213
4.3 LOS ARTEFACTOS TÉCNICOS –BIENES ECONÓMICOS–	214
4.4 LOS MECANISMOS	221
CAPÍTULO 5: EJEMPLOS	237
5.1 ELEVADOR DE RUEDAS SIN APERTURA	238
5.2 VEHÍCULO TIPO GO KART	266
5.3 BANCO DE TRABAJO PARA MOTOCICLETAS	288
5.4 BICICLETA DH	307
5.4.1 SÍNTESIS DIMENSIONAL	310
5.5 DOBLADORA DE TUBOS	319
5.5.1 SÍNTESIS DE TIPO	319
5.5.2 SÍNTESIS ESTRUCTURADA: SÍNTESIS DE TIPO Y DE NÚMERO	321
5.5.3 FUNCIÓN PRINCIPAL	325
5.5.4 CUANTIFICACIÓN DE LOS FLUJOS	326
5.5.5 VENTAJA MECÁNICA	328
5.6 TIJERA PODADORA	333
BIBLIOGRAFÍA	343

INTRODUCCIÓN

Hemos organizado las diferentes partes que constituyen el presente texto como si fuesen una *matruzka*. Al examinarlo se podrá encontrar que hay otros contenidos más internos, pero de ningún modo con aquel sentido literal de la matruzka que mientras se va haciendo pequeña es igual a la otra, es idéntica. El texto tiene otro tipo de relación de igualdad debido a que todas las dimensiones explicativas en que lo hemos dividido y que se corresponden con las secciones del mismo están referidas a la Teoría de Máquinas y Mecanismos (TMM).



Cuatro caminos explicativos –o matruzkas– lo componen. Cada uno de ellos, aunque puede ser leído en forma independiente, construye relaciones con los otros.

El texto centra su énfasis en exponer las teorías y en explicar cómo ellas se hacen presentes en las máquinas, además propone diferentes niveles de reflexión o caminos explicativos respecto a los conceptos que en él se tratan.

CAMINOS EXPLICATIVOS

En el realismo crédulo de la ingeniería –en el cual nos hallamos inmersos– aceptamos la existencia de un mundo independiente del observador, reducible a interpretaciones y explicaciones de tipo físico, biótico, antrópico y artificial, el cual consideramos poseedor, también, de unas leyes simples e inteligibles, y en el que mentimos diciendo que sabemos cómo actuar para introducir en la realidad (mundo de lo

artificial) modificaciones a voluntad.¹ A esta postura interpretativa la denominaremos de la *objetividad* sin paréntesis. Y en ella admitiremos que las habilidades cognitivas son parte de nuestra constitución.

Por ello, al querer explicar todos los aspectos de nuestra praxis nos obligamos a ser objetivos, asumiendo que la vida tiene lugar con autonomía de lo que hacemos, que las cosas existen con independencia del conocimiento que tengamos de ellas y de la posibilidad de frecuentarlas o no a través de la percepción o la razón. Adoptamos como recurso para nuestras explicaciones un dominio único de realidad, una referencia trascendental, un *uni-verso*.

Tenemos, igualmente, la posibilidad de escoger otro camino explicativo,² el de la (*objetividad*) entre paréntesis. Aquí, el observador acepta que él es un sistema viviente, que sus habilidades cognitivas son biológicas.³ Más aún, adoptando este camino explicativo, el observador tiene que aceptar como sus características constitutivas todas las particularidades de los sistemas vivientes, especialmente su incapacidad para diferenciar, en la experiencia, lo que en la vida diaria distinguimos como percepción e ilusión.⁴

¹ Jaime Blasco Font de Rubinat, *Los proyectos en los sistemas artificiales*, Barcelona, UPC, 2000, pp.13-23.

² Humberto Maturana R, *La objetividad*, Santiago, Océano, 2002, pp. 39-46.

³ “Tómese, por ejemplo, un organismo unicelular como el paramecio. Su manera casi exclusiva de respuesta es la reacción de huida (fobotaxia), que manifiesta hacia los estímulos más diversos, químicos, táctiles, térmicos, fóticos, etc. Sin embargo, esta reacción sencilla es suficiente para guiar al animal, carente de órganos sensorios específicos, a la región de condiciones óptimas. Tantas cosas como hay en el ambiente del paramecio, algas, otros infusorios, pequeños crustáceos, obstáculos mecánicos y demás, no existen para él. Sólo es recibido un estímulo que desencadena la reacción de huida”.

Y continúa este texto expresando más adelante: “Tómese, por ejemplo, una garrapata al acecho en una mata hasta que pase un mamífero en cuya piel se instala y bebe sangre hasta saciarse. La señal es el olor del ácido butírico que es segregado por las glándulas dérmicas de todos los mamíferos. Siguiendo este estímulo, se lanza; si cayó en un cuerpo caliente –lo cual le indica su sensible sentido térmico–, ha alcanzado la presa, un animal de sangre caliente, y sólo necesita, ayudada por el sentido táctil, un lugar sin pelo para perforarlo. Así el rico medio circundante de la garrapata se contrae hasta ser una breve configuración en la que sólo lucen, como faros, tres señales, suficientes, sin embargo, para guiar el animal con seguridad a su meta. O bien, algunos erizos de mar responden a cualquier oscurecimiento apretando las espinas. Esta reacción es aplicada invariablemente contra toda nube o bote que pasa, o contra el verdadero enemigo, un pez que se acerque. Aunque el medio del erizo de mar contiene muchos objetos diferentes, su ambiente sólo contiene una característica, a saber, opacamiento de la luz” (Ludwig von Bertalanfy, *Teoría general de los sistemas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1976, pp. 233-261).

⁴ El presente tema puede ser definido como sigue: las categorías del conocimiento, del cotidiano tanto como del científico, que en última instancia es un afinamiento de aquél,

En el camino explicativo de la (*objetividad*) entre paréntesis, el observador se manifiesta como el generador de toda realidad –a través de sus operaciones de distinción–. Se descubre trayendo a la mano tantos dominios de realidad como diferentes tipos de operaciones de distinción, y en contraste con el primer camino, las explicaciones no son constitutivamente reducidas porque en ellas no hay búsqueda de una única o última explicación para todo.

El observador que sigue este camino explicativo se da cuenta de que vive en un *multi-verso* y que, en éste, una divergencia explicativa es una invitación a una reflexión y no una negación irresponsable del otro.

DISTINCIONES EN EL LENGUAJE Y CAMINOS EXPLICATIVOS

Nosotros, los seres humanos, operamos como observadores, esto es, hacemos distinciones en el lenguaje, más aún, si nos piden explicar, ¿qué hacemos? Usualmente decimos que en nuestro discurso denotamos –y que, cuando interpretamos el discurso del otro connotamos– con las palabras y los argumentos, realidades que existen independientemente de nosotros.⁵

En el entorno exterior podemos ver estabilidad y transformación. Nuestro lenguaje las reúne en la relación sujeto-verbo; y las presenta en los enunciados: sujeto-verbo-complemento directo, de manera que, cuando proferimos la frase “el cuchillo corta pan”, el verbo señala la transformación del segundo sujeto en la espera de una invarianza –espacio, tiempo– (no cambio, estático) del primero.

En los Artefactos Técnicos,⁶ la estabilidad, –decimos– está presente en los elementos y partes que los constituyen –en el cuerpo del cuchillo: la hoja, el mango–, y la transformación –o cambio– está presente –en los flujos– en la materia –o pan–. Reconocemos, también, dos variedades de sujetos los cuales se nombran para diferenciar los tipos de cuerpos –barras– y las clases de flujos –Materia, Energía, Fuerza e Información–. Reconocemos, además, la transformación que los vincula –al flujo con

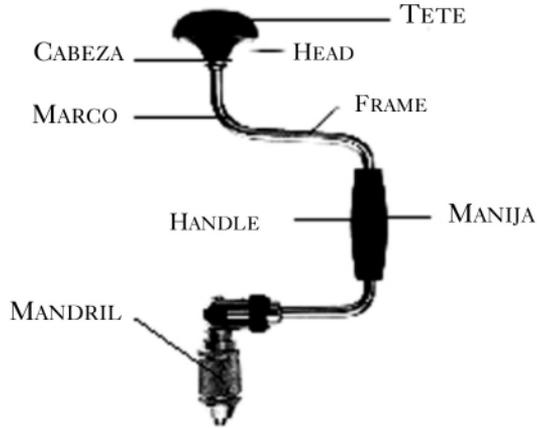
dependen, primero, de factores biológicos; segundo, de factores culturales; en tercer lugar, de las limitaciones humanas. *Ibid.*

⁵ Parafraseando a J. Blasco, *Op. cit.*, pp. 13-26.

⁶ Ciertas palabras que configuren un sentido conceptual en el texto aparecerán con mayúsculas.

el cuerpo– y que delata los nexos con otras mediante pares o superficies activas.

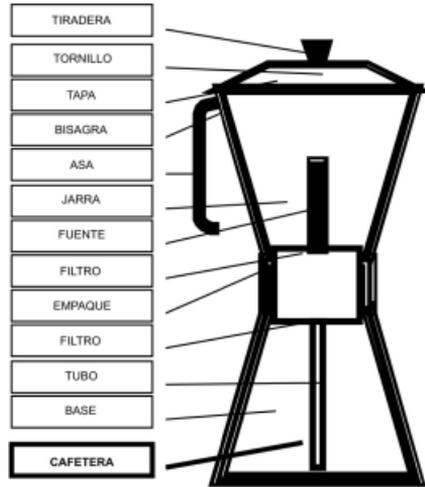
Unas veces centramos la atención en el sujeto, o sea en las cosas –en los cuerpos y en los flujos– y las asociamos a los nombres. Otras veces, en las acciones, o sea, en los verbos, en las transformaciones.



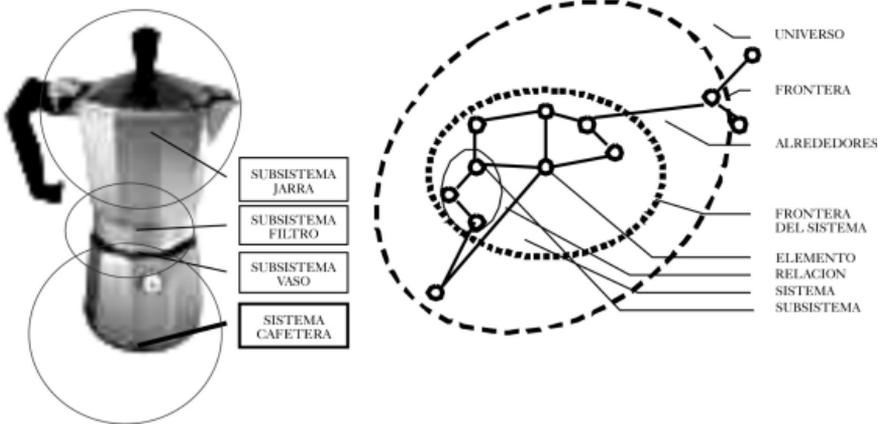
Tanto los nombres como los verbos solamente son símbolos hablados o escritos de unas unidades culturales de nuestra creación. Diferenciamos los elementos y las partes con la ayuda del lenguaje a partir de los datos que nos ofrecen nuestros sentidos. Con nuestra capacidad cognitiva distinguimos tanto una estabilidad como unas transformaciones en la realidad exterior –indiferenciada y confusa–. Ello, en el marco del espacio tiempo.

Al centrar la atención en la estabilidad o permanencia, al margen y con independencia del lugar y el momento, diferenciamos:

- Unos objetos con unas formas –primer camino explicativo–, a los que consideramos unidades independientes o elementos y partes, a las cuales asignamos nombres propios o comunes con artículos determinados: la tapa, la jarra, la cafetera, el gancho, la puerta.



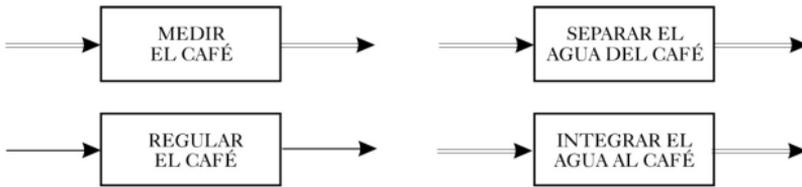
- Unos sistemas sin forma: constituidos por conjuntos de objetos –barras– relacionados espacialmente –y vinculados unos a otros por los flujos que se transforman en el interior de los Artefactos Técnicos por medio de pares– que también vemos como unidades independientes –segundo camino explicativo–: las barras, los pares, la estructura cinemática, los órganos y la organización que integran.



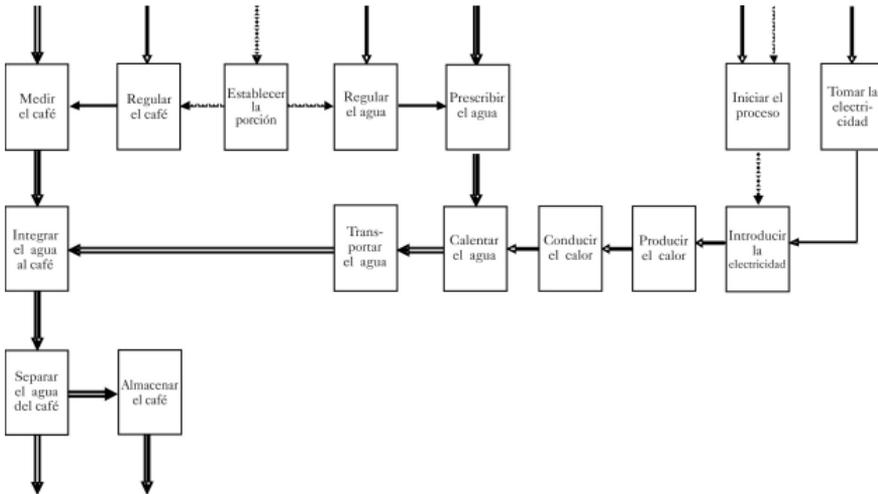
Al centrar la atención en el cambio, es decir, al introducir el tiempo, observamos tanto en los objetos como en los sistemas unas transformaciones continuas y constantes con velocidades muy diversas y de carácter general –cortar, rasgar y quebrar–, que no acontecen con la misma rapidez y que no se ejecutan en un mismo momento. Las

denominamos fenómenos y las distinguimos, tipificamos y damos nombres mediante unos verbos que se pueden corresponder con:

- Unas acciones independientes bien diferenciadas y puntuales –segundo camino explicativo–, expresadas por medio de funciones parciales: medir café, calentar agua, juntar café con agua caliente... que se dejan generalizar y enunciar mediante expresiones tales como: dividir materia, incorporar energía a un flujo material, unir dos flujos materiales.



- Unas estructuras de acciones relacionadas con una finalidad –estructuras funcionales y función principal– y el cumplimiento de una intención –primer y segundo caminos explicativos–.

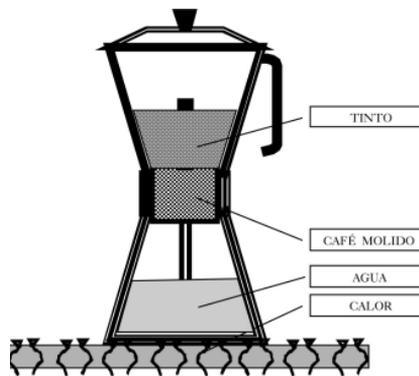


Este sistema verbal, del cual venimos hablando, alude a un sistema intencional⁷ y a:

⁷ The dual nature of technological objects. A technological object such as a television set or screwdriver has a dual nature. On the one hand, it is a *physical object* with a specific physical structure (physical properties), the behaviour of which is governed by the laws of nature. On the other hand, an essential aspect of any technological object is its *function*. A technological object has a function, which means that

- Unas divisiones internas –segundo camino explicativo– que agrupan por partes los elementos que componen un objeto, según una serie de tareas o flujos particulares que ellos manejen: el sistema de control, el sistema de potencia –un subsistema del sistema–, el sistema de regulación –otro subsistema del sistema–, etc.

Además, reconocemos otros sujetos. Los transformados, los que complementan el objeto y, se señalan como flujos de Materia, Fuerza, Energía e Información: el calor (Energía), el agua caliente (Materia), el café molido (Materia), el extracto o tinto (Materia). Así mismo, identificamos la presencia de una Energía que preside los cambios de la Materia y de la Información a través de las acciones declaradas.

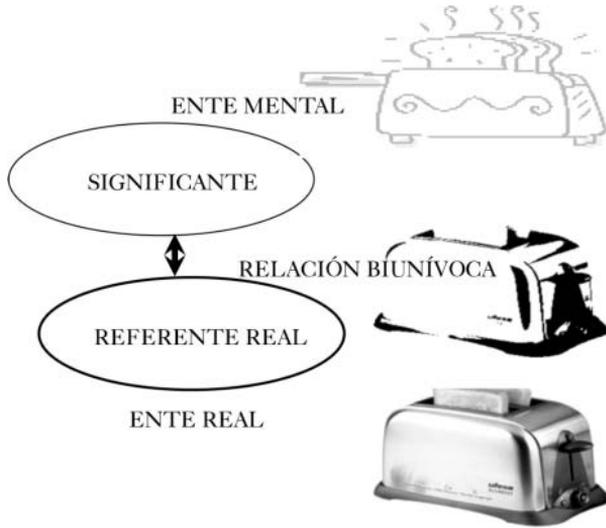


within a context of human action it can be used as a means to an end. A physical object is the carrier of a function and it is by virtue of its function that that object is a *technological* object. Usually a technological object is the embodiment of a human design and is specifically made to realize a certain function. Function and physical carrier together constitute a technological object. The function cannot be isolated from the context of use of a technological object; it is defined within that context. Since that context is a context of human action, we will call the function a human (or social) construction. Thus, a technological object is a physical construction as well as a human/social construction.

This dual nature of technological objects is reflected in two different modes of description, viz., a *structural* and a *functional* mode of description. In so far as it is a physical object, a technological object can be described in terms of its physical or structural properties and behaviour. This structural mode of description makes use of concepts from physical laws and theories and is free of any reference to the function of the object. The language of modern physics has no place for functions, goals or intentions. With regard to its function, a technological object is described in an intentional (teleological) way: the function of a television set is to produce moving pictures, of a screwdriver to tighten or loosen screws (Searle, 1995). Purely functional descriptions of an object have, from a structural point of view, a black box character in the sense that they do not specify any physical properties of the object: a television set is *something* (whatever it may be) to produce moving pictures, a screwdriver is *something* to tighten and loosen screws. (P.A. Kroes, “Design Methodology and the Nature of Technical Artifacts”, *Design studies*, Great Britain, Elsevier, vol. 23, núm. 3, may 2002, pp. 291-298).

DOMINIOS EXPLICATIVOS

Como resultado de nuestra capacidad cognitiva y de nuestra educación vivimos y actuamos en un *multi-verso* constituido por unidades culturales con diferentes grados de correspondencia con la realidad exterior.



A partir de la percepción de las unidades culturales, entes reales o cosas, sujetos o acciones, que distinguimos y diferenciamos en la realidad exterior (*uni-verso*), hemos generado otras unidades culturales (entes mentales) que denominamos conceptos y que forman el lenguaje (*multi-verso*).

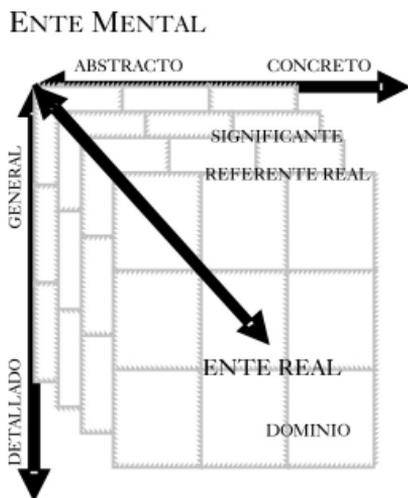
La unidad cultural, ente mental, el nombre propio o nombre común con artículo determinado es el significante de la unidad cultural real: la expresión (tostadora) es el significante de la tostadora instalada en mi cocina.

La unidad cultural ente real, acción o cosa, particular y concreta es el referente del concepto: el perro con vida –mi perro– es el referente del concepto Perucho, su nombre.

Hay otras unidades culturales mentales, más generales, que señalamos con artículos indefinidos: *un* destornillador. *Un* es el significante de cualquier destornillador, y toma en consideración las propiedades comunes o genéricas de esos objetos –por medio de adjetivos–: grande, pesado, colorido.

Unas propiedades locales y temporales –de tiempo y lugar–, comunes a ciertas acciones: *almacenar, unir, dividir, aumentar, disminuir...* quedan excluidas pues refieren cambios adverbiales asociados a la cantidad, al tipo, a la magnitud, etc.

La amplitud y detalle en el contenido del concepto siempre es menor que la de su referente real, y su diferencia aumenta con cada nivel de abstracción.



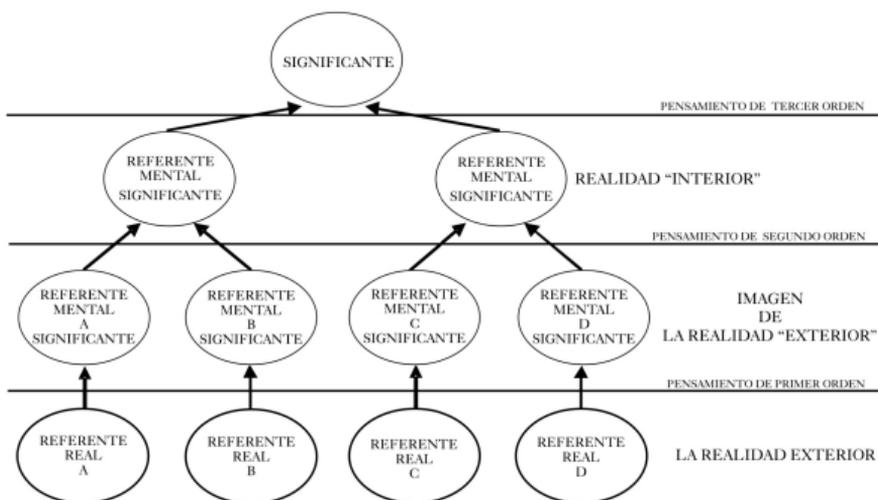
Un significativo sólo es verdadero si hay un referente en la realidad exterior de igual o mayor contenido.

Debido a nuestras limitaciones perceptivas, el ente mental, significativo directo, será siempre una pobre réplica de su referente en la realidad exterior. Y el contenido queda en cierto modo abierto y ampliable, en cuanto aumentemos el conocimiento o nos interese por los detalles del referente real.⁸

Nuestro arsenal de conceptos o entes mentales no se limita a las nociones –digamos de primera generación– o significantes en relación directa con la realidad exterior.

Podemos aplicarle nuestra capacidad cognitiva y abstraer unos nuevos conceptos más potentes que serán significados directos de los primeros y los tendrán por referentes.

⁸ Quien argumente ser realista dirá que el concepto es una reducción de la realidad y que la empobrece tendiendo al detalle, concretando. Quien se diga idealista –por el contrario– dirá que la realidad fue reducida y deformada por la fuerza del concepto, tendiendo a la imaginación, abstrayendo.



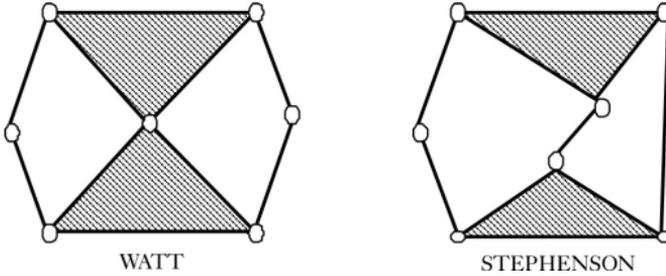
A esa “imagen” de la realidad exterior la denominaremos pensamiento de primer orden. A la reflexión mental construida sobre dicha “imagen”, pensamiento de segundo orden. Esta operación puede extenderse hasta relatar reflexiones de tercer y cuarto orden.

Es como decir: el verde de la realidad se corresponde con el verde que habita mi mente, primer orden. El segundo orden surge con la pregunta que se le hace al verde por su verde –al verde del verde–: el verde limón, el verde ácido, el verde lola. Con el tercer orden preguntaríamos por el verde del verde del verde (el texto, el texto del texto y el texto del texto del texto), y así sucesivamente. En Mecanismos esa pregunta –sobre el tercer orden– tiene que ver con la noción de estructura.

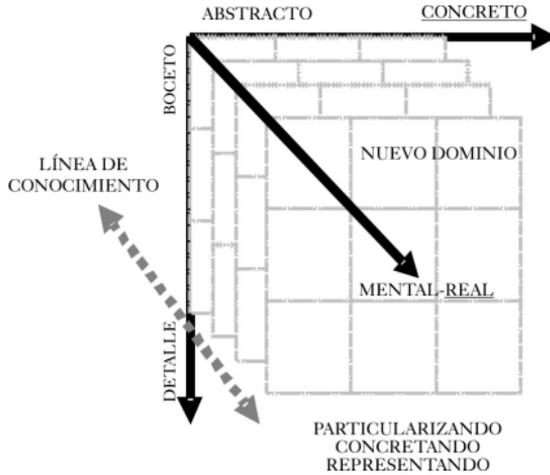


Por ello, la estructura cinematográfica es una noción de tercer orden y la distinción estructura de la estructura, de cuarto orden. Con ese nivel de abstracción distinguimos la estructura de Watt de la de Stephenson.

Sabemos que ambas tienen el mismo número de barras, grados de libertad, el mismo tipo de barras, pero diferente modo de conexión ((4, 7, 2, 0) : (n₂, p₂, n₃, p₃)).⁹



Estos nuevos conceptos serán unos significantes cada vez más lejanos y abstractos de unos referentes reales. Podemos repetir indefinidamente esta operación de abstracción y llegaremos siempre a unidades más abstractas y potentes. Y todos ellos dispondrán, como no, de sus correspondientes sistemas de signos.

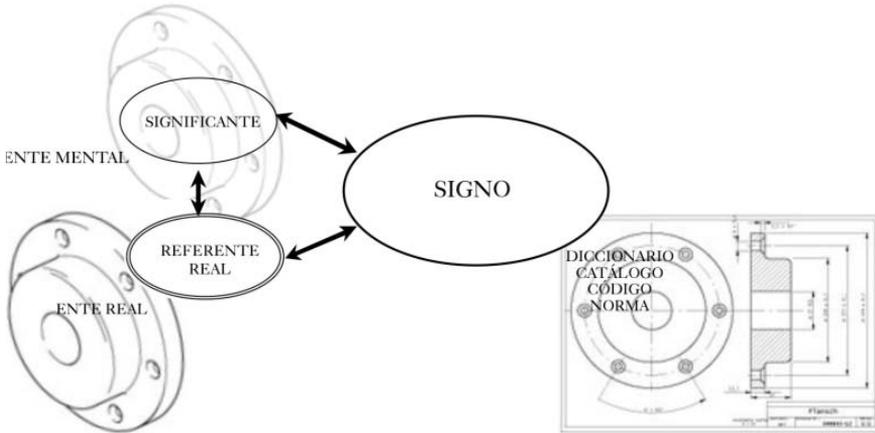


Tanto en nuestras operaciones mentales como en las de comunicación con otras personas, además de los conceptos significantes y significados o referentes, utilizamos los signos de unos y otros que manejamos en

⁹ Cuatro barras binarias, siete pares binarios, dos barras ternarias, cero pares ternarios (4, 7, 2, 0): (n₂, p₂, n₃, p₃)).

sustitución de unos y otros. Estos signos suelen ser verbales, icónicos, etc.

Por otro lado, nuestra capacidad cognitiva nos permite, además, crear y utilizar otros entes mentales. Significantes similares, en todo, a los hasta aquí expuestos, pero libres de las exigencias de un referente último, perceptible, como en los entes matemáticos.



Así las cosas, la operación de proyectar trata de transformar una invención en una realidad y, en ella, se utilizan los conceptos en todas las acepciones mencionadas.

La mayor parte del trabajo, en una operación de ingeniería, se realiza a través de signos y mediante significantes mentales, y sólo en las últimas etapas de los procesos de concreción se trabaja con un referente real y sobre un ente real.