

Índice

Capítulo 1. Un vistazo a TRIZ

1. ¿Por qué no pensé yo en esto?
2. Un reto creativo
3. La maldición del sapo.
4. ¿Algoritmo?
5. La contradicción técnica
6. ¿Caja china o piñata?
7. Y se aparece el inventor...
8. Salidos de Las mil y una noches.
9. Sistemas tecnológicos.

Capítulo 2. Fundamentos de TRIZ

10. Análisis de recursos
11. El sistema ideal.
12. La evolución de los sistemas tecnológicos
13. Matriz de contradicciones.
14. Parámetros de los sistemas tecnológicos.
15. Definición de los 39 parámetros.
16. Principios inventivos.
17. Definición de los 40 Principios inventivos.
18. Cómo utilizar los principios inventivos.
19. Los mismo viejos problemas
20. ARIZ 61.
21. ARIZ 61: un ejemplo.
22. Patentes de la Era Paleozoica.
23. La fuerza de la fantasía y la inercia mental.

Capítulo 3. El turno del juguete

24. Un juguete en el laboratorio
25. Toupies

26. Historia de juguete
27. Ejemplos de los 40 Principios de inventiva
28. Siguiendo pistas: el juguete popular
29. Siguiendo pistas: el juguete popular II
30. El juguete científico.

Apéndice: Matriz de contradicciones.

Reseña

En esta obra pretendemos dar a conocer a jóvenes estudiantes a partir de enseñanza media en particular, y al público interesado en general, lo sustancial de TRIZ, la Teoría para la resolución de problemas de inventiva, que tanta difusión tiene en el mundo, con la idea de acercarlos en su etapa formativa a los algoritmos de la invención, una de las herramientas más poderosas para las mentes creativas. Se trata de un acercamiento a TRIZ, de una hojeada general para despertar su interés en la innovación técnica y científica de tanta importancia para el desarrollo de un país. Haciendo paráfrasis de lo expresado en 1959 por los editores de El inventor, tras la discusión en torno de los artículos de Altshuller, diríamos que en una época de rápido desarrollo de la ciencia y la tecnología como la nuestra, la divulgación de “los secretos” de la habilidad inventiva, de reglas razonables de inferencia, de formas eficaces para trabajar en la innovación técnico científica es cada vez más y más urgente en nuestro país.

Introducción

En los primeros días del año de 1974 apareció en el periódico para niños *Пионерская правда*, o sea *Pionerskaya Pravda* de la antigua Unión Soviética, el primero de una serie de artículos que se publicaron bajo el rubro de *Хочешь стать изобретателем?*, es decir *¿Quieres ser inventor?* Firmaban esa primera entrega N. Linkova y G. Altov.

De tiempo atrás y hasta nuestros días la misma pregunta, al lado de otras similares como *¿quieres ser astronauta?* o *¿te gustaría ser bombero?*, se ha repetido cientos de veces en publicaciones para niños en cualquier parte del mundo para incitar la curiosidad infantil. Sin embargo, la publicación referida se distinguía de todo lo demás porque con la pregunta *Хочешь стать изобретателем?* Genrich Saulovich Altshuller, bajo el seudónimo de G. Altov, que utilizaba en cuentos de ciencia ficción, iniciaba un curso de 53 lecciones para enseñar la metodología que había creado para la resolución de problemas de inventiva, esto es: simple y llanamente un curso para ser inventor. La *Pionersakaya Pravda* tenía lectores de entre 10 a 15 años de edad, o sea escolares de los últimos grados de educación primaria y estudiantes de secundaria. A ellos estuvo dedicado el esfuerzo de este gran científico durante siete largos años. La última lección se publicó en la edición del 29 de diciembre de 1981.

De unos años atrás era yo asiduo suscriptor de publicaciones periódicas de la URSS, entre ellas el órgano informativo de los pioneros soviéticos, que con cuatro páginas tamaño tabloide aparecía dos veces por semana, de suerte que me tocó seguir desde el principio uno de los esfuerzos educativos más interesantes que se han dado para enseñar a niños de 10 a 15 años de edad a inventar, esfuerzo que dio como resultado un trabajo que ha tenido hasta nuestro días resonancia mundial.

Mientras me fue posible seguí con suma curiosidad esa serie de artículos, que aparecían muy espaciados, por el hecho de que desde las primeras

entregas se hacía referencia a algunos de los principios de la inventiva que Altshuller describía exhaustivamente en *Алгоритм изобретения, Algoritmos de la invención*, libro que acababa de llegar a mis manos, y uno de las obras fundamentales para comprender la Teoría para la resolución de problemas de inventiva que en los años siguientes desarrollaría bajo el acrónimo de TRIZ *Теория решения изобретательских задач*. Era interesante observar cómo el autor lograba traducir a la comprensión de jóvenes lectores, las ideas, conceptos y principios que se miraban demasiado complejos en la obra mencionada. Alternaba pequeños artículos teóricos con retos creativos para los lectores del periódico y un apartado que examinaba la respuesta de los escolares bajo el sugestivo título de *И тут появился изобретатель, esto es Y entonces se aparece el inventor...* con la resolución del problema de inventiva. Altshuller, complacido por la recepción y respuesta de los jóvenes lectores se hizo un colaborador habitual del periódico infantil hasta 1989 con una sección titulada *ИЗОБРЕТАТЬ? Это так просто! Это так сложно!, ¿INVENTAR? ¡Es muy fácil! ¡Y es tan difícil!*

Al tiempo que crecía mi interés por la serie de artículos, saltaban a la vista dos importantes preguntas: la primera de ellas ¿acaso es posible enseñar a inventar? Y la segunda ¿a niños de 10 a 15 años de edad?

Altshuller estaba convencido de que no sólo era posible enseñar a inventar a cualquier persona interesada realmente en hacerlo, sino que era primordial crear la metodología de la invención, labor a la que dedicó prácticamente toda su vida. A los 22 años, como examinador de patentes de la Armada Soviética, comenzó a revisar miles de patentes clasificándolas por su principio inventivo, por la forma de resolver el problema. Ello le llevó a catalogar una serie de pasos necesarios, presentes en la mayoría de invenciones y que podían aplicarse a cualquier nueva invención que se intentara acometer. En 1956 publicó el primer artículo sobre sus ideas, pero es hasta 1959 cuando se discuten en la revista *Изобретатель и рационализатор, El inventor*, y comienzan a difundirse ampliamente. Entre

1961 y 1979 se editan los libros básicos del TRIZ. En todos esos años realizó una gran actividad llenando de artículos diversas publicaciones soviéticas, impartiendo cursos, talleres, seminarios. En 1971 empezó a operar el Instituto de formación e investigación de la creatividad inventiva de Bakú, mientras que la asociación rusa del TRIZ se constituyó en 1989.

El método TRIZ fue reconocido en la Unión Soviética como una aportación muy valiosa en 1970 y comenzó a aplicarse en distintas ramas de la industria, en la educación universitaria e inclusive en áreas como la ecología y el medio ambiente.

Sus trabajos traspasaron las fronteras y se difundieron en todos los países socialistas, particularmente en la República Democrática Alemana; en 1984 se publicó en inglés su libro *Творчество как точная наука, La creatividad como una ciencia exacta*, sin causar impacto alguno ante una traducción deficiente y lo novedoso y la complejidad de la teoría expuesta.

No es sino en el año de 1992 que Altshuller y el TRIZ lograron reconocimiento en Estados Unidos al publicarse la traducción al inglés del libro *И тут появился изобретатель, Y entonces se aparece el inventor*, que no era otra cosa que la recopilación y adaptación de los artículos que publicó en la *Pionerskaya Pravda* para los escolares soviéticos, donde el método se explica a un nivel elemental sin dejar al lado sus fundamentos y cualidades. La versión rusa había aparecido en 1984 en la editorial *Детская литература, Literatura infantil*.

En esencia TRIZ es un sistema perfectamente estructurado y basado en una metodología fácil de enseñar a cualquier individuo, con objeto de que enfrente problemas de innovación tecnológica o producción de inventos, de una forma programada y exitosa; una teoría sobre la cual se ha desarrollado una metodología, todo un conjunto de herramientas basadas en modelos para la generación de ideas, y soluciones innovadoras, así como herramientas y métodos para la formulación de problemas, análisis de sistemas, análisis de fallas y patrones de evolución de sistemas. Sus

aplicaciones son innumerables y, lo importante para responder a las preguntas que nos hicimos líneas atrás: la Teoría para la resolución de problemas de inventiva es accesible a jóvenes estudiantes y a prácticamente cualquier persona interesada en trabajar con problemas creativos.

En esta obra pretendemos dar a conocer a jóvenes estudiantes a partir de enseñanza media en particular lo sustancial de TRIZ, la Teoría para la resolución de problemas de inventiva, que tanta difusión tiene en el mundo, con la idea de acercarlos en su etapa formativa a los algoritmos de la invención, una de las herramientas más poderosas para las mentes creativas. Se trata de un acercamiento a TRIZ, de una hojeada general para despertar su interés en la innovación técnica y científica de tanta importancia para el desarrollo de un país. Haciendo paráfrasis de lo expresado en 1959 por los editores de *El inventor*, tras la discusión en torno de los artículos de Altshuller, diríamos que en una época de rápido desarrollo de la ciencia y la tecnología como la nuestra, la divulgación de “los secretos” de la habilidad inventiva, de reglas razonables de inferencia, de formas eficaces para trabajar en la innovación técnico científica es cada vez más y más urgente en nuestro país.

Altshuller utiliza cientos de ejemplos de problemas inventivos para ilustrar su resolución en base tanto a los 40 Principios de inventiva como al uso de los Algoritmos para la resolución de problema de inventiva (ARIZ). Muchos de los ejemplos y ejercicios que propone se refieren a tecnologías que son del dominio de especialistas de distintas ramas, lo que hizo difícil la lectura de su primera traducción al inglés. En esta obra dedicamos una sección completa para hacer referencia a ejemplos del extraordinario acervo de inventos que ha enriquecido la cultura humana bajo el nombre genérico de “juguetes”, a sabiendas de que en el sistema tecnológico más sencillo, como puede ser un muñeco maromero, un caminante vectorial o un carrito impulsado por un motor de banda elástica, se ocultan no sólo principios físicos complejos, sino las bases de la creatividad y el ingenio humanos, no en balde los grandes

divulgadores de la ciencia, Tisiander y Ozama por ejemplo, dedicaron mucha atención a la juguetería popular denominando “juguetes científicos”, a todas esas creaciones.

En lo personal, en 1975, basándome en las primeras colaboraciones de G. Altov en la *Pionerskaya* y partiendo de su libro *Алгоритм изобретения*, *Algoritmos de la invención* me atreví a escribir un manual para el joven inventor a fin de difundir los principios de la inventiva que son la columna vertebral de las aportaciones de Altshuller y su teoría para la resolución de problemas de inventiva. No encontré editor interesado en esos años, y en 1995 presenté un amplio resumen de dicho Manual en el número 3 de la revista *Odisea con Ciencia y Ecología*, que publicamos en CD en la Universidad de Colima. En esos años, como ahora, estaba convencido, de la necesidad de difundir ampliamente en nuestros países los fundamentos de TRIZ, pues tal como afirma Altshuller en uno de sus escritos: “Se puede adquirir el conocimiento de la teoría de la invención a cualquier edad; sin embargo, si el aprendizaje empieza temprano los resultados serán mejores.”

Capítulo 1

Un vistazo a TRIZ¹

Contenido:

1. *¿Por qué no pensé yo en esto?*
2. *Un reto creativo*
3. *La maldición del sapo.*
4. *¿Algoritmo?*
5. *La contradicción técnica*
6. *¿Caja china o piñata?*
7. *Y se aparece el inventor.*
8. *Salidos de Las mil y una noches.*
9. *Sistemas tecnológicos.*

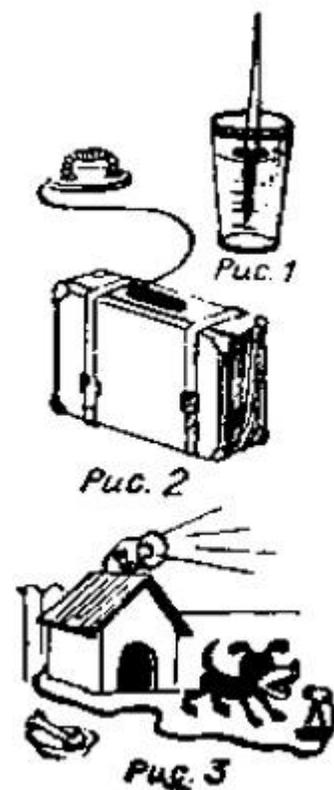
§. 1. *¿Por qué no pensé yo en esto?*

Estamos rodeados de pequeños y grandes inventos, algunos de los cuales ni siquiera los hemos considerado como tales. El clip, el alfiler de seguridad, el cepillo de dientes, el lápiz, los fósforos, la pluma fuente, las tachuelas, el yo-yo, la perinola... Así como hay invenciones sencillas, muy primarias, comprensibles para aquellos que no se interesan en la tecnología, existen inventos de gran trascendencia histórica que ahora no nos parecen extraordinarios, como la rueda, por ejemplo; y hay otros inventos que no dejan de deslumbrarnos por su avance tecnológico, como los modernos teléfonos celulares con múltiples aplicaciones.

¹ N. del A. Los fundamentos, ideas y conceptos de TRIZ que se exponen en esta obra se basan en el libro de G. S. Altshuller, *Алгоритм изобретения, Algoritmos de la invención*, Editorial Московский рабочий, 1973.

N. del A. Lo publicado en su mayor parte en la Pionerskaya Pravda se encuentra en archivos en la página oficial de Altshuller: <http://www.altshuller.ru/school/>, mismos documentos en los que se basa para la obra para niños que lo dio a conocer en Occidente: *И тут появился изобретатель, Y entonces se aparece el inventor*, en inglés *And Suddenly the Inventor Appeared: TRIZ, the Theory of Inventive Problem Solving*.

Hay, pues, toda clase de inventos. Para idear algunos de ellos no hacen falta conocimientos técnicos especializados. Cualquiera podría realizar pequeñas



invenciones como las que se ilustraron en la *Pionerskaya Pravda* en el primer artículo de Altshuller, misma ilustración que encabeza esta nota. Ahí se muestra, entre otras curiosas invenciones, un pincel en cuyo mango se ha colocado una pequeña roldada que impide que se hunda en el líquido. ¿Se necesita aquí una explicación técnica? Es el tipo de invenciones que cualquiera tal vez podría hacer. Tal vez. Pero no es así. ¿Por qué no? Obviamente, en primer lugar, porque nunca se les ocurrió hacerlo. Todos han usado una y otra vez un pincel, y se han manchado las manos al tomar el mango que se ha sumergido en el líquido. Todos recibieron los datos como de algo que ya es así, que siempre pasa, un mal necesario, lo natural, algo

sin interés... Sólo una mente inquisitiva se preguntó ¿tiene que ser siempre así? Y una vez que se planteó el problema, dio un paso a la solución.

Extendiendo la misma idea del pincel insumergible a objetos similares, tenemos el ejemplo de una brocha que, gracias a un tornillo sujeto al mango, se puede atorar en el bote de pintura. El mismo principio se aplica a una brocha cuya inmersión en la cubeta, se puede graduar de acuerdo al nivel de pintura. ¿Cuántas veces no hemos visto algo nuevo y original y nos hemos preguntado por qué no pensé yo en esto si es tan claro y sencillo?

En TRIZ se consideran cinco niveles de inventos de acuerdo a su calidad, la elegancia de la resolución. Si la invención, o la solución creativa que se busca, se compara con el prototipo o la idea original, se puede cuantificar el cambio experimentado, la complejidad de la invención. Si el cambio es nulo o muy poco, hablaríamos de un nivel primario. Una estadística señala que el

30% de las patentes registradas son de un primer nivel, innovaciones que pueden ser realizadas por cualquier persona cercana al problema.

Un 55% de las patentes pertenecen al segundo nivel. Se definen como "mejoras" y exigen un pensamiento más avanzado que en el anterior nivel, y se resuelven mediante conceptos y principios actuales.

Poco menos del 10%, son del tercer nivel. En este caso se habla de una verdadera invención que resuelve un problema más complejo, dentro del área de una ciencia determinada.

Aproximadamente entre el 3 y el 4% pertenecen al cuarto nivel. En este caso se habla de "un cambio de paradigma", mediante el cual se crea todo un nuevo sistema o proceso tecnológico.

Sólo el 1% alcanza la excelencia del quinto nivel. También llamado de "descubrimiento". Se refiere a una invención pionera que crea todo un nuevo sistema o proceso. Tanto el problema como su solución se encuentran más allá de los límites conocidos por la ciencia hasta el momento.

La mayoría de las técnicas heurísticas funcionan perfectamente para la ideación de invenciones sencillas y hasta cierto punto para el segundo nivel. TRIZ permite soluciones de mayor calidad con menor esfuerzo.

En consecuencia, el 77% de las invenciones registradas son en realidad nuevos diseños. Y como tales, en principio, según Altshuller, cada ingeniero debería ser capaz de realizar invenciones de los dos primeros niveles. En dicho rango no tienen que lidiar con la elaboración de nuevos problemas, nuevas ideas, técnicas, etc., para un trabajo exitoso, sino que bastarían los conocimientos y habilidades que debe tener todo ingeniero moderno. En cambio los niveles del tercero al quinto no sólo son originales, sino que en el nivel superior están asociados al uso o aplicación de nuevos descubrimientos de la inventiva moderna.

En algunos textos se ilustran los niveles de invención haciendo referencia al teléfono. Se dice que el "teléfono de mano de dos piezas", pertenece al primer nivel, mientras que el teléfono de mano de una pieza, ya es del

segundo nivel de complejidad. La máquina de teléfono y fax, pertenecería al tercer nivel y el radio teléfono inalámbrico estaría en el cuarto. El quinto nivel, de acuerdo a esa fuente, está representado por el teléfono celular. ¿Es correcta esta clasificación? Desde la perspectiva de partir de un prototipo, el teléfono de Meucci es bastante simple, parece un juguete y sería justo colocarlo en el primer nivel. Pero, en su contexto histórico, en la historia de la telefonía, el teletrófono de Antonio Meucci constituyó un gran invento, sencillamente dio paso a la telefonía, al llamado en primera instancia “telégrafo parlante”. Es la clase de inventos pioneros que marcan el camino a seguir a otros inventores, al tiempo que inicia una nueva época en las comunicaciones humanas. En dos momentos históricos distintos el teléfono de mano de dos piezas, ocupa primero el nivel más alto y luego el nivel más bajo.

Cabe señalar que el conocimiento de los cinco niveles de innovación es una herramienta útil para el pronóstico y desarrollo de un invento específico.

N del A: La ilustración corresponde a la presentación que hace N. Linkova al primero de los artículos de Altshuller en la Pionerskaya Pravda. En su bibliografía se atribuye a G. Altov todo el trabajo en el periódico infantil, el seudónimo que utilizaba como escritor de ciencia ficción; en dicho periódico estuvo acompañado de intervenciones diversas de N. Linkova.

§ 2. Un reto creativo

En la amplia bibliografía de Altshuller no se mencionan algunos de los ejercicios creativos que aparecieron en la Pionerskaya Pravda tras lanzar la pregunta ¿Quieres ser inventor? Algunos artículos los firma Nina Pretovna Linkova, otros van sin firma. Nina Linkova aparece como coautora de algunos artículos con Altshuller y cierra con un largo epílogo el libro *Y entonces se aparece el inventor*, De esa primera etapa en que se estaba gestando la idea de explicar a los muchachos los principios inventivos, tomamos algunos retos creativos. Los publiqué antes en la revista OdiseaCD y no los he visto

comentados en ninguna otra parte a pesar de ser los primeros ejercicios creativos concebidos por Altshuller para la enseñanza escolar.

El primero de ellos se tituló "Animales fantásticos".

Se trata de inventar y describir una criatura fantástica, distinta a las creadas por la naturaleza y por la fantasía humana en películas, cuentos, pinturas. El animal fantástico puede ser de este o de otro planeta. La condición es que hay que explicar el modo de vida y el medio ambiente al que esta adaptado. Naturalmente, estos deben encontrarse en concordancia con sus características físicas. El lector está en libertad de crear las condiciones de vida para su animal fantástico en el lugar ficticio o real que deseen. Se requiere probar la racionalidad de los atributos físicos, la razón de ser de sus características.



Algunas ideas que pueden ayudarles a crear su animal fantástico.

1º Usar las patentes de la naturaleza, o sea los animales silvestres o domésticos, para crear su animal fantástico.

2º Aprovechar los animales fantásticos creados en obras de ficción literaria o cinematográfica. En este caso mencionar la fuente de la que se inspiraron y las diferencias entre el animal aquel y el de ustedes.

Este fue el problema planteado.

Si pensamos un poco de dónde nos pueden venir las ideas, veremos que hay dos fuentes de información principales: la naturaleza y las propias obras del hombre, y de la mujer claro.

A las pocas semanas, la redacción del periódico estaba llena de cartas con dibujos y relatos sobre distintas criaturas fantásticas.

El análisis de tales trabajos lo hizo N. Linkova que confesó que no todos los trabajos cumplieron con la condición impuesta a la tarea: “He aquí, por ejemplo, el monstruo de la ilustración 1. Tiene un aire de mucho efecto en comparación con el modesto escarabajo de las nieves, dibujo2, pero ese efecto no se justifica: ¿qué objeto tienen todas esas púas, colmillos y pinzas que adornan su cuerpo? Estos voluminosos recursos defensivos pueden inclusive estorbarle en combates con el enemigo, despojado como está de habilidad y movilidad”.

Todo lo contrario es el Escarabajo de las nieves, propuesto por escolares de la ciudad de Trakai (Lituania), No sólo tiene nuevas cualidades, sino que estas son racionales: se alimenta de la nieve y de témpanos de hielo, transformándolos en helado. Tiene el animalito cinco pares de patas en forma espiral, las cuales le ayudan a saltar. Sólo surge una pregunta: ¿de que manera este escarabajo, que se alimenta únicamente de nieve, se las ingenia para producir helado? Pues de la misma manera en que la vaca transforma la hierba en leche y la abeja elabora miel a partir del néctar de las flores.

Es interesante hacer notar que en el ejercicio propuesto, los muchachos aplicaron un método que utilizan los inventores: el método de unificación de partes. Observen el dibujo 3. El autor compuso su animal con partes de un pez, de un grillo y de una libélula para formar una criatura original. Sin embargo, faltó preguntarse, ¿cómo puede volar este bicho con sus alas de libélula acomodadas a un cuerpo de pez?

El dibujo 4, ilustra un animal cuyo autor describe de la siguiente forma: “la cabeza tiene forma de sandía, los dientes son grandes y agudos; tiene una cornamenta tal como los ciervos, sólo que aguda como aguja. Las piernas son fuertes y musculosas y terminan en una especie de patas de rana. Es un animal carnívoro y de ligero correr”. Muy bien, pero... ¡prueben a hacerlo correr con sus patas de rana!

Para que los atributos de un animal fantástico sean acertados, hace falta comprobar rigurosamente cada nueva cualidad. Todos sus atributos deben corresponder a su constitución física o estructura orgánica, a su forma de vida, a su modo de alimentación, a sus movimientos. Debe estar adaptado a su medio ambiente. Todo organismo viviente, lo mismo que una máquina, es antes que nada un sistema integral cuyas partes (órganos y músculos en su caso) se encuentran en perfecta dependencia unas de otras. De lo contrario, ningún animal podría vivir.

El método de unificación de partes ha sido ampliamente utilizado en la ciencia y la técnica. Los buques de vapor fueron una combinación del barco y la turbina de vapor, así como el hidroavión es la suma del avión y la lancha. Otro principio inventivo presente en los trabajos es el método de aumento o disminución de partes. Hubo muchos animales con gran cantidad de patas, al decir de Linkova. Algunos de sus autores alegaban que con esto sus animales serían más veloces. Pero, acuérdense del ciempiés, patas tiene muchas, más que cualquier otro animal ¿y acaso esto le da alguna ventaja sobre los demás animales respecto a su velocidad? De todas formas hay que tener en cuenta que en base a este método, se inventó el barco de tres cuerpos que se ilustra en el dibujo 5, con características de una elevada calidad de navegación.

Resumiendo, al llegar a esta parte han salido a la luz tres métodos de invención:

- 1. El método de tomar un prototipo y alejarse de él. Consiste en la transformación de un objeto (prototipo) que tomamos como punto de partida. El cinematógrafo es ejemplo de un aparato que se inspira en inventos previos, cuanto que las imágenes en movimiento que son el fenómeno óptico en el que se basa la proyección cinematográfica, tienen su origen en los aparatos, algunos de juguete, de dibujos o fotogramas animados inventados muy al principio del siglo XIX, que creaban la ilusión de movimiento.*

2. *El sistema de unificación de partes diferentes se refiere a la combinación de inventos alejados unos de otros. Entre más alejados, el resultado suele ser más original. Este método ha sido ampliamente utilizado por los inventores y muy analizado por quienes estudian la creatividad humana. Un ejemplo histórico es la radio de chispa de Marconi, la cual se basa en la unificación de inventos anteriores: la botella de Leyden, el circuito resonante imaginado por Hertz para sus experimentos con chispas eléctricas, las antenas transmisora y receptora y lo que era entonces la llave telegráfica.*
3. *El principio de aumento o disminución de la cantidad de elementos. Algunas clases de máquinas o de objetos a los que se varía el número de ciertos elementos que las constituyen, adquieren nuevas cualidades.*

El principio queda ilustrado con el unicyclo y el triciclo, derivados ambos de la bicicleta, la cual se cree fue inventada en Escocia el año de 1839.

§3. La maldición del sapo²

Durante mucho tiempo, los inventores trabajaron casi en su totalidad sobre la base de la experiencia, la intuición y las conjeturas. Edison, que logró inventos geniales, trabajaba en la búsqueda de ideas, cuenta Tesla, como si buscara la aguja en el pajar removiendo paja tras paja. Todos, o casi todos, dudaban que fuera posible crear una metodología científica de la invención. Altshuller cuenta que circulaba en todas partes, de un libro a otro, la leyenda del ciempiés.

Esta sería su versión.

² N del A: El autor de esta fábula, en realidad un cuento en prosa poética titulado *La maldición del sapo* (1913), es el escritor antifascista Gustav Meyrinck. Altshuller, cuentista al fin, retoma una simplificación del cuento y lo adapta a las circunstancias. También nuestra versión es bastante libre.

“Había una vez un ciempiés, al cual su gran número de patas no le estorbaban; al contrario, sin pensarlo siquiera caminaba con rapidez y elegancia. Jamás cometía un traspies.

Pero una vez el ciempiés se cuestionó: “Tal vez no camino de la mejor manera. ¿No sería mejor caminar de acuerdo al método científico?”

Y el ciempiés decidió probar.

Se numeró las patas, dibujó un diagrama de circulación y desarrolló un método para caminar.

Llegó el momento de ensayarlo en la práctica.

El ciempiés miró el esquema y movió el primer par de patas, y luego, el segundo; pero en seguida todo se hizo confuso. El centípedo no podía entender cuál era la forma de mover los pies.

Tras muchas vacilaciones, el animalito rompió el diagrama, lo tiró al cesto de basura y empezó a caminar como lo hacía antes, con rapidez y elegancia.”

El significado de esta leyenda, dice Altshuller, es muy claro: nada de preámbulos filosóficos, el mejor método es prescindir de método.

Así se pensaba hace cuarenta, sesenta o cien años. Bueno, así se sigue pensando en algunos círculos de creadores en la actualidad. No falta quien, en pleno siglo XXI, cuente la leyenda del ciempiés, o la maldición del sapo que es la versión popular, al hablar de su arte y oficio.

Es difícil argumentar a favor del ciempiés. A lo mejor el ciempiés no necesita realmente seguir una técnica especial; pero el hombre no es un ciempiés. El hombre puede y debe dar sentido a todas sus actividades. En la creatividad inventiva hay muchas lagunas, pero nada que sea imposible de conocer. El tiempo vendrá y estas lagunas tendrán que desaparecer a base del desarrollo de la propia ciencia inventiva. TRIZ es un sistema dinámico, que ha evolucionado y sigue evolucionando. La base de TRIZ son los algoritmos para la resolución de problemas de inventiva, en ruso Алгоритм решения изобретательских задач, de donde el acrónimo ARIZ, y estos han ido

mejorándose sino cada año, cada dos o tres años. A partir de ARIZ 59, ARIZ 61, ARIZ 62, ARIZ 64... ARIZ 85...

§4. ¿Algoritmo?

Ya sea en casa, en la escuela o en el trabajo, estamos rodeados de toda clase de aparatos y máquinas. Cada uno de los aparatos y máquinas se pueden mejorar en lo posible y hacer nuevas invenciones. También se puede hacer algo totalmente nuevo, un aparato o máquina completamente distinta a lo existente. Todo esto es cierto. Pero, ¿por dónde empezar? ¿cómo resolver cualquier clase de problema? A partir de ahora, nada de remover paja tras paja. Los algoritmos para la resolución de problemas de inventiva son la herramienta que necesitamos.

Bueno, ¿pero que es un algoritmo?

Una sencilla definición diría que algoritmo es un método para resolver cierta clase de problemas relacionados a las matemáticas, las ciencias de la computación y a disciplinas relacionadas, mediante una serie de pasos precisos, definidos y finitos.

Se atribuye a Niklaus Wirth, creador del lenguaje Pascal, haber dicho que los algoritmos son *Nuestra herramienta mental más importante para competir con la complejidad de la abstracción.*

La palabra algoritmo se deriva de las transcripciones latinas del nombre del matemático persa Al-Jwarizmi, a quien, además, se debe el nombre del algebra y la palabra guarismo. Se le considera el padre del algebra y el introductor del sistema de numeración decimal.

Existen algoritmos en todas las ciencias en las que se aplican las matemáticas y programas de computo. El algoritmo de Euclides es un método antiguo y eficaz para calcular el máximo común divisor. Otro tanto es la criba de Eratóstenes, un algoritmo que permite hallar todos los números primos menores que un número natural dado N . El algoritmo de Gauss-Legendre es un algoritmo para computar los dígitos de π . Y los

algoritmos para la resolución de problemas de inventiva, originalmente *Алгоритм решения изобретательских задач*, o sea ARIZ, es la herramienta más poderosa para las mentes creativas.

Los algoritmos matemáticos se caracterizan por la rigidez: cada operación se define exactamente, y no depende de los cambios en las condiciones del problema o de la personalidad de quien resuelve el problema. ARIZ es flexible: el mismo problema se puede resolver de diferentes maneras en función de quien y cómo lo resuelve. ARIZ estimula al inventor a usar sus puntos fuertes, su conocimiento, experiencia y habilidad.

ARIZ 61, a pesar de ser una de las primeras herramientas de TRIZ, ha tenido mucho éxito en su aplicación. ARIZ 61 comprende tres etapas del proceso creativo, a saber:

1. La fase analítica.
2. La fase operativa
3. La fase sintética.

La primera fase comprende la elección del problema y la determinación de la contradicción técnica que impide resolverlo por vías corrientes, conocidas ya. Es el deseo de levantar andamios que ayuden a construir el edificio (el invento).

Nos planteamos el problema, nos imaginamos el resultado final perfecto y, propiamente dicho, no necesitamos saber inmediatamente cómo, precisamente, será resuelto el problema.

En la fase operativa se elabora el programa de acciones a seguir, desmembrando el proceso complejo en sus componentes más simples. En esta etapa se eliminan las causas de las contradicciones técnicas mediante modificaciones en una de las partes del artilugio o en una de las etapas del proceso.

Por último, la fase sintética consiste en hacer que las demás partes del objeto a perfeccionarse, o las etapas del proceso, correspondan a la parte

modificada. Se diría que es la formalización del problema, la confección del plan de búsqueda para encontrar la solución.

Cada una de estas etapas se divide en determinado número de pasos que se llevan a cabo de manera secuencial. Así lo que es complejo, al dividirse en acciones parciales, se hace más ligero.

Altshuller siguió desarrollando los algoritmos para la resolución de problemas de inventiva hasta ARIZ85C, pero desde ARIZ59 era esta una herramienta funcional, capaz de coadyuvar a la generación de innovaciones tecnológicas. De hecho los diferentes ARIZ no son precisamente actualizaciones en relación al anterior, sino que profundizan en algún aspecto particular de alguna de las etapas. Por ejemplo, ARIZ 85C contiene nueve etapas y 40 pasos graduales para la resolución de problemas. Las nueve etapas son la siguientes:

1. Análisis del Problema
2. Análisis del Modelo de Problema
3. Resultado Final Ideal y Determinación de la Contradicción Física
4. Movilización y Utilización de Recursos
5. Utilización de la Base de datos de Información
6. Cambiar o Reformular de nuevo el Problema
7. Análisis del Método que elimina la Contradicción Física
8. Utilización de la Solución Obtenida
9. Análisis de los Pasos que Conducen a la Solución

§5. La contradicción técnica

Muchos de los escritos de Altshuller, sobre todo los problemas planteados originalmente en la Pionerskaya Pravda, se han vuelto ejemplos clásicos de problemas de inventiva y los vemos repetidos en toda la literatura contemporánea sobre TRIZ. Nuestra fuente es la original Pionerskaya Pravda, donde se alternan los artículos de Altshuller con los de N. Linkova.

Veamos uno de los primeros retos creativos que planteó a los jóvenes lectores para que los respondieran con sus cartas.

“Las chimeneas de las grandes industrias alcanzan alturas de 200 a 300 metros de altura, rivalizando con las torres de televisión. Cuando los tubos no trabajan, lo mejor es clausurarlos para protegerlos de la lluvia y de la nieve. He aquí, sin embargo, que el diámetro de estas chimeneas es de tres y cuatro metros de diámetro por lo que cualquier tapadera resulta ser muy voluminosa y pesada, para que desde abajo se controle con algún mecanismo. ¿Qué proponen ustedes para resolver este problema? Esperamos sus cartas.”

Este era el planteamiento que hacía el periódico.

En el transcurso de un par de semanas llegaron a la redacción del periódico cientos de cartas con ideas sobre cómo resolver el dilema, y poco después algunas de las propuestas se comentaban en una de las siguientes ediciones del periódico.

—El problema es una bagatela, ciertamente —respondió uno de los lectores. Un helicóptero podría hacer el trabajo rápidamente.

¿Y si sopla un fuerte viento al acercarse a la chimenea? Muy difícilmente podría el helicóptero desplazar la tapadera. ¿Y cómo la volvería a colocar? Por otro lado, habría un mayor problema si hay muchas chimeneas y se requiere abrirlas al mismo tiempo.

—A la tapadera se le engancha una pértiga.

—Se hace en el tubo un camino de rieles.

Estos mecanismos son complicados y poco seguros. Imaginen nada más una pértiga de 200 metros de altura.

—Podemos insuflar aire comprimido en el tubo.

Pero la chimenea sólo trabaja medio año ¿se justifica el gasto de energía?

—Se necesita encorvar el tubo.

Al doblar el tubo, la lluvia no caerá en el interior, pero la chimenea trabajará mal.

En la mayoría de estas respuestas, se gana en algo; pero, por otro lado, se pierde más de lo que se gana, es decir está presente una contradicción de tipo técnico. Guárdenlo en la memoria: los inventos resultan cuando se gana pero no se pierde.

—Se hace una visera arriba de la chimenea.

Nuevamente hay una contradicción: si la tapadera se encuentra muy elevada la lluvia entrará en ella, y si está baja sufrirá una mengua en la respiración.

—Se monta en el interior del tubo un globo especial. Luego se infla y tapaná cada vez la boca de la chimenea sobresaliendo de ella como un sombrero de copa.

¡Bien! Con esta respuesta se gana mucho más de lo que se pierde. Resulta que es posible superar la contradicción técnica y encontrar una tapadera sencilla que proteja el interior del tubo cuando no se trabaja.

Con este ejercicio desarrollado con aportación de los lectores, Altshuller empezaba a explicar el problema fundamental a resolver por los inventores: la superación de las contradicciones técnicas. Observó que si bien los problemas de la invención son innumerables, las contradicciones técnicas se repiten a menudo. Dedujo entonces que si hay contradicciones típicas, deben existir métodos típicos para la eliminación de ellas. De hecho, en el estudio estadístico de miles de invenciones, encontró cerca de cuarenta métodos eficaces para la eliminación de las contradicciones técnicas.

Las contradicciones técnicas son piedras angulares de TRIZ. La formulación de la contradicción técnica ayuda a entender mejor la raíz del problema y averiguar más rápidamente la solución exacta para este problema. Si no hay ninguna contradicción técnica entonces no se trata de un problema inventivo y no sería problema TRIZ.

Existen contradicciones técnicas de muchas clases. Algunas veces el inventor se tropieza con contradicciones del tipo peso-velocidad, velocidad-seguridad, peso-estabilidad, es decir problemas en los que el aumento de peso en un vehículo van contra la velocidad del mismo. A mayor peso menor velocidad si

no hay aumento de potencia. La contradicción velocidad-seguridad se da cuando al aumentar la velocidad de un vehículo, su seguridad disminuye. La contradicción peso-estabilidad se presenta en los vehículos ligeros, que con el menor peso (un efecto deseado), pierden estabilidad (un efecto negativo). Suele suceder que cada rama de la técnica va a la vanguardia en determinados procedimientos para resolver las contradicciones técnicas. Así, por ejemplo, la aviación se ha adelantado a todos en la superación de contradicciones del tipo peso-velocidad, peso-seguridad, peso-estabilidad.

Sin embargo, aún cuando la contradicción sea muy general, conviene siempre identificar la zona local del conflicto. Cada problema tiene su propia zona local, y es importante saber dónde está para resolver el problema eficazmente. En el caso de una navaja de afeitar, el problema podría estar en el filo de la navaja y el pelo de barba que debe cortar limpiamente.

Una reflexión importante: una contradicción no es, ciertamente, un concurso entre dos rasgos o funciones opuestas, sino que es una parte del sistema, digamos la hoja de afeitar requiere propiedades o características diametralmente opuestas: tiene que ser afilada como para un afeitado íntimo, pero no lo bastante para cortar la piel. Una contradicción surge cuando dos necesidades de un producto o proceso están en conflicto y sin embargo están asociadas para alcanzar un objetivo.

Durante los últimos 40 años, TRIZ se ha convertido en un conjunto de herramientas prácticas para inventar y resolver problemas técnicos de diversa complejidad. Actualmente, inclusive, también se utiliza para problemas no técnicos. En las primeras épocas de TRIZ, Altshuller logró examinar poco más de 200 mil patentes de todo el mundo de los principales campos de la ingeniería, fue capaz entonces de clasificar y catalogar las soluciones de problemas técnicos, encontrando 40 principios que pueden utilizarse individualmente o en combinación para resolver contradicciones técnicas y finalmente solucionar el problema.

“Usted puede esperar cientos de años a que llegue la iluminación o usted puede resolver el problema en quince minutos”, dice él.

§6. ¿Caja china o piñata?

En una historia de ciencia ficción se describe una expedición a Marte. La nave espacial descendió en un valle que tenía una superficie muy irregular. Por todas partes del terreno había zanjas, promontorios, piedras. El caso es que los astronautas preparan rápidamente un vehículo todo terreno para salir a explorar. El vehículo fue diseñado con grandes neumáticos inflables. Al iniciar su recorrido por empinadas laderas, el todo terreno se volcó sobre su costado.

¿Qué deberán hacer los astronautas para que el vehículo todo terreno no se vuelque más? No pueden cambiar los neumáticos.

El reto se presentó originalmente a los lectores de la Pionerskaya Pravda para que enviaran su respuesta. Llovieron las cartas a la redacción. En la mayoría de las letras se cayó en la cuenta de que si se desplaza el centro de gravedad del coche a la parte inferior éste será más estable.

Ahora bien, antes de expresar nuestra idea, primero hagamos un análisis de las sugerencias de los lectores y tratemos de evaluarlas con el criterio de si se ha eliminado o no la contradicción técnica. Veamos las sugerencias:

—Colocar una carga suspendida por debajo del vehículo.

Esto aumenta ciertamente su estabilidad. Sin embargo, crea otro problema al reducir la distancia entre el suelo y el vehículo. Tropezaría con las salientes de piedras y rocas.

—Desinflar parcialmente los neumáticos a la mitad.

Desinflar los neumáticos reduciría la velocidad del vehículo.

—Instalar un neumático adicional a cada lado del vehículo.

Neumáticos adicionales hacen más complicado el vehículo, necesitará un camino más ancho y, además, en Marte no tenemos talleres para hacer ese trabajo.

—Que algunos miembros de la tripulación se inclinen fuera del vehículo, tal como los corredores de motocicleta, para equilibrar el vehículo.

Hacer que los astronautas realicen maniobras acrobáticas es un riesgo injustificable.

No es tan difícil ver que en cada una de estas ideas ganamos menos de lo que perdemos. De plano entre otras respuestas que estamos dejando a un lado, hubo una que ante las dificultades para encontrar una solución, escribió: “No se me ocurre qué hacer, ¿por qué no dejar que los astronautas exploren caminando?”

Para salvar las contradicciones que saltan a la vista, vamos a probar un nuevo método, o si quieren llamarle un truco, colocando una carga justo al lado, pero no afuera del vehículo, sino en su interior. Ocultaremos el peso dentro de los neumáticos. Podemos meter bolas de acero o piedras redondeadas, y listo. De esta misma manera un inventor japonés propuso aumentar la estabilidad de los camiones, tractores y grúas móviles.

A este método de resolver un problema de inventiva, Althsuller llamó “Matrioshka” en referencia a las muñecas rusas que contienen en su interior una muñeca similar de menor tamaño que a su vez contiene muñeca tras muñeca. A este procedimiento lo han traducido al inglés como “nesting dolls”, o sea muñecas nidales (de nido). Al español, algunos autores, al basarse en bibliografía en inglés, lo han traducido como “anidación”. En lo personal me parece que debería utilizarse el término original de Matrioshka cuanto que las muñecas rusas son muy conocidas. En todo caso es más propio en nuestro idioma el término de “cajas chinas” las cuales tienen la misma característica que la muñeca rusa. Lo curioso es que la oficina de patentes de los Estados Unidos de América, clasifica cierta categoría de patentes que reúne las condiciones de este principio, con una sección que actúa como contenedor de diversos artículos, con el nombre de juguetes “tipo piñata”, aunque ellos escriben *pinata*. Aparece en el listado toys, class 446, sub class 5.

El método Matrioshka se aplica en las antenas telescópicas, en la navaja tipo "cutter" que se desliza dentro del objeto principal, en el lente zoom de las cámaras fotográficas mecánicas. Una de las muchas patentes que abordan a la mexicanísima piñata, se concedió en Estados Unidos de América, a una piñata telescópica reusable, la cual incluye un contenedor plegable con dos o más secciones. (Patente 5562518US)

Altshuller realizó una lista de 40 procedimientos técnicos con los que se superan las contradicciones técnicas. El séptimo de esa lista es este principio, Matrioshka.

§7. Y entonces... se aparece el inventor

La metodología que siguió Altshuller en el periódico infantil fue introducir los métodos inventivos lanzando retos a los lectores y analizando tanto las respuestas equivocadas como las acertadas. Entonces resaltaba el principio que resolvió el problema. Veamos una de las primeras apariciones del inventor que da título a su libro de divulgación.

Una empresa comercial se surte de otra de aceite de girasol. Este se transporta en un camión cisterna con una capacidad de 3000 litros. De pronto se descubrió que en cada viaje faltaban de 20 a 30 litros. Y sin embargo, todo parecía estar en orden. Se revisaba todo, se vigilaba todo. Se tenía en cuenta que varios litros de aceite pueden permanecer en la forma de película sobre las paredes del tanque, pero el cálculo demostró que era un faltante mucho mayor. A continuación se invitó a un detective experimentado. Sin embargo no encontró nada: El chofer no hacía ninguna parada en el camino, ni se acercaba a la cisterna. El detective no podía creerlo: después de hacer el viaje en el mismo camión cisterna y vigilar la carga y descarga, seguía el faltante. ¿Cómo es que desaparecía el aceite? El pobre detective nunca pudo aclarar el caso, hasta que un día se apareció el inventor y explicó la clave del misterio.

La mayoría de los lectores recordó uno de los principios de la invención mencionados en una edición anterior y pensaron que metían a la cisterna el aceite caliente y que en el camino se enfrió. Hacían referencia al principio de la dilatación térmica; pero en este caso lo que sucedía era que el conductor del camión cisterna había colocado una cubeta en el interior de la cisterna. Al llenarse el tanque, se llenaba también la cubeta, pero al vaciarse la cisterna la cubeta se mantenía llena. El detective se asomó a la cisterna vacía, pero desde una mirada superficial hay espacios ciegos en su interior y ahí estaba colocada la cubeta. Lo que en ocasiones es difícil de hacer en su momento, se puede hacer de antemano. Este es un principio de la invención con muchas aplicaciones. Veamos algunos ejemplos:

Las vendas de yeso que se usan en casos de fracturas resultan a veces difíciles de aserrar, porque se puede alcanzar la piel de las personas. Inventores en la antigua URSS propusieron que de antemano se metiera en las vendas un tubo de goma con una sierra muy fina en él. Cuando llega el momento de quitar la venda, la sierra corta el yeso de abajo hacia arriba sin ningún riesgo para el paciente. Por otro lado, en Alemania, hace tiempo inventaron una forma de pintar la madera desde que ésta es árbol. Muchas tablas absorben mal el color y con este método de “hacerlo de antemano” el color va con el agua que absorben las raíces del árbol. En Estados Unidos, un inventor propuso hacer la vacunación de los pollos... antes del nacimiento. El medicamento se inyecta a través de la cáscara del huevo. El principio “hacer de antemano” es décimo en la lista de los 40 principios inventivos de TRIZ.

§8. Salidos de *Las mil y una noches*

Uno de los más grandes matemáticos de la antigüedad es precisamente Al-Jwarizmi, considerado el padre del álgebra y uno de los difusores del sistema decimal. Le tocó vivir en uno de los momentos estelares de la historia árabe. Otro de los grandes genios de la humanidad, Isaac Newton, confesó alguna vez que sus logros se debían a que él se sostenía sobre hombros de

gigantes. Lo mismo habría que decir de Al-Jwarizmi y de muchos otros personajes de la historia que destacaron por sus aportaciones a la ciencia. Nada surge de nada, todo tiene un antecedente y un entorno histórico propicio. Al-Jwarizmi vive en el mismo lugar de *Las mil y una noches*, en el momento cuando se escribe esta obra genial y cuando viven algunos de los personajes que inspiran esas historias. No es casual que en Bagdad florecieran en ese tiempo las artes y las ciencias a un nivel altísimo, como si vivieran en un verdadero cuento de hadas. Su labor en la "Casa de la ciencia" de Bagdad estuvo sustentada en sus pares y una enorme biblioteca que podía rivalizar con la de Alejandría. Nada, pues, viene de la nada.

Precisamente, de una de las mágicas historias de *Las mil y una noches*, se ha entresacado un reto que fue resuelto en la historia siguiendo el pensamiento creativo, que coincide con alguno de los principios propuestos por TRIZ. Veámoslo:

En la historia de *Ali Babá y los Cuarenta ladrones*, resulta que Alí Babá se encuentra con un tesoro que pertenece a los ladrones. Sin pensarlo siquiera, llenó dos costales de monedas de oro y corrió a casa. Su esposa pasó toda la noche pensando cómo podía medir con precisión la cantidad de oro apoderada por Alí Babá. Finalmente se le ocurrió pedir a la esposa de un hermano rico de Ali Babá un recipiente especial que se usa para medir el cereal o el grano. "¡El más grande que tengas!". Se despertó la curiosidad de la parienta, a sabiendas de que Alí Babá era bastante pobre como para tener gran cantidad de granos o semillas, y quiso saber sin preguntar qué es lo que medirían.

Contradicción sistémica: Zenaida, la esposa del hermano rico, quiere conocer qué miden sus parientes, pero sin preguntar ni hacerse notar.

Solución: Se le ocurrió untar con sebo el fondo y paredes de la medida. Los desprevenidos esposos midieron y midieron el oro y sin percatarse de ello devolvieron el recipiente con una moneda de oro pegada en el fondo.

Truco usado: El principio de Mediación, consiste en asociar o conectar temporalmente un objeto a otro y después retirar uno de ellos. Mediación es el número 24 de la lista de Principios de inventiva.

La historia de Alí Babá, como es característica de *Las mil y una noches*, está llena de intrigas, pues ha de mantener el interés del escucha noche tras noche, de suerte que llega el momento en que los ladrones buscan a quien ha osado llevarse parte del oro. Uno de los ladrones localiza la casa de Alí Babá, marca la puerta con tiza para que en la noche los ladrones caigan a la casa de Alí Babá para cobrar venganza de él. Morgana, la esclava de Alí Babá descubre la marca y comprende que no es nada bueno para ellos.

Contradicción sistémica: La marca en la puerta no es fácil de borrar o disimular, pero si se deja, la casa de Alí Babá queda expuesta a sus enemigos.

Solución: La diligente Morgana hizo una señal exactamente igual en las puertas de todas las casas de la calle; de derecha a izquierda.

Truco usado: El principio de Convertir lo dañino en benéfico, en su modalidad de reforzar el factor perjudicial a tal punto que deje de ser perjudicial. Este principio es el número 22 de la lista de 40 Principios de inventiva.

Con esta estratagema Alí Babá se salva esa vez, pero los ladrones seguirán buscando la manera de encontrarlo y cobrar venganza. ¿Ya leíste la historia completa?

Y para cerrar este apartado, hablaremos un poquito de un material que parece sacado de la fantasía de los cuentos de hadas por las sobresalientes y sorprendentes cualidades físicas y químicas que ha demostrado: se trata del grafeno.

En efecto, este es uno de los nanomateriales más interesantes y prometedores para el futuro de distintas ramas de la ciencia. Tan es así que el Premio Nobel de Física se otorgó en 2010 a André Geim y a Konstantin

Novoselov por sus revolucionarios descubrimientos sobre el grafeno³. Lo singular para este apartado es que el grafeno se obtiene por el método de exfoliación micromecánica o descascarado de una superficie limpia, nueva, tersa de un cristal de grafito, como el de los lápices comunes y corrientes. Para extraerlo se le somete a un raspado fino, de arriba abajo, mediante el empleo de cualquier objeto de superficie sólida, o bien (y aquí es cuando aplica el Principio de Mediador o Mediación), mediante una cinta adhesiva con el propósito de extraer hojuelas extremadamente delgadas unidas a estos objetos. Más tarde, mediante microscopía óptica, se hace la selección de las hojuelas. La cinta adhesiva en intermediación de la ciencia de vanguardia.⁴

§ 8. Sistemas tecnológicos

De acuerdo a Altshuller “cualquier objeto que se emplea para realizar alguna tarea específica es un Sistema tecnológico”, ya sea un automóvil, una computadora, un refrigerador, un cuchillo e inclusive un lápiz. A su vez todo sistema tecnológico puede tener uno o más subsistemas. Un carro está compuesto por los subsistemas del motor, el mecanismo de frenado, el alambrado eléctrico, etc., los cuales de manera individual pueden ser considerados sistemas tecnológicos que realizan su propia función y tienen sus propios subsistemas. Habría sistemas muy sencillos con uno o dos subsistemas y otros muy complejos con subsistemas multiplicados.

Cuando un sistema tecnológico trabaja de manera inadecuada o peligrosa, es momento de mejorarlo. Esto requiere la reducción del sistema a su estado más simple. El sistema más simple está compuesto de dos elementos entre los cuales pasa energía de uno a otro.

³ Propiedades y aplicaciones del grafeno, Clara María Rodríguez González y Oxana Vasilievna Kharissova, *Ingenierías*, Enero-Marzo 2008, Vol. XI No. 38, UANL

⁴ El primer problema lo presentó Sergey Markov en su columna Каталог эффективных решений.ТРИЗ , Catálogo de resoluciones efectivas, TRIZ, en Internet, zzz-triz.blogspot.com.

Ahora bien todo sistema tecnológico sufre una serie de transformaciones en su historia, desde la etapa de su primera concepción hasta su nivel de obsolescencia o senectud, en la cual es superado por otro sistema tecnológico más avanzado, más eficiente y con un mayor nivel de "idealidad". La evolución de los sistemas tecnológicos es otra de las grandes contribuciones de Altshuller quien estableció ocho leyes básicas que rigen la evolución de los sistemas tecnológicos. Entre estas leyes destaca la ley de la idealidad y la ley sobre el defasamiento de los subsistemas de los sistemas tecnológicos.

Veamos: Idealidad se entiende como la evolución que sufren los sistemas tecnológicos hacia su mejor desempeño o la llamada "mejora continua. Todo sistema tecnológico pretende ser el invento ideal, la máquina perfecta. Todo sistema tecnológico tiende a ser más eficiente, confiable, efectivo... más ideal. La idealidad refleja la máxima utilización de los recursos disponibles ya sea internos o externos del sistema.

En cuanto el defasamiento de los subsistemas de un sistema tecnológico, la ley establece que a medida que un sistema tecnológico es más complicado, existe mayor grado de defasamiento en la evolución de los subsistemas que lo integran, es decir algunos elementos o procesos se han quedado atrás en relación a las mejoras hechas al sistema. Este conflicto conducirá a la eventual mejora del subsistema menos evolucionado.

Cualquier objeto, máquina, aparato, artilugio, proceso tiene ciertas características físicas y de trabajo que lo definen perfectamente. En TRIZ se proponen 39 parámetros o características para cualquier sistema tecnológico, que van desde el peso, la longitud y el volumen hasta su facilidad de operación, los daños generados por el propio objeto, su automatización y productividad. Entre más sencillo sea un sistema tecnológico, como el lápiz por ejemplo, muchos de esos parámetros no se aplican al objeto para mejorarlo; entre más complejo sea el sistema tecnológico, como un

automóvil, se toman en cuenta la mayoría de tales parámetros al enfrentar un problema inventivo.

Capítulo 2

Fundamentos de TRIZ

Contenido:

1. *Análisis de recursos*
2. *El sistema ideal.*
3. *La evolución de los sistemas tecnológicos*
4. *Matriz de contradicciones.*
5. *Parámetros de los sistemas tecnológicos.*
6. *Definición de los 39 parámetros.*
7. *Principios inventivos.*
8. *Definición de los 40 Principios inventivos.*
9. *Cómo utilizar los principios inventivos.*
10. *Los mismos viejos problemas*
11. *ARIZ 61.*
12. *ARIZ 61: un ejemplo.*
13. *Patentes de la Era Paleozoica.*
14. *La fuerza de la fantasía y la inercia mental.*

§ 10. Análisis de recursos⁵

Una vez que se ha identificado el sistema técnico y se ha definido su contradicción, habría que evaluar los recursos disponibles para superar la contradicción. Para solucionar la contradicción, TRIZ recomienda utilizar los recursos de sustancia-campo del propio sistema existente.

Ahora bien, ¿qué significa recurso?

TRIZ lo define en términos generales: un recurso es todo lo que puede utilizarse para resolver un problema y la mejora del sistema sin un gran

⁵ Los problemas domésticos aparecieron en Essential TRIZ for Beginners. "Kraev Korner" TRIZ Lessons in Spanish. Traducido por Julián Domínguez Laperal. - Innovación Sistemática TRIZ.

gasto. Los recursos deberían no costar, tener un costo nulo, bajo o fácilmente alcanzable. Los recursos de un sistema existente y sus elementos son la base de las soluciones más potentes y eficientes.

Cualquier sustancia disponible en el sistema o en su entorno, inclusive los desperdicios; son un recurso; lo mismo una reserva de energía, el tiempo libre, un espacio vacío, la capacidad de realizar conjuntamente funciones adicionales, la biblioteca...

Imaginemos algunos sencillos problemas domésticos y sus sencillas soluciones para ilustrar mejor "el uso de los recursos del propio sistema existente".

—¿Qué hacer si el voltaje de la pila es bajo y la linterna alumbra mal?

Pues no hay que tirar la pila gastada. La extraemos y la comprimimos fuertemente a lo largo de la zona media con ayuda de una piedra, puerta o martillo de modo que se abolle profundamente la parte media circular de la pila. Al insertar la pila deformada en la linterna proporcionará luz por varias horas más. Han sido cambiadas las condiciones de funcionamiento para el sistema electrolítico dentro de la pila y se pueden utilizar completamente recursos residuales del sistema.

—¿Cómo tener un destapador sin el destapador mismo?

Podemos hacerle a una llave habitual una muesca apropiada en la parte superior. Estaríamos aprovechando los recursos de espacio de la llave.

—¿Cómo no ensuciarse las manos sin guantes de protección al realizar trabajos con polvo, pintura, pegamento, aceite?

Antes de hacer el trabajo relacionado con polvo, pintura, pegamento o aceite, han de protegerse nuestras manos. Cubrir adecuadamente con jabón las manos y no aclarar este jabón, dejarlo que se seque. Puede hacerse el trabajo. Cuando se termine el trabajo con este "guante de jabón" nuestras manos se lavarán fácilmente.

Los recursos utilizados en la solución de problemas pueden ser sustancias, energías, tiempo, funciones, información y recursos combinados.

Algo útil para un inventor principiante es escribir una lista de todos los recursos del sistema disponibles. Los recursos pueden ser internos o externos al sistema y pertenecer al par de elementos en conflicto llamados producto y herramienta. Pueden encontrarse en el supersistema, en el ambiente y también en subproductos. Los recursos pueden ser sustancias o campos.

En TRIZ "sustancia" es cualquier cosa tangible que tenga estructura definida y que sea posible detectar con los cinco sentidos o con instrumentos adecuados. Algo tan tenue como el aire, una sólida varilla de acero e inclusive una persona, son una "sustancia" en un sistema tecnológico.

Los principales campos que se consideran en TRIZ son el campo gravitacional, el electromagnético, el campo mecánico, el térmico, el óptico, el acústico, el nuclear.

§11. El sistema ideal

La idealidad es uno de los conceptos básicos de TRIZ que hizo esta metodología atractiva y eficaz. La Idealidad es la esencia que mueve al hombre para mejorar cualquier sistema tecnológico para hacerlo más rápido, mejor y al más bajo costo. Es la evolución que sufren los sistemas tecnológicos para su mejor desempeño o la mejora continua. El sistema tecnológico tiende a aumentar las funciones útiles y a reducir las funciones perjudiciales o inútiles para acercarlo a la idealidad. La idealidad se puede determinar matemáticamente con la siguiente expresión donde la razón entre la sumatoria de los efectos deseados y la sumatoria de los efectos perjudiciales o no deseados, más el costo, determinan el sistema tecnológico ideal.

$$I = \frac{\sum(\text{Efectos deseados})}{\sum(\text{Efectos no deseados}) + \text{Costos}}$$

En donde I es el sistema tecnológico ideal.

A pesar de que la fórmula nunca aparece en los escritos de Altshuller y que no representa medidas con unidades homogéneas, ni siquiera definidas, se puede ver en ella que un sistema tecnológico se puede mejorar, hacia la idealidad, en tres caminos generales:

Aumentando las funciones útiles o efectos deseados en el numerador de la fracción.

Disminuyendo cualquier función perjudicial o costosa en el denominador.

Combinando los anteriores caminos.

Entre los efectos deseados de un sistema tecnológico se pueden encontrar en determinadas tareas la velocidad, el alto aprovechamiento de la energía, el bajo índice de contaminación y de ruido, la confiabilidad, etc. Y, por otra parte, entre los efectos indeseados, se encuentran en determinadas tareas la baja velocidad, el alto consumo de energía, los altos índices de contaminación, etc. El costo del objeto, aparato o máquina también es un efecto negativo, siendo lo ideal que no costara o que su costo sea muy bajo.

A menudo se considera que la máquina ideal es la "más bonita". Este es un grave error que crea una barrera psicológica que no es fácil de superar por el inventor. Altshuller acepta que una máquina debe ser hermosa, pero eso en cuanto al invento "adulto", las máquinas recién nacidas tienen derecho a ser feas. Basta con que en su principio sea más perfecta que las máquinas ya conocidas. A lo largo de su vida el sistema tecnológico se acerca más a la idealidad, se hace menos costoso, gasta menos energía, requiere menos espacio, etc.

§ 12. La evolución de los sistemas tecnológicos

Cada sistema tecnológico, toda objeto, herramienta, aparato o máquina, sigue un camino predecible hacia algún sistema ideal con las funciones ideales y las características ideales. Cada característica definida es un

parámetro medible y cada parámetro medible es la medida de evolución del sistema tecnológico. Estos se diseñan para lograr sus funciones y a medida que evolucionan, estas funciones se logran de manera más elegante. Se sabe que los sistemas tecnológicos evolucionan en patrones predecibles. Cada uno de los patrones es una "línea" o una "tendencia" de la evolución, a los cuales Altshuller nombra "leyes". Estas son de tres tipos que comprenden en total ocho leyes básicas, a saber:

1° Leyes estáticas: Estas describen el período de nacimiento y la formación del sistema tecnológico.

1. Ley integradora de las partes de un sistema tecnológico.
2. Ley de la transmisión de energía en un sistema.
3. Ley de armonización de ritmos.

2° Leyes cinemáticas: Las tendencias cinemáticas definen el período de crecimiento y florecimiento del sistema.

4. Ley de "idealidad creciente".
5. Ley del desarrollo defasado de los subsistemas de los sistemas tecnológicos.
6. Ley de transición a un supersistema tecnológico.

3° Leyes dinámicas: Están relacionadas con el período de clausura del sistema, con el desarrollo y la transición a un nuevo sistema.

7. Ley de transición de un sistema tecnológico macro a otro micro
8. Ley de incremento dinámico.

Desde el sistema tecnológico inicial, el sistema siempre se mueve hacia la idealidad a través de múltiples mejoras, hasta el agotamiento de los recursos existentes del sistema. Las tendencias se utilizan como instrumentos de análisis para previsión de la evolución del sistema. Veamos una a una estas leyes:

Ley integradora de las partes de un sistema tecnológico.

Todo sistema tecnológico, es decir producto o proceso, tiene cuatro partes críticas o sistemas subalternos. Si falta una de estas partes, el sistema no trabajará. Estas cuatro partes tiene nombres genéricos tomados de las partes del automóvil: Motor, Sistema de transmisión, Sistema de trabajo y Sistema de control.

El motor es el subsistema que se encarga de transformar algún tipo de energía en movimiento para que el resto del sistema funcione adecuadamente,

El subsistema de transmisión, es el subsistema mediante el cual se transmite la energía del motor al subsistema de trabajo.

El subsistema de trabajo lleva a cabo directamente el fin para el cual fue diseñado el sistema tecnológico.

El subsistema de control es el equivalente al cerebro del sistema tecnológico.

Ley de la transmisión de energía en un sistema.

Los sistemas tecnológicos evolucionan en relación a la transmisión de energía, del motor al sistema de trabajo. La transmisión de la energía puede darse mediante algún mecanismo de transmisión o por medio de un campo magnético, térmico, eléctrico o a través de alguna sustancia.

Ley de amortización de ritmos.

Esta ley establece que un sistema tecnológico evoluciona al aumentar la armonía entre los cuatro subsistemas que lo integran, ya sea la armonía de movimiento, de frecuencia, de vibraciones y ritmos en general.

Ley de idealidad creciente.

La idealidad se entiende como la evolución que sufren los sistemas tecnológicos hacia su mejor desempeño. Véase el apartado anterior.

Ley del desarrollo defasado de los subsistemas de los sistemas tecnológicos.

A medida que un sistema tecnológico es más complicado, existe mayor grado de defasamiento en la evolución de los subsistemas que lo integran.

Ley de transición a un supersistema tecnológico.

Cuando un sistema tecnológico llega a su máximo nivel de desarrollo o de utilidad, puede estar sujeto a un salto tecnológico que lo convierta en un subsistema de un sistema de mayor jerarquía.

Ley de transición de un sistema tecnológico macro a otro micro.

La miniaturización del sistema tecnológico.

Ley de incremento dinámico.

Cuando se aumenta el grado de movilidad de algunas de las partes de un sistema tecnológico en aras de hacerlo más flexible y adaptable.

§13. Matriz de contradicciones

Todo sistema tecnológico se caracteriza por distintos parámetros que, de acuerdo a Althsuller, suman 39 en total. Entre estos parámetros se encuentran el peso, el volumen, su durabilidad, su facilidad de reparación y muchos otros. Estas mismas características de un objeto o proceso son la fuente de las contradicciones técnicas que se dan en cualquier problema técnico, precisamente cuando dos características necesarias de un producto o proceso se hallan en conflicto y sin embargo, como escribimos en el apartado 5, están asociadas para alcanzar un objetivo.

De hecho, el origen de todo problema técnico se encuentra en las contradicciones que se dan entre algunas de las características inherentes del sistema tecnológico. Como mencionamos en otro apartado, en algunos casos el peso de un objeto entra en conflicto con la velocidad necesaria para

cumplir con su función eficientemente; en otros casos la facilidad de fabricación puede entrar en conflicto con el volumen del sistema tecnológico, y así, cada uno de los 39 parámetros se puede enfrentar con los otros 38. Serían poco menos de 780 contradicciones típicas, cada una de las cuales se resolvería de acuerdo a métodos típicos para su eliminación. Si por una parte tenemos una lista de las contradicciones técnicas más comunes y, por otro lado, hemos hecho acopio de los métodos mayormente utilizados para superar esas contradicciones, sería posible crear una herramienta para acceder con facilidad a la resolución genérica de un problema particular.

Esta es la idea que desarrolló Altshuller al construir la Matriz de Contradicciones, una de las herramientas fundamentales de TRIZ.

La Matriz de Contradicciones es exactamente el lugar donde se contrastan las características o parámetros del sistema tecnológico que se deben mejorar, frente a los parámetros de diseño que se deterioran o empeoran. En la intersección de estos se establecen los principales principios de inventiva involucrados que han sido empleados en solución de una contradicción particular. La matriz de contradicciones muestra un juego de principios que pueden ser empleados en la solución de la contradicción, ya que son principios que han demostrado su eficacia en situaciones semejantes en el pasado.

Esta tabla llamada también Matriz de Altshuller, presenta 39 características de los sistemas tecnológicos. Cada par de características contradictorias se entrecruzan en las columnas respectivas. El primer parámetro del par se localiza en la columna izquierda de la Matriz y se denomina Característica que mejora. El otro parámetro del par se coloca en la fila superior de la Matriz y se denomina Característica que empeora.

En la Característica que Mejora la lista identifica el concepto que mejor describe el objetivo a mejorar. En la Característica que Empeora se identifica en la lista el concepto que mejor describe lo que empeora para alcanzar el objetivo. La contradicción directa se formula diciendo "característica que

mejora-característica que empeora". A veces se utiliza junto a la contradicción directa, la contradicción inversa la cual se formula poniendo en primer lugar la característica que empeora.

Veamos un ejemplo de problema doméstico.

Tenemos que pintar una escalera de madera que conduce al primer piso⁶. La cuestión es que nadie podrá subir hasta que la escalera no esté seca.

¿Cómo solucionar el problema, es decir poder subir al primer piso mientras se está pintando?

La contradicción técnica que tenemos se reduce a: si pintamos la escalera mejoramos su protección ante influencias perjudiciales externas, como rasguños, el agua, desgaste; pero, empeoramos el uso de la escalera el tiempo necesario para que esté seca. Dicho de otra manera: existe una contradicción pérdida de tiempo-daños colaterales del objeto.

La pérdida de tiempo es el parámetro número 25; no usar la escalera es un daño o perjuicio que causa el objeto mismo durante la operación (daños colaterales) esto se corresponde con el parámetro número 31, según podrán consultar el Apéndice con la tabla respectiva. En el entrecruce de las columnas 25 y 31 de la Matriz de Contradicciones encontramos la sugerencia de aplicar los principios 1 y 22, es decir el Principio de Segmentación y el Principio Acelerado.

Examinamos lo que nos proponen estos dos métodos y escogemos el Principio de Segmentación para encontrar la solución.

El Principio de Segmentación se aplica en los siguientes casos:

- a. Cuando se divide un objeto en partes independientes.
- b. Cuando el objeto se hace desarmable o por secciones.
- c. Cuando se aumenta el grado de división.

⁶ El problema de la escalera proviene de Essential TRIZ for Beginners. "Kraev Korner" TRIZ Lessons in Spanish. Traducido por Julián Domínguez Laperal. - Innovación Sistemática TRIZ.

La idea que nos sugiere esto es pintar la escalera de madera por secciones, pintar los escalones de manera alternativa y, luego, una vez que estos escalones sequen, pintar el resto de los escalones. De esta manera podemos utilizar la escalera sin tener que esperar un tiempo.

Los pasos que hemos seguido para resolver un pequeño problema domestico, son los mismos pasos que comprende el uso de la Matriz de Contradicciones.

1. Ante un determinado problema de diseño se deben identificar los elementos del mismo con dos parámetros o características en conflicto.
2. Se identifica la correspondencia entre los dos parámetros o características identificados con alguno de los 39 parámetros generalizados de Altshuller.
3. Se busca en la intersección de las columnas correspondientes los principios de inventiva señalados en la matriz.
4. Los números que aparecen en la celda correspondiente, identifican a principios de inventiva.
5. Cada uno de los principios de inventiva resultantes se debe analizar y establecer si tienen correspondencia con la naturaleza del problema.

§ 14. Parámetros de los sistemas tecnológicos

Altshuller sugirió que todo sistema tecnológico tiene una o varias de las siguientes características, las cuales sirven para determinar las contradicciones técnicas que serán la base para enfrentar un problema de inventiva o de innovación tecnológica.

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Peso de un objeto Móvil | 21. Potencia |
| 2. Peso de un objeto Estacionario | 22. Pérdida de energía |
| 3. Longitud de un objeto Móvil | 23. Pérdida de materia |
| 4. Longitud de un objeto Estacionario | 24. Pérdida de Información |
| 5. Área de un objeto Móvil | 25. Pérdida de tiempo |
| 6. Área de un objeto Estacionario | 26. Cantidad de Sustancia o de materia |
| 7. Volumen de un objeto móvil | 27. Confiabilidad |

- | | |
|--|---|
| 8. Volumen de un objeto Estacionario | 28. Precisión en la Medida |
| 9. Velocidad | 29. Precisión en la Manufactura |
| 10. Fuerza | 30. Daño externo que afecta a un objeto |
| 11. Esfuerzo, presión | 31. Efectos y daños colaterales |
| 12. Forma | 32. Facilidad de Fabricación |
| 13. Estabilidad del objeto | 33. Facilidad de Operación |
| 14. Resistencia. | 34. Facilidad de Reparación |
| 15. Durabilidad de un objeto móvil | 35. Adaptabilidad |
| 16. Durabilidad de un objeto estacionario | 36. Complejidad del Objeto |
| 17. Temperatura | 37. Complejidad de Control |
| 18. Brillantez, iluminación | 38. Nivel de Automatización |
| 19. Energía gastada por el objeto móvil | 39. Productividad |
| 20. Energía gastada por el objeto estacionario | |

§ 15. Definición de los 39 parámetros

1. Peso del objeto móvil: Masa del objeto en movimiento, sujeto a un campo gravitacional o fuerza que el mismo objeto ejerce sobre los puntos que lo soportan o suspenden.
2. Peso del objeto estacionario: Masa del objeto estático en un campo gravitacional o fuerza que el mismo objeto ejerce sobre sus puntos que lo soportan o suspenden.
3. Longitud del objeto móvil: Cualesquiera de las dimensiones lineales de un objeto en movimiento.
4. Longitud del objeto estacionario: Lo mismo que el numeral 3 pero de un objeto estático.
5. Área del objeto móvil: Área o parte de la superficie que ocupa un objeto en movimiento, ya sea interna o externa.
6. Área del objeto estacionario: Lo mismo que el numeral 5 pero de un objeto estático.
7. Volumen del objeto móvil: Espacio volumétrico que ocupa un objeto cuando se desplaza de un punto a otro.
8. Volumen del objeto estacionario: Lo mismo que el numeral anterior pero de un objeto estático.

9. Velocidad: Velocidad de un objeto o bien la velocidad a que se lleva a cabo un proceso o cualquier tipo de acción que involucre a un sistema tecnológico.
10. Fuerza: La fuerza que requiere un objeto para cambiar su posición de un punto a otro.
11. Tensión, presión, esfuerzo: Es la fuerza por unidad de área o la tensión, aplicada a un objeto o la que el objeto ejerce sobre su entorno.
12. Forma: Contorno externo de un objeto o apariencia de un sistema tecnológico.
13. Estabilidad de la composición del objeto: Integridad del objeto o sistema. Relación entre los distintos constituyentes de un objeto. Un incremento en la entropía (desorden) del objeto o del sistema, representa una pérdida de estabilidad.
14. Resistencia o fortaleza: Capacidad de un objeto a resistir un cambio en respuesta a una fuerza aplicada. También, resistencia a la ruptura.
15. Tiempo de acción de un objeto móvil: Tiempo en el cual un objeto puede llevar a cabo una acción o vida útil de un objeto.
16. Tiempo de acción de un objeto estacionario: Lo mismo que en el numeral 15, pero de un objeto estático.
17. Temperatura: Condición térmica de un objeto o sistema tecnológico, lo cual puede incluir su capacidad calorífica.
18. Brillantez:, iluminación: Calidad lumínica de un objeto o sistema dado en lúmenes por unidad de área.
19. Energía consumida por el objeto móvil: Energía requerida, por el objeto, en movimiento, para llevar a cabo una acción determinada. También, capacidad para llevar a cabo un trabajo determinado.
20. Energía consumida por el objeto estacionario: Lo mismo que el numeral 19 pero para un objeto estático.

21. Potencia: Gradiente del uso de energía. También, tiempo en el que se lleva a cabo un trabajo.
22. Pérdida de energía: Energía disipada que no contribuye directamente al trabajo requerido.
23. Pérdida de materia: Pérdida parcial o total, de manera temporal o permanente, de materia del sistema o de los subsistemas del mismo.
24. Pérdida de información: Lo mismo que el numeral anterior pero referida a la información del sistema lo cual incluye textura, olor, color, etc.
25. Pérdida de tiempo: Lapso de tiempo que se pierde al llevar a cabo una acción por el objeto o el sistema tecnológico. Reducir la pérdida de tiempo es una característica deseable de un sistema.
26. Cantidad de sustancia o de materia: Cantidad de sustancia que contiene un objeto, un sistema o los subsistemas que lo integran y que puede cambiar totalmente de manera temporal o definitiva.
27. Confiabilidad: Seguridad de la habilidad que tiene un sistema para llevar a cabo la función para la cual fue diseñado, en una forma óptima.
28. Precisión en la medición: Certidumbre con la que es posible medir el valor o característica, de un parámetro, en un sistema tecnológico.
29. Precisión en la manufactura: Grado de exactitud mediante el cual se puede fabricar un objeto en relación a las especificaciones requeridas de sus componentes.
30. Factores dañinos externos: Susceptibilidad de un sistema a daños inflingidos desde el exterior.
31. Factores dañinos generados por el objeto: Daños colaterales producidos durante la operación de un objeto, un sistema o los subsistemas que lo integran.
32. Facilidad de fabricación: Facilidad con la que se puede producir un objeto o un sistema tecnológico.

33. Facilidad de operación, conveniencia de uso: Simplicidad en la operación de un objeto o un sistema. Entre menos componentes o etapas tiene un objeto o un proceso, es de más fácil operación.
34. Facilidad de reparación: Calidad que tiene un objeto, o un sistema de ser reparado de una forma rápida y sencilla.
35. Adaptabilidad: Flexibilidad con que un objeto o un sistema puede responder a cambios externos. También, capacidad que tiene un objeto o un sistema para ser empleado en varias tareas y en diferentes circunstancias.
36. Complejidad del objeto: Diversidad de elementos que se relacionan entre si, durante la operación de un objeto. La dificultad para operar un objeto es su grado de complejidad.
37. Complejidad de control: Grado de dificultad con que se puede controlar la operación de un objeto o un sistema, debido a la complejidad e interrelación de sus componentes.
38. Nivel de automatización: Capacidad para que un objeto o un sistema tecnológico lleve a cabo la función para la cual fue diseñado sin la intervención humana. El nivel más bajo de automatización será el de un objeto operado manualmente, siendo el nivel máximo de operación aquel en el cual el objeto o sistema funciona independientemente del ser humano, monitoreando su propia operación.
39. Productividad, capacidad: Número de funciones o de operaciones que un objeto o un sistema lleva a cabo por unidad de tiempo. También, la producción por unidad de tiempo o el costo por unidad de tiempo.

§ 15. Principios inventivos

Históricamente, esta es una de las herramientas más temprana y simples de TRIZ. Estudiando miles de patentes, Altshuller fue capaz de clasificar y

catalogar soluciones de problemas técnicos. Encontró 40 principios que pueden utilizarse individualmente o en combinación para resolver contradicciones técnicas y finalmente solucionar el problema.

Los 40 principios, combinados con los 39 parámetros o características de los sistemas tecnológicos, en una gran "Matriz de contradicción", son la base principal de la TRIZ, gracias a lo cual es posible sistematizar los procesos inventivos y de generación de innovaciones tecnológicas, en cualquier nivel de abstracción, es decir, de complejidad.

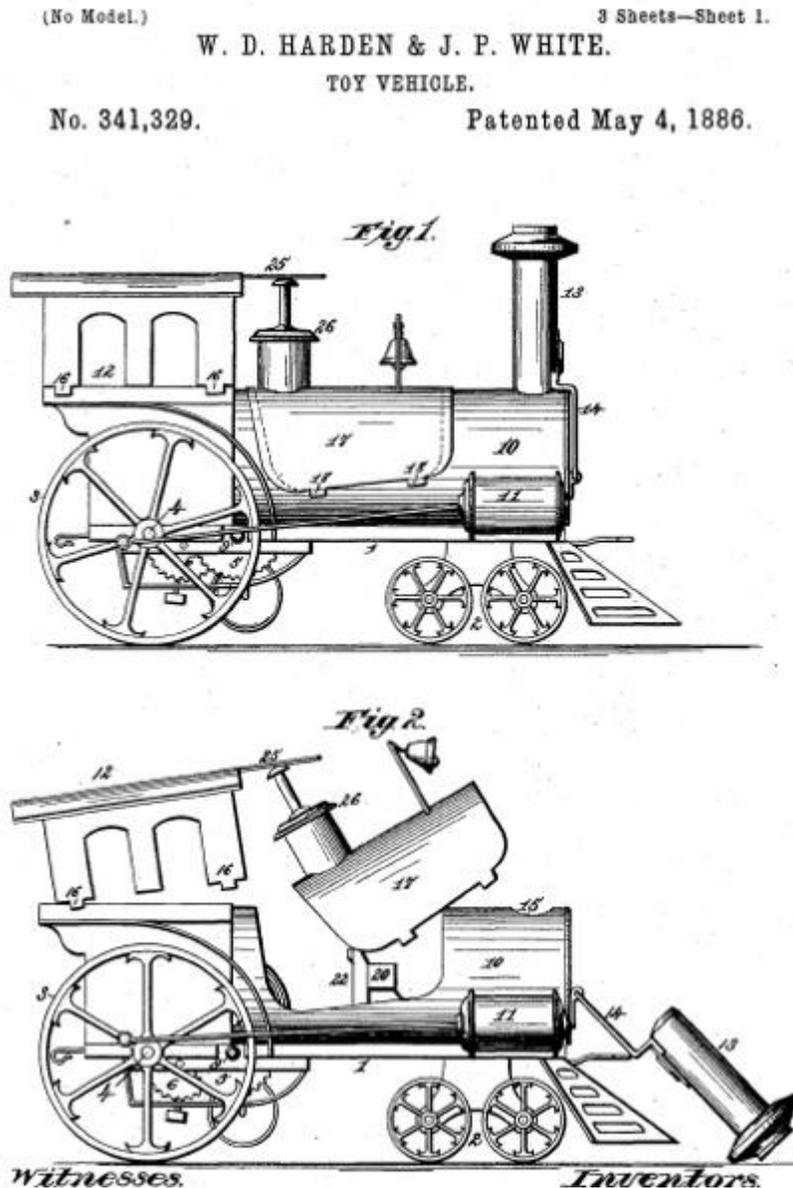
1. Segmentación	21. Acelerado
2. Separación	22. Convertir daño en beneficio
3. Calidad Local	23. Retroalimentación
4. Asimetría	24. Mediación
5. Asociación	25. Autoservicio
6. Universalidad	26. Copiar
7. Matrioska	27. Objeto barato, corta vida
8. Contrapesos	28. Reemplazar sistema mecánico
9. Acción contraria anticipada	29. Usar construcción neumática o hidráulica
10. Hacerlo de antemano	30. Membranas delgadas o película flexible
11. Acolchonar (amortiguar) de antemano	31. Uso de material poroso
12. Equipotencialidad	32. Color
13. Hacerlo al revés	33. Homogeneidad
14. Esfericidad	34. Desechar y regenerar partes
15. Dinámica	35. Transformación de estados físicos y químicos
16. Resolución parcial o sobrada	36. Transición de Fases
17. Nueva dirección	37. Dilatación térmica
18. Vibración Mecánica	38. Oxidación acelerada
19. Acción Periódica	39. Ambiente (atmósfera) inerte
20. Continuar la acción útil	40. Materiales compuestos

§ 17. Definición de los 40 Principios inventivos

1. Principio de Segmentación (fragmentación).

En el año de 1875, Tomas Jefferson, entonces ministro de los Estados Unidos de América en Francia, informó a su país acerca de una visita que hizo a un

taller de un fabricante francés de mosquetes, y describió el sistema que “consiste en fabricar cada parte de él tan exactamente igual, que la pieza que pertenece a uno puede ser empleada en cualquier otro mosquete del depósito”.



Más tarde en 1800, el industrial e inventor Eli Whitney difundió este sistema de piezas intercambiables que se conoció con el nombre de “sistema

americano". El "sistema americano" es una modalidad del llamado Principio de Segmentación.

Si tenemos un objeto que deseamos modificar visiblemente, podríamos hacer con él las siguientes operaciones:

- a. Dividirlo en partes independientes. Sustituir la computadora central por computadoras personales.
- b. Hacerlo desarmable o por secciones. Los circuitos integrados y componentes pasivos ensamblados en un módulo multi chip.
- c. Si ya está dividido de alguna manera, aumentar el grado de división. Un ejemplo en el mundo del juguete lo es la patente 341329US de 1886 que se ilustra, para un trenecito que al pasar por cierta superficie simula sufrir una pequeña explosión que hace "volar" sus partes.

2. Principio de Separación.

Se trata de hacer a un lado, separar o quitar la parte del invento o la propiedad que genera el problema.

Los rescatistas en casos de incendio en las minas, entraban con mochilas pesadas a la espalda con un dispositivo de refrigeración. En el certificado del autor Nº 257301 de la antigua URSS, el tanque se coloca aparte.

Otro ejemplo de Altshuller se refiere a que en ocasiones se producen accidentes graves en la colisión de aviones con bandadas de aves que frecuentan las pistas de aterrizaje. En los Estados Unidos se patentó una variedad de maneras de ahuyentar a las aves de aeródromos, pero la mejor solución fue emplear la grabación de chillidos de aves en peligro, mediante altoparlantes, con el objeto de mantener a las bandadas de aves alejadas de las pistas de aterrizaje.

3. Principio de Calidad local.

Este principio se aplica en tres casos, a saber:

- a. Cambiar la estructura homogénea del objeto a otra heterogénea o cambiar un ambiente externo (o la influencia externa) desde uno

uniforme a uno no uniforme. Ejemplo: Para combatir el polvo en las minas de carbón, se aplica una fina llovizna de agua en forma cónica a las partes activas de la máquina para taladrar y de cargar. Las gotas más pequeñas, tienen mayor efecto para combatir el polvo, pero la llovizna fina impide el trabajo al nublar la vista. La solución es desarrollar una capa de llovizna mas gruesa alrededor del cono de la llovizna fina.

- b. Haga que las diferentes partes del objeto cumplan una función diferente y útil. Por ejemplo el lápiz con su goma de borrar, un martillo con uña extractora
- c. Hacer que cada parte del objeto esté en las condiciones más conveniente para su mejor funcionamiento.

Las loncheras contienen compartimentos especiales para cada tipo de comida, a fin de mantener las cosas calientes, las cosas frías, las bebidas, los cubiertos, las servilletas.

4. Principio de Asimetría.

Este principio tiene dos opciones.

- a. Se trata de reemplazar una forma simétrica por otra asimétrica. Un ejemplo es la patente de los Estados Unidos 3435875 de 1969, sobre una llanta en cuyo lado externo se refuerza más para soportar los golpes contra las banquetas.
- b. Si un objeto es asimétrico, incrementar dicha asimetría.

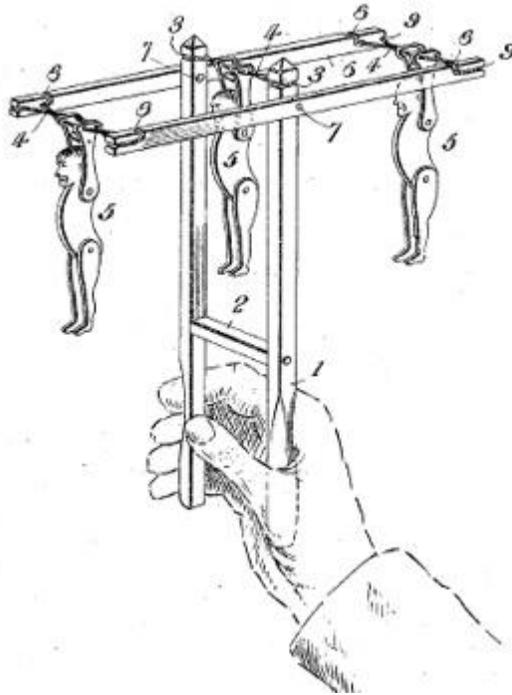
Un horno de arco eléctrico en el que los electrodos se desplazan a un lado para que en el espacio libre se permita la carga continua.

5. Principio de Asociación.

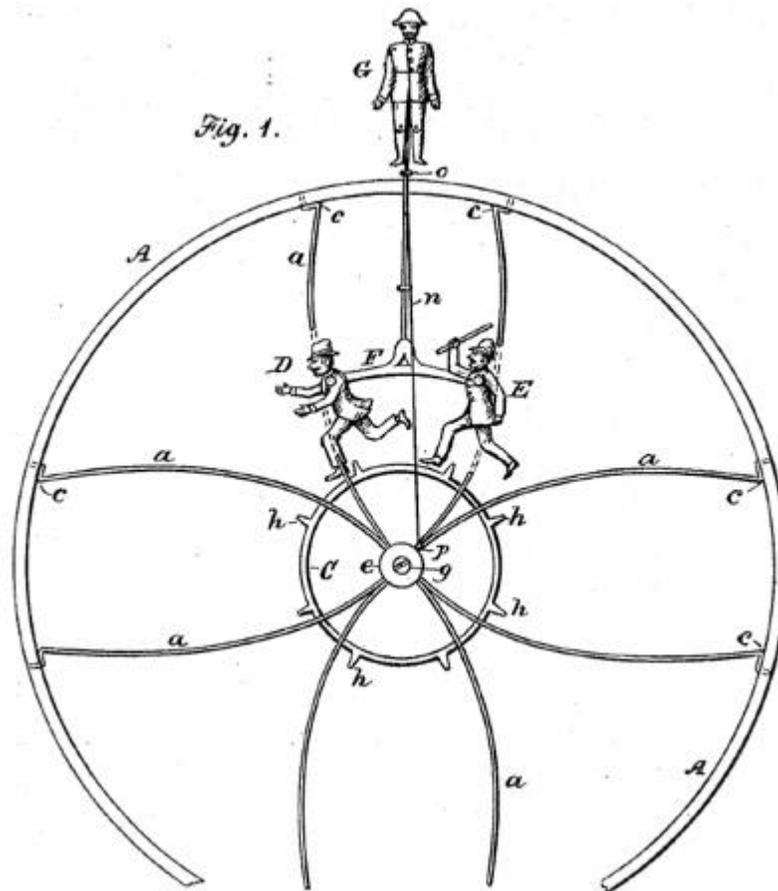
Con dos opciones:

- a. Combinar objetos similares o idénticos para realizar operaciones relacionadas. Al unir dos embarcaciones convencionales entre ellas

surge el "catamarán", el cual es mucho más estable que las embarcaciones independientes. La patente 874873 de 1907 de los Estados Unidos, presenta una mejora al popular juguete del acróbata que da vueltas en un trapecio, combinando otros dos maromeros iguales en una extensión horizontal. La ilustración es de la patente respectiva.



- b. Asociar en el tiempo operaciones simultáneas. La patente 378327 de 1888, ampara un aro de los que hacen rodar los niños, al que se ha asociado en el eje central un aro menor sobre el que corren incansables un policía y un ladrón impulsados por pequeñas aspas de la rueda interior.



6. Principio de Universalidad.

a) Un objeto puede realizar varias funciones diferentes; por lo tanto se puede prescindir de otros elementos.

Un ejemplo es la popular multiherramienta de bolsillo que contiene una navaja o cuchillo, una lima, tijeras, pinzas, etc.

En Japón examinaron la posibilidad de construir un buque tanque equipado con instalaciones para la destilación del petróleo. El objeto del proyecto es hacer coincidir en el tiempo tanto la transportación como el proceso de refinación del petróleo.

7. Principio Matrioshka.

Ya dimos cuenta de este principio en el apartado "¿Caja china o piñata?". Altshuller advierte sobre no tomar en serio un nombre que se refiere a un juguete y explica que el principio de Matrioshka podría llamarse

muy en serio el principio de integración de la concentración. Y añada que algunos nombres simples e imaginativos pueden ser recordados más fácilmente. En otro lugar advierte lo mismo sobre los problemas graciosos o sencillos.

Este principio se aplica cuando se realizan los siguientes arreglos a un sistema tecnológico:

- a. Se introduce otro objeto en su interior que a su vez contiene un tercer objeto.

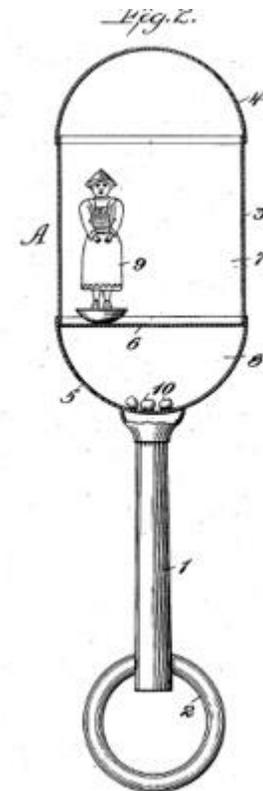
La patente 1223507 de 1917 refiere a una sonaja para bebé, que además del ruido característico, muestra en su interior esa clase de juguetes que tienen una base hueca con un contrapeso de tal manera que el juguete siempre regresa a la posición vertical cuando se coloca en cualquier posición.

- b. Se hace pasar un objeto a través de la cavidad de otro.

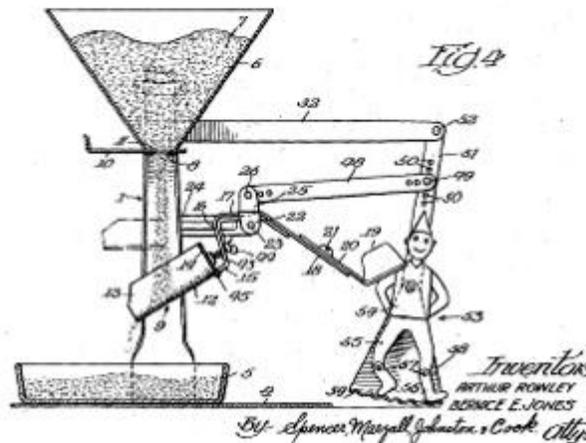
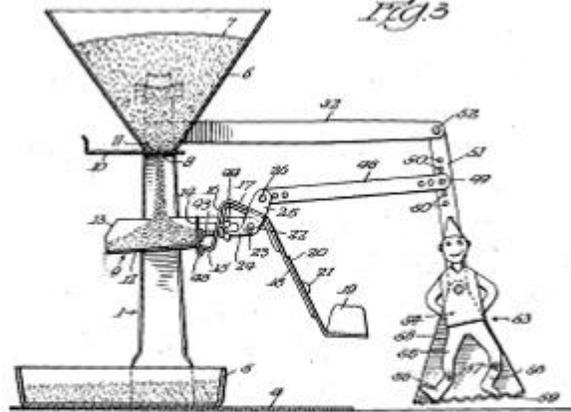
Una navaja tipo cutter cuya hoja pasa a través del objeto principal.

8. Principio de Contrapesos: Este principio tiene dos posibilidades de aplicación:

- a. Para compensar el peso de un objeto, se combina con otros de modo que se tenga una fuerza que lo sustente. Usar un globo de helio para apoyar carteles publicitarios En la patente 2583123 de los Estados Unidos, un juguete es accionado por un fluido (arena) motriz, en el que la fuerza del material al fluir mueve un brazo de conducción que impulsa un péndulo oscilante.



Jan. 22, 1952 A. ROWLEY ET AL 2,583,123
 FLUID ACTUATED TOY MOTIVE DEVICE
 Filed Oct. 28, 1949 2 SHEETS—SHEET 2



b. Compensar el peso de un objeto con fuerzas aerodinámicas o hidrodinámicas que influyan o interactúen con el ambiente. En los automóviles de carreras se coloca un alerón trasero con el objeto de incrementar la presión ("agarre") de los neumáticos sobre el asfalto aumentando la tracción.

9. Principio de la Acción contraria anticipada: Este principio se aplica en el caso siguiente:

a) Si es necesario realizar una acción con efectos tanto perjudiciales como útiles, dicha acción debe ser reemplazada por acciones contrarias de modo anticipado para controlar los efectos nocivos. Usar cinta adhesiva para cubrir las partes que no se pintan

En la construcción de elementos estructurales de hormigón estos se someten intencionalmente a esfuerzos de comprensión previos a su puesto de servicio (mediante cables de acero que son tensados y anclados al hormigón).

10. Principio Hacer de antemano:

Tiene dos opciones:

- a. Se lleva a cabo la acción (total o parcial) anticipadamente. En la antigua Unión Soviética, se logró obtener capullos de gusano de seda de tamaño y forma estándar para el devanado automático. Sucede que en el proceso de obtención del hilo de seda, se requiere materia prima de igual tamaño y forma, por lo que hay que clasificar minuciosamente los capullos. Esto complica y encarece el proceso. Los sericultores, después de estudiar el proceso de formación del capullo bajo distintas condiciones, propusieron colocar al gusano en receptáculos sintéticos.
- b. Arreglar objetos con antelación de tal manera que entren en acción inmediatamente que sea necesario y en el lugar adecuado. Cuando se lleva a cabo el vaciado de piezas de cerámica, en secciones, entre cada sección se colocan hojas metálicas o plásticas, para que una vez fraguada la pieza se pueda separar fácilmente del molde.

11. Principio Acolchonar (amortiguar) de antemano.

a) Este principio se aplica cuando se protege algún objeto contra el daño que puede sufrir en el futuro.

El ejemplo típico corresponde a la mudanza de muebles y artículos frágiles, consistente en empaquetar dichos artículos entre plásticos extendidos.

De forma parecida, este principio también aplica no sólo para confiar en la fiabilidad. He aquí unos ejemplos: En una estación de alpinismo en Suiza en donde las avalanchas de nieve son frecuentes, los esquiadores o residentes llevan consigo un imán para ser detectados en caso de quedar bajo la nieve. Ahora se aplicarían chips para localizar personas no sólo bajo la nieve sino en cualquier lugar del planeta. En una biblioteca de los Estados Unidos los libros

tienen una banda magnética, si el usuario intenta salir con el libro, al pasar debajo de una bobina especial, hace sonar una alarma previsor.

12. Principio de Equipotencialidad: Este principio aplica en una sola circunstancia:

a) Cambiar las condiciones de trabajo a fin de evitar cambios de posición, como tener que subir y bajar el objeto.

Para evitar levantar un automóvil durante el cambio de aceite o la revisión de las ruedas, se cuenta con fosas sobre las cuales se coloca el vehículo. El mecánico simplemente baja al foso para realizar la tarea.

13. Principio Haciéndolo al revés: Este principio se traduciría del ruso como "Marcha atrás". En inglés se ha adaptado como "The other way round" y en español se ha llamado "Inversión o hacer algo en forma contraria a la convencional". Prefiero mi apunte. Se aplica de tres maneras distintas, a saber:

- a. Realizar la acción contraria a la acción dictada por las condiciones del problema. No enfriar el objeto, sino calentarlo, por ejemplo. Un ejemplo clásico de Altshuller titulado "Témpanos de chocolate" proviene de la Pionerskaya Pravda, de la sección "Y entonces se aparece el inventor", que se presentó como un reto creativo. Abreviaré detalles: Se trata de una botella de chocolate que hay que rellenar de mermelada espesa. El proceso es demasiado lento, si se lograra licuar la mermelada sería más rápido y sencillo, pero esto se logra calentándola y si la mermelada se calienta, al llenar las botellas que son de chocolate, se derriten. La solución fue congelar la mermelada e insertarla de manera sólida en las botellas.
- b. Convertir en inmóvil el objeto (o medio exterior) que es móvil; y al contrario: dar movimiento al objeto inmóvil. Una caminadora eléctrica hace que el usuario permanezca en el mismo lugar y lo que se mueve es la banda, contrariamente a lo que sucede al caminar, que el piso permanece estacionario y la que se mueve es la persona.

- c. Volcar el objeto patas arriba, boca abajo, Lewis Carroll en las aventuras de Alicia *A través del espejo*, explica algunos de los inventos del Caballero Blanco. Recordarán que el Caballero Blanco causó muy pobre impresión a la niña. En particular a Alicia le chocó una cajita de madera que el hombre llevaba en la espalda, con la abertura hacia abajo y la tapa abierta. El caballero explicó: “Es de mi propia invención... y sirve para guardarlo todo, igual la ropa que los alimentos. Como puedes comprobar la llevo hacia abajo para que no entre la lluvia y moje lo que hay dentro.” El Caballero Blanco aplicó la modalidad de “poner el objeto patas arriba”, pero ignoraba que un buen invento resulta cuando se gana y no se pierde, o bien cuando se gana más de lo que se pierde.

14. Principio de Esfericidad: Se aplica de tres maneras distintas:

- a. Cuando se transforman las partes rectilíneas de un objeto en curvilíneas, o una superficie plana en esférica, o bien cuando las partes con forma de cubo o paralelepípedo se construyen como esferas. Emplear arcos o domos para reforzar construcciones lineales.
- b. El uso de rodillos, espirales, esferas, bolas, pelotas. Al poner ruedas a los muebles generalmente estáticos.
- c. Cuando se pasa de un movimiento lineal a uno rotatorio o se aprovecha la fuerza centrífuga. El ratón de la computadora emplea una esfera para transferir movimiento lineal al cursor en la pantalla.

15. Principio de Dinámica: Altshuller escribe que este principio cuenta con dos posibilidades de aplicación. En los textos más recientes se ha añadido una tercera alternativa.

- a. Introducir modificaciones al objeto característico o bien al medio exterior, para hacer óptima cada etapa de trabajo. El horno de dos baños para fusión de acero. El horno Martin normal es de un baño. Los alerones que se colocan en los autos de carreras, cuyos ángulos de ataque pueden cambiarse para un funcionamiento óptimo del vehículo.

b. Dividir el objeto en partes capaces de intercambiarse relativamente unas con otras. Los modernos vehículos "todo terreno" que se emplean para explorar Marte, los cuales son muy flexibles con partes movibles en los sistemas de rodado. Una muñeca o juguete autoenderezable, del tipo que en inglés llaman roly poly. Se trata de la patente rusa 1140813 de 1985. Recordemos que el término "dinámica" se refiere a la propiedad del sistema que lo hace ser más flexible, móvil, cambiante. Estas cualidades permiten una mejor adaptación a las cambiantes condiciones del medio ambiente. Y a veces, es el medio ambiente el que se puede cambiar. La muñeca tiene partes intercambiables, de modo que, por ejemplo, se le pueden colocar diversas cabezas, como ilustra la propia patente.



- c. Si un objeto es rígido, hacerlo movable o intercambiable. El baroscopio flexible para examinar motores. Lámpara de mesa con aditamento flexible para mover el rayo luminoso a donde sea necesario.

16. Principio de la Resolución parcial o sobrada: Este principio ayuda a resolver contradicciones técnicas en el siguiente caso:

- a) Si es difícil obtener el cien por ciento de las exigencias o requerimientos, basta obtener un poco menos "o un poco más". Esto simplifica grandemente el problema.

Cuando se pinta un objeto con pulverizador, luego se elimina el exceso, limpiándolo. O bien, se utiliza una plantilla.

17. Principio Nueva dimensión: Se aplica de tres maneras, a saber:

- a. Las dificultades asociadas con el movimiento (o colocación) del objeto a lo largo de una línea se eliminan si el objeto tiene la oportunidad de moverse en dos dimensiones (es decir, en el plano). En consecuencia, las tareas asociadas con el movimiento (o colocación) de los objetos en un plano, se eliminarán si cambian al espacio de tres dimensiones. El ratón del ordenador por infrarrojos se mueve en el espacio, en lugar de sobre una superficie, para las presentaciones.
- b. Disposición de los objetos en varios pisos en lugar de una sola planta. Chips electrónicos en ambos lados de una placa de circuito impreso.
- c. Inclinar objetos o colocarlos sobre sus extremos.
- d. Almacenar troncos de árboles verticalmente, uniéndolos adecuadamente para que formen una estructura rígida y estable.
- e. Use la otra cara de una superficie determinada. Cinta electromagnética recubierta de ambos lados doblada en forma de banda de Mobius.

18. Principio de Vibración mecánica. Este procedimiento se aplica en cinco modalidades diferentes, a saber:

- a. Se aplica al objeto un movimiento oscilatorio o vibratorio. La patente 3239283 de los Estados Unidos, se refiere a un invento que reduce la fricción estática que afecta la sensibilidad de dispositivos de precisión

de muchos instrumentos sensibles, por medio de la producción de un movimiento constante entre los elementos del cojinete.

- b. Si el movimiento vibratorio ya se realiza, se aumenta la frecuencia (hasta el mismo ultrasonido). El horno de microondas.
- c. Se construye un sistema para la frecuencia resonante. Se destruyen piedras en la vesícula o cálculos renales con resonancia ultrasónica.
- d. En lugar de la vibración mecánica usar un piezovibrador. Las oscilaciones de un cristal de cuarzo para los relojes de alta precisión.
- e. Se aplica la vibración ultrasónica en unión con el campo magnético. Mezcla de aleaciones en un horno de inducción.

19. Principio de Acción periódica: Este procedimiento tiene aplicaciones en los siguientes casos.

- a. Reemplazar una acción continua por una periódica o con impulsos. En el certificado de autor número 267772 de la antigua URSS, se registró un método para estudiar el proceso de soldadura de arco. Se basa en el cambio periódico del brillo de una luz adicional de cero hasta un valor superior a la luminosidad del arco.
- b. Si una acción ya es periódica, cambiar su frecuencia. La modulación de frecuencia para transmitir información, en lugar de código Morse.
- c. Usar de pausas entre impulsos para llevar a cabo una acción diferente. Unas chimeneas que funcionen mediante pausas para emitir los gases, son capaces de elevarlos hasta 3000 metros, lo que no se lograría con una chimenea del triple de altura que funcione de manera continua.

20. Principio de Continuación de la acción útil: Esto se logra con las siguientes opciones:

- a. Mantener la operación continua (todas las partes del objeto deben operar siempre a plena carga). Un taladro con orillas cortantes que permita procesos de corte hacia adelante y en reversa

- b. Eliminar las acciones ociosas o intermitentes o tiempos muertos. Las impresoras de inyección de tinta imprimen al regreso del carro; lo hacían también las impresoras de matriz de puntos.

21. Principio de Aceleración: Se aplica en un solo caso:

- a) Aumentar la velocidad a la que se lleva a cabo una acción riesgosa o dañina.

Cortar tubos de plástico a la mayor velocidad posible para evitar el calentamiento y la deformación de los tubos.

22. Principio Convertir el daño en beneficio: Contiene las siguientes alternativas:

- a. Utilizar los factores nocivos (en particular, los efectos nocivos del medio) para producir un efecto positivo. Aprovechar el calor residual para generar electricidad. Reciclaje de los residuos o chatarra del material de un proceso como materia prima para otro. Hacer grappa, un licor italiano, que se obtiene de los desechos sólidos de la uva que no tienen aprovechamiento en la elaboración del vino.
- b. Eliminar el factor nocivo mediante la adición de otro factor perjudicial. Las aguas residuales, fuertemente alcalinas, de una empresa pueden mezclarse con las aguas residuales, fuertemente ácidas, de otra industria con lo cual se neutralizan ambas.
- c. Fortalecer el factor perjudicial hasta el punto que deje de ser perjudicial. La herrumbre, difícil de eliminar, se transforma por medios químicos en parte componente del recubrimiento anticorrosivo.

23. Principio de Retroalimentación: Con dos posibles aplicaciones:

- a. Si no existe la retroalimentación, establecerla. El funcionamiento de un flotador en un tanque de agua.
- b. Si la retroalimentación ya existe, cambiar su magnitud e influencia. Cambiar la sensibilidad de un piloto automático cuando se encuentra a pocos kilómetros de un aeropuerto.

24. Principio Mediación: Se aplica en los dos casos que siguen:

- a. Emplear un objeto intermedio para transmitir o llevar a cabo el proceso. Un punzón de clavos permite que el martillo cumpla su función sirviendo de intermediario en los casos en que podría dañar la madera si golpeará directamente sobre el clavo.
- b. Combinar o conectar temporalmente un objeto con otro y después quitar uno de ellos. Las cápsulas medicinales. Obtención de grafeno por medio de cinta adhesiva.

25. Principio Autoservicio: Tiene dos alternativas de aplicación:

- a. Un objeto debe darse mantenimiento a si mismo mediante la realización de operaciones auxiliares. Las lámparas halógenas regeneran el filamento durante su uso, el material evaporado se deposita de nuevo.
- b. El uso de energía o material desechadas. La basura orgánica, desechos sólidos biodegradables, para crear composta.

26 Principio de Copiar: Este procedimiento se aplica de tres maneras diferentes:

- a. Emplear una copia barata en lugar del objeto original que es frágil o inconveniente de operar. Un simulador de vuelo para entrenar pilotos en lugar de un avión verdadero.
- b. Reemplazar el objeto original con su imagen óptica, la imagen obtenida puede ser reducida o agrandada. Estudiar fotografías aéreas en lugar de hacerlo en el terreno. La altura de objetos muy altos puede determinarse mediante la sombra que proyectan.
- c. Si se está empleando una copia óptica, ésta puede ser reemplazada por una copia infrarroja o ultravioleta Para determinar el grado en que un cultivo ha sido atacado por plagas, se emplean fotografías infrarrojas.

27. Principio de Desecho. Este principio que contradice la máxima "lo barato cuesta caro", se aplica en la siguiente circunstancia:

a) Sustituir un objeto caro o valioso por un conjunto de objetos baratos, aún cuando se comprometan otras cualidades como por ejemplo la duración o vida del objeto.

Utilizar objetos de papel desechables como vasos de plástico, pañales desechables. Baberos desechables, batas para proteger la ropa de los niños de usar y tirar.

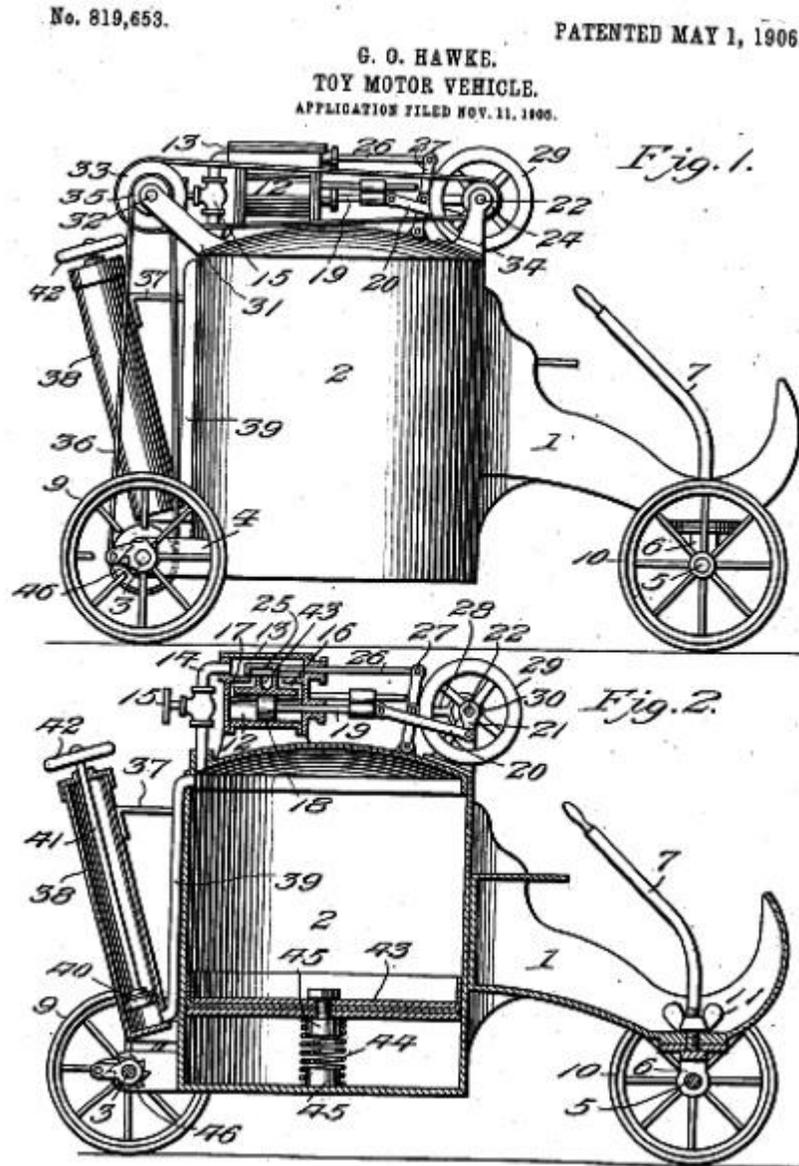
28. Principio de Sustitución Mecánica: Con las siguientes tres alternativas:

- a. Reemplazar el sistema mecánico por uno óptico, acústico o térmico. Una sustancia cuyo olor (campo olfatorio) indica que se ha roto un diente del engranaje de una máquina de perforación.
- b. Emplear campos eléctricos, magnéticos o electrodomésticos para interactuar con un objeto. Reemplazar el gancho de una grúa para levantar chatarra de hierro por un electroimán.
- c. Cambiar de un campo estático a un campo movible, de un campo no estructurado a uno que tenga estructura. Las estaciones de radiodifusión omnidireccional cambian a antenas con estructura muy detallada del patrón de radiación.
- d. Usar campos en conjunto con campos activados, por ejemplo en combinación con partículas ferromagnéticas. Calentar una sustancia que contenga material ferromagnético utilizando campo magnético variable. Cuando la temperatura supera el punto de Curie, el material se vuelve paramagnético, y ya no absorbe el calor.

29. Principio del Sistema neumático o hidráulico: Se aplica de la siguiente manera:

a) Se utilizan gases y líquidos en las partes de un objeto en lugar de las partes sólidas. Por ejemplo, objetos inflables, llenos de líquidos, colchón de aire, hidrostática, la hidráulica.

La patente 819653US se refiere a un carro de juguete cuyo motor está diseñado para operar por medio de aire comprimido.



30. Principio de Membranas flexibles o películas delgadas: Se presenta con las siguientes posibilidades de aplicación:

a) Utilizar membranas flexibles y películas delgadas en lugar de estructuras tridimensionales.

Un invernadero es clásico de este principio ya que el plástico mantiene las condiciones deseadas dentro de la construcción.

31. Principio Poroso: Con dos aplicaciones:

- a. Hacer un objeto poroso o añadir algún elemento que lo sea (insertos, revestimientos, etc.). Hacer agujeros a una estructura para reducir el peso.
- b. Los empaques de poliestireno que se usan para proteger objetos durante su transporte.
- c. Si un objeto es poroso, llenar los poros con algún tipo de sustancia. La manera más empleada en metalurgia de adicionar un aditivo, a un metal fundido líquido, es llenando los poros de un ladrillo especial con el aditivo e introduciéndolo al líquido.

32. Principio del Color: Sí, el color también juega entre los principios que ayudan a resolver problemas técnicos. Opera en cuatro opciones:

- a. Cambiar el color del objeto o del medio ambiente. Pintar de negro mate los calentadores de agua, para aprovechar mejor el calor del sol. Utilizar luces de seguridad en el cuarto oscuro de fotografía.
- b. Cambiar la translucidez de un objeto o de su medio ambiente. Utilizar fotolitografía para cambiar material transparente a una máscara sólida para el procesamiento de semiconductores. Una venda puede hacerse transparente para observar como cicatriza una herida.
- c. Vigilar los objetos o procesos poco visibles por medio de agentes colorantes. En algunos termómetros, el líquido que indica la temperatura se colorea de rojo para producir un mayor contraste y hacer más fácil la lectura.
- d. Si ya se utilizan aditivos, usar algún tipo de pintura luminiscentes para mayor contraste; utilizar los átomos marcados. Algunos termómetros tienen ya luminiscencia agregada en el líquido que indica la temperatura. La carátula fosforescente de algunos relojes e indicadores.

33. Principio de Homogeneidad: Este principio actúa en la siguiente circunstancia:

a) Los objetos secundarios que interactúan con un objeto dado deben ser hechos del mismo material o de materiales similares del objeto principal.

Hacer que el contenedor sea del mismo material que el contenido, para reducir las reacciones químicas.

En metalurgia cuando es necesario agitar un metal fundido de alta pureza, se introduce un agitador del mismo metal para evitar contaminar el metal fundido.

34. Principio de Desechar y regenerar partes: Es un procedimiento que funciona de acuerdo a las siguientes acciones.

- a. Si después de terminar su función un objeto o parte de él, ya no es necesario en la acción o proceso, se debe desechar (evaporarse, disolverse, etc.) Al echar agua a los empaques fabricados con harina de almidón, se reduce su tamaño cientos de veces. O bien, una vez terminada la función de estos empaques, se degradan fácilmente en los rellenos sanitarios.
- b. Los componentes usados o gastados de un objeto, se vuelven a utilizar en la misma acción o proceso. En los lanzamientos de naves espaciales, se recuperan los contenedores de combustible y se vuelven a usar varias veces.

35. Principio de Transformación de propiedades: Opera al aplicar las siguientes cuatro ideas:

- a. Cambiar el estado físico del objeto o de alguno de sus componentes. Transportar nitrógeno u oxígeno líquido en lugar de estado gaseoso, para reducir su volumen.
- b. Variar la concentración o la densidad del objeto. Jabón líquido para manos es más concentrado y más viscoso que el jabón en barra en el punto de uso, por lo que es más fácil de dispensar.
- c. Cambiar el grado de flexibilidad. Vulcanizar caucho para cambiar su flexibilidad y durabilidad.

- d. Cambiar la temperatura. Conservar con baja temperatura las muestras médicas para su posterior análisis.

36. Principio Transición de fases: Este procedimiento tiene una opción para su cumplimiento:

- a) Emplear el fenómeno de cambio de fase (pérdida de volumen, liberación o absorción de calor, etc.)

Las máquinas térmicas como las bombas de calor utilizan el calor de vaporización y el calor de condensación de un ciclo termodinámico cerrado para realizar trabajo útil.

37. Principio de Dilatación térmica: Se aplica de dos maneras:

- a. Aprovechar el aumento o contracción de los materiales con el cambio de temperatura ambiental.
- b. Si ya se emplea la dilatación térmica, utilizar materiales con diversos coeficientes de dilatación. El termopar para el control de temperatura en algunos aparatos industriales. La termocupla en los termostatos.

38. Principio de Oxidación acelerada: Aplica en el cumplimiento de las siguientes operaciones:

- a) Llevar a cabo la transición, de un nivel inferior de oxidación a otro nivel mayor (sustituir el aire normal por aire enriquecido, al aire enriquecido con oxígeno puro, al aire o al oxígeno exponerlos a radiaciones ionizantes, sustituir el oxígeno ionizado por ozono).

Buceo con Nitrox u otras mezclas para la resistencia prolongada. Tratar las heridas en un entorno de oxígeno a alta presión para eliminar las bacterias anaeróbicas y la curación de la herida. Ionizar el aire para atrapar contaminantes en un filtro de aire.

39. Principio Ambiente (atmósfera) inerte: Este procedimiento puede considerarse el contrario del anterior, con las siguientes alternativas.

- a. Reemplazar el ambiente natural por otro que sea inerte. Para evitar que algunas fibras vegetales se incendien en los almacenes se les aplica nitrógeno, desplazando el oxígeno.

- b. Llevar a cabo un proceso en el vacío. Algunos procesos de soldado muy delicados, se llevan a cabo en cámaras de vacío.
- c. Emplear una sustancia inerte. Para evitar la oxidación, en un proceso se hace uso de algún gas inerte al llevar a cabo la acción

40. Principio Materiales compuestos: Se aplica de la siguiente forma:

a) Uso de nuevos materiales compuestos con características especiales.

Las partes hechas de fibra de carbono en algunas bicicletas de carreras para hacerlas más ligeras y resistentes.

Las tablas de surf de fibra de vidrio son más ligeras y más controlables y más fáciles de hacer en una variedad de formas que las de madera.

§ 18. Cómo utilizar los 40 Principios

Los 40 principios inventivos son no sólo la herramienta fundamental de TRIZ, sino el procedimiento más sencillo para resolver contradicciones técnicas y resolver el problema de inventiva, el cual puede caer en el campo de la mejora de productos existentes, en la mejora de tecnología industrial, en el desarrollo de nuevos productos, en la ingeniería de investigación y desarrollo, en el pronóstico a corto y a largo plazo, en la superación de patentes y en el nuevo desarrollo de inventos. Altshuller advierte que no es posible ser un experto en TRIZ a la primera lectura, sino que, a pesar de que su aplicación no requiere conocimientos especiales, al grado que puede ser utilizado por no profesionales, se requiere empaparse de resolución de ejercicios y verdaderos problemas creativos para manejar los algoritmos de la mejor manera. La utilización de esta herramienta de TRIZ también tiene su propia especificidad y requiere de algunas habilidades prácticas y de pensamiento. De cualquier forma, TRIZ permite en las actividades prácticas varios métodos para aplicar los 40 Principios durante el proceso de resolución de un problema. En este apartado veremos los siguientes métodos:

1. Revisión de principios.

2. Definir la contradicción técnica.
3. Definir la contradicción técnica directa e inversa.
4. Establecer dos o más contradicciones diferentes para el problema

En la revisión de principios se trata de examinar uno a uno aquellos principios que podrían ajustarse al problema, tratando de aplicar uno de ellos o sus combinaciones a la superación de la contradicción técnica.

En el segundo método, se trata de definir la contradicción técnica y en seguida utilizar la Matriz de Altshuller a fin de conseguir los principios recomendados para solucionar el problema.

En el tercer método se formula tanto la contradicción técnica directa como la contradicción inversa para el mismo problema y se utiliza la Matriz para ambos casos, ya que ambas formulaciones pueden tener sentido y la Matriz puede sugerir principios eficaces adicionales que pueden ser útiles para eliminar ambas contradicciones.

En el cuarto método se formulan dos o más contradicciones diferentes para el problema y se solucionan estas contradicciones con la ayuda de la Matriz. Lo más importantes en este caso es identificar los principios comunes en diferentes conjuntos de principios inventivos. Un ejemplo de esto lo veremos en el apartado 20, donde la solución se desprende al formular dos contradicciones del sistema.

La metodología TRIZ se puede adaptar a diferentes tipos de resolución de problemas. Los métodos descritos anteriormente son relativamente sencillos, a pesar de que obligan al usuario a pre-formular el problema en términos de parámetros estándar de ingeniería. Se utilizan principalmente para resolver problemas de tipo nivel dos. Los problemas más difíciles se resuelven con herramientas más precisas como lo son ARIZ, los algoritmos para la resolución de problemas de inventiva.

§ 19. Los mismos viejos problemas

Los ejemplos clásicos de Altshuller siguen circulando en la bibliografía contemporánea sobre TRIZ, digamos modernizados.

Tenemos como ejemplo del primer método señalado en el apartado anterior el siguiente problema, que adaptamos de la Pionerskaya Pravda: En una fábrica se necesita limpiar piezas de metal. Normalmente se utiliza un chorro poderoso de arena. Las superficies se limpian bien, pero cuando las piezas de metal tienen algunas pequeñas cavidades la arena se queda adentro y si las piezas son muy pesadas resulta muy difícil sacudirlas. ¿Qué hacer? En lugar de plantear la contradicción técnica, vamos a examinar algunos principios que parecen aplicables. Sin embargo, en la búsqueda debemos tener en mente lo esencial del problema: queremos limpiar las piezas de metal con chorros de arena... o de algo similar que no quede atorado en las hendiduras o que, si queda, se pueda eliminar fácilmente, aún en piezas pesadas.

Después de desechar casi todos, encontramos el principio 35 con su primera opción:

a) Cambiar el estado físico del objeto o de alguno de sus componentes.

Con la idea que hemos conservado, se nos ocurre que usar chorros de un material que se pudiera hacer desaparecer... O evaporar. ¿Y si se utiliza hielo, minúsculos granitos de hielo seco? Luego el hielo seco se transforma en gas y desaparece. Exacto, de esta manera se resolvió el problema en fábricas manufactureras.

Ahora veamos aquel problema que resolvió el detective que apareció en la Pionerskaya Pravda. Es un ejemplo del método enunciado en segundo lugar.

“Un proveedor entrega alcohol con un camión cisterna de 3000 litros lleno a capacidad. Pero cada vez que se descargaba el alcohol en el almacén de recepción, había un faltante de 15 a 20 litros. Para evitar estas carencias, el tanque fue sellado inmediatamente después de ser llenado y se observó al conductor durante todo el viaje. Las pérdidas, sin embargo, continuaron.”

Ya conocemos el truco de que se valía el conductor, pero analicemos el problema como si no lo supiéramos desde nuestra Matriz de Contradicciones.

La contradicción aquí es la siguiente: el cambio en la cantidad de material (parámetro 26) durante la transportación. La transportación no es otra cosa que “la duración de la movilidad del objeto”, o sea el parámetro 15. No confundir el parámetro 26 con el 23. Compárense.

En la Matriz de contradicciones, tenemos la posible respuesta en los principios 3, 35, 10, 40. De todos ellos, la solución más posible se encuentra en el principio 10, Hacerlo de antemano, ya que los otros procedimientos que ayudan a superar conflictos entre estos dos parámetros sugieren cambios que no se requieren en este caso.

En efecto: “el método del conductor era el siguiente: Cuando preparaba el carro cisterna para cargarlo de alcohol, colgó una cubeta vacía en el interior del tanque. Luego llevaba el carro cisterna a la plataforma de carga donde se llenaba y se sellaba. Después de que llegaba a su destino y se descargaba en las bodegas, el conductor esperaba a estar solo, abría el tanque y retiraba el cubo lleno de alcohol.”

§ 20. ARIZ 61

A partir del concepto de máquina ideal y las contradicciones técnicas se puede agilizar de manera significativa el proceso de resolución de problemas de inventiva. La máquina ideal ayuda a determinar la dirección de búsqueda, mientras que la contradicción inherente a la técnica de esta tarea, indica el obstáculo a superar. Sin embargo, a veces la contradicción se encuentra muy escondida en algunos problemas. También suele ocurrir que la contradicción no desaparece por sí sola, sino que se tiene que encontrar la manera de eliminarla. No siempre es posible de un tirón encontrar la solución de un problema. Tenemos que seguir una táctica racional que permita paso a paso resolver el problema. Esta táctica y sus pasos están dados en los algoritmos para la resolución de problemas inventivos, ARIZ.

Ya mencionamos que ARIZ 61 comprende tres etapas: la fase analítica, donde se establecen las condiciones del problema; la fase operativa, donde

se eliminan las causas de las contradicciones técnicas; y, la fase sintética, donde se concreta la solución.

A. Fase analítica.

En este estadio se consideran cinco pasos, a saber:

1. Primer paso: Elección y planteamiento del problema.
2. Segundo paso: Representar el resultado ideal deseado.
3. Tercer paso: Definir qué es lo que impide la obtención de este resultado, es decir, encontrar la contradicción.
4. Cuarto paso: Encontrar por qué lo impide, es decir la causa de la contradicción.
5. Quinto paso: Establecer las condiciones en que no lo impediría, o sea encontrar las condiciones en las cuales se elimina el conflicto.

B. Fase operativa.

Comprende los siguientes seis pasos.

1. Primer paso: Comprobar las posibilidades de modificación del objeto, máquina o proceso tecnológico. Estas modificaciones pueden darse en:
 - a. Las dimensiones.
 - b. La forma.
 - c. El material.
 - d. La temperatura.
 - e. La presión.
 - f. La velocidad.
 - g. El color.
 - h. La disposición recíproca de las partes.
 - i. El régimen de trabajo de las partes con la mira máxima de carga.
2. El segundo paso: Comprobar las posibilidades de división de un objeto en partes independientes, lo cual puede ocurrir de tres maneras diferentes:
 - a. Separando las partes "débiles".
 - b. Separando las partes que son "necesarias y suficientes".

- c. Dividiendo el objeto en partes iguales.
3. Tercer paso: Comprobar las posibilidades de modificación del medio exterior para un objeto dado, de una de las siguientes formas:
 - a. Modificando los parámetros del medio.
 - b. Sustituyendo el medio.
 - c. Dividiendo el medio en varios medios parciales..
 - d. Aprovechando un medio exterior para realizar funciones útiles.
4. El cuarto paso: Comprobar las posibilidades de cambio en los objetos vecinos, si trabajan en común con el objeto dado. Este paso puede darse de tres modos:
 - a. Al establecer relación entre objetos independientes que participan en la ejecución de un trabajo.
 - b. Al separar un objeto y transferir sus funciones a otro.
 - c. Aumentando el número de objetos que operan en una zona, aprovechando la cara posterior libre de esa área.
5. Quinto paso: Investigar los prototipos de otra rama técnica, con el objeto de responder a la pregunta: ¿cómo es que esta misma contradicción se elimina en otro problema técnico?
6. Sexto paso: En el caso que resulte inútil el procedimiento, regresar al problema ampliando las condiciones iniciales.

C) Fase sintética.

Esta fase comprende cuatro pasos:

1. Primer paso: Incluir cambios en la forma del objeto dado, ya que a una nueva naturaleza de las máquinas deben corresponder nuevas formas.
2. Segundo paso: Incluir el cambio de otro objeto ligado al objeto dado.
3. Incluir el cambio en el método de aprovechamiento del objeto.
4. Comprobar la idea aplicando el principio de la invención en la resolución de otro problema de inventiva.

§ 21. ARI Z61: Un ejemplo

A) La fase analítica.

1. Definición del problema: El proceso de perforaciones geológicas se realiza bien cuando las coronas y otras herramientas de perforación no sobrepasan el límite admisible de desgaste. Pero, ¿cómo saber en qué momento se llega al límite? No es posible calcularlo, porque la carga sobre el eje de la herramienta, el número de revoluciones y la dureza de la roca varían continuamente.
2. El resultado ideal: Controlar el estado de la corona a centenas de metros de la superficie de la tierra, con un dispositivo sencillo que montado en la corona envíe, una señal a la superficie al llegar al límite de desgaste.
3. Definir la contradicción: La contradicción técnica se da aquí entre la pérdida de información o/y sustancia y la vida útil del objeto, parámetros 24 y 15. No sabemos en qué momento se desgasta la pieza al límite recomendable.
4. Por qué lo impide: El proceso ocurre a centenas de metros bajo la superficie. No podemos montar dispositivos electrónicos o complicados. Los dispositivos electrónicos, no cabrían en un pozo estrecho, ni resistirían el régimen de trabajo de una perforadora y darían nuevas preocupaciones a los operadores.
5. Establecer las condiciones en que se eliminaría el conflicto: Un vistazo a la Matriz de contradicciones sugiere para el caso de pérdida de información-vida útil del objeto (parámetros 24 y 15) el principio 10, Hacerlo de antemano. ¿Cómo? También se da la contradicción pérdida de sustancia-vida útil del objeto, lo que nos lleva a los principios 28, 27, 3, 18 en la Matriz de contradicciones. El Principio de Sustitución mecánica (28) nos pide reemplazar el sistema mecánico ya sea por uno óptico, acústico o térmico. Siguiendo este procedimiento, podemos utilizar otro tipo de transmisores en lugar de los electrónicos: por ejemplo olores. ¡Eso parece bien!

B) Fase operativa.

1 y 2, no aplican, no aportan nada.

3. Comprobar las posibilidades de modificación del medio exterior para un objeto dado, de una de las siguientes formas:

d) Aprovechando un medio exterior para realizar funciones útiles.

La solución resulta bastante simple: empotrar cilindros de aluminio de dimensiones minúsculas, llenos de una sustancia aromática, en las pequeñas aberturas cilíndricas que se encuentran entre los dientes de la corona, e introducir la corona en el pozo como siempre. Cuando los dientes de la corona se desgasten hasta el límite, se agujeran también las cápsulas y el aire que sale del pozo adquiere un olor característico. Es un método simple, seguro y barato: las cápsulas casi no ocupan lugar, no temen a las vibraciones, ni a la humedad, ni a las variaciones de temperatura y no exigen ajustes ni cuidado alguno. Quedaba a resolver un solo problema: hallar una sustancia que tenga un olor intenso. Por fin se decidió por una sustancia abundante y barata: el etil mercaptano, que se utilizaba para dar olor al gas natural. Las pruebas tuvieron éxito.

C) Fase sintética.

IV, Existe la posibilidad de que en las máquinas herramientas, en los automóviles y en las grúas se aplique esta resolución en las piezas que se desgastan durante el trabajo. Se puede empapar con esta sustancia pequeñas cintas o juntas, o ponerlas en cápsulas especiales. Ya que la nariz percibe el olor instantáneamente podríamos enterarnos de que la pieza llegó al límite de desgaste fijado de antemano. Este método para controlar herramienta de corte con un indicador químico del desgaste por el uso montado en el cuerpo, obtuvo el certificado de autor número 163559 de la antigua URSS. Pero, además, se trata de un invento de nivel 4.

§ 22. Patentes de la Era Paleozoica

Parecería de Perogrullo decir que la Naturaleza es la más grande de todos los inventores, pero es algo que a veces se olvida. Las patentes y prototipos de la Naturaleza siempre han atraído la atención de los inventores. El vuelo de las aves cautivó al ser humano quizás desde la prehistoria y no fue sino recién entrado el siglo XX que comenzó la historia de la aviación. Con el tiempo se llegó a fundar una ciencia especializada, la Biónica, en las fronteras de la ingeniería y la biología, cuyo objetivo es el estudio de las funciones, particularidades y fenómenos de los seres vivos, a fin de aplicar sus descubrimientos en el mundo de la técnica.

No es de extrañar que Altshuller, estudioso de la historia de las invenciones, diera particular importancia a los inventos de la naturaleza, y dedicara una amplia discusión al respecto, al grado de incorporar desde ARIZ 71 un paso para examinar los prototipos biológicos para encontrar solución a algunos problemas.

Según Altshuller algunos académicos sugieren que el futuro de la técnica depende en gran medida de nuestra capacidad para transferir a ella los principios de los organismos vivos. De acuerdo a Altshuller, la invención se divide en ochenta y nueve clases, que abarcan todas las áreas de la tecnología. La "biblioteca de patentes" de la naturaleza cuenta con las mismas ochenta y nueve categorías. La naturaleza puede dar al inventor una idea en todos los ámbitos de la ingeniería eléctrica, la minería, la metalurgia, la construcción...

Lo extraordinario es que los inventores no cayeran en cuenta de que disponen de esta enorme biblioteca de inventos.

En los siglos XVIII y XIX los inventores rara vez utilizaron prototipos naturales, fuera de los puentes colgantes de Sanuel Brown sobre el río Tweed en Berwick, no se registran otros casos. Brown construyó un puente de cadena de hierro forjado con una abertura de 135 metros inspirado en la red de una araña, según cuenta la leyenda. Fue algo casual, pero el hecho es que la propia naturaleza, sin que medie solicitud alguna, está siempre

sugiriendo ideas al inventor. Altshuller se pregunta: ¿Y por qué no buscar uno conscientemente la ayuda de la naturaleza? Un mayor desarrollo de la tecnología es posible con el uso generalizado y sistemático de las "patentes" de la naturaleza.

A mediados de los años treinta del siglo XX, los diseñadores crearon el avión de alta velocidad y tan pronto como la velocidad del avión cruzaba un cierto umbral, había fluctuaciones bruscas, un fenómeno llamado "aleteo", "como si de pronto un enorme martillo invisible tamborileaba con fuerza terrible en la aeronave".

Al final el aleteo fue eliminado por el engrosamiento del borde anterior de las alas.

Pasaron los años y un investigador comenzó a estudiar el papel de las partes individuales de las alas de los insectos. Y acabó por descubrir que el engrosamiento del borde anterior de las alas de las libélulas evitaba precisamente un vuelo lleno de vibraciones. Tanto la ciencia como la naturaleza llegaron a la misma resolución técnica, sólo que la naturaleza lo hizo millones de años antes.

Entre los muchos ejemplos de invenciones derivadas del estudio científico de los seres vivos, a los que hace referencia, se encuentran los cangrejos de herradura y la posibilidad de que el ojo de estos crustáceos sirva como un prototipo para dispositivos electrónicos muy sofisticados. Los ojos del cangrejo de herradura son muy sensibles, a pesar de que el animal es nocturno y pasa la mayor parte de su tiempo enterrado en la arena. Cuenta con dos grandes ojos compuestos en los lados de la caparazón y siete ojos simples (un par detrás de los ojos compuestos, 3 en la parte delantera y un par ventral). Cada uno de los ojos es un conjunto de lentes individuales. Un estudio a largo plazo de un científico estadounidense condujo a interesantes descubrimientos que llevaron a la creación de un sistema de televisión con una imagen muy contrastante que resulta de importancia, por ejemplo, para la transferencia de fotos de otros planetas a la Tierra.

Un estudio adicional hizo posible establecer que el ojo recoge la luz ultravioleta y los rayos infrarrojos invisibles para los seres humanos. Además el científico norteamericano Waterman encontró que los cangrejos herradura perciben la luz polarizada, por lo que el animal puede navegar cuando ni hay sol ni estrellas. .

La cavitación es un serio problema de erosión en las presas de hormigón. Numerosos métodos de protección ofrecidos por diversos inventores son demasiado costosos o poco fiables también. La solución exitosa se encontró en el Mar Negro al caer en la cuenta de que las ondas de choque se apagaban en las piedras y rocas cubiertas de algas y musgo, mientras que las rocas desnudas se encontraban llenas de ranuras y hoyos. El musgo guardaba a la piedra contra la destrucción. De ahí se buscó la manera de poner una capa protectora a las superficie de hormigón y a las estructuras de concreto hidráulico, tal como en el Certificado de autor 279443 de la antigua URSS:

Por lo general la Naturaleza realiza una búsqueda constante de mejoras de los sistemas vivos, vía la evolución biológica. Un prototipo viviente es el último ensayo de una larga cadena más o menos exitosa de inventos de la naturaleza. Y decimos "más o menos exitosa" porque, por otra parte, algunos de los animales extintos superan en todos los aspectos a sus degenerados descendientes. Se quedaron en el pasado no porque estuvieran peor organizados, sino a causa de cambios climáticos y otros factores, inclusive muchos han sido exterminados por el hombre.⁷

§ 23. La fuerza de la fantasía y la inercia mental

"Todo lo que el hombre puede imaginar en su mente, otros serán capaces de poner en práctica", éstas son palabras de Julio Verne que cita Altshuller,

⁷ Altshuller no especifica si el número de clases de inventos es un cálculo personal o es el que consideraba la Oficina de patentes de la URSS en su momento. Al respecto, la Oficina de Patentes de los Estados Unidos de América, consigna 987 clases de inventos y algunos más de diseños.

quien afirma que de hecho, la historia de la literatura de ciencia ficción da ejemplos ilustrativos de la transformación de lo "imposible" en lo "mejor".

Altshuller da importancia fundamental en todos sus escritos a la fuerza de la fantasía y recomienda insistentemente la lectura de cuentos y novelas de ciencia ficción.

En *Algoritmos de la invención*, discute ampliamente el asunto y señala que "aunque es un lugar común decir que la imaginación y la fantasía juegan un papel muy importante en cualquier actividad creativa, incluyendo la técnica y científica, se da una paradoja sorprendente: el reconocimiento del gran valor de la imaginación y la fantasía no se acompaña de esfuerzos sistemáticos para su desarrollo. Hasta el momento el único medio popular y eficaz de ejercitar la fantasía es leer literatura de fantasía y ciencia ficción":

Altshuller describe con entusiasmo cómo la literatura de ciencia ficción ha inspirado a numerosos inventores en la persecución de una idea esbozada por Asimov, Belayev, Efremov o Julio Verne y refiere su influencia en científicos de su entorno, asegurando que la ciencia ficción juega el papel de una especie de campo experimental para la simulación de ideas problemáticas. Algunas de estas ideas evolucionan con el tiempo, en una hipótesis científica, o si hablamos de la técnica, en propuestas de racionalización, diseños, invenciones,

En 1964 empezó a hacer lo que él llamó "Registro de ideas contemporáneas de ciencia ficción". Para 1973, cuando publica *Алгоритм изобретения*, *Algoritmos de la invención*, de donde entresacamos estas notas, incluía "casi todas las ideas interesantes" en doce clases, 75 subclases, 460 grupos y 2360 subgrupos. Su análisis permitió responder a la pregunta de en qué casos las ideas fantásticas eran valiosas, y en qué casos eran erróneas. Empezó, por otra parte, a aclarar algunas pautas para generar ideas fantásticas.

Según Altshuller hay ideas fundamentalmente nuevas en la literatura de ciencia ficción, se encuentra en ellas el mecanismo de predecir el futuro, por

lo que "es muy interesante entender la mecánica interna de la fantasía, la cualidad humana más sorprendente, sin escribir cuentos".

El catálogo de ideas de la ciencia ficción se divide en once clases, a saber:

1. El espacio.
2. La Tierra.
3. Las personas
4. La sociedad.
5. Cibernética.
6. Seres inteligentes extraterrestres.
7. Animales fantásticos y plantas.
8. El tiempo y el espacio.
9. Ideas fantásticas.
10. Ideas de ciencia y tecnología.
11. Ecología.

La clase Cibernética, por ejemplo, se divide a la vez en las siguientes subclases:

1. El robot es tonto y el hombre está bien hecho.
 - 1b. El robot no es loco sino un hombre bien hecho.
2. Robots egoístas y robótica altruista.
3. La mente y las emociones de los robots y las máquinas cibernéticas.
4. Situaciones especiales con robots y ciber máquinas.

En cada subclase aparecen subtemas más los títulos y el autor del cuento o novela con una breve anotación sobre el planteamiento. Por ejemplo en la subclase 1B, tenemos dos temas.

I. El hombre está listo para una operación peligrosa: fortalecer las facultades mentales de los robots.

Ejemplo: I. Rosohovatsky "Sin resolver la ecuación" (1971)

II.. Tonterías, causadas por la imperfección de los robots (en su mayoría por el deseo de obedecer las órdenes literalmente).

Ejemplo: (Aparecen 9 títulos y autores, pero escogemos un título que ha sido traducido al español) Ilyá Varshavsky: "Robi"

Y así, hasta dar cuenta de miles de títulos clasificados por su temática.

La lectura de ciencia ficción, contribuye, por supuesto, al desarrollo de la imaginación creativa, pero ciertamente no es un sustituto para el ejercicio regular. La imaginación debe ser desarrollada de manera sistemática por medio de ejercicios especiales. El catálogo de Altshuller no es otra cosa que una base para investigar cómo el ser humano se asoma al futuro.

Uno de los pocos intentos en este sentido, del que da cuenta Altshuller, lo hizo un profesor, John Arnold en la Universidad de Stanford. El método de Arnold para ejercitar la imaginación consistía en resolver problemas de inventiva en un planeta imaginario Arcturus IV. Inventó que este planeta tenía unas condiciones bastante particulares: la temperatura en la superficie sobre un promedio de 100° Centígrados más baja que en la Tierra, una atmósfera compuesta de metano, un mar de amoniaco, la fuerza de gravedad 10 veces mayor que en la Tierra, las criaturas inteligentes como pájaros... Era necesario superar muchas barreras psicológicas para resolver los variados problemas que en la Tierra no nos parecen problema, como andar en coche o ir a casa en las condiciones de Arcturus IV. En la resolución de estos problemas, los alumnos del profesor Arnold desarrollaron gradualmente la capacidad de superar barreras psicológicas. Desafortunadamente, el método de Arnold es muy limitado.

Para el desarrollo efectivo de la imaginación creativa, se requiere de un sistema de ejercicios para el desarrollo de la imaginación creativa y, lo más importante, hace falta la formación en la fantasía. Altshuller implementó un método que logró instrumentar en talleres diversos. "Los estudiantes, refiere Altshuller, aprenden las técnicas para generar ideas fantásticas, las técnicas para superar la inercia psicológica y el uso de estas técnicas en los ejercicios especiales o en la Resolución de Problemas Inventivos."

Precisamente hay en TRIZ diferentes métodos para vencer la inercia psicológica, la inercia mental. Estos métodos permiten que amplíemos nuestro punto de vista convencional sobre un problema y veamos nuevos caminos para solucionarlo. Con la ayuda de estos métodos, es posible considerar un problema desde puntos de vista diversificados e inesperados. Uno de esos métodos permite abrir ventanas al pasado, presente y futuro de un sistema tecnológico para conocer cómo ha evolucionado el sistema en si mismo, el supersistema y el subsistema; otro método se dedica al desarrollo de nuevos sistemas usando analogías y fantasías. Hacer hasta cierto punto ciencia ficción.

Veamos sucintamente el "Pensamiento de las nueve ventanas". Este permite representar un sistema desarrollado mentalmente en nueve ventanas, que no son sino el entrecruce de tres renglones y tres columnas. Los renglones son Supersistema, Sistema, Subsistemas, mientras que las columnas representan Pasado, Presente, Futuro.

Se escoge un sistema tecnológico moderno y típico, como una máquina de coser, una licuadora, una plancha, una engrapadora, un reloj, un ventilador, y se coloca en la "ventana" central de la tabla en el cruce del renglón "Sistema" y la columna "Presente".

En el siguiente paso hay que escoger un subsistema del objeto para colocarlo en la "ventana" de la tabla en la intersección "Presente" y "Subsistema".

Los subsistemas de una licuadora pueden ser la carcasa, el motor, el vaso contenedor, el sistema eléctrico... Y aquí hay que seleccionar uno sólo de ellos, que es el que se quiere mejorar.

El supersistema actual para nuestro objeto será un nuevo sistema compuesto en el cual el objeto será sólo una parte. Para la licuadora podría ser una pequeña mesa de la que forma parte o un procesador de alimentos compuesto. Colocamos el supersistema en la ventana de la tabla entre "Presente" y "Supersistema". De esta forma hemos compuesto la columna "Presente" en nuestra tabla.

El siguiente paso es llenar la columna "Pasado" de la tabla de la misma manera que la columna "Presente". Por lo general este es un paso sencillo, pero muy importante. Es sencillo porque podemos seleccionar de manera retrospectiva uno de los primeros objetos inventados, ya sea la vieja licuadora de Stephen J. Poplaski (Patente US1480914 de 1924) o remitirnos a las mezcladoras de jugos, cuanto que el propio Poplawski consigna que su invento es una "nueva mezcladora de jugos". El caso es que hay que escoger un subsistema de la vieja licuadora, para el subsistema "Pasado". Por ejemplo la carcasa. En la ventana "Presente" colocamos la carcasa de nuestra moderna licuadora y en la ventana "Futuro" la carcasa asociada a la mesa o al procesador que escogimos como supersistema. Este es un paso importante porque el pasado del sistema específico puede dirigirse hacia la dirección de un desarrollo futuro.

La columna "Futuro" de la tabla es la parte más difícil de este método porque tenemos que proponer un nuevo sistema, es decir hacer una predicción para la evolución de un nuevo sistema.

De esta forma nos movemos desde el análisis del sistema tecnológico existente en el pasado y en el presente hacia la construcción de un nuevo sistema en el futuro.⁸

⁸ G. S. Altshuller, *Творчество как точная наука, La creatividad como una ciencia exacta*, Editorial Radio soviética, Moscú, URSS, 1979.

Capítulo 3

El turno del juguete

Contenido:

- 24. Un juguete en el laboratorio*
- 25. Toupies*
- 26. Historia de juguete*
- 27. Ejemplos de los 40 Principios de inventiva*
- 28. Siguiendo pistas: el juguete popular*
- 29. Siguiendo pistas: el juguete popular II*
- 30. El juguete científico.*

§ 24. Un juguete en el laboratorio

Cuando contemplamos a dos de los más importantes hombres de ciencia del siglo pasado haciendo girar una perinola con el mismo gozo e interés como si fueran dos chiquillos, no podemos menos que volver nuestra atención a la juguetería popular y recordar la importancia que tienen los juguetes en la vida de los seres humanos. Muchos hombres de ciencia han dedicado parte de sus estudios a ciertos juguetes o a ciertos objetos que con el tiempo devinieron en juguetes, un tanto por el placer único de tener un juguete interesante en las manos y otro tanto porque hasta el más humilde de los juguetes se basa en algún principio físico que vale la pena explicar. Es muy ilustrativo que la NASA dedicara varios de sus vuelos tripulados al espacio para probar docenas de juguetes en condiciones de ingravidez.

Cada juguete ha sido obra de un talento creativo, que una vez que ha sido inventado por un autor, a veces anónimo, o vuelto a inventar en diferentes partes del mundo, pasa al dominio público y se hace esencia y presencia artesanal de un pueblo o de una comunidad. A veces aparece primero en un laboratorio o se hace presente en la juguetería popular después de pasar en manos de hombres de ciencia, como el giroscopio, el péndulo de Maxwell, el

doble cono de Gravesande que confirma la paradoja de Leybourn, la curva cicloide que da origen a muñecos maromeros que oscilan en ella y es la base de juguetes balancines, los escaladores por fricción, el incansable pájaro bebedor, los juguetes gravitatorios que se deslizan en una cuerda o caen dando maromas en escaleras, la espectacular rampa de Diablo (Jhonson) y Mefisto (Nuassetti) que llegó a las ferias casi al tiempo que se hizo presente en la juguetería, el ludión, la hélice voladora, etc., etc.



Y sin embargo, las extraordinarias posibilidades educativas que tiene el juguete para enseñar los grandes temas de la física, han sido ignoradas sistemáticamente en todos los niveles educativos.

En esta sección, haremos un recorrido por el universo del juguete, a través, de manera general, de diversas patentes cuya resolución creativa casi siempre en los niveles 1 y 2, dará nuevas ideas a las mentes creativas que han llegado hasta esta página. Veámoslos como sistemas tecnológicos a perfeccionar, a mejorar, a conducir a la idealidad.

En honor de Wolfgang Pauli y Nils Bohr, dos de los más grandes científicos alemanes del siglo XX, comenzaremos esta incursión por el mundo del

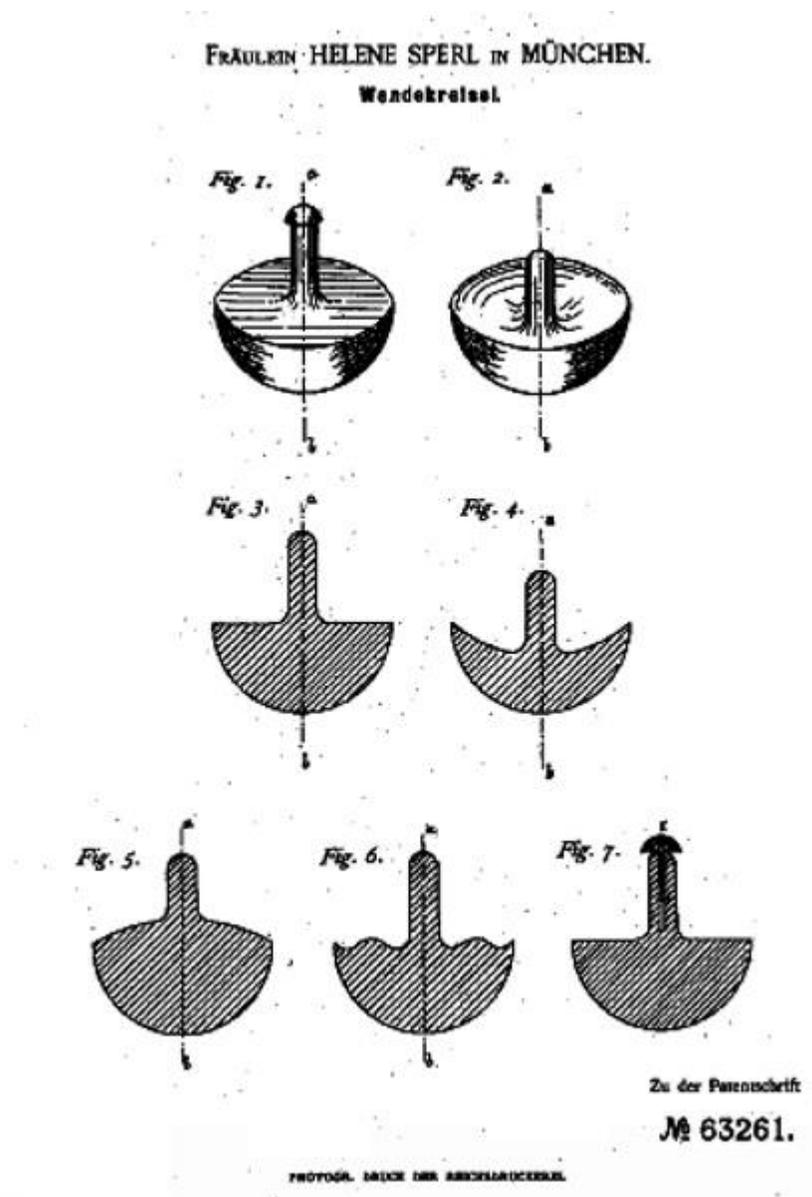
juguete universal por excelencia, el trompo, inventado y reinventado infinitas veces por diferentes culturas completamente independientes entre sí. Su historia se remonta a los tiempos más remotos y se prolonga a nuestros días porque aún se siguen inventando y se seguirán inventando nuevos tipos de trompos.

Es difícil precisar cuál es el origen exacto del trompo, pero todo apunta a señalar que hubo sugerencias tanto en la naturaleza como entre las propias obras del hombre que motivaron a su invención. Algunos frutos y semillas son trompos naturales, como las bellotas o los conitos del eucalipto; y entre las primitivas herramientas del hombre, como el palo para hacer fuego y el malacate o huso para hilar, no falta sino aplicarlas al juego para tener en las manos un trompo.

Antes de extendernos por el terreno indicado, volvamos la atención a la perinola que Pauli y Boro, miran fascinados cómo baila.

Las perinolas se bailan con un movimiento giratorio de los dedos gracias a un saliente vertical que permite imprimir la fuerza angular. Parecen ser los trompos más simples, pero eso no significa que carezcan de interés. Tan sólo habría que ver las docenas de modelos de trompos japoneses de esta clase para comprobar las curiosas formas y las múltiples posibilidades que poseen; pero también podría remitir al curioso lector a las páginas de Christian Ucke, del Departamento de Física de la Universidad Tecnológica de Munich, Alemania, quien dedica su página web a los "juguetes científicos", entre ellos un interesante artículo sobre lo que llaman un "tippe-top", de donde copiamos la fotografía de Wolfgang Pauli y Nils Bohr jugando con una perinola. Con una perinola especial por cierto. La construcción de esta perinola, aclara Ucke, es muy fácil. El trasfondo científico, en cambio, es bastante complicado. Se han publicado poco más de 50 ensayos en torno a la física de este juguete y la mayoría de ellos utilizan altas matemáticas en su exposición.

Bueno, ¿y cómo es esta peonza que ha puesto a los físico teóricos de cabeza? Se trata de una perinola que tiene la particularidad de empezar a bailar sobre su base y termina bailando de manera invertida, de cabeza, en una aparente violación de la ley de conservación de la energía, ya que sin ninguna fuerza adicional logra trasladar arriba la masa que originalmente estaba abajo.



Fue patentada originalmente en 1892 por Helen Sperl, de Munich, en la correspondiente oficina alemana con el número 63261. Presentamos la segunda página con las ilustraciones de la perinola: .

La perinola de la señorita Sperl no es la única que se ha comercializado con esas características. De hecho podría decir que la patente de 1892 fue la primera de muchas otras creaciones semejantes. Aquí se reproducen las ilustraciones de una patente publicada en Estados Unidos el año de 1927, la número 1644182, para un trompo globular hueco que termina bailando igualmente invertido.

En vista de que la mayoría de los inventos, luego de obtener la patente en su país de origen, se registra también en la oficina de patentes de Estados Unidos, la referencia al número del certificado de invención que citamos corresponde a dicha oficina, a menos que se indique lo contrario. Lo correcto, al referirnos a una patente, sería escribir 97860US, por ejemplo si se trata de los Estados Unidos, o 7860MX si fuera la oficina mexicana, pero para no hacernos más pesados al lector, quitamos las letras a cada número de patente, sobrentendiéndose que en su mayoría, si no se indica lo contrario, pertenecen a la oficina de los Estados Unidos de América.

La figura (1) de la patente de 1927 es una vista lateral del trompo; la figura (2) muestra un corte de la sección vertical en la línea 2-2 de la figura (3). La figura (3) es un corte de la sección marcada como la línea 3-3 en la figura (1) y figura (4) es una vista de la sección horizontal que muestra una variante del acomodo de los contrapesos del trompo que en las figuras (2) y (3) aparecen con los números 6, 7 y 8, y en esta variante aparecen con los números 10, 11 y 12. La mitad inferior del trompo está provisto de un peso (4), el cual puede estar integrado a la mitad inferior del trompo o asegurado con pegamento o soldadura o bien atornillarse en forma con una roldana, (12) con las extensiones (14) hacia los contrapesos (10), (11) y (12).

Oct. 4, 1927.

O. R. DAILEY

1,644,182

TOY TOP

Filed March 7, 1927

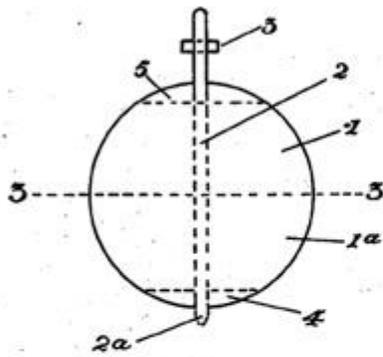


Fig. 1

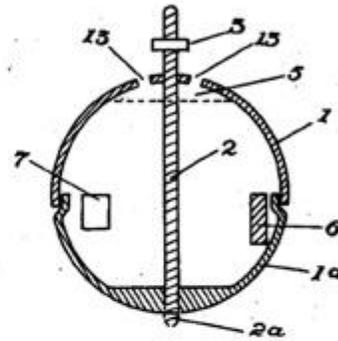


Fig. 2

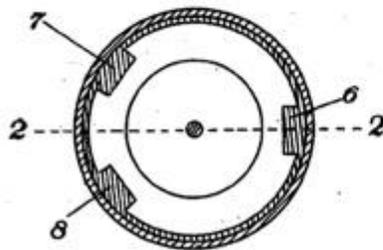


Fig. 3

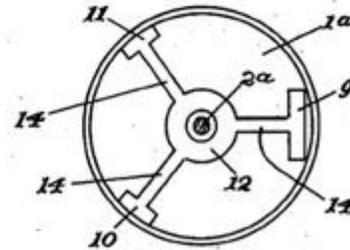
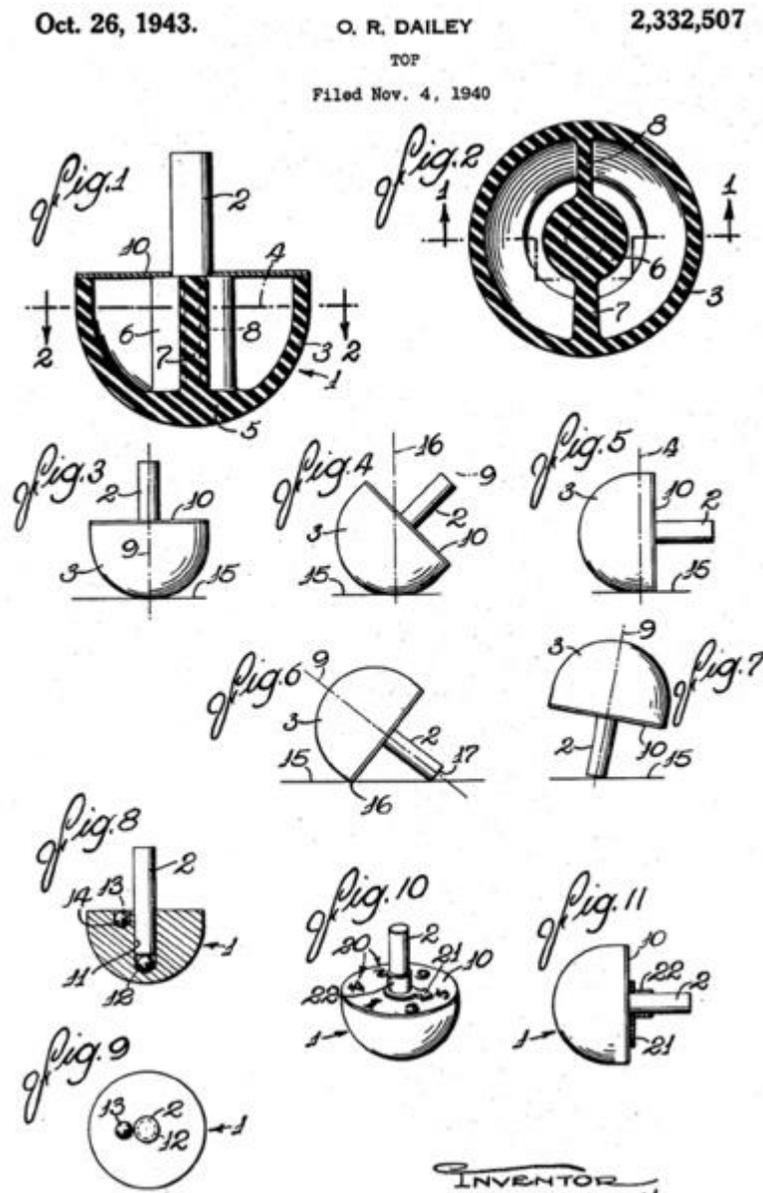


Fig. 4

Estos contrapesos, al igual que los ilustrados en la figuras (2) y (3) son de distinto tamaño o peso, para desplazar ligeramente el centro de gravedad del trompo.

Para bailar el trompo se puede hacer con los dedos de la manera normal, con los dedos acomodados en las hendiduras (13) de la figura (2), con extensiones metidas en esas hendiduras o bien con las lanzaderas que, dice el autor, son comunes y de uso corriente. Por lo menos eso era en sus años. La velocidad inicial del trompo debe ser proporcional al peso del trompo y al

peso relativo de los contrapesos. Es decir, existe una velocidad inicial crítica que hay que alcanzar para que el trompo realice todas sus gracias, se pare de cabeza y baile así hasta que acabe de girar.



A partir de entonces contamos numerosas versiones de la clase de perinolas que fascinaron a Pauli y a Bohr.

Aquí, por ejemplo, mostramos una distinta versión de tipe top, correspondiente a la patente número 2332507 de 1943, pero encontramos

otras perinolas semejantes patentadas en 1955, 1956 y 1959, de entre muchas otras, como un tapón de botella que, aparte de servir de tapón y ser un tippe top tiene marcas para que sirva como dado en juegos de azar.

Las perinolas son pequeñas peonzas que se hacen girar con los dedos de la mano, pero debido a que se requiere una velocidad inicial crítica, sus creadores proponen hacerlas bailar con una cuerda o algún otro aditamento aunque se puedan hacer bailar del modo digital. De hecho muchos experimentos científicos con perinolas requieren el poderlas lanzar a gran velocidad, al grado que se improvisan métodos para adaptarles cintas, cordones y otros medios para imprimirles 15 mil revoluciones por minuto, si no es que más.

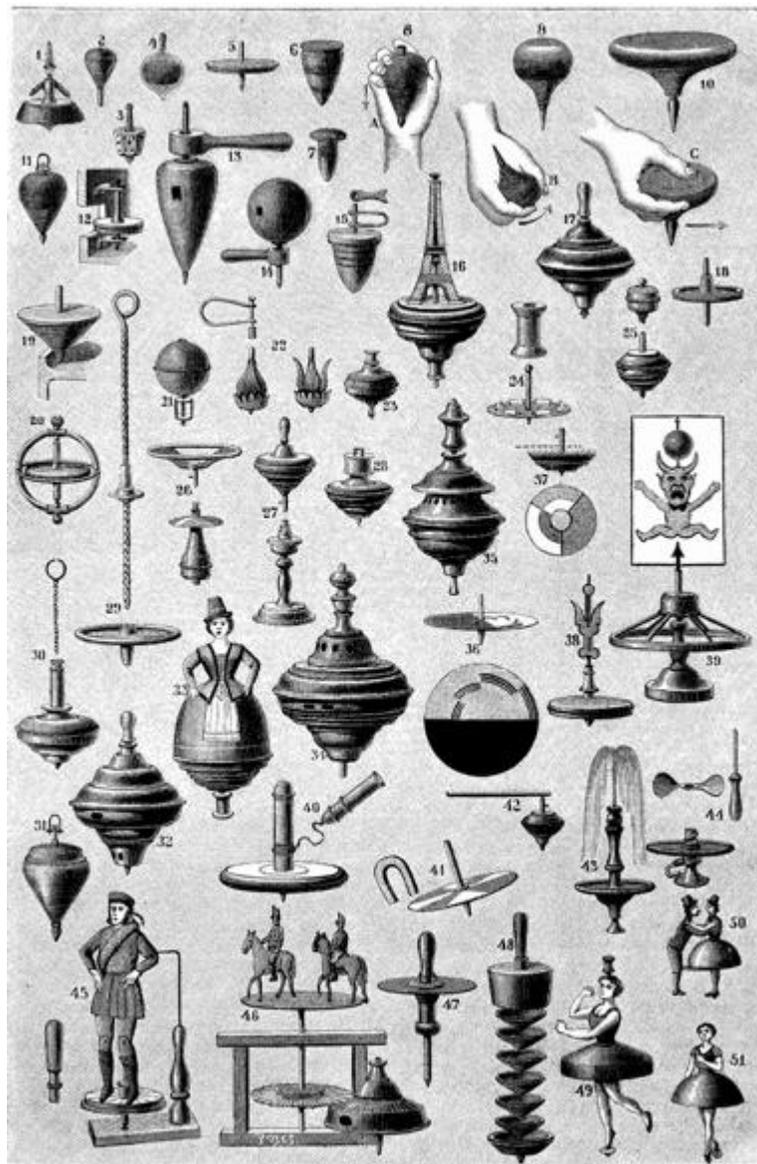
§ 25. Toupies

Para comenzar veremos una colección de trompos que en 1895 presentó la revista francesa especializada en ciencia y tecnología La Nature. Se trata de una colección de 51 modelos representativos de diferentes categorías de trompos, los cuales la propia revista agrupa en dos categorías.

La primera categoría es de acuerdo a las cuatro maneras diferentes en que se imprime movimiento al trompo, más una quinta clase que incluye diversos sistemas de hacer bailar un trompo; la segunda categoría comprende a los trompos cuyo movimiento de rotación genera algún otro efecto (óptico, acústico, mecánico, etc.).

Los trompos que se hacen girar con la mano o los dedos retorciendo un eje son conocidos por nosotros como "perinolas" y son los juguetes de rotación más sencillos, como se pueden apreciar las figuras del 1 al 5. La primera representa a un derviche, esos bailarines persas que giran como trompos; la (figura 2) es una perinola alargada en la punta; la (figura 3) es la clásica perinola de los juegos infantiles como el "toma todo"; la (figura 4), según La Nature, es una perinola "centrífuga" y la (figura 5) una perinola "ciclón".

Las dos figuras siguientes (6 y 7) son del tipo de trompos que se golpean con una especie de látigo o cordón para hacerlo bailar. El primero es el clásico trompo en forma de cono y el segundo es tipo hongo.



Collection de trompes de M. J. L. de Bruxelles.

Tenemos varios ejemplos de trompos que se lanzan con la mano enredados en un cordón, así la (figura 8) es de un trompo de punta corta mientras que la (figura 9) es un trompo de punta larga. La (figura 10) es un trompo plano y la figura 11 es una variación del trompo (8) en relación al modo de enrollar

el cordón, en el primero libre y en el segundo fijo. Las diferencias no sólo son de forma, sino también del modo de hacerlos bailar. El trompo de punta corta se toma con el dedo índice apoyado en el botón, (figura 8, A); el trompo de punta larga se tira con la punta al aire describiendo un semicírculo (figura B). En cambio el trompo plano se lanza de manera horizontal (figura C) retirando la cuerda al mismo tiempo.

Los trompos que se hacen girar con un cordón al tiempo que se sostienen con algún artilugio o lanzadera aparecieron más recientemente. El trompo "holandés " se apoya en dos puntos fijos (figura 12), en tanto que el trompo "alemán" (figura 13) se sostiene por su extremo superior en una tabla con agarradera de la cual se libera ante la acción de la cuerda; los mismo que el trompo de (la figura 14). Un trompo parecido de metal, que es a la vez caja de bombones, se hace bailar al sostenerse con una pieza en forma de C.

En algunos sistemas la cuerda se enrolla en el trompo mismo, mientras que en otros se enrolla en un eje independiente que se prolonga hasta el corazón del trompo. El trompo "Torre Eiffel" (figura 16) es un recuerdo histórico, pertenece al primer tipo; mientras que el trompo de dos sonidos (figura 17) tiene un eje independiente, lo mismo que el trompo "acróbata" (figura 18).

Un sistema combinado lo presenta el trompo "Proteo" (figura 19), ya que el cono que forma el trompo se mantiene al momento en que se tira de la cuerda por un eje móvil que es independiente. Finalmente, en el giroscopio (figura 20) se imprime el movimiento de rotación a la rueda interior mientras se sostiene el círculo externo.

Una quinta clase añadió La Nature para ejemplificar aquellos trompos que tienen otras maneras de hacerse bailar. Por ejemplo el trompo de la (figura 21) tiene dos segmentos que rotan alternativamente, mientras que la flor de la (figura 22) se abre debido a la fuerza centrífuga gracias a un resorte enroscado en el eje que emerge lentamente. Los trompos eolianos (figura 23) y (figura 24) se mueven gracias al aire. El trompo de resorte (figura 25) merece una mención especial por la simplicidad de su funcionamiento; una

variante en donde el mecanismo de resorte se aplica a la parte inferior del eje se representa en la (figura 26). Se trata de una corona con cuatro aletas. Cuando se lanza el trompo, la corona salta a los aires, regresa a tierra y sigue girando. En la (figura 27) el mecanismo de resorte es además un soporte para que el trompo siga bailando, mientras que el trompo con su mecanismo de resorte adherido a él (figura 28) logra mantenerse mucho tiempo bailando.

El alambre trenzado de la (figura 29) también se aplica en el trompo de la (figura 30) aunque de modo distinto. En el primer caso el trompo "Arquimedes" es un disco con una punta, un cursor la hace descender por el alambre. En el trompo "Alternativa" el alambre realiza el movimiento contrario, desplazándose verticalmente.

Los siguientes trompos, de la segunda categoría establecida por La nature, se dividen en cinco clases, a saber:

Trompos con efectos acústicos, trompos con efectos ópticos, trompos con efectos mecánicos, trompos magnéticos y trompos diversos.

Los trompos de por si producen un zumbido a veces melodioso por efecto de su propia rotación, de ahí que cuando hablamos de trompos con efectos acústicos hay que entender que se trata de un efecto más elaborado, que produce sonidos armónicos. Así, los trompos que se muestran en las figuras (31) y (32) tienen hoyos que permiten la entrada del aire. El primero en la parte superior, el segundo en la parte inferior. Observen que ambos trompos son de una pieza. En cambio la muñeca tirolesa (figura 33) es independiente de su lanzadera. Tiene unas pequeñas aletas que se abren en forma de campana cuando el trompo gira, entonces el aire es proyectado a un diafragma que contiene un juego de vibradores. El sonido se refuerza considerablemente con este arreglo.

El trompo "coral" o "harmonía" también cambia su forma al girar con rapidez. Comienza como en la (figura 34) y luego cobra el aspecto de la

figura (35), todo ello para producir un armonioso sonido que llaman "rivoltella".

El trompo llamado en inglés "toton spectral" (figura 36), que sería el equivalente castellano de perinola de espectro, en referencia al disco de Helmholtz, servía de anuncio comercial a una fábrica de jabones. Es nuestro primer ejemplo de trompo con efectos ópticos. Algo parecido es el trompo "camaleón" (figura 37) que sigue la tónica de popularizar los discos de Helmholtz, mientras que el trompo "éblouisante" (figura 40) produce el efecto de traumatropo con dos figuras de cartón. El trompo "revissante" (figura 39) soporta una corona que se mantiene en equilibrio largo tiempo.

Entre los trompos magnéticos, tenemos el trompo de inducción (figura 40), lo mismo que el trompo magneto eléctrico (figura 41). El trompo "sultana" (figura 42) es un pequeño trompo de mecanismo de resorte que una vez lanzado se le acerca una barra imantada para que siga bailando.

El trompo hidráulico (figura 43) cae en la clase de los trompos de efectos dinámicos el cual lanza un chorro de agua. El trompo lanza hélices se representa en la (figura 44). La (figura 45) no es propiamente un trompo, pero el coleccionista de La Nature lo incluyó aquí, en cambio puede aceptarse el trompo de carrusel (figura 46), ya que el mecanismo que mueve la rueda de los caballos es precisamente un trompo que, además, mientras giran los caballos, emite música. La quinta clasificación del grupo de trompos compuestos se ilustra en primer término con un "girógrafo", (figura 47) un trompo con un lápiz en la punta.

El trompo "piñata" (figura 48) contiene dentro de sí una serie de pequeños trompos cónicos. Finalmente tenemos a los bailarines: "Les valseuses" (figura 49), la "danseuse" (figura 50) y la "valseuse" (figura 51).

Podríamos reconocer algunos de los 40 principios inventivos que ya en fines del siglo XIX eran aplicados en lo que ha sido una gran industria, la de los juguetes, pero si en 1896 se podía formar esta hermosa colección, con el

paso de los años, el número de patentes en torno a trompos y perinolas se ha multiplicado docenas de veces.⁹

§ 26. Historia de juguete

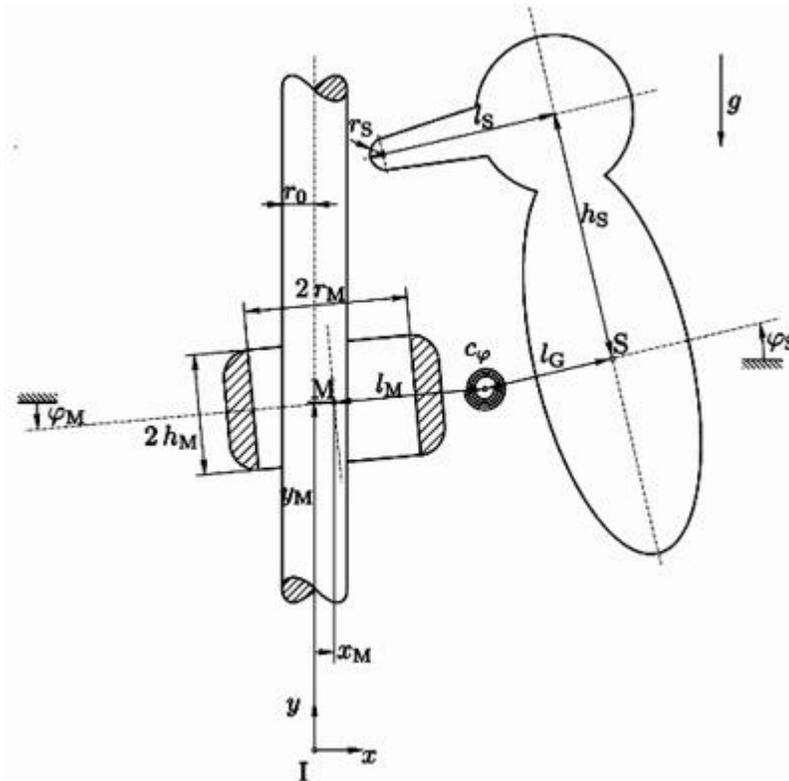
Muchos juguetes han llegado a los laboratorios de física y muchos otros deberían encontrarse en los gabinetes escolares para abordar diversos aspectos de la formación científico técnica de los estudiantes. Por lo menos aquellos juguetes que la NASA ha experimentado con ellos en diversos vuelos espaciales. Desde los maromeros de madera a los caminadores vectoriales, pasando por ranas saltarinas, yoyos, monitos escaladores y baleros, los juguetes todos encierran en su humilde artesanía un sin fin de posibilidades didácticas. No existe un juguete que no tenga una larga historia y posibilidades futuras y que no pueda ser reinventado una y otra vez en las actividades escolares como ejercicio creativo y aprendizaje de principios físicos..

Uno de los juguetes que suele pasar largas temporadas en los laboratorios de física es el pájaro carpintero que baja picoteando por un poste. Se trata de un sencillo juguete gravitatorio, cuyo movimiento complejo despierta la curiosidad científica en los gabinetes de física. Consta de un poste o varilla, un dispositivo de conexión como un redondel, generalmente de madera, de cartón o de alambre, con un agujero ligeramente mayor que el diámetro del poste, un resorte sujeto al dispositivo y el cuerpo del pájaro carpintero. Para que funcione, simplemente se le coloca en la parte superior del poste y se



⁹ La Nature, Revue des Sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie, No. 789, 1896.

deja que actúe la fuerza de gravedad; entonces el carpintero por medio del dispositivo de conexión comienza a oscilar bajo la acción de la gravedad, permitiendo que el carpintero descienda en una serie de movimientos bruscos que simulan la acción de un pájaro carpintero picoteando en un árbol. La siguiente ilustración proviene de un ensayo matemático sobre problemas de comportamiento dinámico complejo.¹⁰

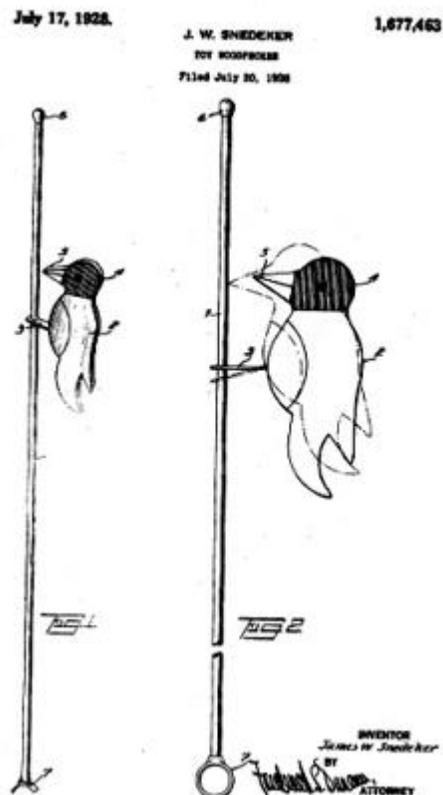


Supongamos que tenemos interés en crear algún invento a partir del modelo de pájaro carpintero que se encuentra principalmente en tiendas de “juguetes científicos”.

Lo que recomienda Altshuller es hacer un estudio de patentes y averiguar lo más posible sobre el sistema tecnológico que pretendemos mejorar o tomar

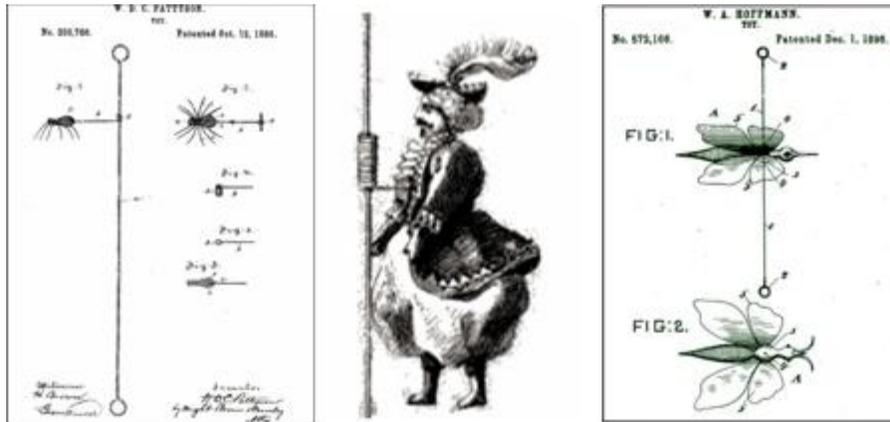
¹⁰ Non-linearity y non-smoothness in multi-body dynamics: application to woodpecker toy, J Slavic and M Boltežar, Laboratory for Dynamics of Machines and Structures, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia, 2004.

de prototipo para desprendernos de él como idea inicial. De esta manera, encontramos que la primera patente de un pájaro carpintero que baja picoteando por un poste, se otorgó en 1928 a J.W. Snedecker. Esto es verdad, pero antes de él ya se habían patentado juguetes similares.



Por ejemplo, en 1886 aparece en la oficina de patentes de los Estados Unidos de América, la primera versión de esta clase de juguetes, la número 350766 con la particularidad de que se mueve al tensar y aflojar la cuerda, mismo modo de operar el juguete que en la patente número 572166 de 1896. De hecho, el inventor advierte que en lugar de la figura con que se ilustra su invento, se puede utilizar cualquier otra en lugar de la araña y, por otro lado, en la misma patente se consigna que el autor "ha inventado ciertas nuevas y útiles mejoras en los juguetes", lo que pudiera interpretarse que reconoce la existencia de algún modelo anterior. Esto mismo pensamos nosotros ya que

unos años antes, 1883 el semanario francés *La Nature*, una revista de ciencia y tecnología que marcó toda una época en la divulgación de la ciencia, publicó un artículo dedicado a un juguete similar, tal como se ilustra al lado de la patente mencionada.

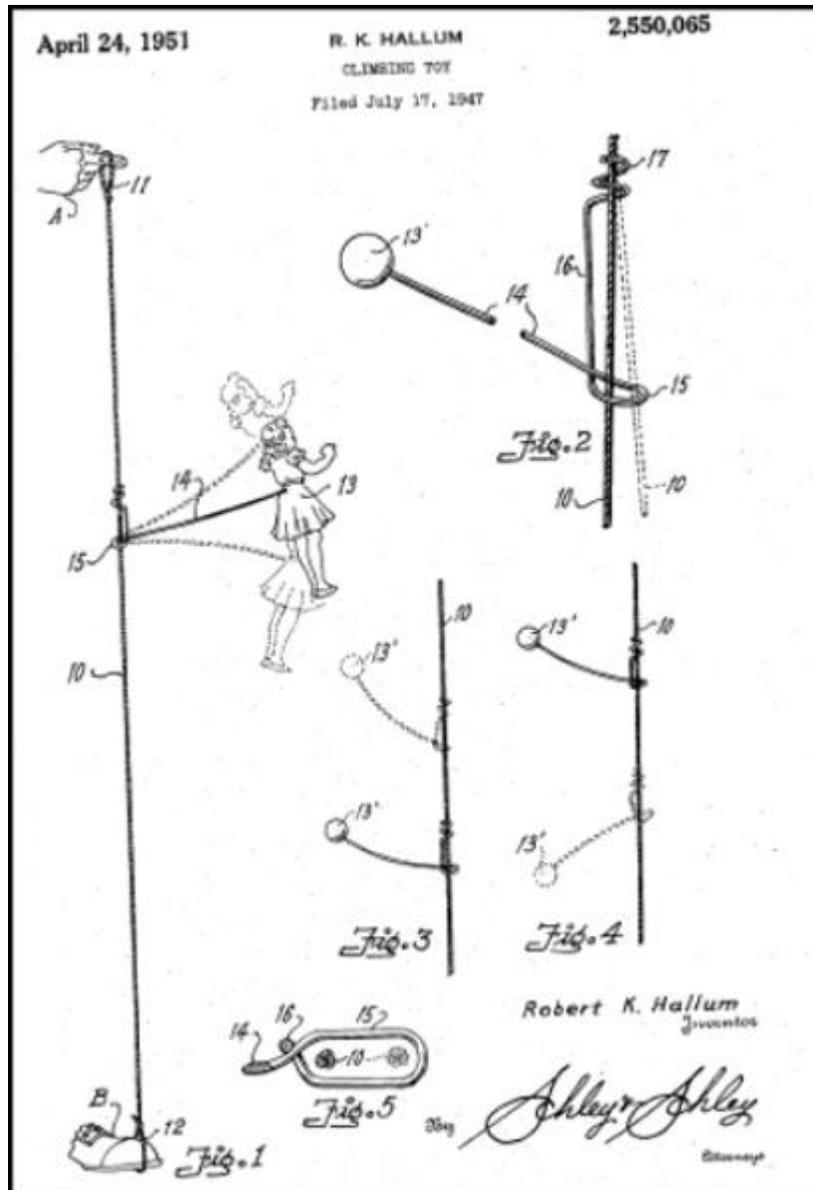


Ciertamente en estas dos patentes que se acercan mucho al pájaro carpintero, el efecto se produce al estirar y aflojar manualmente el alambre o la cuerda a fin de producir el movimiento de balanceo. Es decir, se trata de una idea ligeramente distinta a la del poste rígido; digamos que hay una bifurcación. Conviene ver adónde lleva.

Por lo pronto a una mejora interesante en la patente 2550065 de 1951. El arreglo que se ilustra en este invento, permite que la figura descienda y también logre ascender. Esto se consigue con el diseño de la bobina de alambre que es cónica y cierta destreza manual, al aflojar y volver a tensar la cuerda con cierta inclinación que cambia la dirección de las oscilaciones de abajo hacia arriba.

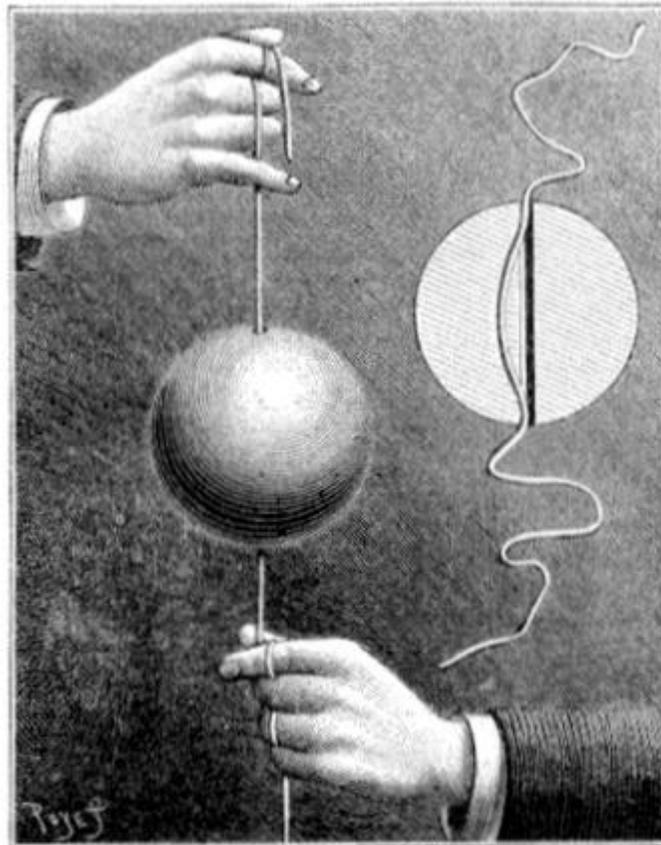
Siguiendo pistas, la misma revista *La Nature* en un número de 1886 muestra "la pelota mágica de Robert Houdin", uno de los más famosos magos de la historia teatral, cuyo secreto se revela en la ilustración siguiente. Una bola mágica que obedece las instrucciones de su operador, simplemente tensando

y aflojando discretamente la cuerda, de modo parecido a la patente de 1896, y no lejos de cómo opera el pájaro carpintero.



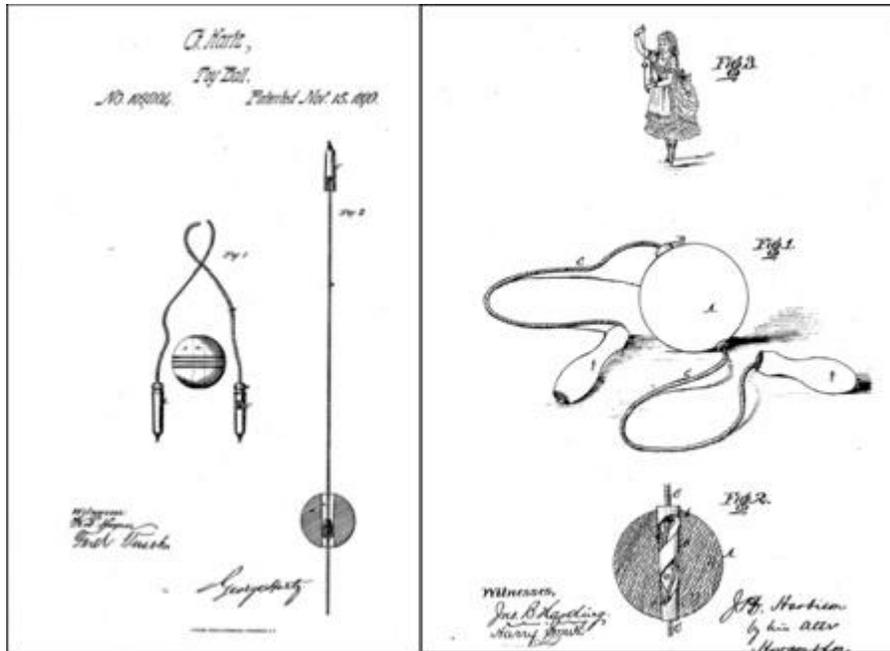
Esta resultó una pista interesante que nos dice que de tiempo atrás la bola mágica de Houdin era conocida como "bola obediente". En efecto, encontramos una patente concedida en 1870 a su autor. Precisamente el inventor explica claramente que su invento es una mejora a la llamada "bola obediente". Es interesante dejarlo hablar:

“La bola obediente consiste en una bola a través de la cual pasa una cuerda roscada que está hecha para tener el efecto mágico de permanecer en cualquier punto deseado en la cadena cuando esta última se mantiene en una posición que, naturalmente, favorece el descenso de la pelota.



La boule magique.

La forma más sencilla y mejor conocida de este juguete es un simple agujero por el que pasa una cuerda torcida, de modo que tensando la cuerda se impide a la pelota moverse, mientras que aflojando la cuerda, la bola se pone en movimiento por gravedad. Por lo general el extremo superior de la cuerda se sostiene con una mano, mientras que el otro extremo se sostiene con el pie en el suelo.”



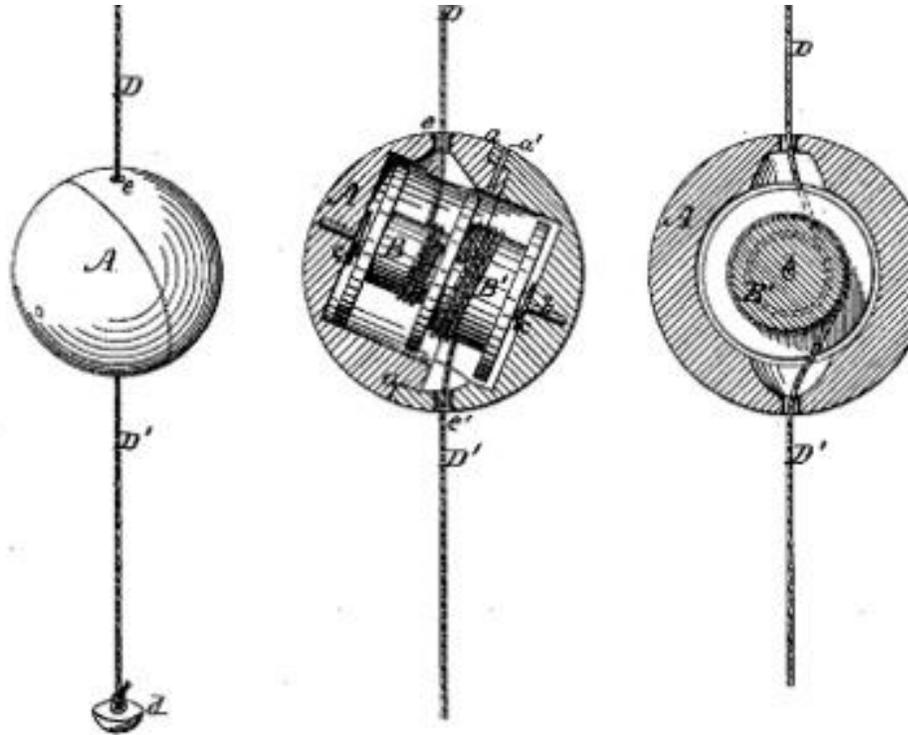
Esta es la forma en que funciona la bola obediente. Ahora el inventor explica los defectos que encuentra a la vieja bola mágica y la forma en que su invento resuelve tanto estos problemas como la dificultad de construcción:

“En virtud de la forma constructiva, el agujero a través de la pelota, necesariamente es un poco más grande que el grosos de la cuerda, que no sólo hace que el paso de la bola por la cuerda sea lenta y tediosa, sino que el truco o secreto de la acción del juguete es casi transparente”.

Para aumentar el efecto mágico del juguete, ha hecho la bola con un agujero mucho más grande para colocarle un dispositivo integrado por el que pasa una cuerda normal que se tuerce en el interior, de suerte que se controla con unos mangos al extremo de la cuerda. “El truco puede ser fácilmente aprendido, sin temor de ser descubierto”.

Nos estamos encontrando que la bola obediente, desde un principio ha atraído la atención no sólo de los físicos y divulgadores de la ciencia, sino también de los inventores, de los hombres de teatro y de los fabricantes de juguetes. ¿Y en las escuelas, institutos y universidades?

Una de las aseveraciones de Altshuller menciona que un invento novedoso genera de inmediato una cascada de innovaciones. Es verdad que la bola obediente estaba ya en manos de algunos personajes, pero el mecanismo de su funcionamiento se mantenía como un secreto. Al publicarse la primera patente, se desató la competencia.



Witnesses:

W. B. Mason

W. E. Bowen

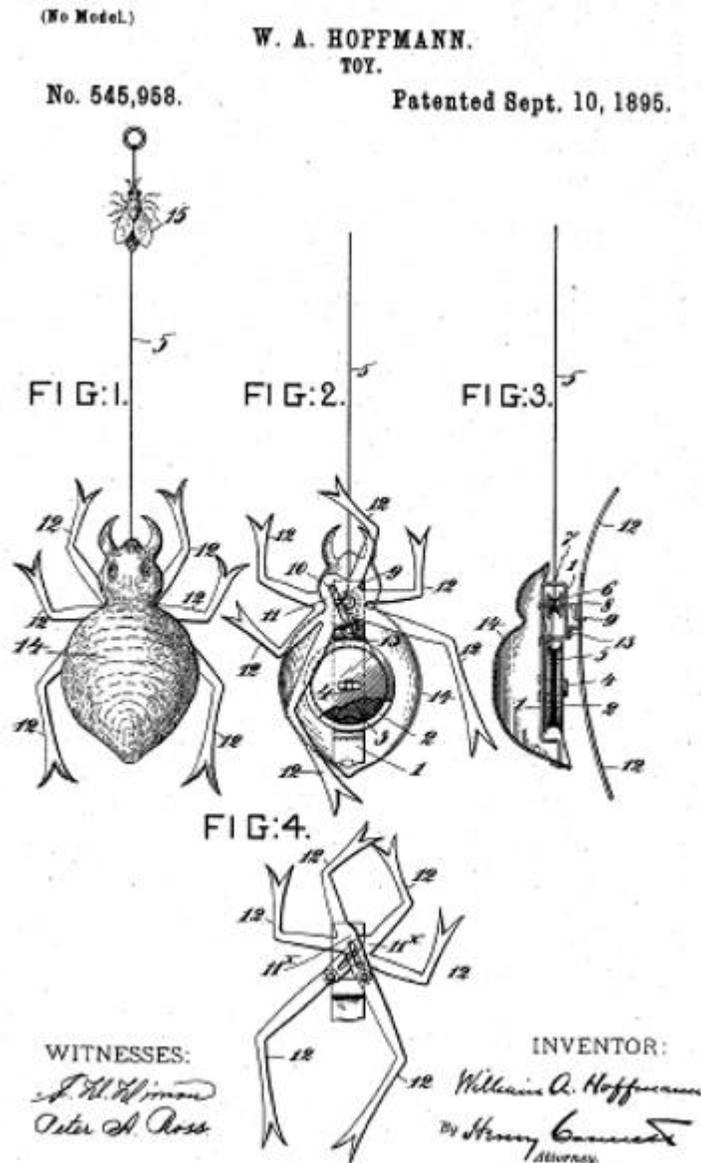
Inventor:

William C. Farnum

by E. E. Mason
atty

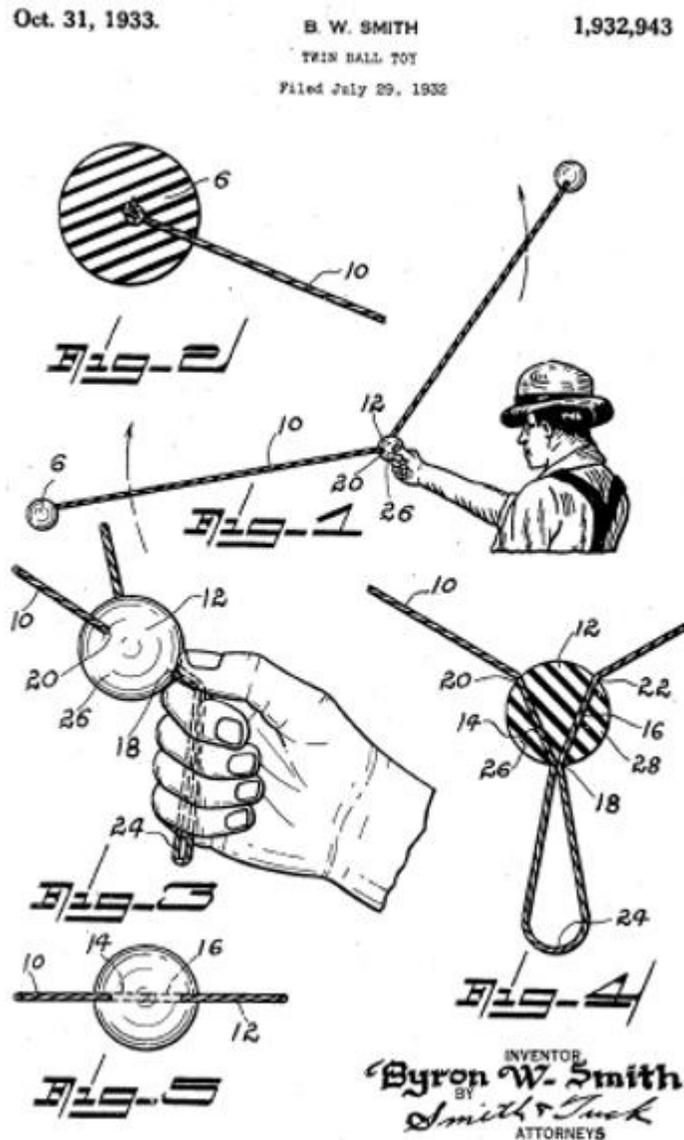
Tan sólo cinco meses después de extenderse dicha patente, se publica una nueva: la número 113654, al lado de la anterior, con una nueva mejora. Si seguimos investigando en torno de la pelota obediente, iremos a un nuevo terreno que podemos ejemplificar con dos nuevas invenciones, una de las

cuales se puso de moda en pleno siglo XXI con mejoras sustanciales. En 1879 se extendió la patente 213,642 para un nuevo tipo de pelota obediente. Observa el mecanismo interno.



Consiste en un juego de dos poleas, en un arreglo que permite que la bola obediente no sólo se desplace abajo por gravedad, sino que sube al invertirse la tracción manejando adecuadamente las dos cuerdas de que consta el invento. Esta idea se adapta rápidamente a los juguetes

escaladores que tenían otras maneras de escalar. Si seguimos esta dirección, iríamos a incursionar en un tipo de juguetes que, con el mismo mecanismo inventado para la pelota obediente, se ha adaptado a los juguetes escaladores.

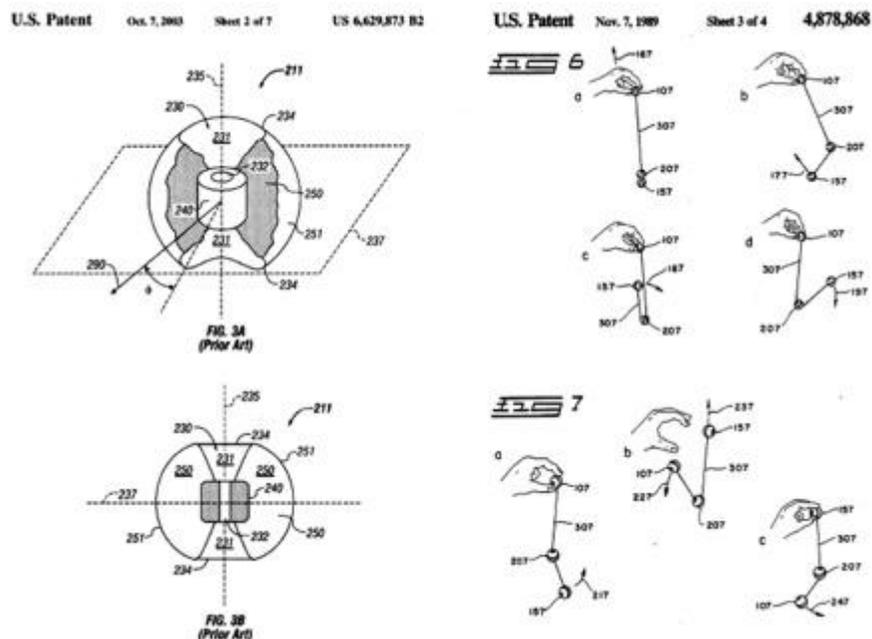


Un ejemplo de esto es la patente número 545958 de 1895, en donde la araña escala o baja en el cordel gracias al juego de dos poleas y dos cuerdas, de manera similar a la patente anterior. El movimiento de las patas

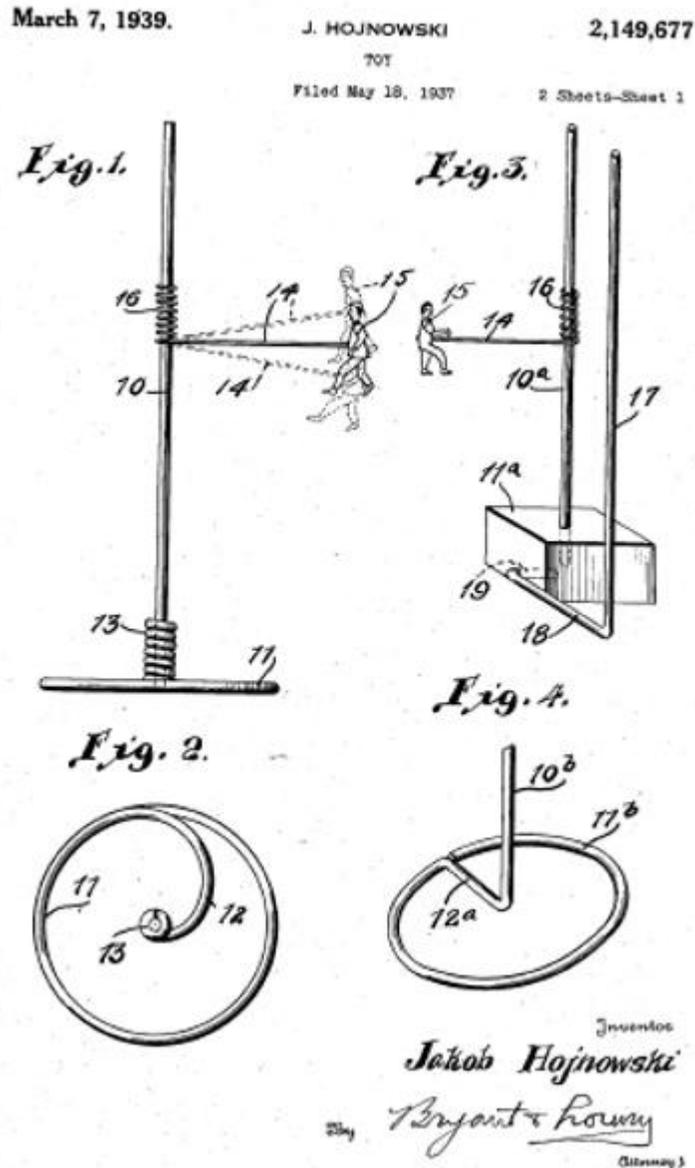
de araña es el mecanismo extra, la innovación que aplica el autor. Y así, sigue su propio camino el mecanismo ideado para la pelota obediente.

Por el otro lado, nuestra investigación nos llevó a la estación espacial en pleno siglo XXI, a partir de que encontramos la transformación de nuestra bola obediente en otro invento que ilustramos enseguida con la patente 1932943.de 1933.

Esta patente más que mejora es una modificación sustancial del principio de la bola obediente y por lo mismo marca otro derrotero. Evitemos la explicación de este juguete, para señalar que entrando al siglo XXI encontramos una culminación de la clase de invento que ampara la patente aquí ilustrada. Se trata de un juego de tres bolas que ya ha sido probado en las estaciones espaciales. Las ilustraciones que siguen corresponden tanto a la patente número 6629873 como a la patente 4878868 de 1989, desarrolladas por el mismo equipo que presenta en 2006 una nueva mejora al juguete representado en todas ellas (patente 7137863, la cual no se ilustra).



Regresando en nuestra investigación al poste rígido, notamos que es curioso que este apareció ya en 1883 en *La Nature* como un juguete acabado, pero, al contrario de la cuerda flexible, no es sino en 1928 cuando se registra la primera patente de ese tipo. No es algo tan complicado como para haber esperado todos esos años, pero a veces esto sucede.



Entre más sencilla es una idea, más pronto parecen agotarse las posibilidades creativas, sin embargo la mente humana no tiene límites si se

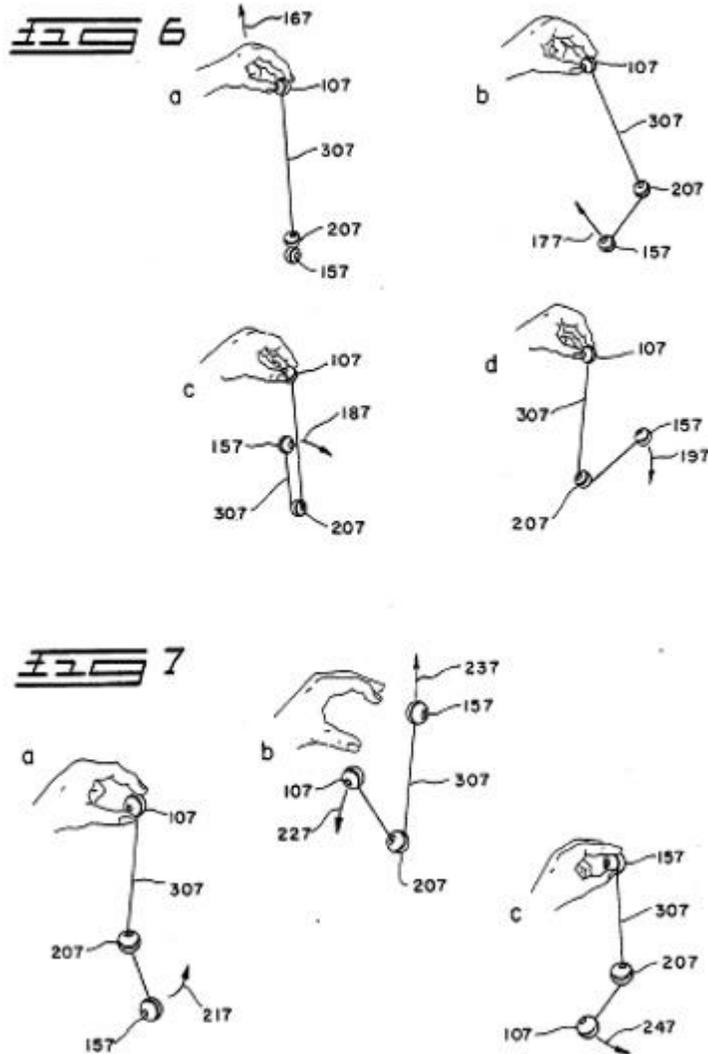
propone hacer algo a partir de un prototipo o sistema tecnológico o inclusive si empieza de cero. Es hasta 1937 cuando vuelve a aparecer el poste rígido en la patente 2149677 en una versión idéntica a la que apareció en *La Nature*.

No aporta nada, excepto rescatar en un documento distinto lo que estaba registrado en una revista. Ilustramos su invento por el hecho de que en la segunda parte de su presentación, la cual no se ilustra, consigna un juguete que desciende en un poste de alambre trenzado. Tampoco es una gran aportación, pues ya se habían inventado numerosos juguetes gravitatorio de ese tipo, pero podría ser una línea de investigación si quisiéramos. Queremos decir que de esta manera, asociando ideas similares se profundiza en una investigación de patentes.

En junio de 1948 se extiende una patente a A. E. Jhonson, para un juego curioso en el que aplica el principio físico que permite el descenso oscilante de un dispositivo sencillo. En la ilustración: un montaje de metal en forma de U invertida. Un muelle (número 7 en la ilustración) que permite lanzar un muñeco a las alturas del poste, donde se queda atorado un momento antes de comenzar a descender. La peculiaridad de esta creación es el resorte, que ya se había puesto de moda en la juguetería popular, tal como lo vemos en el pájaro carpintero moderno y en esta nueva ilustración. La innovación es evidente, además de que se trata no sólo de un nuevo juguete, sino de un juego para que dos personas compitan entre sí. Recibió la patente número 2443354.

Tal aparato puede consistir esencialmente en un resorte plano o helicoidal, con un extremo libre para vibrar y el otro extremo formando un escape que puede colocarse de preferencia en un poste vertical y que desciende a una velocidad la cual es cuidadosamente controlada de acuerdo al método e instrumentación descritos en esta patente."

U.S. Patent Nov. 7, 1989 Sheet 3 of 4 4,878,868



La patente contiene 14 hojas, tres de ellas referente a ilustraciones, con una amplísima explicación con las ecuaciones para determinar las características del resorte y su frecuencia vibratoria a fin, como lo menciona, de controlar la velocidad del dispositivo.

Feb. 16, 1954

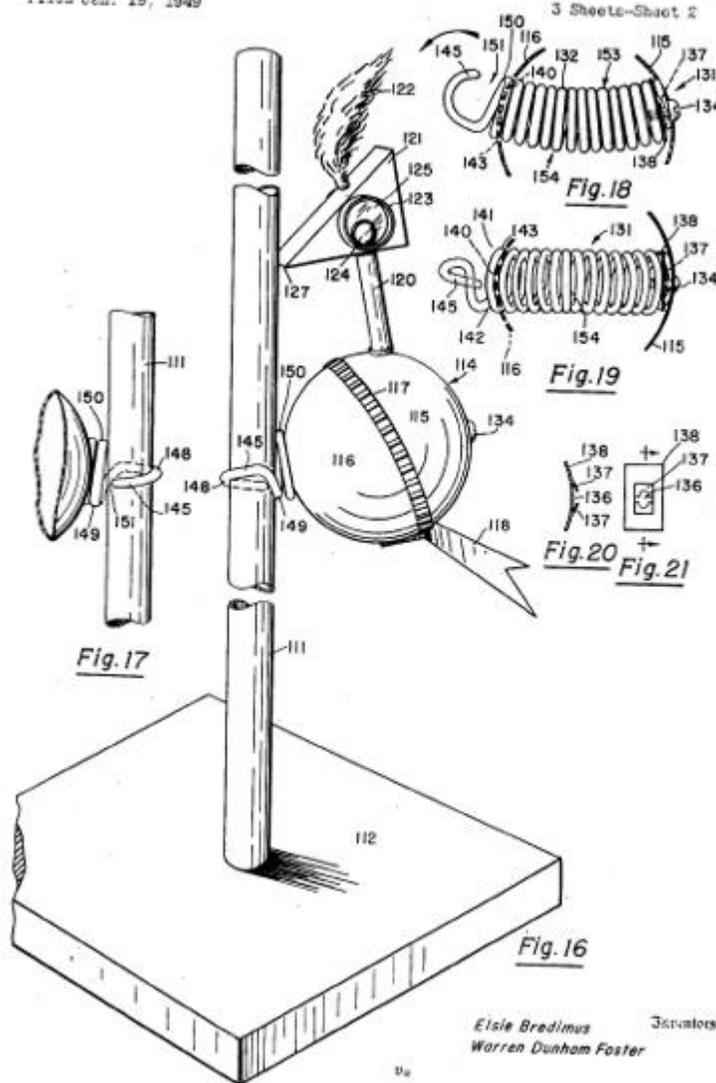
E. BREDIMUS ET AL.

2,669,087

GRAVITY OPERATED TIMING DEVICE

Filed Jan. 19, 1949

3 Sheets-Sheet 2

Elsie Bredimus
Warren Dunham Foster

A primera vista este curioso dispositivo consiste de un pájaro de cuerpo esférico sujeto por un lazo de alambre a un poste. La diferencia fundamental la vamos a encontrar en el interior de la esfera que conforma el cuerpo del muñeco, éste contiene un resorte milimétricamente medido y calculado para que vibre a determinada frecuencia y permita un descenso controlado en el tiempo. El hilo conductor que ofrece cada una de las patentes registradas en las correspondiente oficinas que existen en cada país, lleva siempre a

distintos rumbos que se pueden seguir hasta el límite que el inventor juzgue detenerse.

§ 27. Ejemplos de los 40 Principios de inventiva

Los juguetes no son, por cierto, los inventos más simples del mundo, sino que por su naturaleza tienden a la sencillez y la economía. Bastaría una hojeada a la historia de la ciencia y la tecnología para reconocer que los inventores y fabricantes de juguetes han estado siempre al lado de los adelantos científicos y tecnológicos. En su momento, al lado de los inventores de la máquina de vapor, de las máquinas voladoras, del cinematógrafo y del automóvil... y luego, al lado del invento de los circuitos integrados, de nuevos materiales compuestos y de los localizadores satelitales. Sobrarían los ejemplos de cómo van de cerca: juguetes con conexión a Internet desde 2001, juguetes caracterizados como "Toy having data downloading station" en 1997, robots de juguete controlados por computadora en 1987... Sin embargo, la naturaleza del juego y el juguete es la sencillez y el bajo costo y por esta razón se adaptaron, por ejemplo, los complicados mecanismos de los autómatas de los siglos XVII y XVIII a los ingeniosos juguetes de cuerda del siglo XIX, y por la misma razón, se simplifica la tecnología moderna en nuestros días en pos de la difícil y deseada sencillez. Ha sido siempre la historia del juguete: encontrarse al lado de los adelantos tecnológicos y de la economía de medios. Sin embargo, el futuro del juguete nunca ha estado únicamente en los avances científicos de la época: el inventor hoy dispone de una enorme biblioteca de inventos desarrollados en el pasado, una bibliografía monumental del mundo del juguete y debe tener un ojo allá y el otro acá.

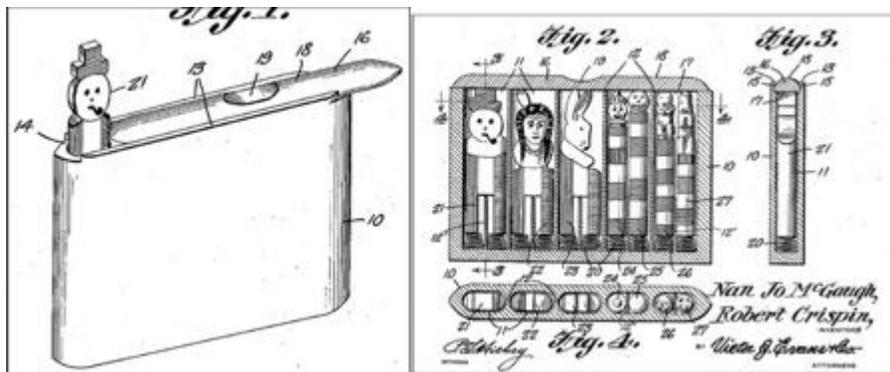
La siguiente lista de inventos muestra la aplicación de los 40 Principios de Inventiva en la creación de juguetes. Algunos se ilustran con las patentes correspondientes.

1. Principio de Segmentación (fragmentación).

Si tenemos un objeto que deseamos modificar visiblemente, podríamos hacer con él las siguientes operaciones:

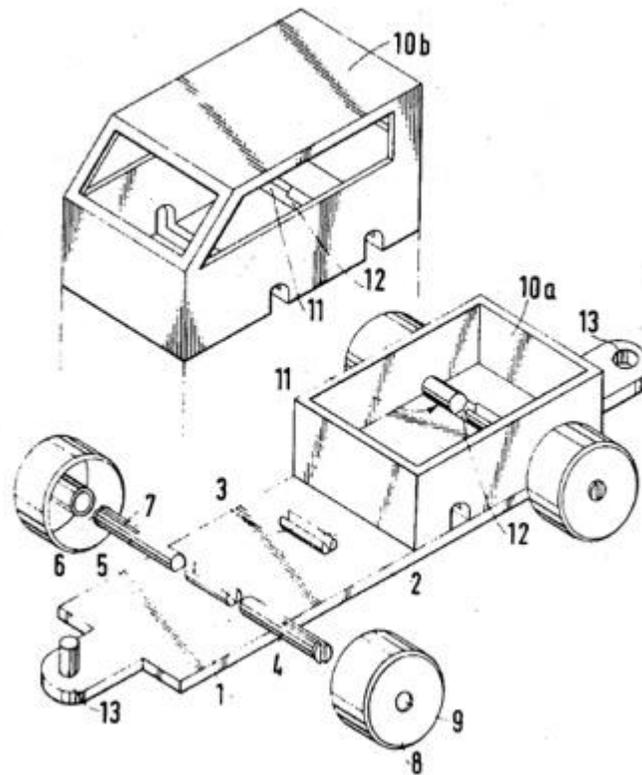
a) Dividirlo en partes independientes.

Como ejemplo de esta aplicación tenemos un juguete que proyecta una figura por medio de un resorte. La caja o carcasa contendora esta adaptada para contener una pluralidad de figuras proyectada por resorte, las cuales son liberadas sucesivamente al moverse la tapa o cubierta.



b) Hacerlo desarmable o por secciones.

Existen multitud de juguetes desarmables; como ejemplo, un cochecito bajo la patente 4162090 de 1979.



c) Si ya está dividido de alguna manera, aumentar el grado de división.
El ejemplo que ofrecemos se refiere a un barco que “explota”, desarmándose, con el impacto de un proyectil lanzado desde el aire. El botón 22 activa el mecanismo disparador.

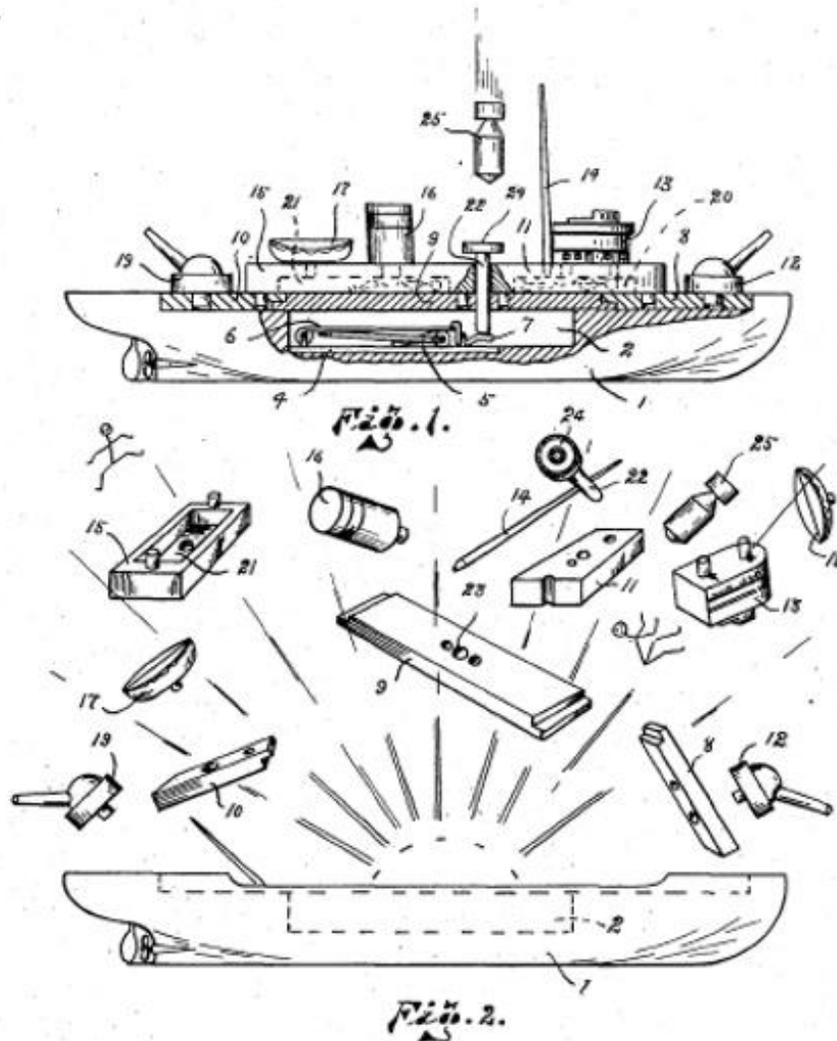
Sept. 25, 1945.

R. C. OLSON

2,385,724

TOY

Filed June 3, 1944

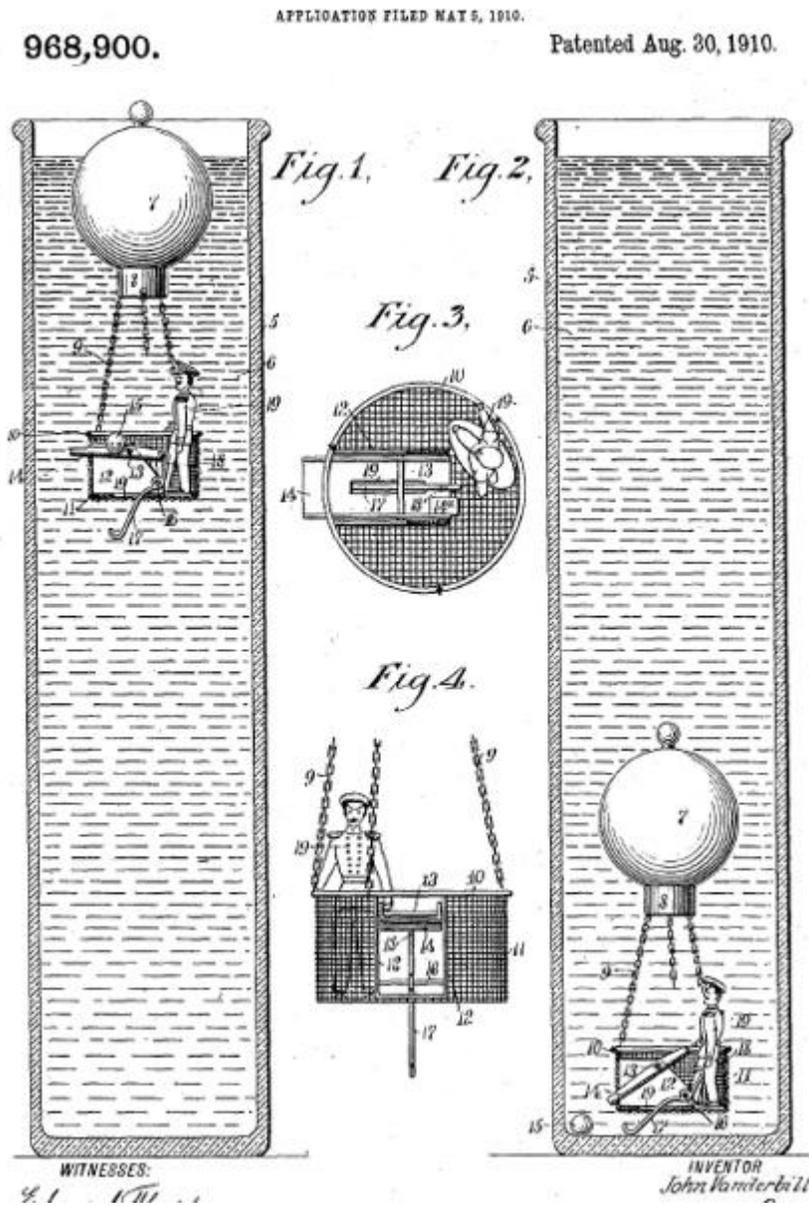


2. Principio de Separación.

Se trata de hacer a un lado, separar o quitar la parte del invento o la propiedad que genera el problema.

El juguete ilustrado se parece al viejo ludi6n, pero trabaja de manera m1s ortodoxa. El recipiente, que es transparente, se encuentra sin tapa, para que el operador coloque de forma manual una "bala" en el globo. El peso extra lleva al globo al fondo del recipiente. Al tocar el fondo, un gancho que cuelga

de la canastilla es aplastado por el propio globo, lo cual activa el mecanismo que permite que rueda la bala hacia afuera. Al librarse del peso extra, el globo tiende a subir a su posición original



3. Principio de Calidad local.

Este principio se aplica en tres casos, a saber:

a) Cambiar la estructura homogénea del objeto a otra heterogénea o cambiar un ambiente externo (o la influencia externa) desde uno uniforme a uno no uniforme.

Un pequeño barco provisto de un sistema de propulsión a vapor. Toma el agua del medio ambiente sobre el que flota, a través de un tubo cuyos extremos se encuentran inmersos en el agua. La parte media del tubo es un serpentín que se calienta de tal modo que absorbe el agua y luego expulsa el vapor con el clásico pop-pop por el que se conoce a este juguete. Algunas patentes de este barquito se registraron en 1916 (1200960) y en 1924 (1480836). La ilustración es de *La Nature*, de fines del siglo XIX.

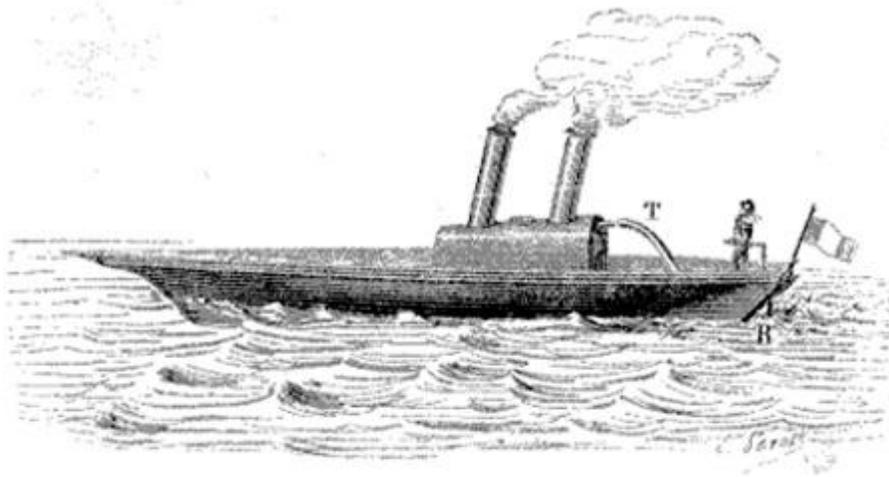


Fig. 1. — Petit bateau à vapeur atmosphérique.

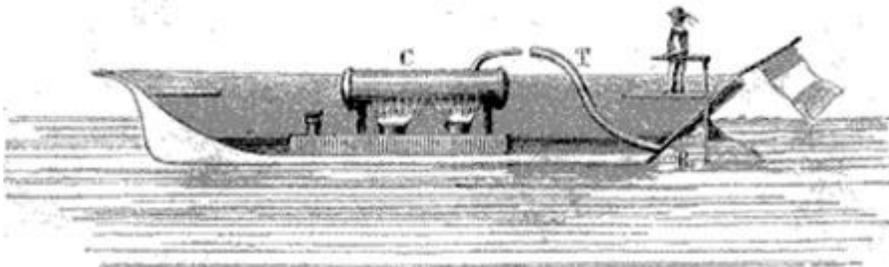
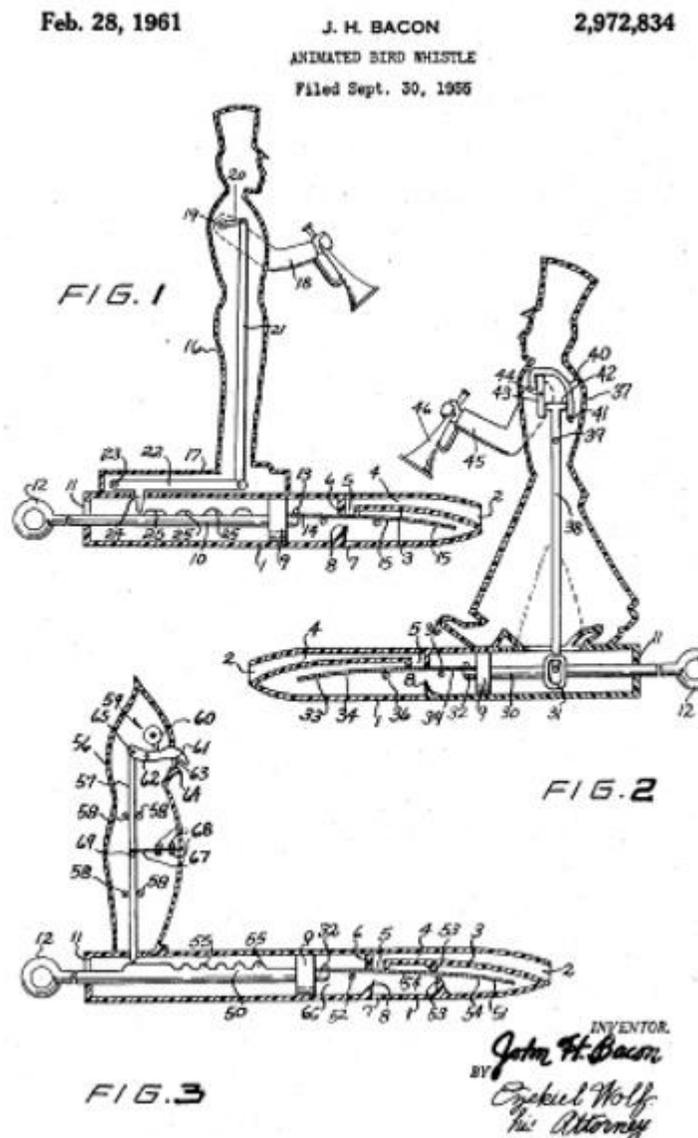


Fig. 2. — Le même représenté en coupe.

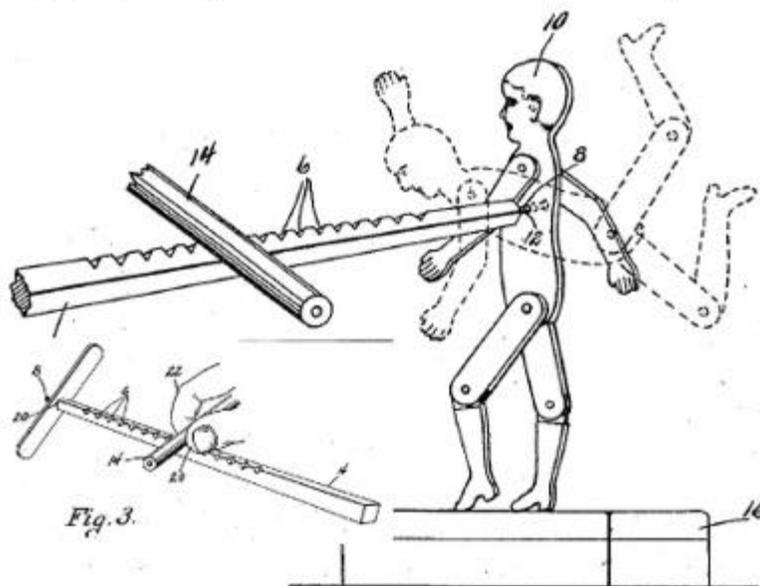
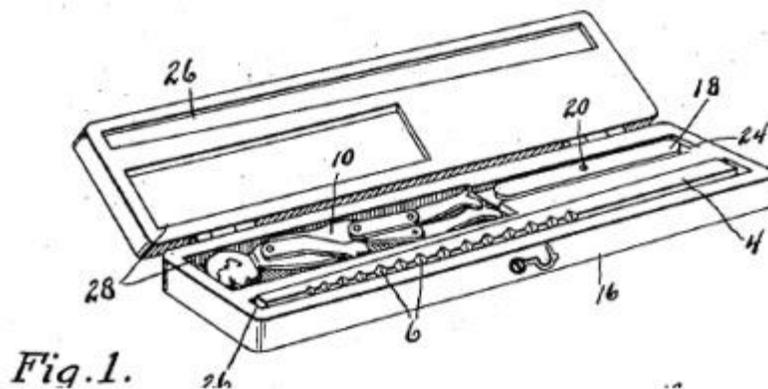
b) Haga que las diferentes partes del objeto cumplan una función diferente y útil.

Un silbato que emite su sonido particular por medio de un émbolo o pistón, el cual actúa sobre el palpador de una leva horizontal en dos casos y en otro caso como parte de un juego de palancas, para dar animación a una figura.



c) Hacer que cada parte del objeto esté en las condiciones más conveniente para su mejor funcionamiento.

Un palo dentado al ser frotado con otro objeto de madera, provoca que una hélice o una figura articulada, gire o se mueva de manera graciosa. El autor de la invención que se ilustra, completa el juguete con un estuche para guardar cada pieza.



4. Principio de Asimetría.

Este principio tiene dos opciones.

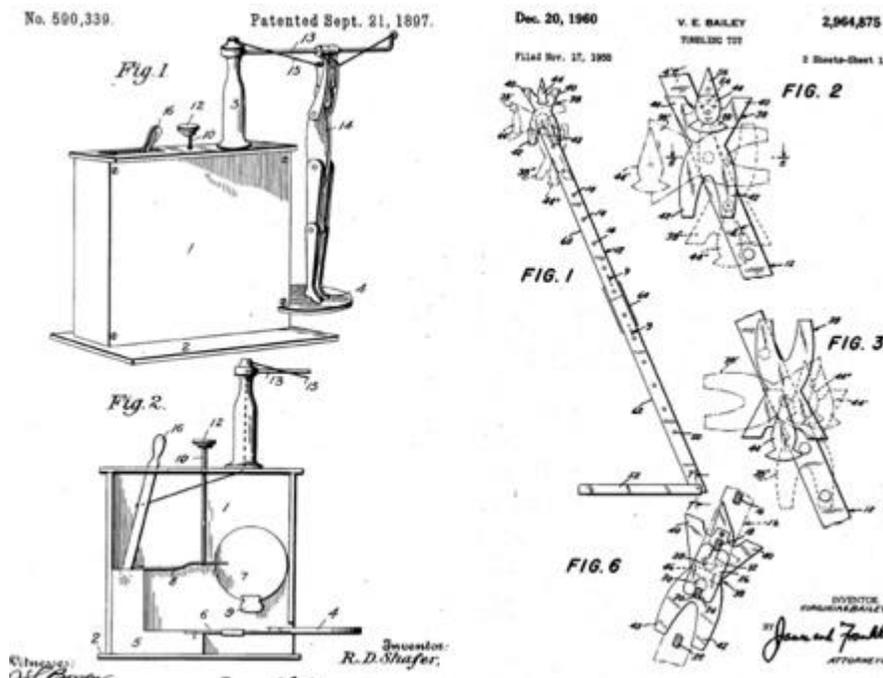
a) Se trata de reemplazar una forma simétrica por otra asimétrica.

El muñeco maromero que actúa entre dos postes, es totalmente simétrico, lo contrario a una diferente versión del clásico juguete, la cual se ilustra en seguida. Tiene un sencillo mecanismo para las acrobacias del maromero con

un simple botón (12) y la palanca (16) para hacerlo bailar al estilo del también clásico limberjack de la cultura popular estadounidense. A un nuevo arreglo de las partes de un sistema tecnológico, se corresponde una nueva función.

b) Si un objeto es asimétrico, incrementar dicha asimetría.

Un ejemplo es el maromero que desciende dando vueltas en una escalera inclinada.



5. Principio de Asociación.

Con dos opciones:

a) Combinar objetos similares o idénticos para realizar operaciones relacionadas.

Dos caminadores vectoriales se dejan llevar juntos por la fuerza de la gravedad, ya sea como en la ilustración con la ayuda de un peso, o sin éste en una rampa. La ilustración corresponde a la patente 5088953 de 1992.

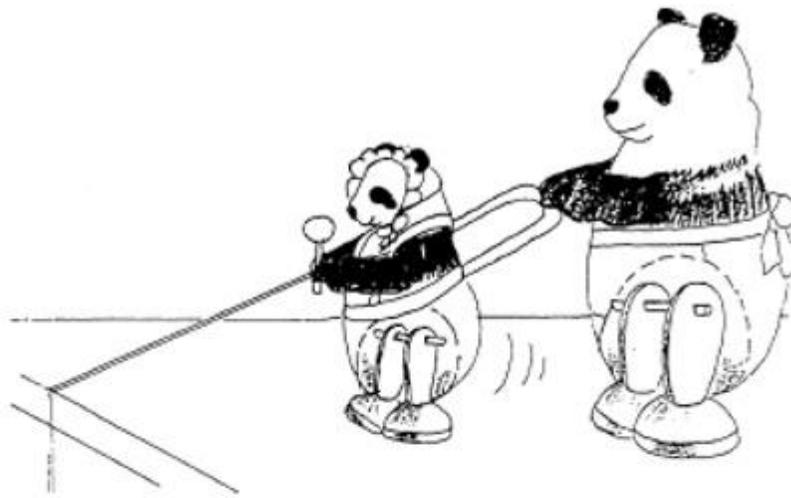


Fig. 1

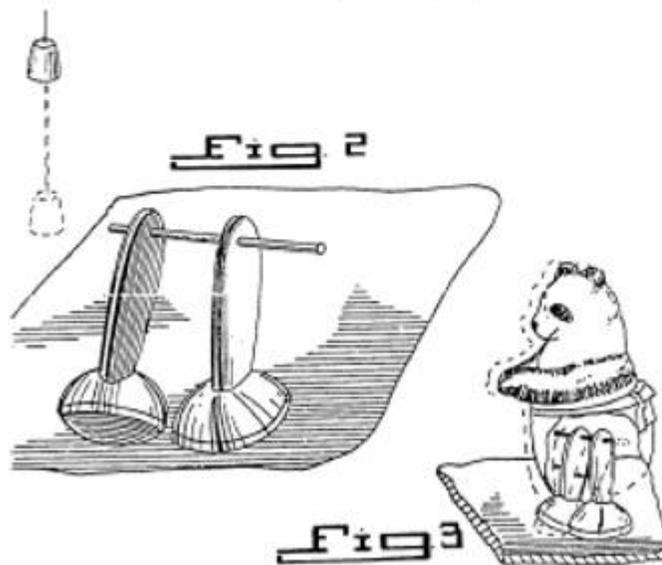


Fig 2

Fig 3

b) Asociar en el tiempo operaciones simultáneas.

La ilustración proviene de una reseña que hace la revista *La Nature* de los nuevos juguetes mecánicos presentado en el año 1888. El trompo acciona a la locomotora por medio de un piñón dentado. Al girar suelta un sonido que pretende ser el de la locomotora.

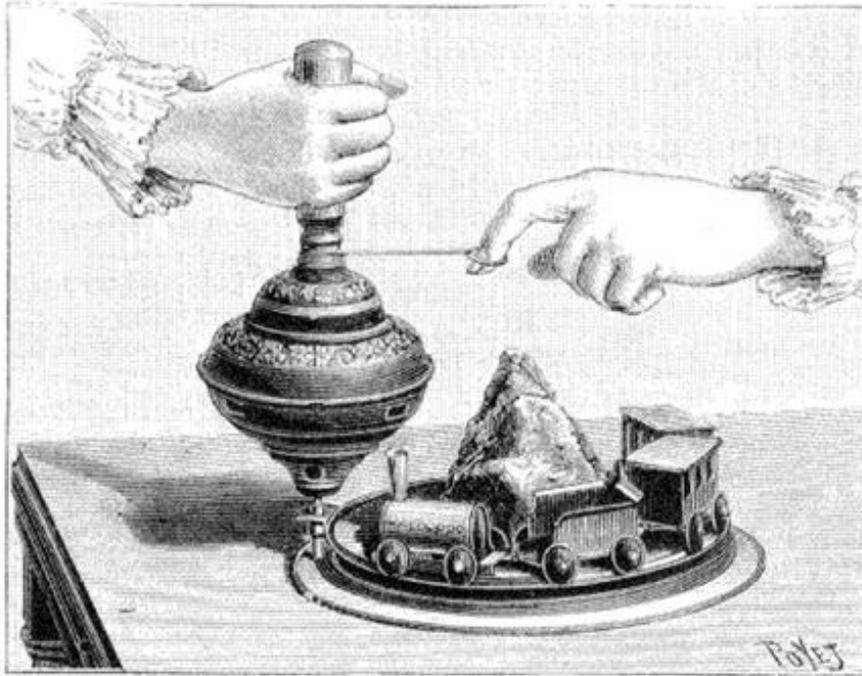


Fig. 1. — Toupie locomotive.

6. Principio de Universalidad.

a) Un objeto puede realizar varias funciones diferentes; por lo tanto se puede prescindir de otros elementos.

Un trompo que sirve además para lanzar un rehilete a volar por los aires. Contiene en su interior un sistema de engranajes y, en especial, un mecanismo de piñón y cremallera para imprimir una rotación creciente a la hélice. El trompo se acciona al friccionar su punta contra el suelo.

U.S. Patent

Nov. 18, 1980

4,233,774

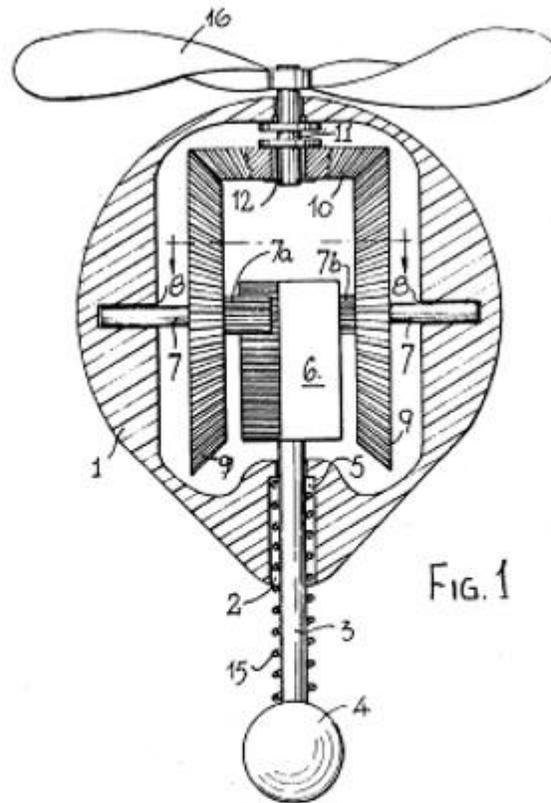


FIG. 1

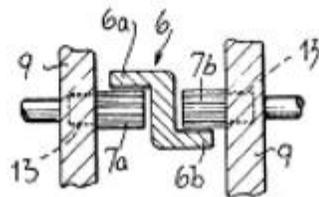


FIG. 2

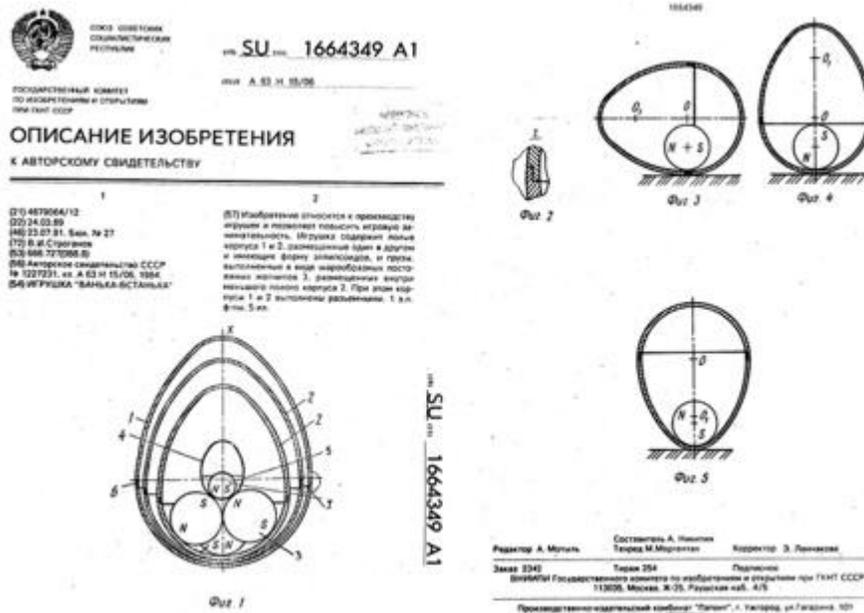
7. Principio Matrioshka.

Este principio se aplica cuando se realizan los siguientes arreglos a un sistema tecnológico:

a) Se introduce otro objeto en su interior que a su vez contiene un tercer objeto.

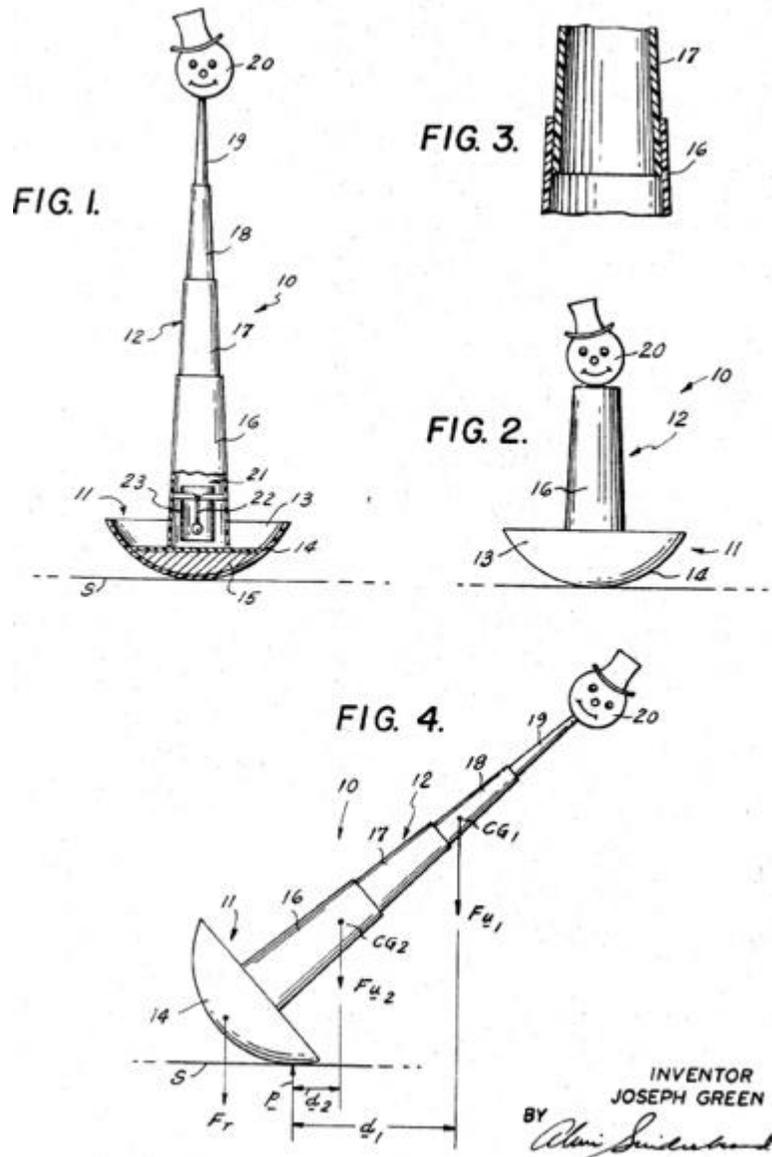
En la patente rusa 1664349 de 1991, se ilustra un juguete transparente del tipo que se enderezan solos. En su interior, aparte de cuerpos similares al exterior, lleva el peso que permite enderezarse al muñeco. El peso son bolas

magnéticas cuyo número puede cambiarse para obtener otros efectos, como una segunda página lo ilustra.



b) Se hace pasar un objeto a través de la cavidad de otro.

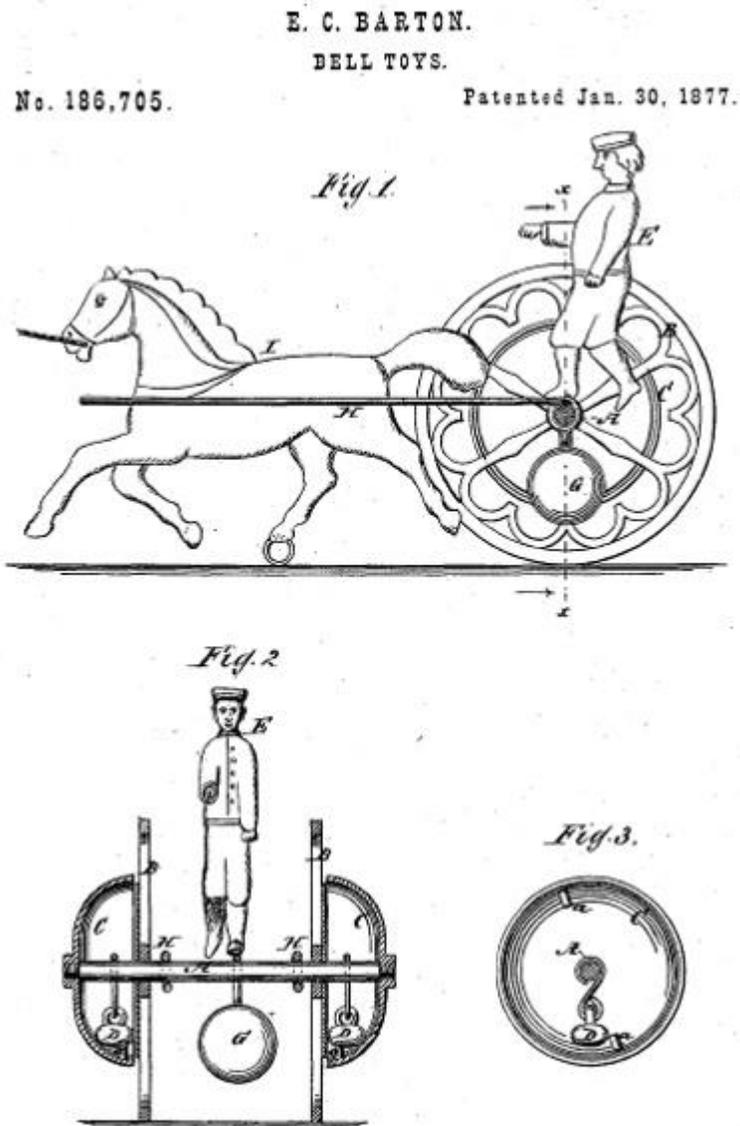
La patente 3442045 de 1969 se concedió a un juguete con una estructura telescópica, con varios cuerpos tubulares, para que al balancearse para recuperar su posición derecha, lo haga a diferente velocidad de acuerdo a su longitud.



8. Principio de Contrapesos: Este principio tiene dos posibilidades de aplicación:

a) Para compensar el peso de un objeto, se combina con otros de modo que se tenga una fuerza que lo sustente.

Un carro antiguo lleva a un muñeco que se sostiene de pie, equilibrándose gracias a la campana que le hace contrapeso y suena al moverse el carrito.



b) Compensar el peso de un objeto con fuerzas aerodinámicas o hidrodinámicas que influyan o interactúen con el ambiente.

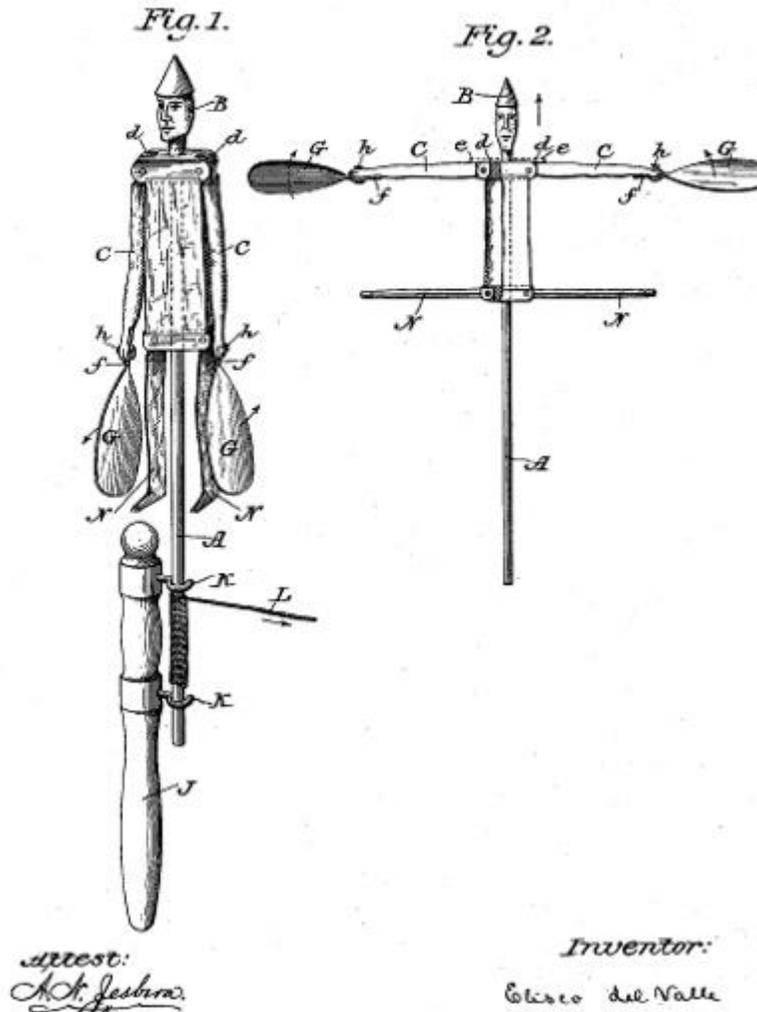
Los mejores ejemplos de esta aplicación se encuentran en el mundo de la aviación. Veamos un juguete de 1891 creado por el señor Eliseo del Valle, el cual utiliza una cuerda para lanzar a un pasajero al que se le han añadido alas en forma de hélice.

(No Model.)

E. DEL VALLE.
TOY.

No. 447,284.

Patented Feb. 24, 1891.



9. Principio de la Acción contraria anticipada: Este principio se aplica en el caso siguiente:

a) Si es necesario realizar una acción con efectos tanto perjudiciales como útiles, dicha acción debe ser reemplazada por acciones contrarias de modo anticipado para controlar los efectos nocivos.

La mayoría de los juguetes podrían resultar peligrosos por variadas razones para niños pequeños y no tan pequeños, de modo que por regla general se trata de evitar previamente toda clase de peligros por intoxicación,

ahogamiento, cortes, etc. Por ejemplo: se usan pinturas especiales que se han librado de sustancias tóxicas que eran usuales anteriormente.

10. Principio Hacer de antemano: Tiene dos opciones:

a) Se lleva a cabo la acción (total o parcial) anticipadamente.

Los primeros juguetes mecánicos de bajo costo utilizaban en lugar de mecanismos de relojería que eran muy caros, un dispositivo con ligas de caucho para accionar el juguete al halar un cordón. La cinta de caucho se hallaba previamente retorcida, como lo ilustra *La Nature* en uno de esos primeros juguetes (1888).

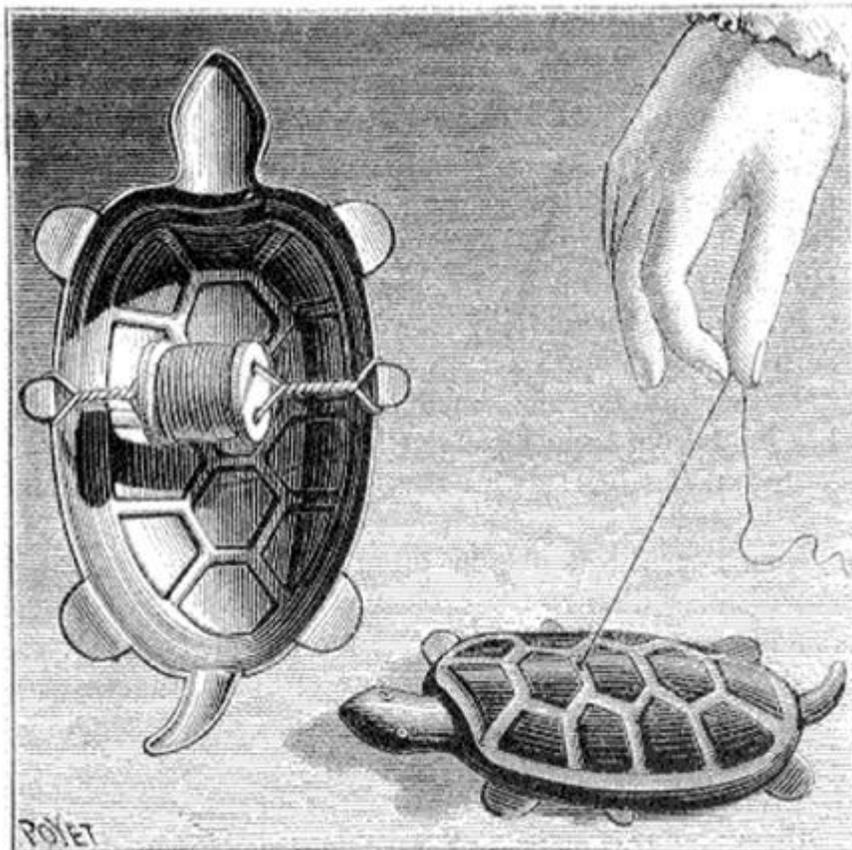


Fig. 3. — Tortue mécanique sur tambour rotatif.

b) Arreglar objetos con antelación de tal manera que entren en acción inmediatamente que sea necesario y en el lugar adecuado.

Los aparatos de dibujos animados han sido numerosos; los más modernos utilizan luces estroboscópicas, pero la característica de todos ellos es que están siempre listos para funcionar con los dibujos preparados en diversos soportes. Las ilustraciones son de *La Nature*. Un ejemplo en patentes, la número 584,228 de 1897 para un mutoscopio.

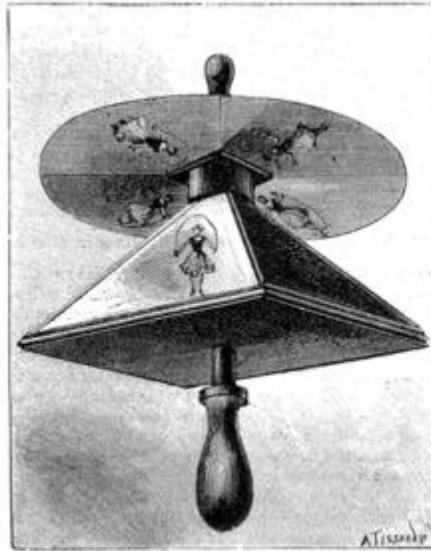


Fig. 3. Toupie-fantoches.



Fig. 4. Le mulet Rigolo.

11. Principio Acolchonar (amortiguar) de antemano.

a) Este principio se aplica cuando se protege algún objeto contra el daño que puede sufrir en el futuro.

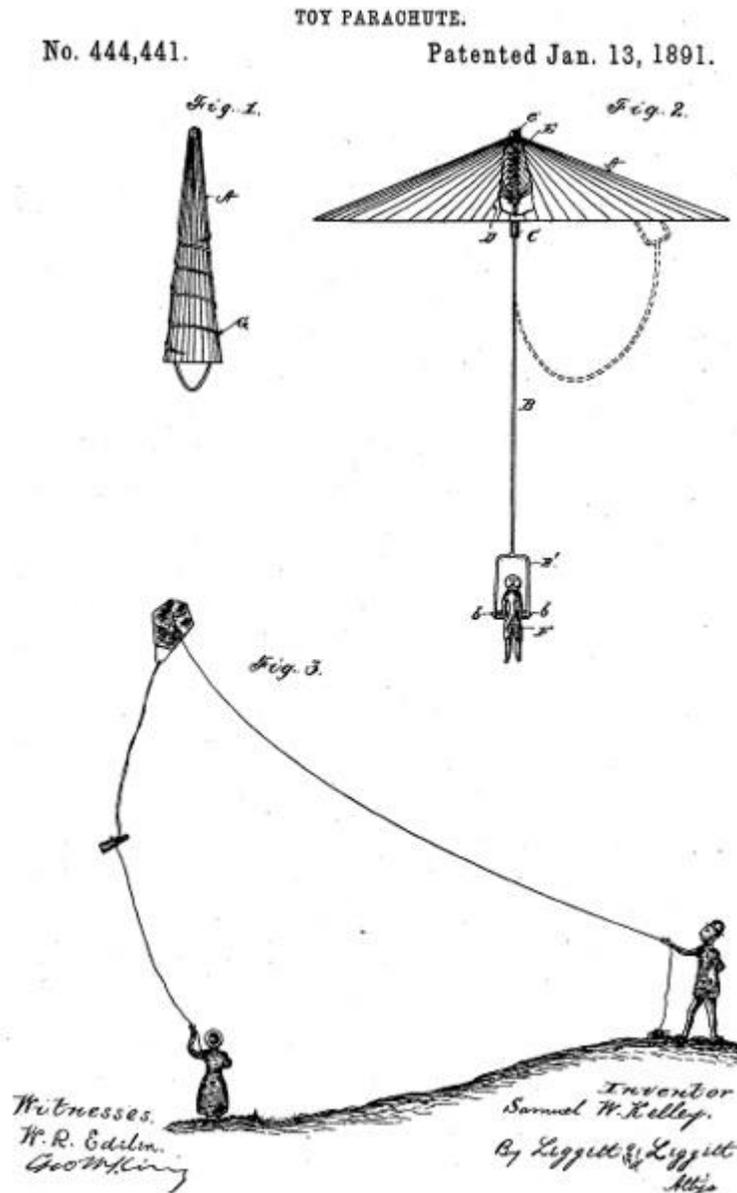
Cámaras de video para niños que además de un fácil manejo son a prueba de golpes accidentales. Muchos otros juguetes se diseñan de la misma manera para protegerlos de un trato duro o descuidado.

12. Principio de Equipotencialidad: Este principio aplica en una sola circunstancia:

a) Cambiar las condiciones de trabajo a fin de evitar cambios de posición, como tener que subir y bajar el objeto.

Para lanzar desde muy alto un paracaídas de juguete no hace falta volar en avión, basta un papalote y un pequeño dispositivo de alambre para que el

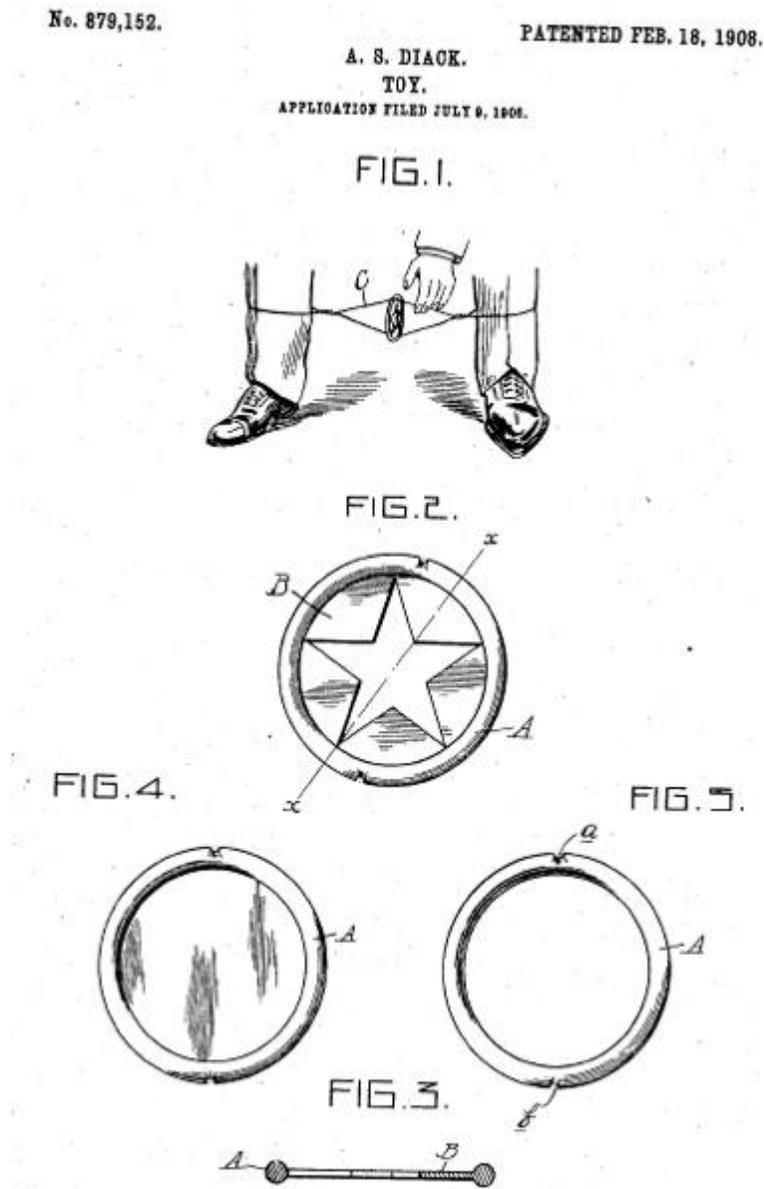
paracaídas suba tan alto como el papalote y se suelte desde arriba. Los dispositivos de elevación tienen un mecanismo liberador que suelta el paracaídas al topar con el papalote.



13. Principio Haciéndolo al revés: Este principio se traduciría del ruso como "Marcha atrás". En inglés se ha adaptado como "The other way round" y en español se ha llamado "Inversión o hacer algo en forma contraria a la convencional". Más simple lo digo yo. Se aplica de tres maneras distintas, a saber:

a) Realizar la acción contraria a la acción dictada por las condiciones del problema.

Un disco zumbador, conocido en algunas regiones del país como "gallito", se juega con dedos de ambas manos. La propuesta que se ilustra lo hace prácticamente con los pies, al revés.



b) Convertir en inmóvil el objeto (o medio exterior) que es móvil; y al contrario: dar movimiento al objeto inmóvil.

Una caminadora de juguete en la juguetería popular. También en las patentes encontramos juguetes semejantes como en la número 106262 de 1970.



c) Volcar el objeto patas arriba, boca abajo.

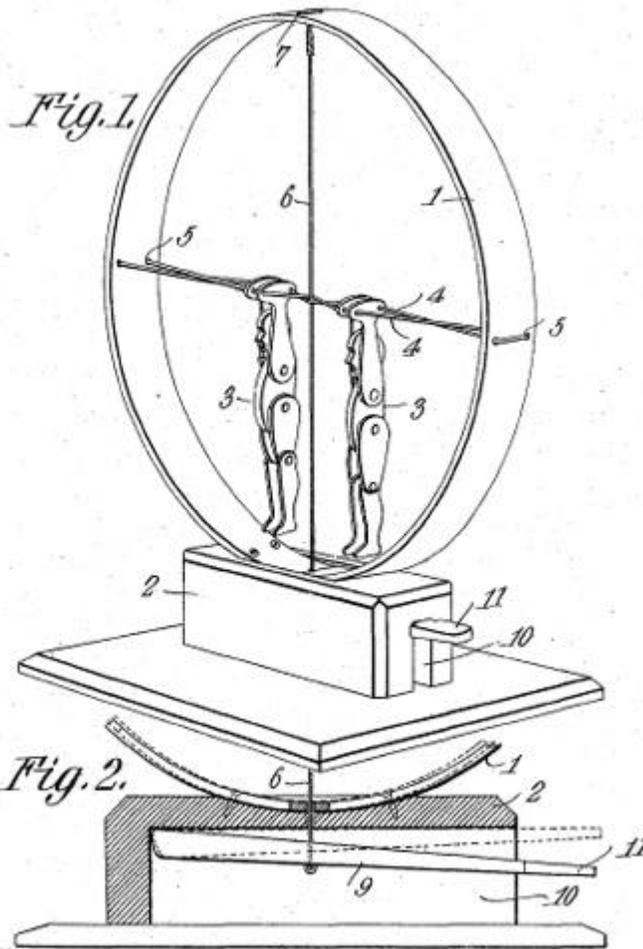
Esta patente de la antigua URSS se expidió en 1987, para un roly poly, una muñeca hueca que se balancea y logra enderezarse gracias al peso centrado generalmente en su base redondeada. En este caso, la muñeca se logra balancear de cabeza debido a que el peso es fluido, arena común, y baja por gravedad a través de una especie de serpentín al tiempo que se balancea ampliamente. El balanceo pone de nuevo el objeto al revés.

No. 846,449.

PATENTED MAR. 12, 1907.

E. W. BRIMMER.
TOY.

APPLICATION FILED DEC. 13, 1906.



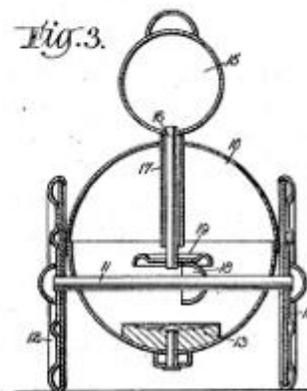
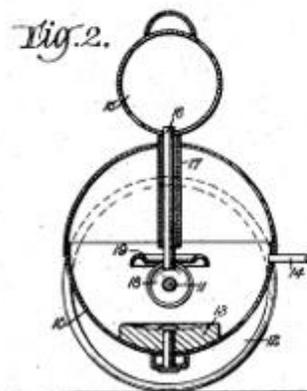
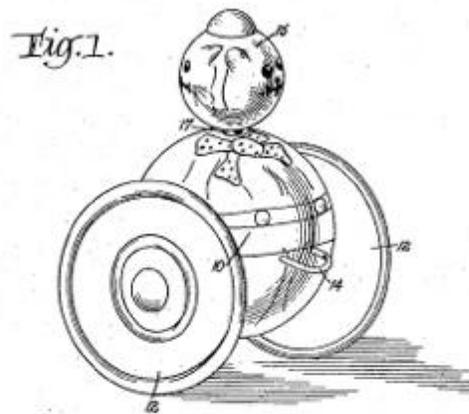
WITNESSES:
E. W. Brimmer
A. J. Gardner

Edgar W. Brimmer, INVENTOR.
By *C. Knowles.*
ATTORNEY

b) El uso de rodillos, espirales, esferas, bolas, pelotas.

Un roly poly con ruedas, es decir un juguete de base redondeada con un contrapeso que lo mantiene vertical pese al balanceo al que está expuesto.

L. MORSE.
WHEELED FIGURE TOY.
APPLICATION FILED FEB. 7, 1917.
1,223,287. Patented Apr. 17, 1917.



WITNESSES

Frederick W. Biehl.
G. H. Beeler

INVENTOR

Leo Morse

BY *M. M. Leo*
ATTORNEYS

c) Cuando se pasa de un movimiento lineal a uno circular o se aprovecha la fuerza centrífuga.

Un juguete similar al roly poly, con un contrapeso adicional excéntrico para inducir oscilaciones al tiempo que gira.

U.S. Patent

Dec. 8, 1992

Sheet 2 of 4

5,169,354

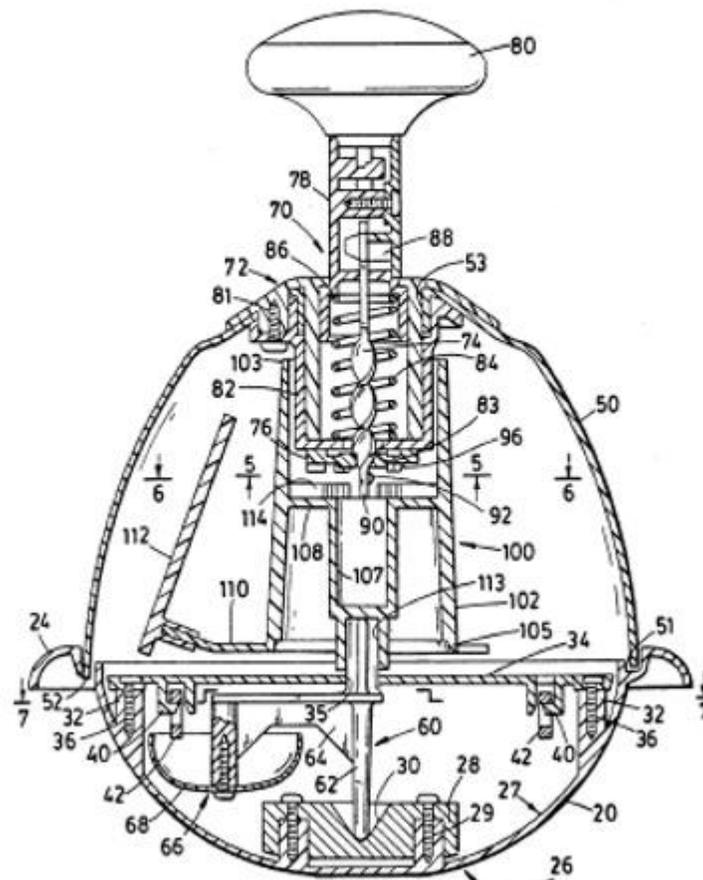


FIG. 3

15. Principio de Dinámica: Aplica en los siguientes casos:

a) Introducir modificaciones al objeto característico o bien al medio exterior, para hacer óptima cada etapa de trabajo.

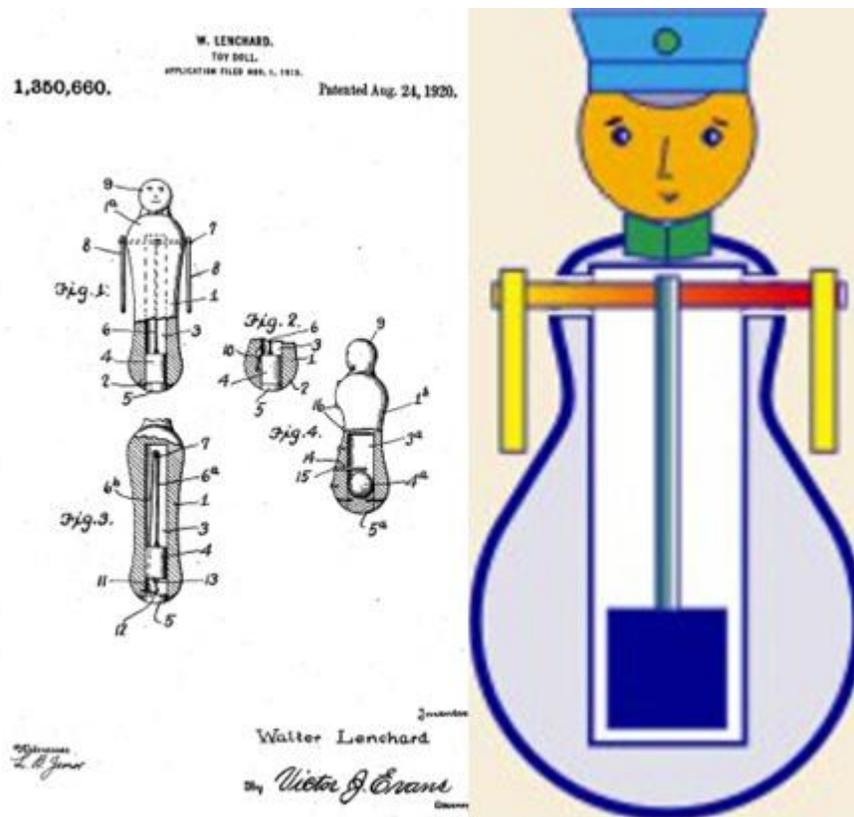
Muñeca rusa (1991), con tres grados de libertad en la cabeza: Gira a izquierda y derecha a la vez que en el espacio. La cabeza lleva un contrapeso.

c) Reemplazar un movimiento lineal por otro rotatorio.

Muñeco ruso (1991). Trata de mantenerse en equilibrio con los brazos. Si la figura se inclina a un lado, un hilo elástico se estira y levanta la mano contraria. Aumenta el balanceo gracias al cambiante centro de gravedad, ya que el contrapeso esta suspendido en un hilo elástico.



Un segundo ejemplo, un muñeco realiza también un movimiento oscilante de brazos con el balanceo del contrapeso.



N. del A. Los dibujos al lado de las patentes respectivas, provienen de la columna de Nelly Kozireva Изобретаем неваляшку, *Inventamos muñecas*. Especialista en TRIZ, ha reunido muñecas de este tipo de todo el mundo para enseñar algunos principios inventivos.

16. Principio de la Resolución parcial o sobrada: Este principio ayuda a resolver contradicciones técnicas en el siguiente caso:

a) Si es difícil obtener el cien por ciento de las exigencias o requerimientos, basta obtener un poco menos "o un poco más". Esto simplifica grandemente el problema.

Un fonógrafo en miniatura con una corta grabación en el interior de una muñeca.

(No Model.)

2 Sheets—Sheet 2.

W. W. JACQUES.
PHONOGRAPH DOLL.

No. 400,851.

Patented Apr. 2, 1889.

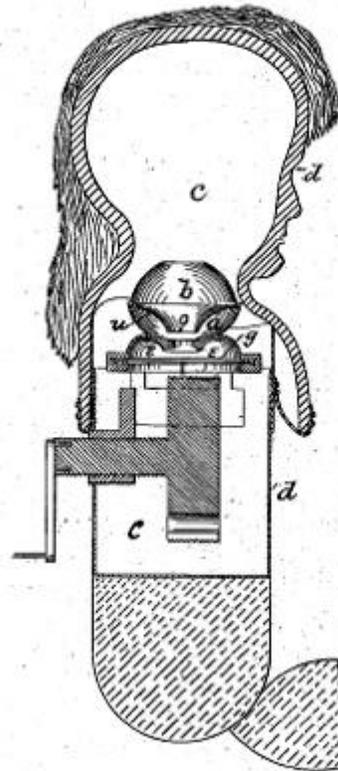


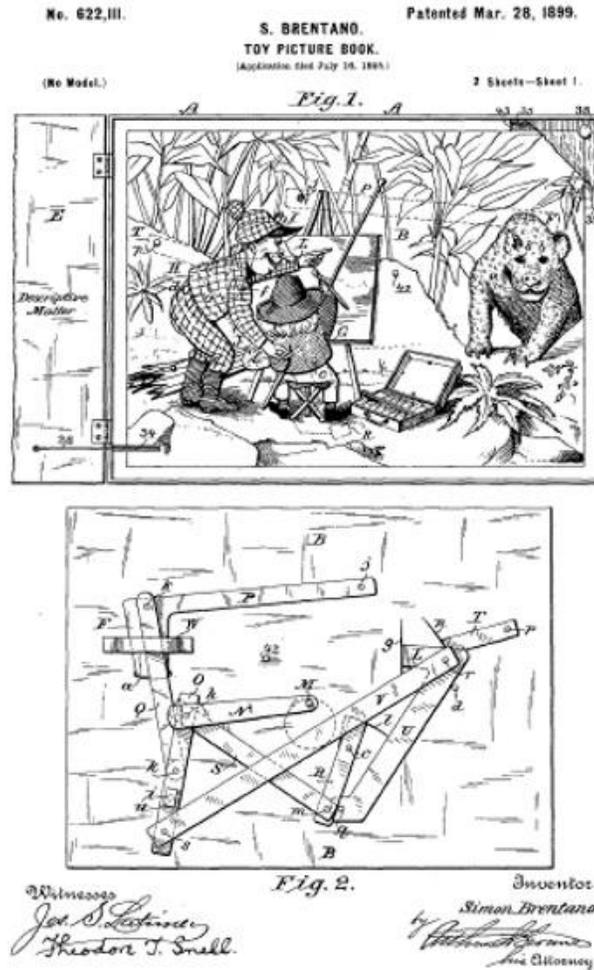
Fig. 2.

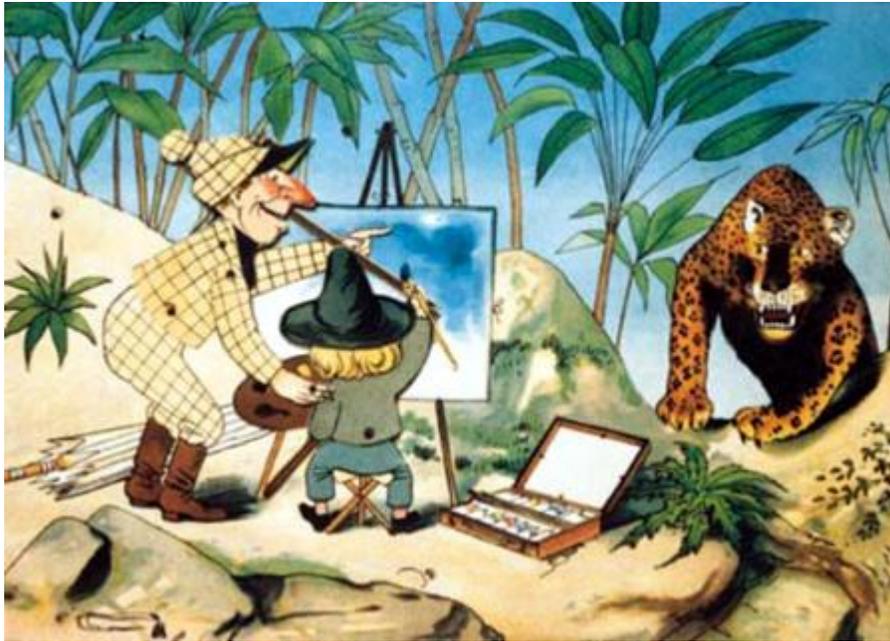
Witnesses.
*Georgie Pierce*Inventor.
W. W. Jacques

17. Principio Nueva dimensión: Algunos autores señalan las primeras cuatro opciones; Altshuller ofrece las siguientes cinco:

a) Las dificultades asociadas con el movimiento (o colocación) del objeto a lo largo de una línea se eliminan al moverse el objeto en dos dimensiones. De igual forma las tareas asociadas con el movimiento (o colocación) de los objetos en un plano, se eliminarán si cambian al espacio de tres dimensiones.

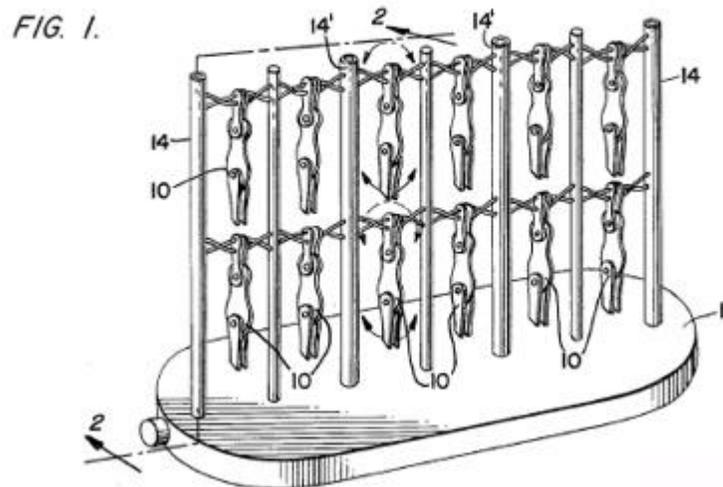
Libros animados en tres dimensiones. Esta idea, expresada en la patente ilustrada, el artista alemán Lothar Meggendorfer la publicó como libro animado.





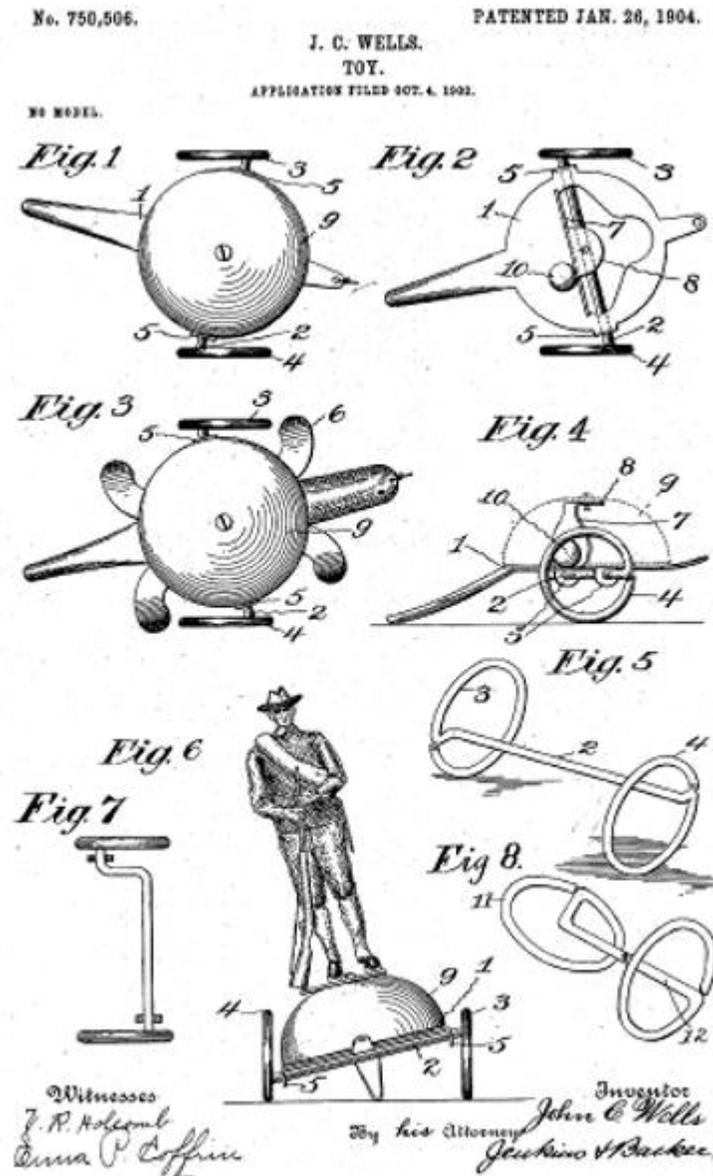
b) Disposición de los objetos en varios pisos en lugar de una sola planta.

U.S. Patent Feb. 15, 1983 Sheet 1 of 2 4,373,291



c) Inclinar objetos o colocarlos sobre sus extremos.

El eje del carrito queda inclinado y permite que vaya resonando la campana sobre la que va el muñeco.



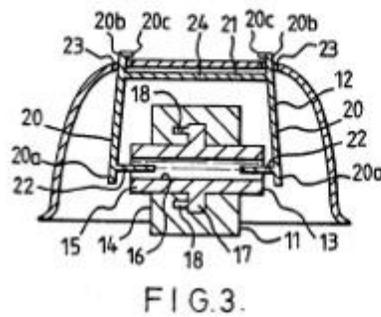
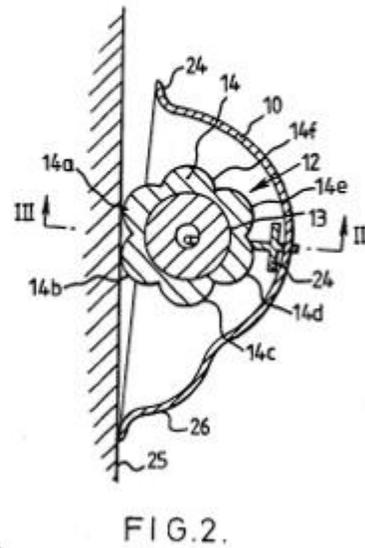
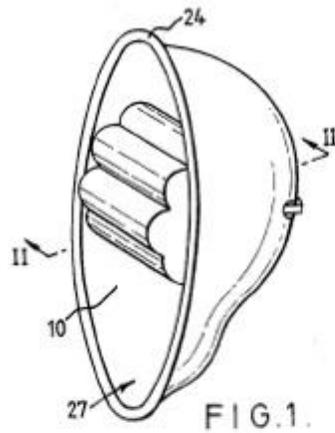
d) Use la otra cara de una superficie determinada.

Un juguete adaptado para bajar rodando por las paredes y superficies verticales en lugar del suelo. Lleva un deposito en un extremo y un rodillo en el otro. El rodillo tiene una superficie ondulada de material blando pegajoso.

U.S. Patent

Aug. 16, 1988

4,764,148



e) Utilizar el flujo de luz incidente en el área adyacente o en la parte posterior de la zona existente.

Un carrito que se mueve por medio del aire recalentado en su interior por el sol.

United States Patent [19][11] **4,141,178**

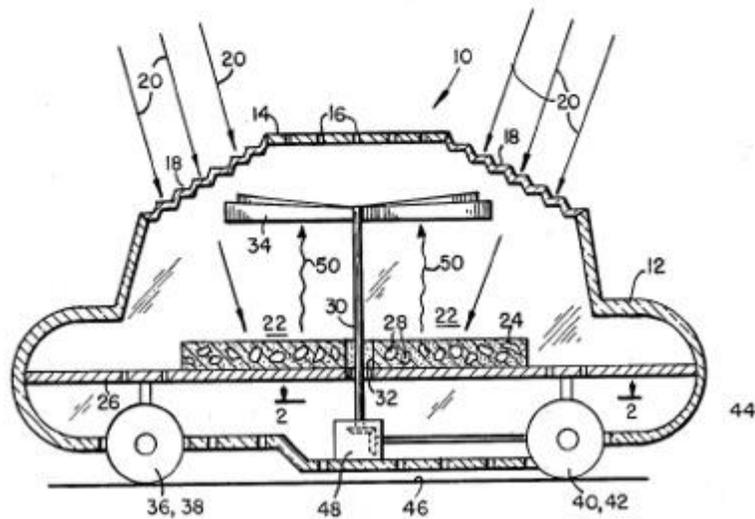
McGraw

[45] **Feb. 27, 1979**[54] **SOLAR OPERATED TOY APPARATUS**[76] Inventor: **Betty McGraw**, 1619 Debeney Dr.,
Houston, Tex. 77039[21] Appl. No.: **818,984**[22] Filed: **Jul. 25, 1977**[51] Int. Cl.² **A63H 29/00**[52] U.S. Cl. **46/201; 46/206**[58] Field of Search **46/1 R, 201, 202, 206**[56] **References Cited****U.S. PATENT DOCUMENTS**

1,964,843 12/1934 Schoenfeld 46/206

Primary Examiner—Louis G. Mancene
Assistant Examiner—Robert F. Cutting*Attorney, Agent, or Firm*—Robert D. Farkas[57] **ABSTRACT**

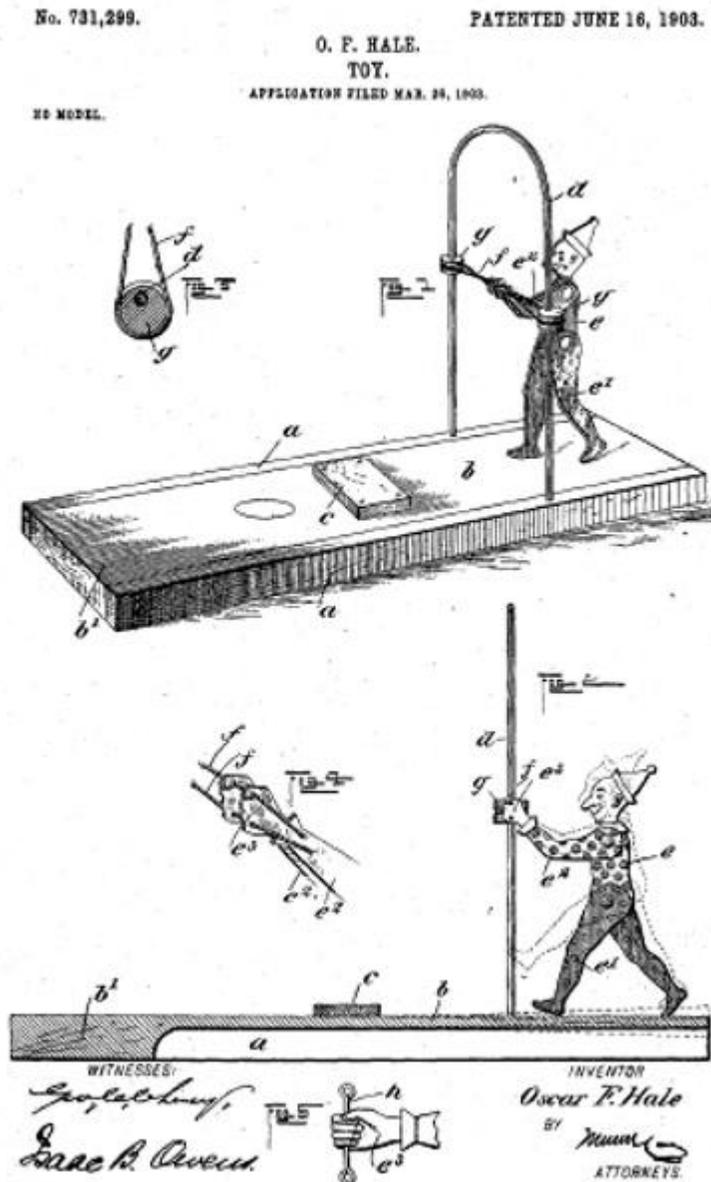
A solar operated toy apparatus includes a transparent housing having a circularly shaped lens on the upper surface thereof adapted to focus the sun's rays into a reservoir area therebeneath. The housing is provided with centrally disposed apertures on the upper surface thereof and apertures in the bottom surface thereof to control the flow of warm air currents. A plurality of vanes are disposed horizontally and affixed to a vertical shaft which is coupled to the drive wheels rotatably affixed to the housing. The toy apparatus does not require any batteries for operation and is propelled by the rising air currents flowing therethrough.

6 Claims, 3 Drawing Figures

18. Principio de Vibración mecánica. Este procedimiento se aplica en las siguientes modalidades:

a) Se aplica al objeto un movimiento oscilatorio o vibratorio.

El muñeco hace sus gracias por medio de la vibración producida al tamborilear con los dedos sobre una placa vibratoria. Ante la intensidad de los movimientos el muñeco lo mismo baila que hace piruetas. Dos maneras de sujetarse el muñeco, dos efectos distintos.



b) Si el movimiento vibratorio ya se realiza, se aumenta la frecuencia (hasta el mismo ultrasonido).

Un simulador de juguete que genera sonidos ultrasónicos al disparo de una rayo de luz.

U.S. Patent

Mar. 23, 1999

Sheet 1 of 2

5,885,129

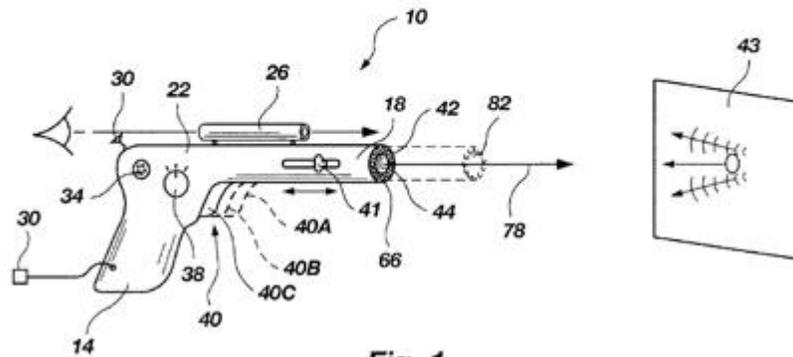


Fig. 1

c) Se construye un sistema para la frecuencia resonante.

Un juguete que, en respuesta a un sonido complejo como el habla humana genera un tren de impulsos de audio. Utiliza circuitos resonantes.

United States Patent [19] **4,221,927**
Dankman et al. [45] **Sep. 9, 1980**

[54] **VOICE RESPONSIVE "TALKING" TOY**
 [76] **Inventors: Scott Dankman, Richard C. Levy; Bryan L. McCoy, all of 1001 Spring St., Ste. 724, Silver Spring, Md. 20910**

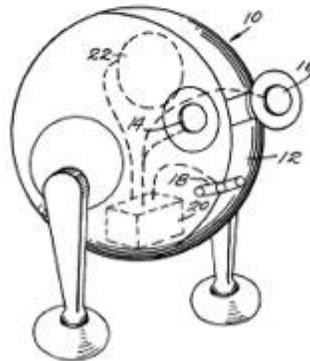
[21] **Appl. No.: 932,069**
 [22] **Filed: Aug. 8, 1978**

[51] **Int. Cl.² A63H 3/33**
 [52] **U.S. Cl. 179/1 VC; 46/232; 340/148**

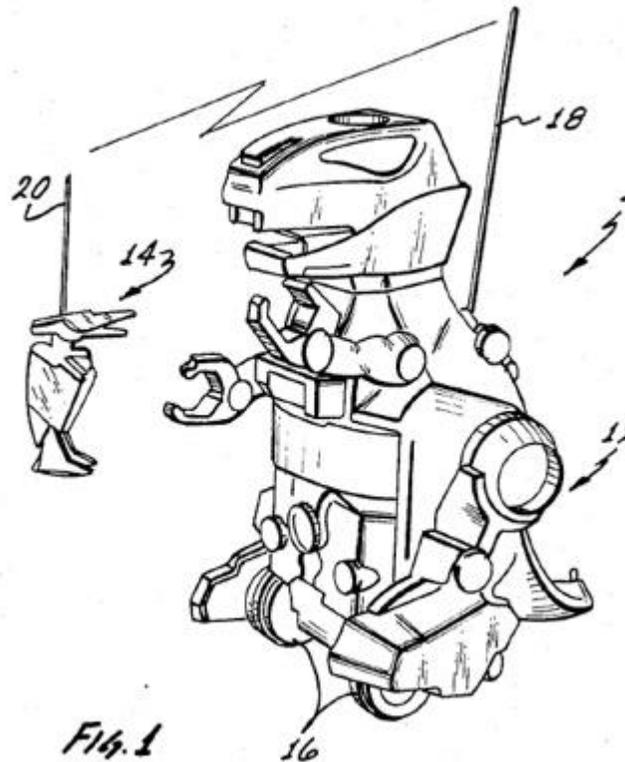
[58] **Field of Search 46/232, 254, 256, 170, 46/229, 179/1 VC, 1 AA, 1 AL, 1 SA; 340/148**

[54] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS	
3,832,424	4/1958 Sargent
2,974,461	3/1961 Desser
2,995,866	1/1961 Johnson
3,119,301	1/1964 Brown et al.
3,182,122	7/1964 Johnson
3,362,980	12/1964 Hellman
3,213,851	10/1965 Curran
3,444,646	5/1969 D'Amoretti
3,458,950	6/1969 Turner
3,699,009	9/1969 Lee
3,507,863	3/1971 Moriarty
3,901,441	6/1976 Sato
4,103,105	7/1978 Akiyama et al.
4,107,462	8/1978 Aoki
FOREIGN PATENT DOCUMENTS	
45,15185	5/1970 Japan
965827	8/1966 United Kingdom
OTHER PUBLICATIONS	
"It's Not R3-D2, But ...", by H. Lutenberg, <i>The Washington Post</i> , May 28, 1978, p. L12.	
<i>Primary Examiner</i> —Thomas W. Brown <i>Attorney, Agent or Firm</i> —Cushman, Darby & Cushman	
[57] ABSTRACT	
A toy which, in response to a complex sound such as human speech generates a train of audio pulses. The pulses are pseudo-random with respect to frequency composition and to duration, thus simulating syllabic speech. Provisions are also described whereby the length of the pulse train is made random.	
19 Claims, 4 Drawing Figures	



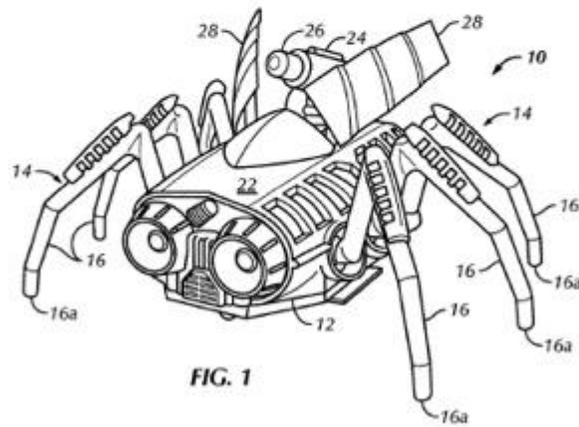
d) En lugar de la vibración mecánica usar un piezovibrador. Se aplica la vibración ultrasónica en unión con el campo magnético.
 Juguetes de acción a control remoto.



19. Principio de Acción periódica: Este procedimiento tiene aplicaciones en los siguientes casos.

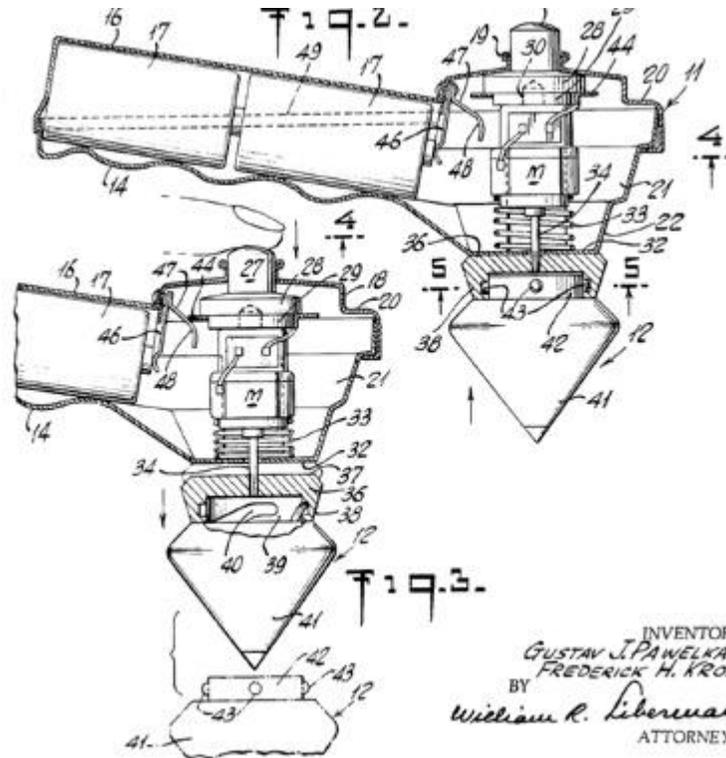
a) Reemplazar una acción continua por una periódica o con impulsos.

Las patas del juguete se accionan en un ciclo repetible predeterminado. Algunas de las patas están fuera de fase respecto a otras patas para producir un efecto más realista.



b) Si una acción ya es periódica, cambiar su frecuencia.

Un trompo con lanzadera motorizada, simplifica el lanzamiento del trompo y lo hace con mucha más fuerza. (Patente 3224142, 1965)



c) Usar de pausas entre impulsos para llevar a cabo una acción diferente. Este teléfono para niño, se comunica con otro similar o con un teléfono de muñeco; éste recibe la llamada, responde con sonidos y el propio teléfono del niño escribe un mensaje de respuesta. (Patente 7798885 B2, 2010)

(12) **United States Patent**
Wong et al. (10) **Patent No.:** **US 7,798,885 B2**
(45) **Date of Patent:** **Sep. 21, 2010**

(54) **INSTANT MESSAGE TOY PHONE** D410,046 S 5/1999 Fletcher
5,984,758 A 11/1999 Drisko et al.
(75) **Inventors:** **Andrew Wong**, Torrance, CA (US); 6,110,000 A 8/2000 Ting
Ahmad A. Asbaghi, El Segundo, CA 6,227,966 B1 5/2001 Yokoi
(US); **Cassidy Park**, Palos Verdes, CA 6,264,523 B1 7/2001 Simmons
(US); **Catherine Demas**, Rancho Palos 6,302,796 B1 10/2001 Lebenfeld et al.
Verdes, CA (US) 6,452,988 B2 9/2002 Griffin et al.

(73) **Assignee:** **Mattel, Inc.**, El Segundo, CA (US)

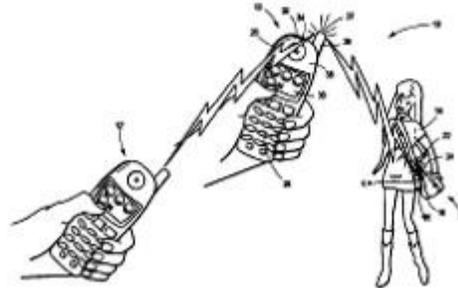
(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this

51) **Int. CL.** (57) **ABSTRACT**
A66H 33/00 (2006.01)
52) **U.S. CL.** **446/142; 446/139; 446/141**
58) **Field of Classification Search** **446/142**
See application file for complete search history.

56) **References Cited**
U.S. PATENT DOCUMENTS
3,702,515 A * 11/1972 Bentley et al. 446/142
3,742,645 A * 7/1973 Casey 446/139
3,757,463 A * 9/1973 Bredlow et al. 446/142
3,793,766 A * 2/1974 Moquin et al. 446/142
4,198,931 A * 6/1979 Terzian 446/142
4,973,285 A 11/1990 Diets 446/142
5,183,431 A 2/1993 Todokoro 446/142
5,474,494 A * 12/1995 Lomaha 446/142
5,855,483 A * 1/1999 Collins et al. 434/322
5,873,765 A 2/1999 Rifkin et al.
D400,658 S 5/1999 Lee

A wireless toy phone system that may be used with toy figures, such as dolls. The system may include doll sized phones and child sized phones. The child sized phone may have a display screen and input buttons. A child can compose a message with a phone keypad on the child's phone and send the message to another child sized phone, which will display the message. The phone may also receive messages from other child sized phones. The child may also be able to send a message to a doll sized phone associated with a doll or other figure, and the doll sized phone may respond with lights or sounds or both. The child sized phone may then compose a response that is displayed on the child sized phone simulating a return message from the doll.

22 Claims, 4 Drawing Sheets



23. Principio de Retroalimentación: Con dos posibles aplicaciones:

a) Si no existe la retroalimentación, establecerla.

Comunicación interactiva en aparatos de juguete. Uno (la mamá ganso) emite una señal acústica y otro aparato (los gansitos) produce una respuesta.



US 20110034251A1

(19) **United States**
 (12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2011/0034251 A1**
COHEN et al. (43) **Pub. Date: Feb. 10, 2011**

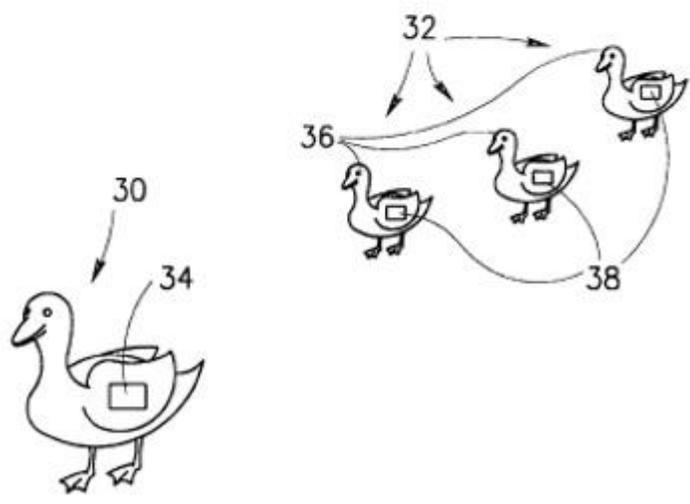
(54) **INTERACTIVE TOYS**
 (75) **Inventors:** Moshe COHEN, Tel-Aviv (IL); Alan Sege, Santa-Monica, CA (US)
 Correspondence Address: MARTIN D. MOYNIHAN db/a PRISI, INC. P.O. BOX 16446 ARLINGTON, VA 22215 (US)
 (73) **Assignee:** BleepCard Ltd., Tel-Aviv (IL)
 (21) **Appl. No.:** 12/903,240
 (22) **Filed:** Oct. 13, 2010

(30) **Foreign Application Priority Data**
 Oct. 2, 1998 (IL) 126444
 Nov. 16, 1998 (IL) 127072
 Dec. 14, 1998 (IL) 127569

Publication Classification
 (51) **Int. Cl.**
 A63F 9/24 (2006.01)
 A63H 30/00 (2006.01)
 (52) **U.S. CL.** 463/39, 446/175

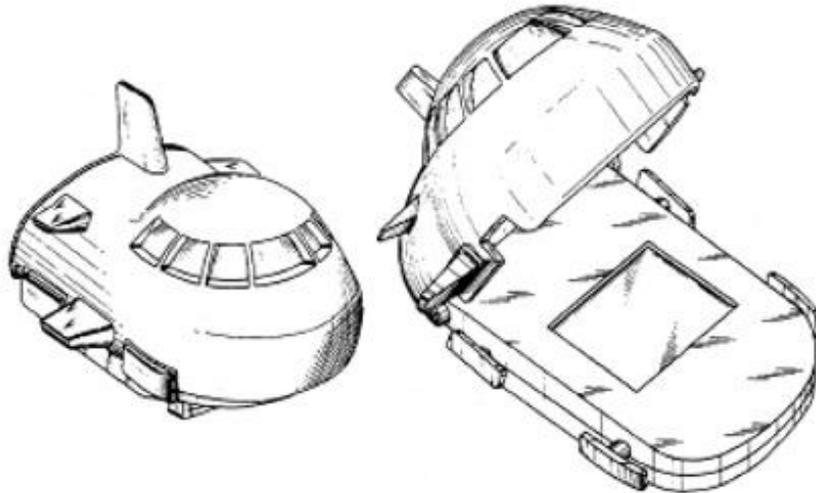
Related U.S. Application Data
 (60) Division of application No. 12/496,669, filed on Jul. 2, 2009, which is a continuation of application No. 09/787,265, filed on Mar. 14, 2001, now Pat. No. 7,568,963, filed as application No. PCT/IL1999/000506 on Sep. 16, 1999, which is a continuation of application No. PCT/IL1998/000450, filed on Sep. 16, 1998.

(57) **ABSTRACT**
 A plurality of individual toys, at least a first one of which generates acoustic signals and at least a second one of which receives acoustic signals. When the second toy receives acoustic signals from the first toy, it responds, for example, by generating a sound and/or controlling its motion. In a preferred embodiment of the invention, the toys flock and/or form a procession of toys which follow a leader toy, for example a mother goose and a plurality of following and preferably quacking goslings.



b) Si la retroalimentación ya existe, cambiar su magnitud e influencia.
 Un video juego cualquiera. (Patente D336665, de 1993)

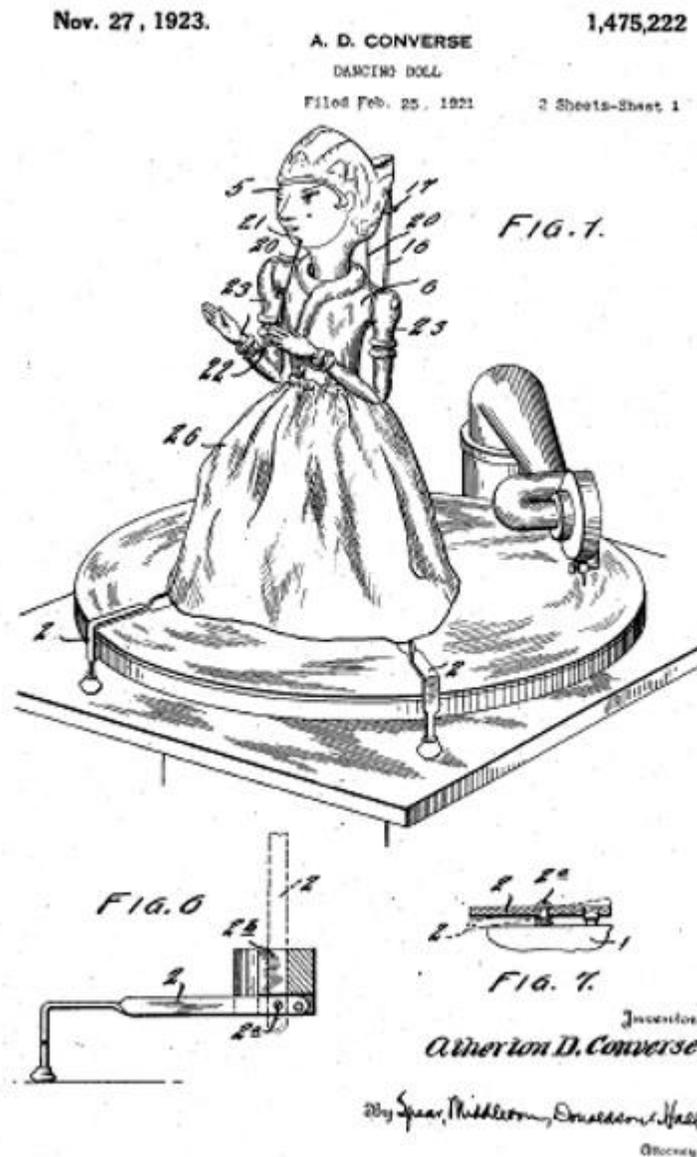
 US000336665S	
United States Patent [19] Tugendhaft	[11] Patent Number: Des. 336,665 [45] Date of Patent: Jun. 22, 1993
[54] COMBINED TOY PLANE AND VIDEO GAME [75] Inventor: Majer Tugendhaft, Amstelveen, Netherlands [73] Assignor: Sparco International B.V., Netherlands [**] Term: 14 Years [21] Appl. No.: 665,455 [22] Filed: Mar. 6, 1991 [30] Foreign Application Priority Data Sep. 8, 1990 (XB) Benelux 65441-00 [52] U.S. Cl. D21/87; D21/13 [58] Field of Search D21/13, 82, 87; D19/65, D19/69, 75; D14/143, 176, 189; 446/7; 273/83 G	D. 262,719 1/1982 Dweck D21/13 D. 309,474 7/1990 Murali D19/75 4,767,334 8/1988 Thorne et al. 446/7 X <i>Primary Examiner</i> —Bernard Amsher <i>Assistant Examiner</i> —Dominic Simone <i>Attorney, Agent, or Firm</i> —Knobbe, Martens, Olson & Bear [57] CLAIM The ornamental design for a combined toy plane and video game, as shown and described. DESCRIPTION FIG. 1 is a perspective view of a combined toy plane and video game showing my new design; FIG. 2 is a front elevational view thereof; FIG. 3 is a left side elevational view thereof which is a mirror image of the right side; FIG. 4 is a rear view thereof; FIG. 5 is a top plan view thereof; FIG. 6 is a bottom plan view thereof; FIG. 7 is a perspective view thereof with the top of the toy plane raised; FIG. 8 is a front view of the toy plane of FIG. 7; and FIG. 9 is a side view of the toy plane of FIG. 7.
[56] References Cited U.S. PATENT DOCUMENTS D. 189,484 12/1960 <i>Ratticassu</i> D21/87 X D. 195,680 7/1963 <i>Braun et al.</i> D21/83	



24. Principio Mediación: Se aplica en los dos casos que siguen:

a) Emplear un objeto intermedio para transmitir o llevar a cabo el proceso.

Los muñecos de fonógrafo se hacían funcionar por medio, precisamente, de un aparato fonográfico. Esta “bailarina tailandesa” fue una celebridad en su tiempo.



b) Combinar o conectar temporalmente un objeto con otro y después quitar uno de ellos.

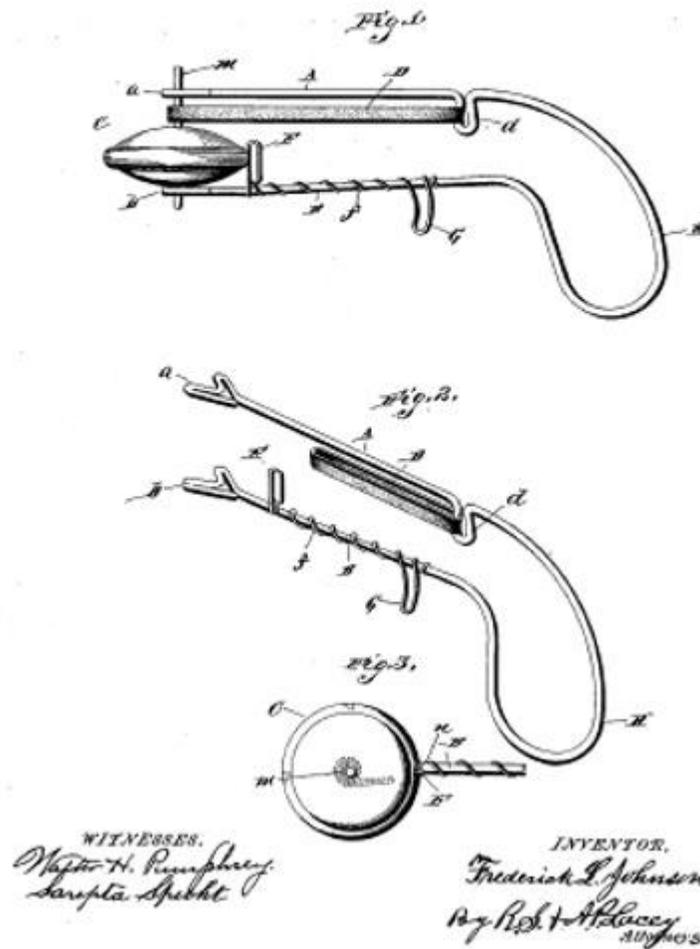
Las lanzaderas de trompos son un buen ejemplo de este principio. (P.404042).

(No Model.)

F. L. JOHNSON.
TOP SPINNER.

No. 404,042.

Patented May 28, 1889.



25. Principio Autoservicio:

a) Un objeto debe darse mantenimiento a si mismo mediante la realización de operaciones auxiliares.

El avioncito está diseñado para que todas las piezas sean "instantánea y fácilmente reparables". (Patente 1832169 de 1931)

Nov. 17, 1931.

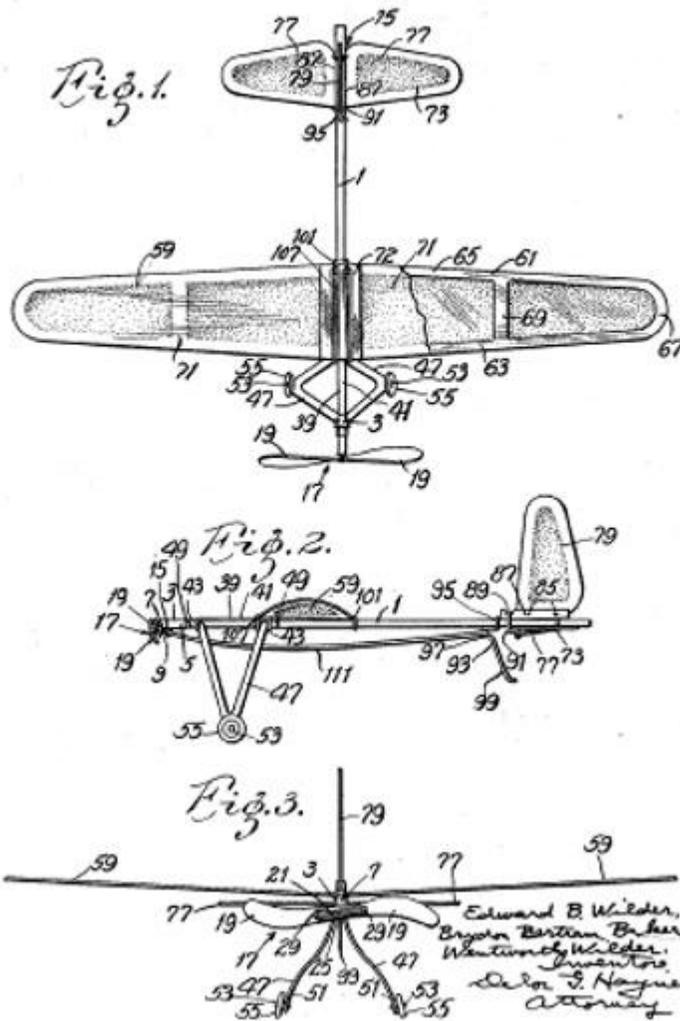
E. B. WILDER ET AL

1,832,169

TOY AIRPLANE

Filed Dec. 30, 1929

2 Sheets-Sheet 1



b) El uso de energía o material desechadas.

Se ilustra un aparato para reciclar por calor solar trocitos de crayones de cera rotos. (Pat. Aplicación 2001/0050449 A1)



US 2001/0050449A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2001/0050449 A1****Baxter**(43) **Pub. Date: Dec. 13, 2001**(54) **SOLAR POWERED CRAYON RECYCLING TOY****Related U.S. Application Data**

(63) Non-provisional of provisional application No. 60/175,909, filed on Jan. 12, 2000.

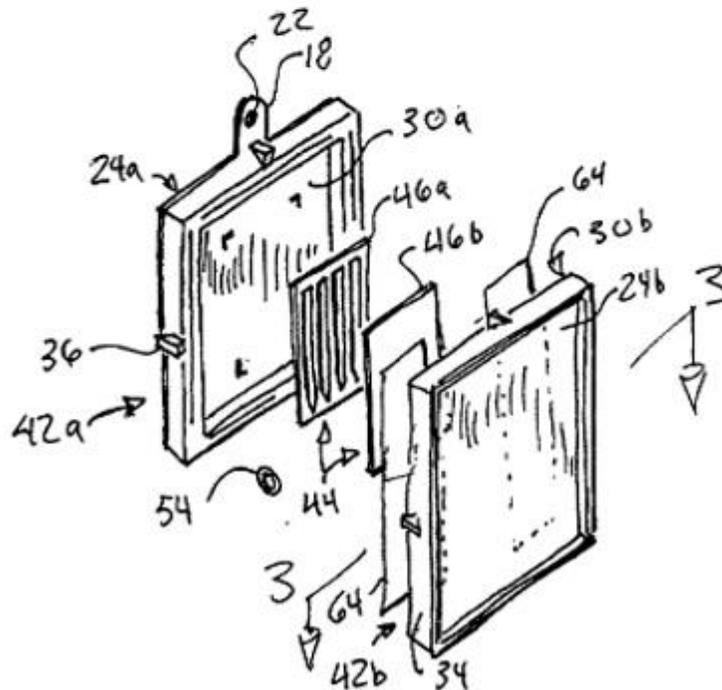
(70) Inventor: **Keith M. Baxter, Brookfield, WI (US)****Publication Classification**

Correspondence Address:

Keith M. Baxter
Quarles & Brady LLP
 411 East Wisconsin Ave., Suite 2040
 Milwaukee, WI 53202-4497 (US)

(51) Int. Cl.⁷ **B29C 35/06; B29C 33/30; B29C 33/06**(52) U.S. Cl. **264/402; 425/803; 249/79; 249/134; 249/139; 264/911**(21) Appl. No.: **09/790,416****(57) ABSTRACT**(22) Filed: **Jan. 11, 2001**

A wax molding toy uses a heat retaining housing with a transparent surface to provide wax melting temperatures with typical indoor solar flux intensities.



26 Principio de Copiar.

a) Emplear una copia barata en lugar del objeto original que es frágil o inconveniente de operar.

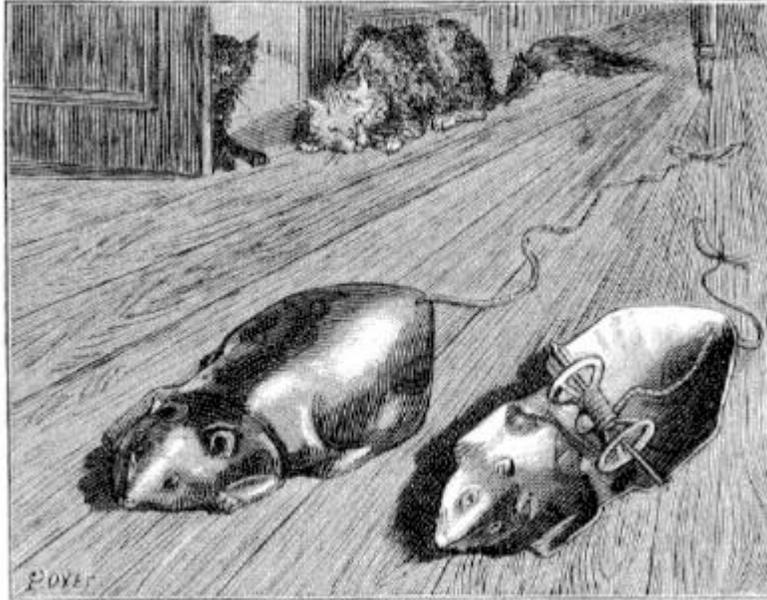
“Autómatas de juguete”, como el dodo, hechos de papel, en lugar de plástico o metal.



27. Principio de Desecho. Este principio que contradice la máxima “lo barato cuesta caro”, se aplica en la siguiente circunstancia:

a) Sustituir un objeto caro o valioso por un conjunto de objetos baratos, aún cuando se comprometan otras cualidades como por ejemplo la duración o vida del objeto.

El primer juguete de cuerda mecánica que pudieron adquirir niños que no podían pagar juguetes caros, sustituyó mecanismos de relojería por un ingenioso mecanismo de banda elástica retorcida. Se ilustra del artículo de *La Nature*, titulado “Un ratón mecánico de quince céntimos” (1882), sin firma, pero que seguramente pertenece a Gastón Tisiander, un gran divulgador de la ciencia francés. La obra literaria de Julio Verne usó a *La Nature* como su principal fuente bibliográfica.

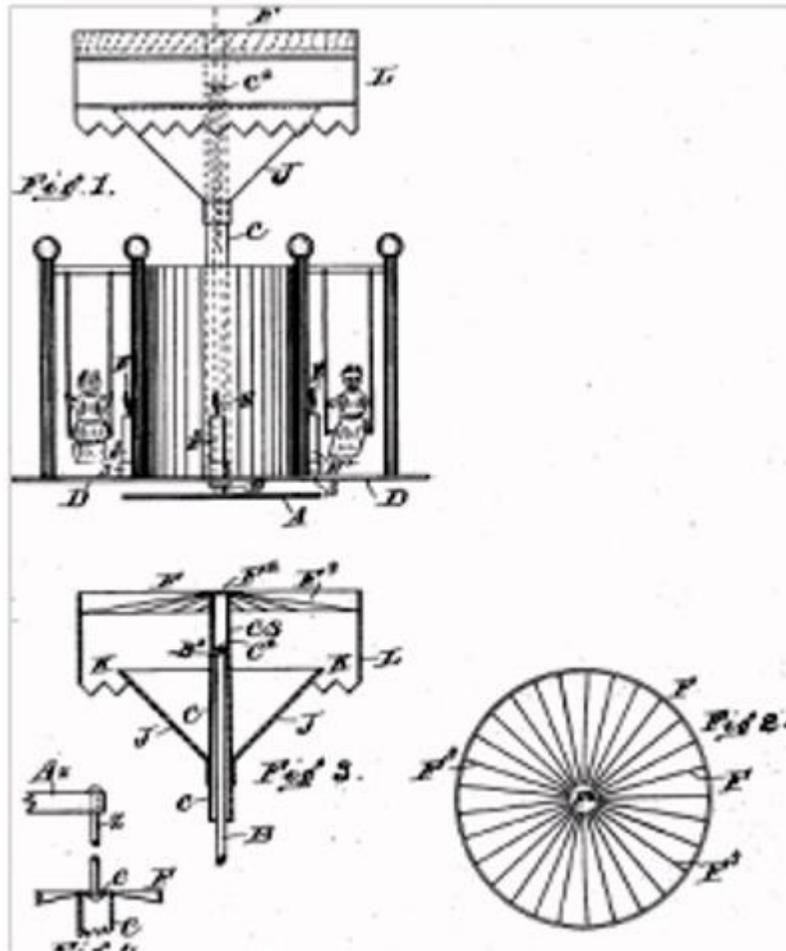


Souris mécanique, vue en dessus et en dessous.

28. Principio de Sustitución Mecánica: Con las siguientes tres alternativas:

a) Reemplazar el sistema mecánico por uno óptico, acústico o térmico.

La patente 563077 de 1896, con una simple vela genera aire caliente que mueve una pantalla que arrastra muñecos en un columpio.



b) Emplear campos eléctricos, magnéticos para interactuar con un objeto.

Se ilustra un juguete que actúa en un campo magnético. (P.5182,533 de 1993)

U.S. Patent

Jan. 26, 1993

Sheet 2 of 2

5,182,533

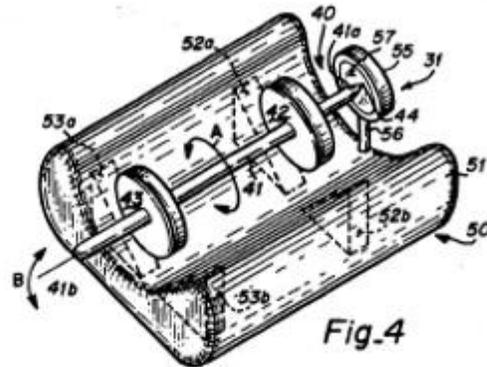


Fig. 4

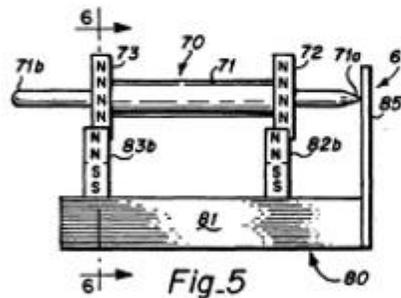


Fig. 5

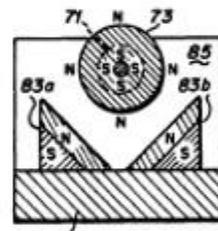


Fig. 6

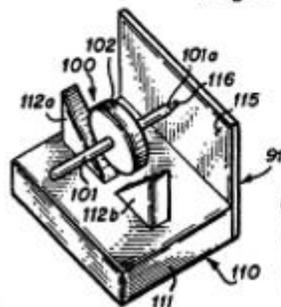


Fig. 7

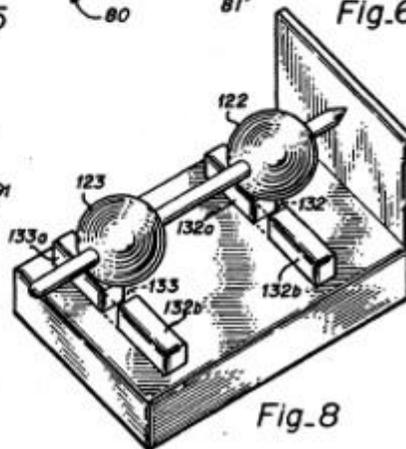
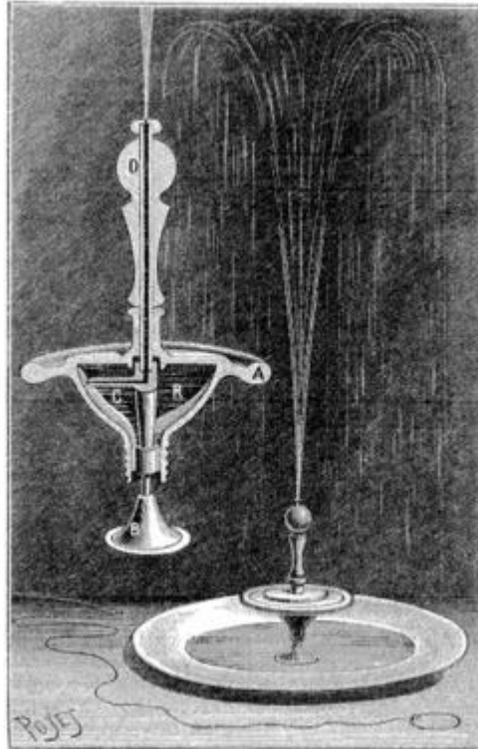


Fig. 8

29. Principio del Sistema neumático o hidráulico: Se aplica de la siguiente manera:

a) Se utilizan gases y líquidos en las partes de un objeto en lugar de las partes sólidas. Por ejemplo, objetos inflables, llenos de líquidos, colchón de aire, hidrostática, la hidráulica.

Un trompo hidráulico, de *La Nature*.

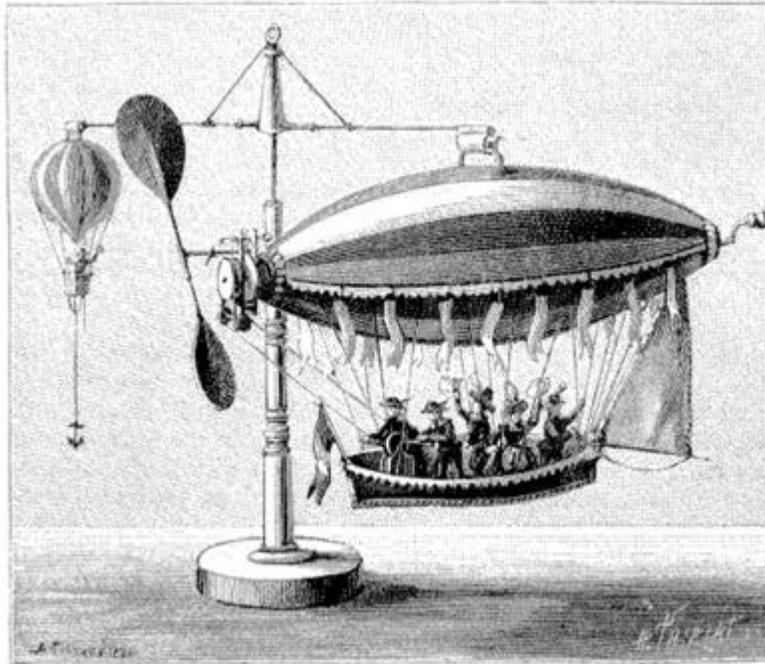


La toupe hydraulique. — Vue d'ensemble et coupe.

30. Principio de Membranas flexibles o películas delgadas: Se presenta con las siguientes posibilidades de aplicación:

a) Utilizar membranas flexibles y películas delgadas en lugar de estructuras tridimensionales.

Los globos son el ejemplo por excelencia; y bandas de hules que mueven algunos juguetes, son otro ejemplo. La ilustración, por supuesto, es de *La Nature*.



Acrostat dirigeable. — Jouet monté sur un manège.

31. Principio Poroso

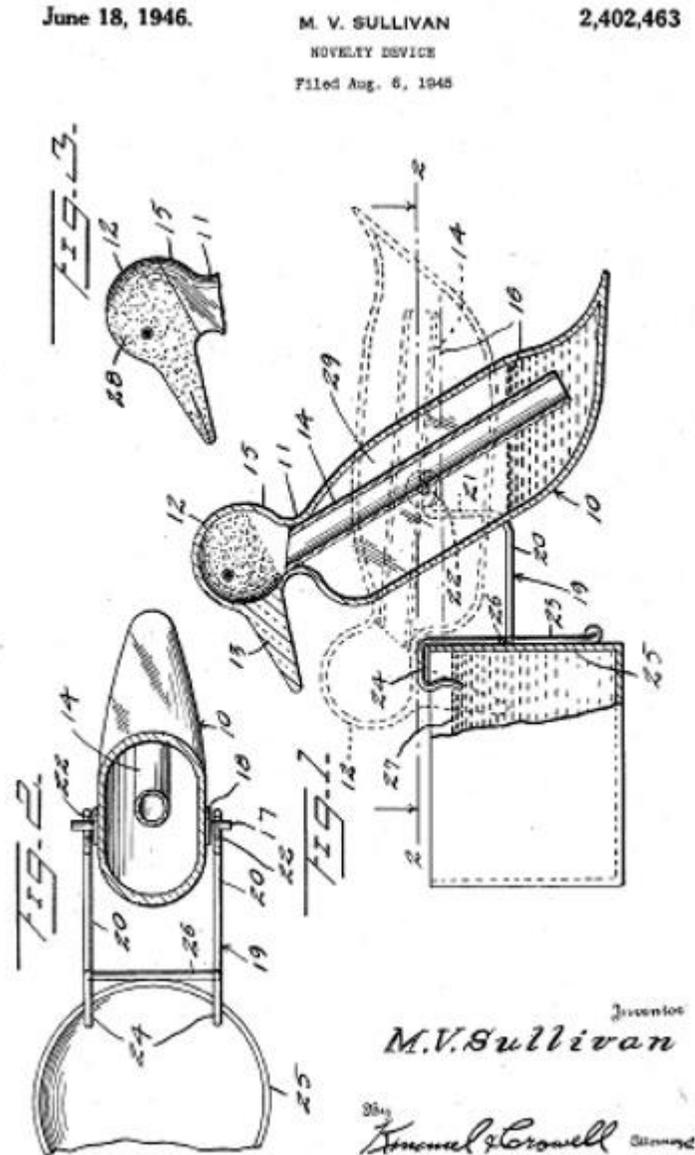
a) Hacer un objeto poroso o añadir algún elemento que lo sea (insertos, revestimientos, etc.).

Una pistola de juguete para disparar proyectiles de esponja. Los proyectiles se contraen en la recámara y se expanden al salir. Esto es en la patente 3472218 de 1969.

35. Principio de Transformación de propiedades: Opera al aplicar las siguientes cuatro ideas:

a) Cambiar el estado físico del objeto o de alguno de sus componentes.

Un juguete hueco, dividido en dos partes, una de las cuales se mantiene en el agua y la otra sobre la superficie, de modo que existe una temperatura ligeramente distinta en cada parte; esto permite que el líquido especial que contiene se evapore en un lado y se condense en el otro. Picotea siempre que se mantenga en esas condiciones. (Patente 2402463 de 1946)



b) Variar la concentración o la densidad del objeto.

La patente 7936458 se refiere a un polariscopio de juguete "diseñado para estudiar una variedad de objetos que pueden exhibir propiedades fotoelásticas tales como vidrio, plástico, plexiglás, material de vela de gel y otros geles, y objetos fotoelásticos incluso comestibles".

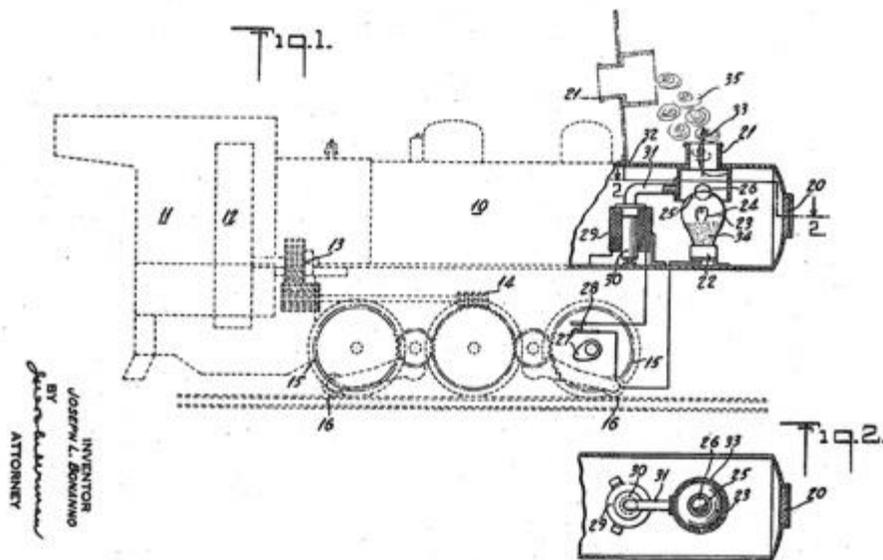
c) Cambiar el grado de flexibilidad.

La patente 5655947 de 1997, se refiere a un juguete aerodinámico cuyas alas están hechas de un gel ultra elástico que le confieren óptimas condiciones para el vuelo.

36. Principio Transición de fases: Este procedimiento tiene una opción para su cumplimiento:

a) Emplear el fenómeno de cambio de fase (pérdida de volumen, liberación o absorción de calor, etc.)

Un trenecito eléctrico echa humo, a través de una "carga" (compuesta de granulos principalmente de cloruro o nitrato de amonio), que es volatizada por el calor del foco. (Patente 2413284 de 1946)



37. Principio de Dilatación térmica: Se aplica de dos maneras:

a) Aprovechar el aumento o contracción de los materiales con el cambio de temperatura ambiental.

Patente 5139454 de 1992, hace referencia a una tarjeta la cual incluye una figura que es animada por medio de un circuito eléctrico. Este circuito activa

a un material con aleación de titanio que se contrae para mover el mecanismo de la figura.

b) Si ya se emplea la dilatación térmica, utilizar materiales con diversos coeficientes de dilatación.

La patente número 7887907 de 2008, se refiere a un material delgado de plástico y su uso en juguetes. Está compuesto por dos materiales de diferente coeficiente de dilatación, de tal suerte que se mueve por la acción de cambios de temperatura.

La patente 3980300 de 1975, se refiere a una pelota transparente con una capa de material cristalino líquido sensible a los cambios de temperatura y a las tensiones de deformación causadas al rebotar en el suelo..

40. Principio Materiales compuestos: Se aplica de la siguiente forma:

a) Uso de nuevos materiales compuestos con características especiales.

Algunas partes de este tiburón flotante a control remoto, están reforzadas por fibra de carbono. (Aplicación Pat. 2012/0045961 A1)

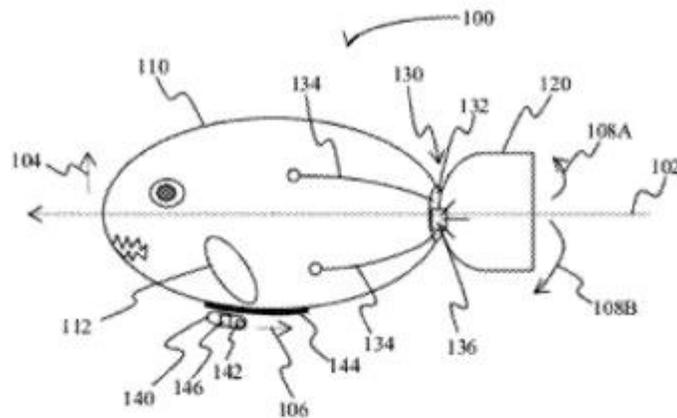


Figure 1

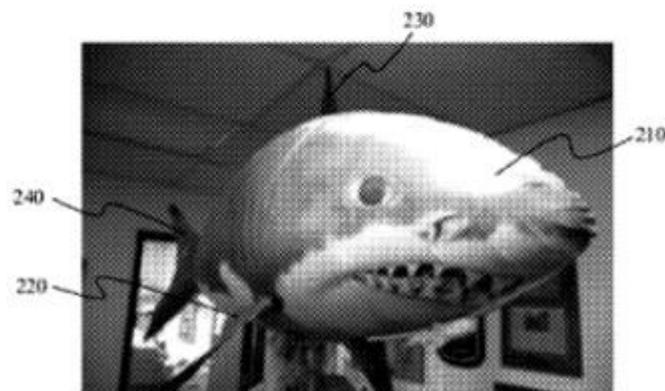
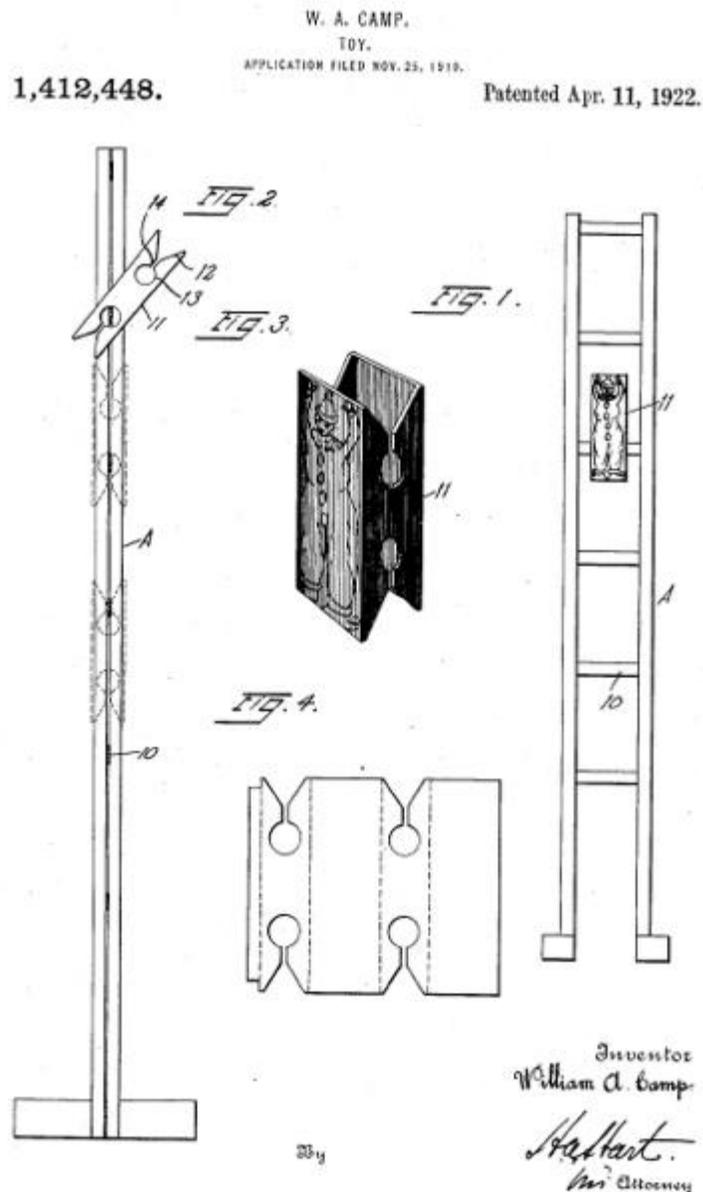


Figure 2

§28. El juguete popular: siguiendo pistas

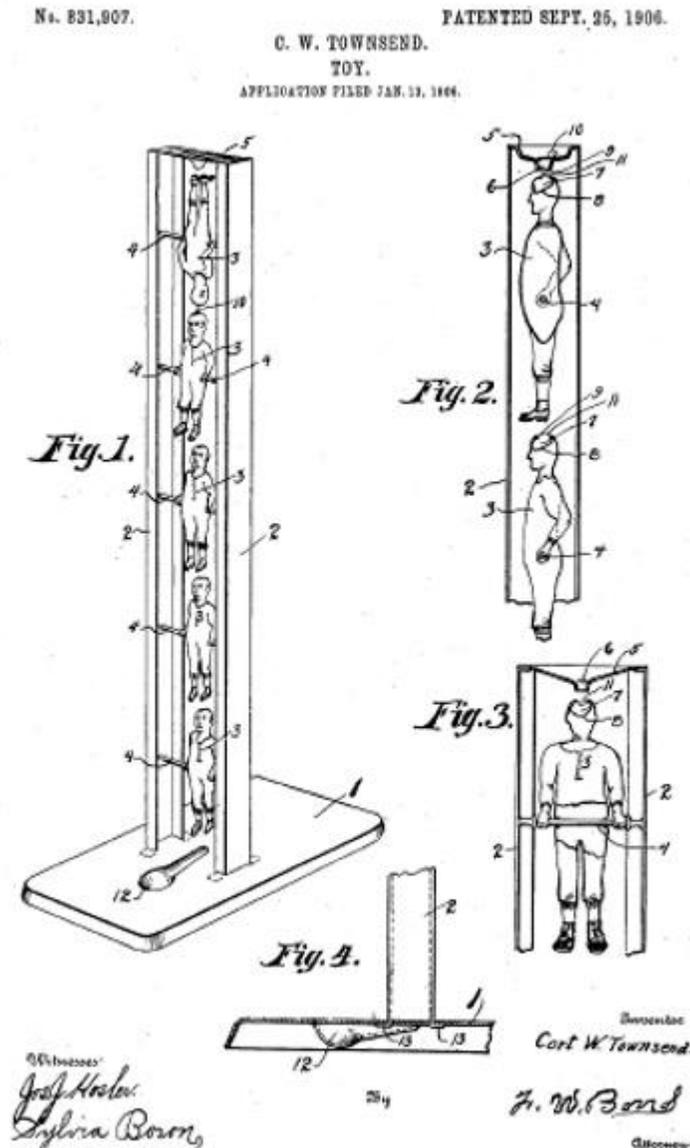
Una revisión histórica de muchos juguetes considerados creaciones originales de artesanos anónimos, nos depararía muchas curiosas sorpresas al seguir la propuesta de Altshuller de llevar a cabo una investigación de la historia de un sistema tecnológico determinado. Juguetes como los yoyos, trompos y zumbadores o gallitos tienen un origen que se pierde en el tiempo, pero hay muchos otros cuyo origen se encuentra bien documentado en las oficinas de patentes. También es cierto que algunas invenciones han sido registradas

como originales pese a que durante años fueron del dominio público, sólo porque nadie se tomó el trabajo de hacerlo antes sino hasta que alguien se avivó. Otras más, en el primer registro del invento se dice claramente que son una mejora a un juguete conocido. Y no faltan las invenciones parecidas o idénticas registradas casi al mismo tiempo en distintos países en una época en que no era posible consultar con prontitud una oficina de patentes de otro país.



Veamos la patente número 1,413,448. concedida en 1922 al clásico bloque que desciende dando volteretas en una escalera. En voz del autor se dice que "es una mejora a un juguete", ¿de qué juguete?

Veamos sus antecedentes. Dos patentes bajo la misma idea. El sistema tecnológico se va simplificando con el transcurso del tiempo.



Es, pues, muy posible que la patente del bloque de la escalera sea original del autor.

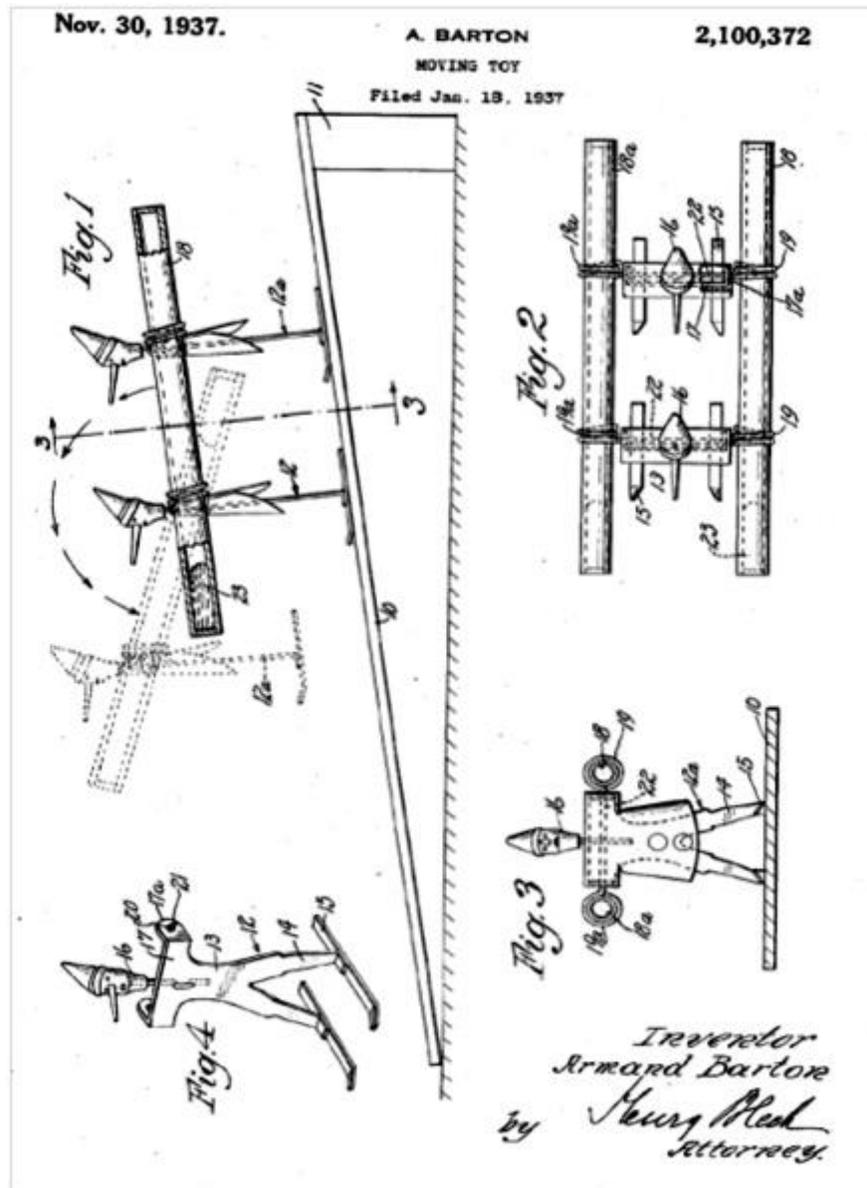
Algo distinto ocurre con otras invenciones que se asumen como originales y tienen su origen muchos años atrás. Veamos la ilustración proveniente del museo Bethnal Green de Londres, la cual muestra dos juguetes con mecanismo de mercurio. El primero es un contorsionista, hecho en Alemania en 1850; el segundo es inglés y data de 1900. Este último juguete está patentado bajo el número 2100372 pero en el año de 1937.



Es un hermoso juguete activado con mecanismo de mercurio. Es decir, en los tubos que cargan los muñecos hay mercurio que escurre hacia abajo hasta concentrarse en los extremos. En ese momento, el peso hace girar a los popotes. El muñeco de adelante permanece en su sitio con los pies bien asentados, pero el otro muñeco es alzado, hecho girar enderezándose por su propio peso y depositado de nuevo en el piso, en donde se repite la escena, con el cambio de posiciones.

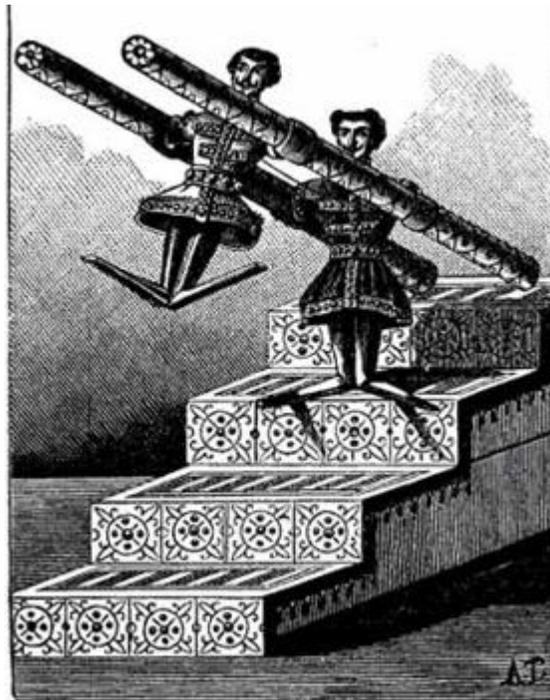
El juguete que presenta el museo tiene aire oriental con la figura de unos chinitos. ¿Tiene su origen en aquellos lares o es una idea para hacerlo más

extravagante y atractivo? Es posible esto último, pues tenemos una referencia anterior.

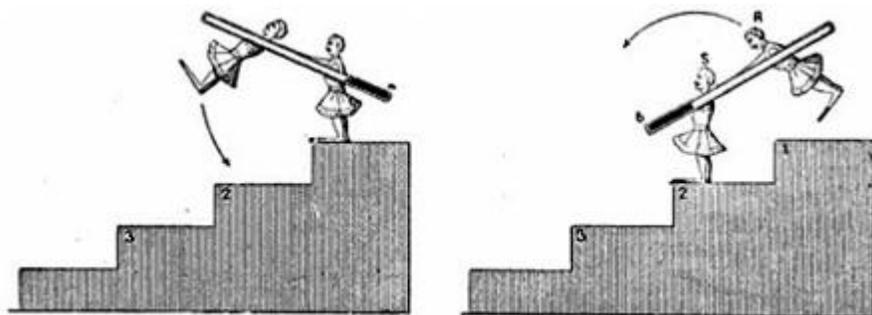


Por lo menos en 1850 se fabricaba en Europa un juguete similar a los acróbatas chinos hechos en Alemania en 1900. Tisiander reporta que a principios del año nuevo se vendía en las calles de París un juguete, conocido de hace un tiempo, con el siguiente aspecto nada oriental, más bien medieval o carnalesco.

N. del A. Popular Scientific Recreations in Natural Philosophy, Astronomy, Geology, Chemistry, etc., etc., etc. Translated and Enlarged from Les Recreations Scientifiques of Gaston Tissandier. Editor of La Nature.



La explicación de Tissandier sobre el modo como funciona se basa en los dibujos que siguen. "Cualquiera que tenga un poco de habilidad puede construirlos", dice.



Veamos ahora el otro muñeco. Lo podemos identificar como un maromero que también baja por un mueble escalera similar al anterior dando vueltas sobre si mismo. Una versión moderna la conocemos en los Karakuri Ningyo japoneses, que son muñecos tradicionales tipo autómatas de juguete. Este acróbata se puede comprar como modelo para armar.



Sin embargo, es un juguete contemporáneo y bien podría haberse basado en la patente número 754709 de 1904, que describe una figura idéntica, como puede apreciarse en la siguiente ilustración. A los japoneses, como a otras nacionalidades, les gusta presumir sus tradiciones sin importar el origen verdadero de estas.

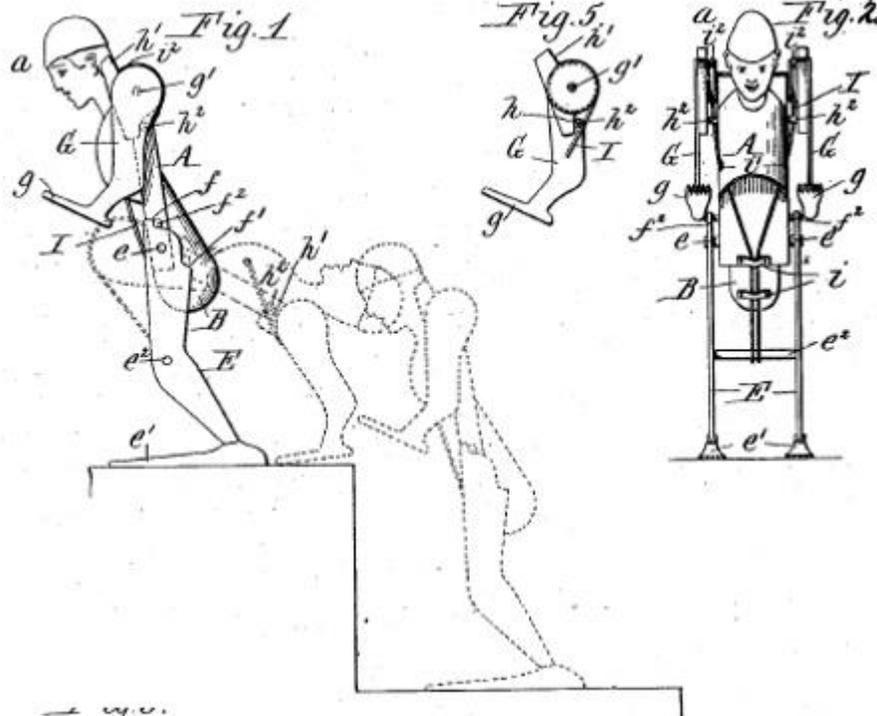


Fig. 3.

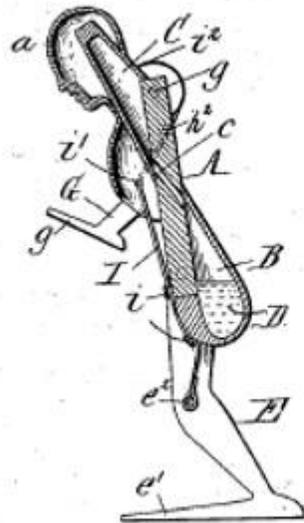
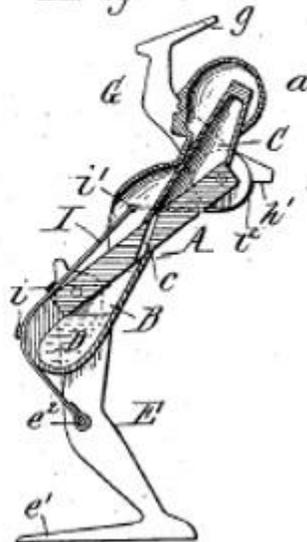
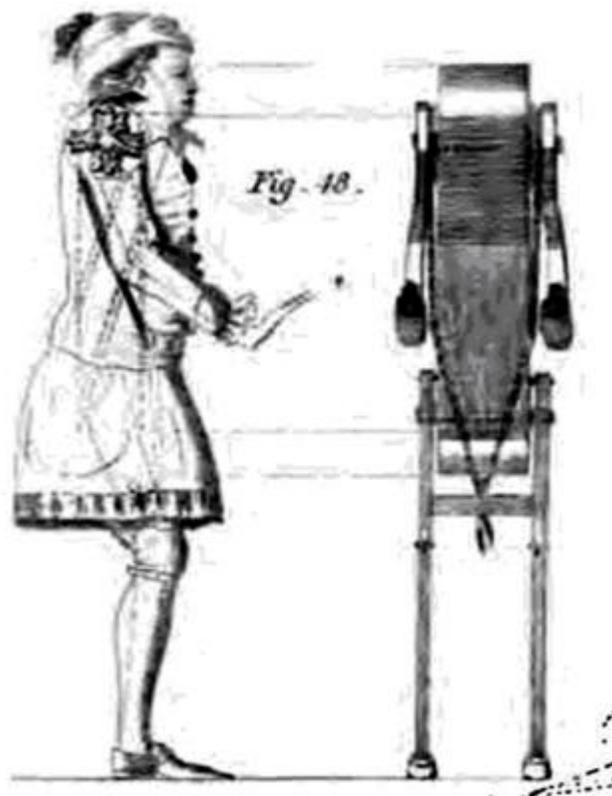


Fig. 4.

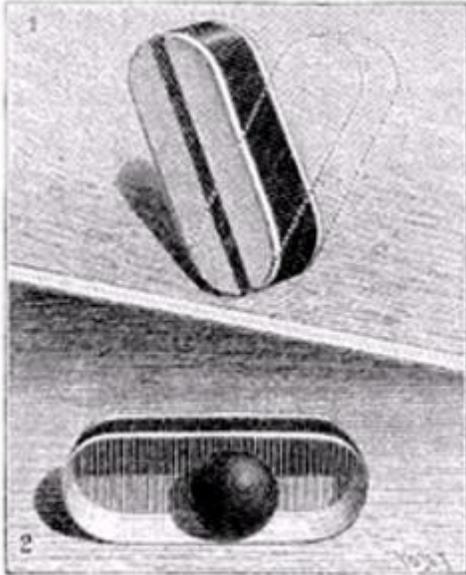


Los karakuri Ningyo japoneses, son marionetas o muñecos con mecanismos ocultos, los cuales se comenzaron a construir en el siglo XVIII en una

simbiosis entre la tradición oriental de dos mil años y la tecnología occidental que contaba entonces con los grandes constructores de autómatas, de tal suerte que yo me inclino a pensar que los maromeros japoneses tienen su origen en Occidente, si bien en la edición inglesa de las Recreaciones científicas de los divulgadores de ciencia franceses encabezados por Ozama, de la Real Academia de Ciencias Francesa, refiere que el tal maromero "hace unos años fue traído de la India". Esto pudiera ser una suposición o invención de los editores ingleses. Lo cierto es que las ilustraciones que presentan conservan un aire francés, nada oriental.



Finalmente encontramos las originales Recreaciones científicas de Ozama, una edición de 1799 en donde se habla con toda precisión de *Le petit Culbuteur*, con una amplia descripción de su construcción y funcionamiento y una nota al pie de página que dice claramente que es un ingenioso invento del Sr. Brown, un académico francés.



Al mismo tiempo que estaban de moda los acróbatas anteriores, salieron a la venta en las calles maromeros mucho más sencillos y económicos, un tanto para aprovechar el interés despertado por los primeros ante compradores menos pudientes, desde la cápsula medicinal con un pequeño balón dentro a muñecos vestidos con arte.

Ya fuera en forma de cápsula o de un estrecho cilindro de base ovalada, bastaba pegarles manos y piernas o vestirlos muy a propósito, para transformarse en un bonito juguete.

Un juguete más elaborado, apareció a la venta en las calles de algunas ciudades en los primeros años del siglo XX, allá en 1901, esto es: al mismo tiempo que se vendía los saltimbanquis chinos del museo Bethnal Green de Londres. La coincidencia no es gratuita.



Se trataba de un muñeco de papel adosado a un tubo también de cartón con bases en forma de medio círculo. Una gota de mercurio en el interior del tubo permitía al muñeco desplazarse lentamente dando volteretas.



§ 29. Siguiendo pistas: el juguete popular II

Muchos otros juguetes hoy populares tuvieron su origen en la creatividad con nombre, apellido y número de patente. La serpiente que salta de una caja sorpresa, fue registrada por primera vez en 1898. Más tarde, en 1900 y en el año de 1925, se registraron invenciones similares con mínimas mejoras (patentes 644121 y 1559424 respectivamente).

Tampoco hay duda sobre el inventor de otro de los juguetes clásicos de la artesanía popular: el muñeco gimnasta o maromero o acróbata en un trapecio.

Este es una invención original del año de 1872 y las dudas que pudiera uno tener se disipan con el reconocimiento que hace otro inventor dos años después en su registro de patente (152588): "Mi invento es una mejora al gimnasta de juguete inventado por Jacob Schwennesen en junio de 1872".

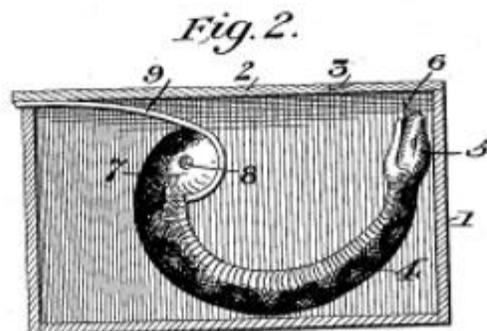
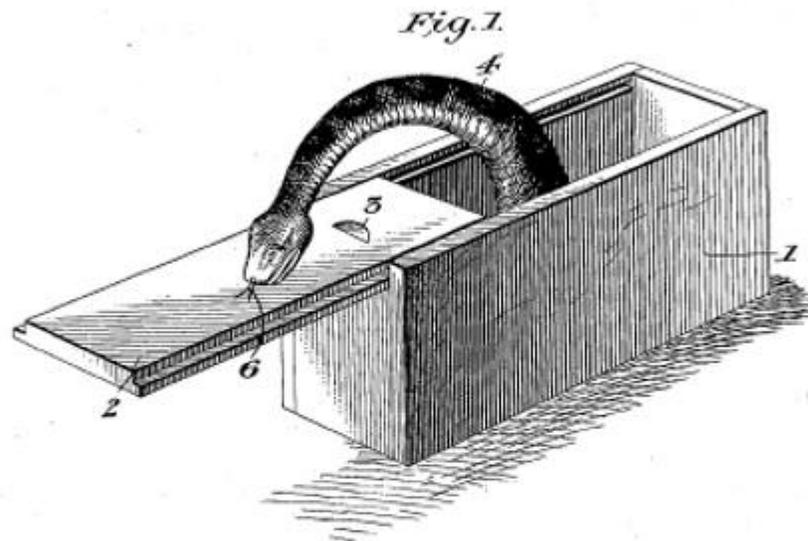
No. 611,887.

Patented Oct. 4, 1898.

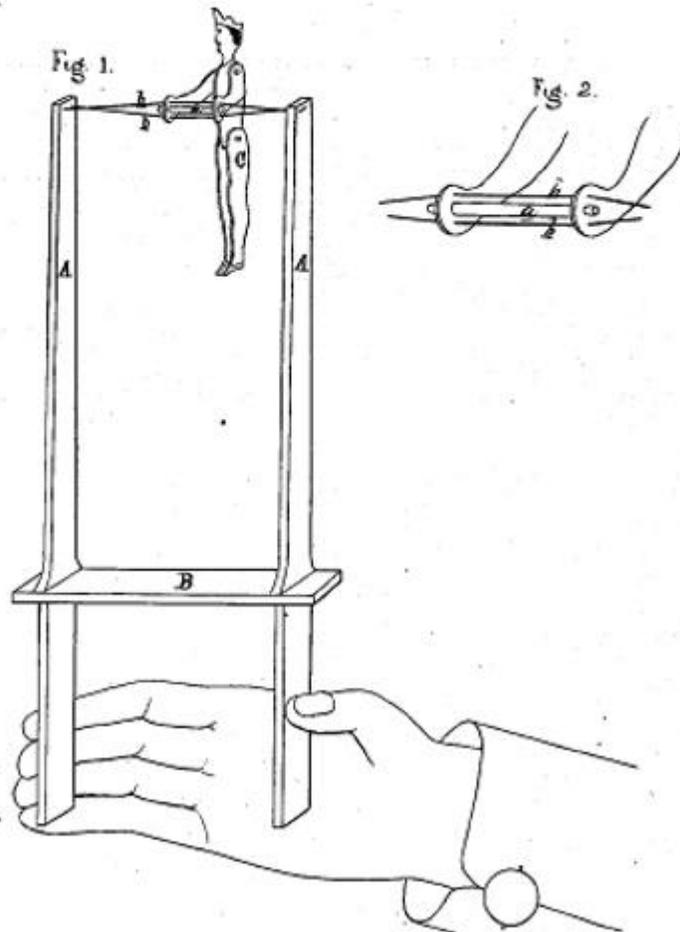
J. C. BRIGGS.
TOY.

(Application filed July 13, 1897.)

(No Model.)

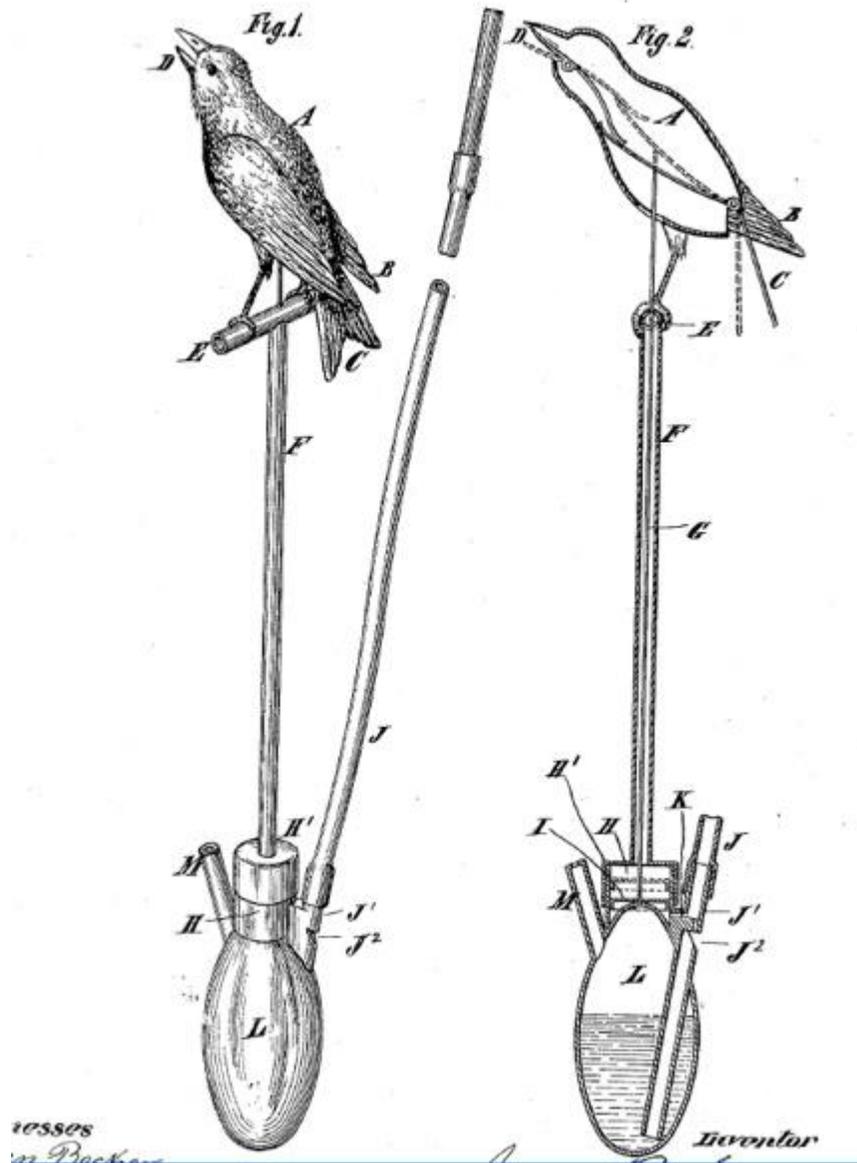


En efecto, en la invención patente 152588 de 1874, se hace la mejora de torcer los hilos que atraviesan las manos del muñeco en la forma que se acostumbra en la artesanía actual.

JACOB SCHWENNESEN.**Improvement in Toys.****No. 127,927.****Patented June 11, 1872.**

Los antecedentes de este primer maromero en trapecio, se encuentran en otras subclases de juguetes. Existen gimnastas en un marco movido por arena y otros en los aros que correteaban los niños y alguno entre los autómatas mecánicos del siglo XVIII, pero ninguno se le parece. Por el contrario, a partir de este primer gimnasta maromero, van apareciendo nuevas propuestas, nuevas mejoras tomándolo como prototipo. De ahí surgió un mundo de maromeros: dobles, triples, múltiples, esféricos y muchos más.

Otro de los juguetes que han sido populares, aún cuando el juguete artesanal va dejando de producirse, es el silbato en forma de pájaro con un depósito de agua para lograr un sonido peculiar.



Algunas ocarinas prehispánicas son un antecedente en la historia, pero no en la práctica. En cambio, aparece en 1880 (patente 232075 de los Estados Unidos), un pájaro con depósito de agua en una bombilla de hule llena de un

líquido con el propósito no necesariamente de producir un especial efecto sonoro, sino para impartir movimientos a través de un pistón o diafragma.

A partir de entonces el depósito de agua en los silbatos se ensaya de diversas formas, inclusive para producir burbujas de jabón (patente 1504186 de 1924) o seguir moviendo alas, cola y pico (patente 1445362 de 1923), pero el dispositivo que más se acerca a los populares silbatos que hacen gorgoritos aparece en 1915 con la patente 1154672.. Consiste en un silbato con una cámara de aire y un dispositivo como tapadera perforada en cuyos orificios se colocan los dedos para variar el sonido.

Fig. 1.

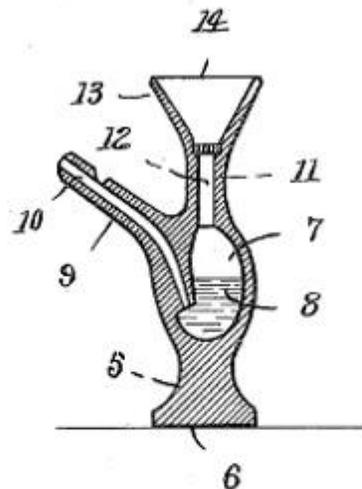


Fig. 2.

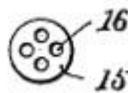
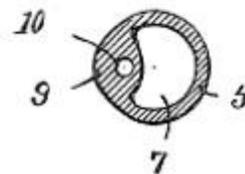


Fig. 3.



Y no es sino hasta 1948 cuando encontramos el silbato tal como se conoce popularmente en este siglo XXI, gracias a la patente 2437024.

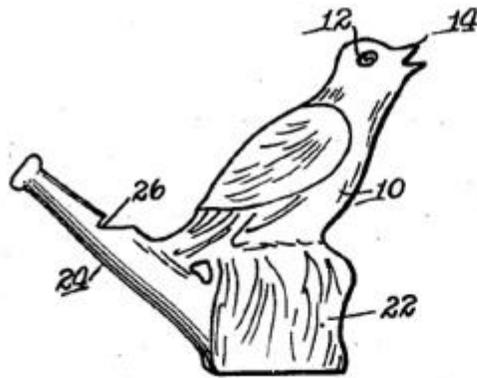


Fig. 1.

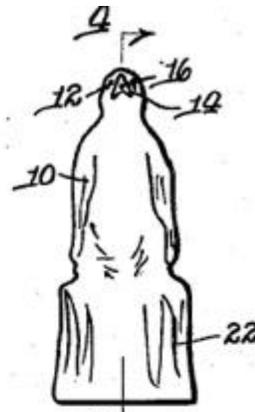


Fig. 2.

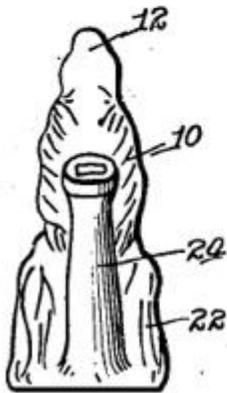


Fig. 3.

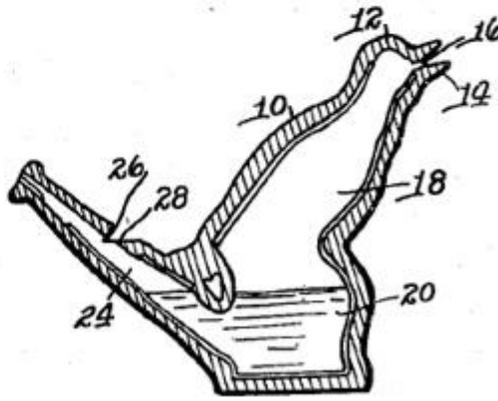
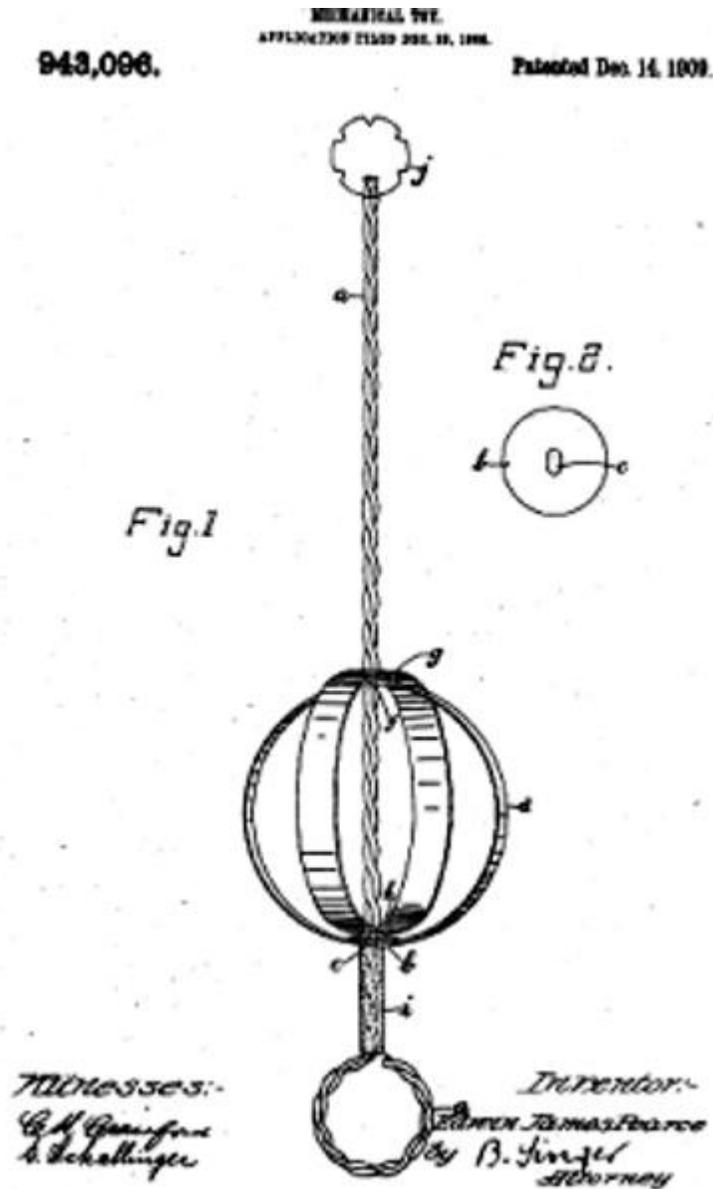


Fig. 4.

El juguete popular se finca en la inventiva profesional. Podemos seguir mostrando ejemplos, pero con el siguiente terminamos esta sección. Se trata de un juguete clásico de alambre y lámina. El ocaso de los hojalateros ante el material plástico, lo ha ido borrando de la juguetería popular. Aparece en 1909, después de varios ensayos con alambre trenzado con otra clase de figuras.



§ 30. Juguetes científicos

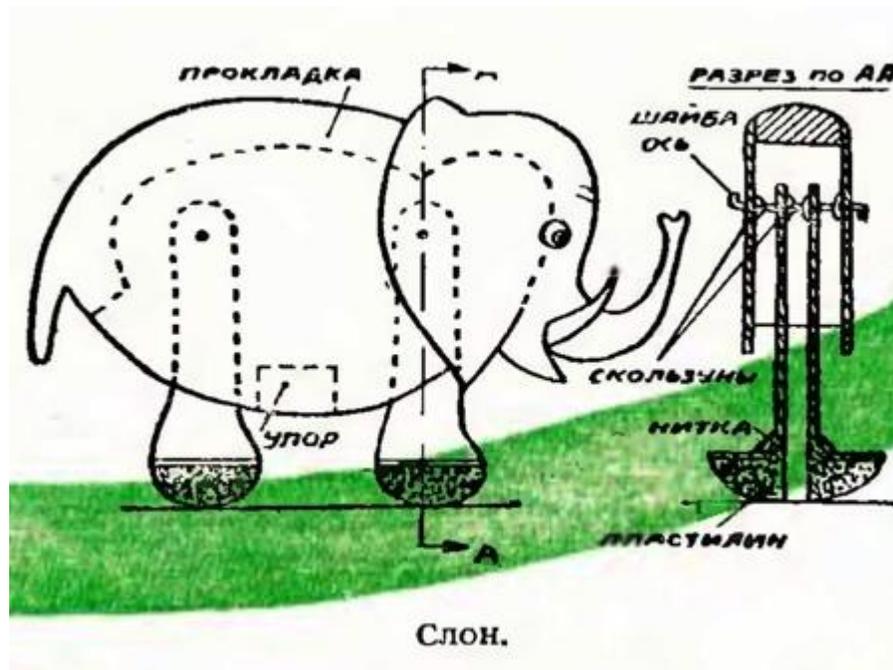
No es asunto sólo de Pauli y Böhr, dos de las grandes eminencias del siglo XX, divirtiéndose con una perinola, la ciencia es placentera en un sentido estrictamente filosófico.

Bien lo explica Poincaré en su peculiar estilo: "El sabio no estudia la naturaleza porque sea útil; la estudia porque encuentra placer, y encuentra placer porque es bella. Si la naturaleza no fuera bella, no valdría la pena conocerla, ni la vida vivirla. No hablo aquí, entendámonos bien, de esa

belleza que sorprende los sentidos, de la belleza de las cualidades y las apariencias; no es que la desdeñe pero no tiene nada que hacer con la ciencia; quiero hablar de esa belleza, más íntima, que proviene del orden armonioso de las partes y que sólo una inteligencia pura puede comprender. Por así decirlo es la que le da un cuerpo, un esqueleto a las halagadoras apariencias que embellecen nuestros sentidos y sin este soporte, la belleza de estos sueños fugitivos sería imperfecta, porque sería indecisa y huiría siempre. Por el contrario la belleza intelectual se basta a si misma y por ella, más que por el bien futuro de la humanidad, el sabio se condena a largos y penosos trabajos". Todo este enredado pensamiento para presentar la aplicación de Principios inventivos en una pequeña serie de sistemas tecnológicos que han disfrutado primero algunos sabios e investigadores tanto o más que muchos niños que los han tenido en sus manos. Un placer filosófico, en ese sentido de estar condenado a sufrirlo por comprender lo más íntimo de la belleza de la ciencia, que a lo mejor es lo que dijo Poincaré.

Caminadores vectoriales.

Los caminadores de rampa, o caminadores vectoriales, han ayudado a resolver problemas técnicos que enfrentan los diseñadores de robots para enseñarles, por ejemplo, a caminar. Esto se explica en el trabajo desarrollado en 2001 en la Universidad de Cornell, sobre un robot pasivo dinámico, que, dicen los autores, puede ayudar a señalar el camino hacia robots más simples y eficientes, con movimientos parecidos a los humanos. Se basan en el Principio Contrapeso y también en el Principio Transición a otra dimensión, inciso c. El esquema moderno de estos juguetes se muestra en la ilustración de una antigua revista rusa.



La patente 376588 es un buen ejemplo de caminador vectorial. Se ilustra la segunda página de la patente con la segunda versión del autor.

(Model.)

2 Sheets—Sheet 2.

G. T. FALLIS.

WALKING TOY.

No. 376,588.

Patented Jan. 17, 1888.

Fig. 4.

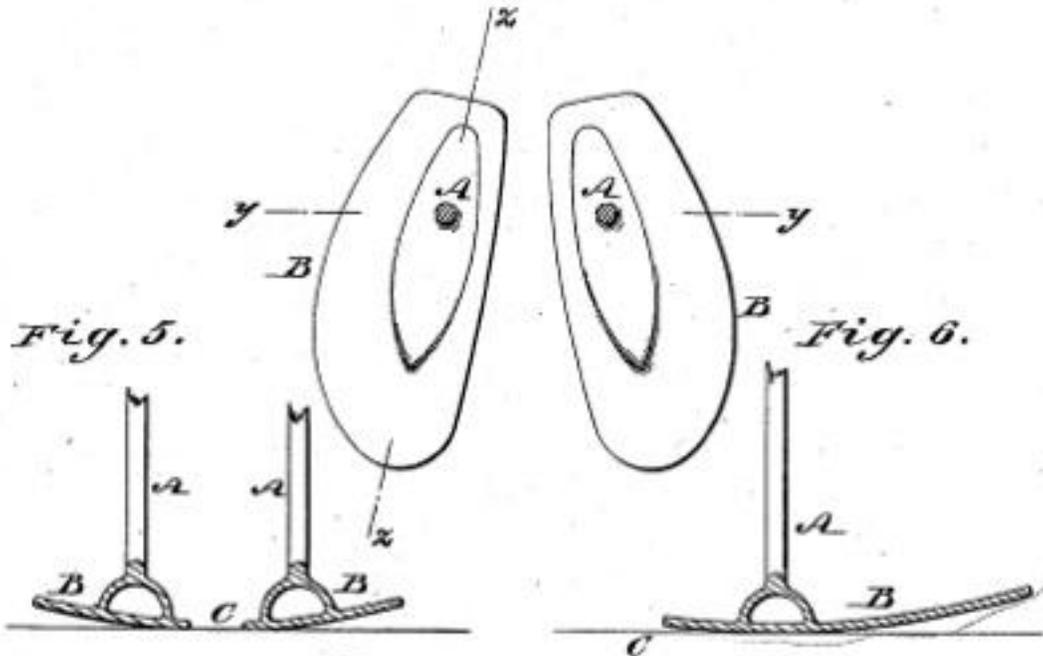
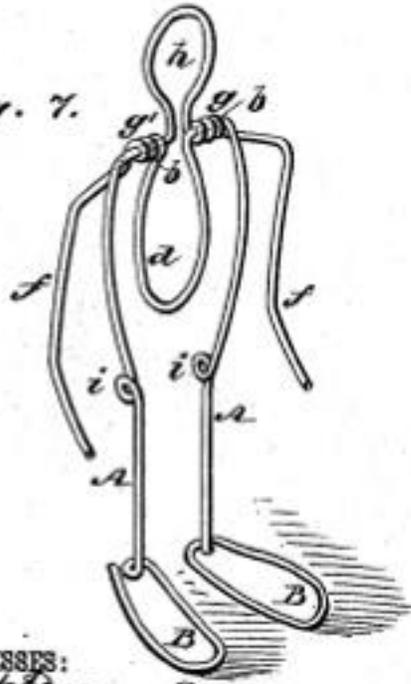
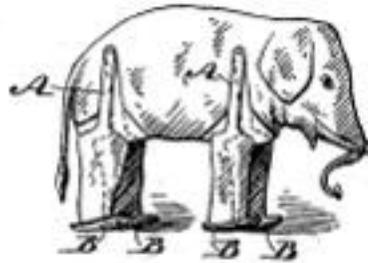


Fig. 7.



WITNESSES:

Fig. 8.



INVENTOR:

A Three-Dimensional Passive-Dynamic Walking Robot with Two Legs and Knees. S.H. Collins Cornell University, M. Wisse Delft University of Technology and A. Ruina, Cornell University. *The Internacional Journal of Robotics Research* Volume 20 Issue 07 - Publication Date: 1 July 2001

Disco o rueda de Savart

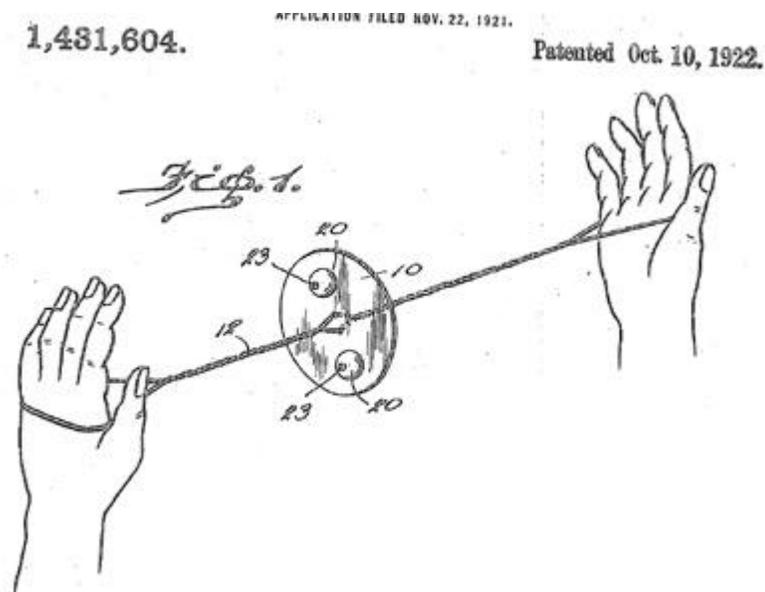
Una simple rueda dentada adaptada para hacerse girar a distintas velocidades, ya sea montada en un mandril o en la forma en que se ilustra. Cuando el disco roza el borde de una tarjeta sostenida entre los dientes, se escucha una serie de golpecitos que no tienen nada de musical, pero si la rueda se hace girar rápidamente, el roce con la tarjeta produce un sonido bastante armónico.



Por medio de estos experimentos se comprobó que las vibraciones regulares de frecuencia son suficientes para producir sonidos musicales, mientras que vibraciones irregulares de ritmo lento, sólo producen ruido. Se ha

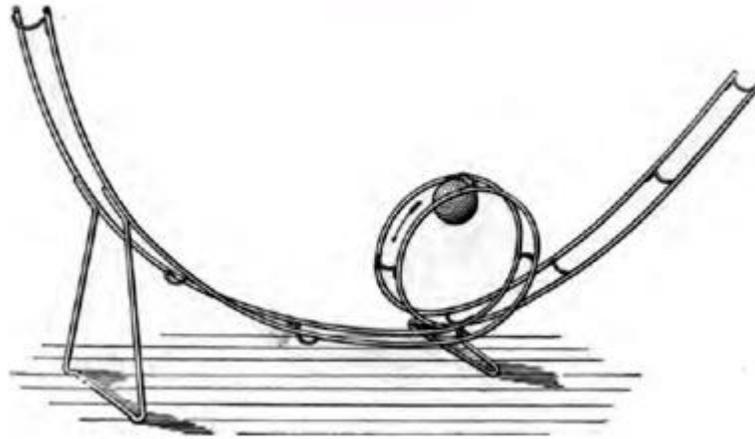
determinado que la nota más baja apreciable por el oído produce dieciséis vibraciones por segundo, y la frecuencia más alta apreciable es de 24 mil vibraciones por segundo.

En el ejemplo ilustrado, se aplica el Principio 18 Vibración mecánica. Tal como en el disco de Savart este dispositivo produce sonidos musicales gracias al arreglo de segmentos esféricos perforados, a la vez que puede hacerse rotar ya sea como zumbador, en una máquina de Weinhold o en aparatos similares.

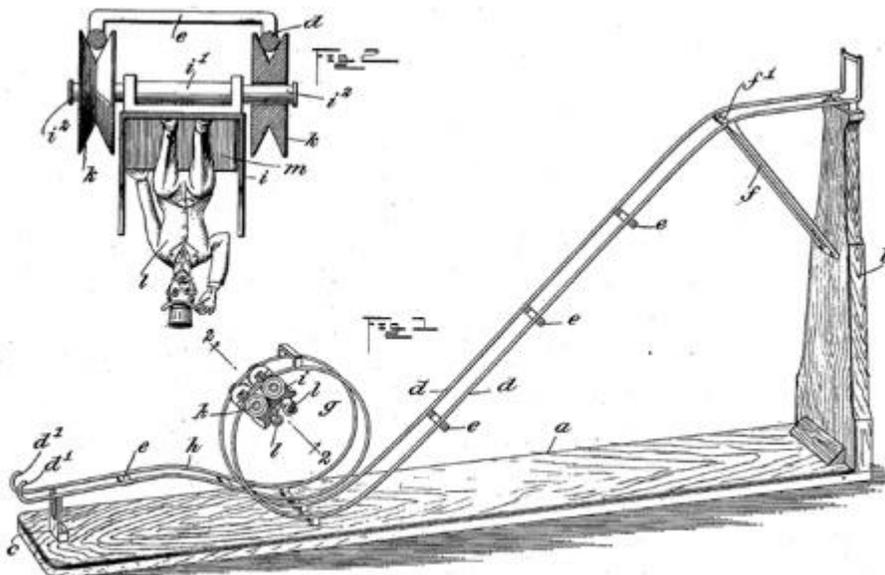


La fuerza centrífuga.

Los gabinetes de física suelen contar con distintos aparatos para experimentar la fuerza centrífuga. Uno de tantos es el aparato de rieles que se ilustra.



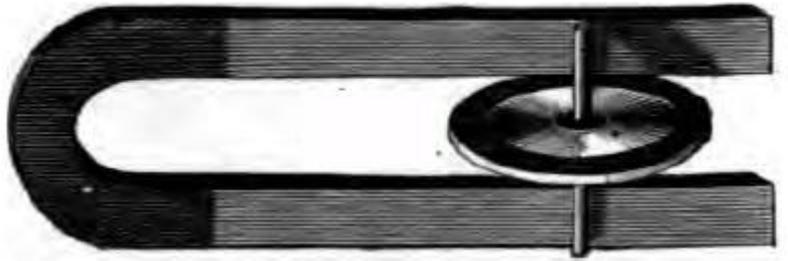
El siguiente dispositivo es bastante espectacular en tamaño de feria y muy divertido como juguete. Se dice que en 1902 dos célebres cirqueros inventaron simultáneamente una espectacular rampa, pero de tiempo atrás se hallaba en los gabinetes de física. De inmediato, en 1903, se patentó (719200) como juguete. Se aplica el Principio 14 Esfericidad: Cambiar a un movimiento giratorio.



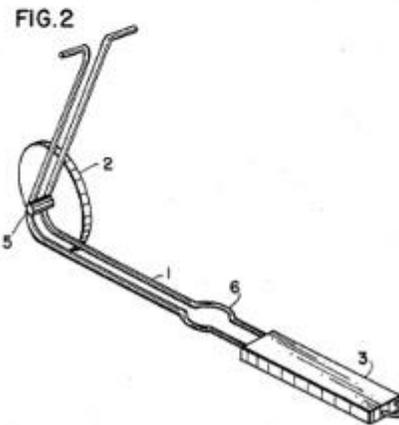
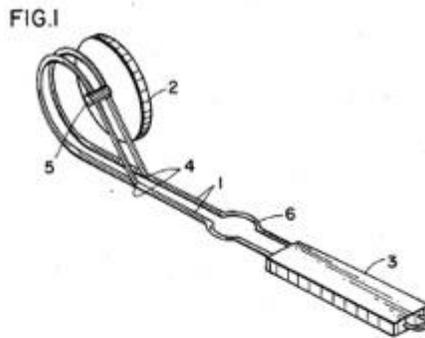
Imán giratorio.

Este es un entretenido experimento de magnetismo. Una rueda giratoria aplicada a un largo imán de herradura exhibe la persistencia con la cual se adhiere el eje metálico al imán.

La rueda retenida en el imán por un eje cilíndrico adquiere un momentum de rotación en los brazos del imán que la lleva a los polos del imán hasta el otro lado.

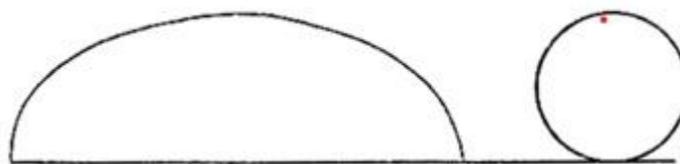


A partir de este ingenio, se han logrado diversas "mejoras" en variados dispositivos de juguete. Un ejemplo es la patente número 3826497 de 1974. Se trata de un disco de plástico el cual se hace viajar por una pista consistente de dos alambres paralelos y magnetizados que forman un bucle en un extremo. Tiene una manija con la cual se maneja el aparato. Se aplica el Principio 28 Reemplazar un sistema mecánico por otro (magnético en este caso).

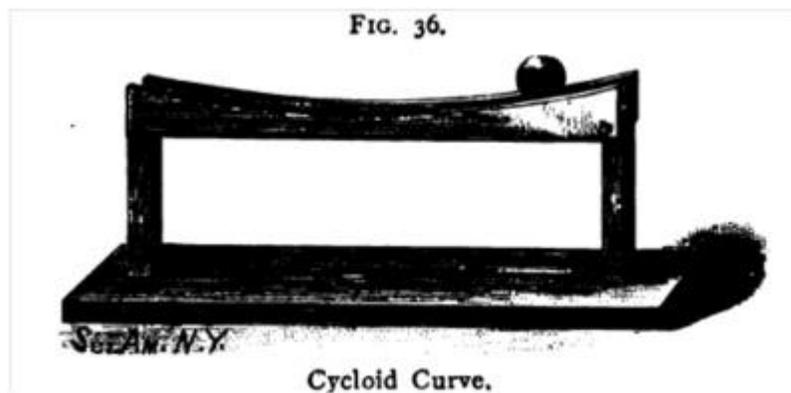


La cicloide

Si tenemos una rueda que se desplaza girando acostada sobre un plano horizontal (un cuaderno o la mesa) y marcamos un punto en uno de sus bordes, ese punto dibujará una curva que se ha llamado cicloide. Esta figura, que estudio Galileo, y Huygens usó para inventar el reloj de precisión, tiene propiedades físicas sorprendentes, por las que se ha llamado braquistócrona (corto-tiempo) lo mismo que tautócrona (igual tiempo) y ha servido para explicar misterios profundos del Universo y la estructura del átomo



La siguiente ilustración proviene del libro *Experimental Science* publicado en 1898. Lo acompaña este texto: "El movimiento de un péndulo cicloidal se ilustra muy bien con el camino cicloidal y la bola que se muestra en la figura. El camino está formado por barras de acero finamente pulidas, y la bola es de acero dura, pesada y pulida, usada en los cojinetes de bolas. El periodo de oscilación de la bola rodando en el camino cicloidal es la misma para todas las amplitudes.



Un popular juguete se ha construido aprovechando un arreglo semejante al aparato anterior. La bola es sustituida por la figura de un muñeco que puede ser un cirquero, un delfín, un payaso; figura que se dibuja en el interior de un círculo cuyo centro será el eje de rotación.

Se aplica el Principio 14 Esfericidad, cambiar a un movimiento giratorio.



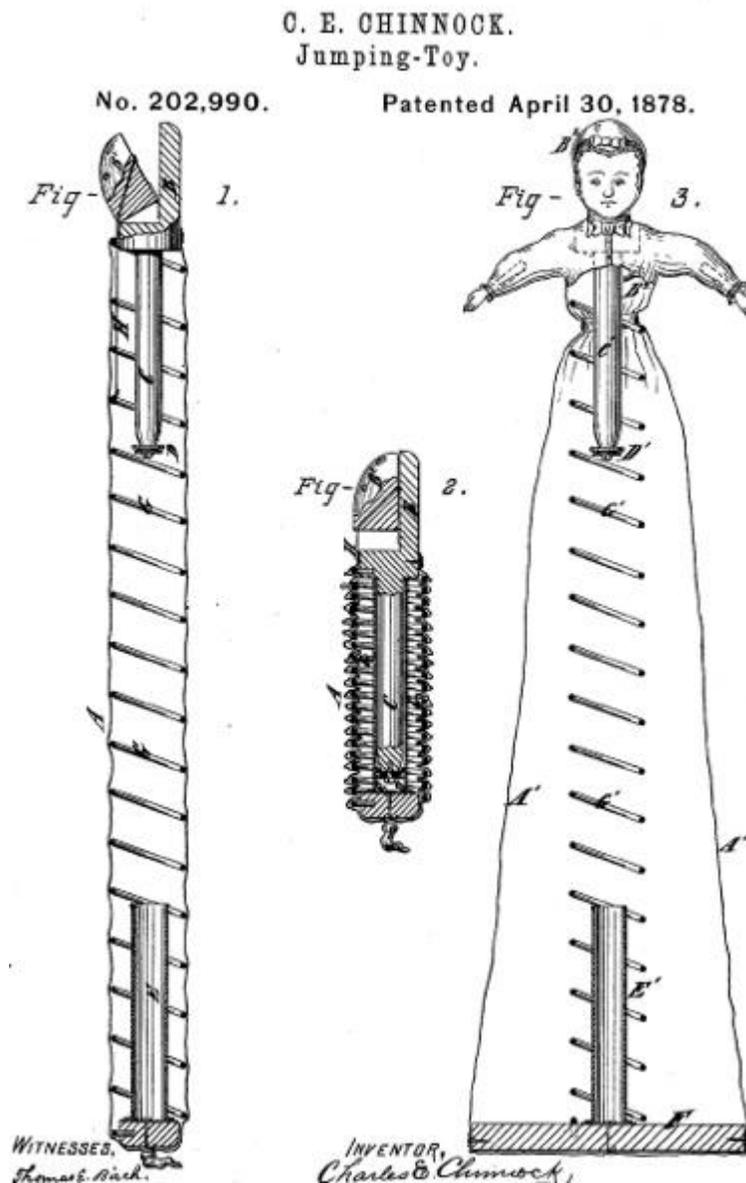
Juguetes higroscópicos

Esta clase de juguetes son ingenios creados por los estudiosos de las condiciones atmosféricas y han salido de laboratorios y talleres científicos por curiosidad o ingenio al estudiarse algún principio físico o las propiedades de alguna sustancia.



El primer dibujo representa un ingenioso mecanismo basado en un cordón tirante de tripa de gato, (catgut) que al absorber la humedad atmosférica se distendía ligeramente provocando que el paraguas se moviera para colocarse sobre la pareja. El aire seco hacía que la sombrilla regresara a la posición original.. La sirena, en cambio, es una hoja de papel gelatinizado, el cual al ponerse en la palma de la mano absorbe la humedad de manera no uniforme lo que la hace contorsionarse de mil maneras.

A la vista tenemos en seguida un curioso juguete sorpresa de resorte amparado en 1878 por su respectiva patente:



Lo curioso de esta invención es que la caja sorpresa se activa por un resorte disparado por la presión atmosférica. El Principio de la inventiva que se aplica es el 10. Hacerlo de antemano en su segunda variante: Arreglar los objetos con antelación de tal manera que entren en acción inmediatamente que sea necesario y en el lugar adecuado.

Un juguete filosófico.

Todavía nos preguntamos por qué el ludió ha sido llamado “juguete filosófico”, juguete cartesiano, buzo cartesiano y diablillo de Descartes.

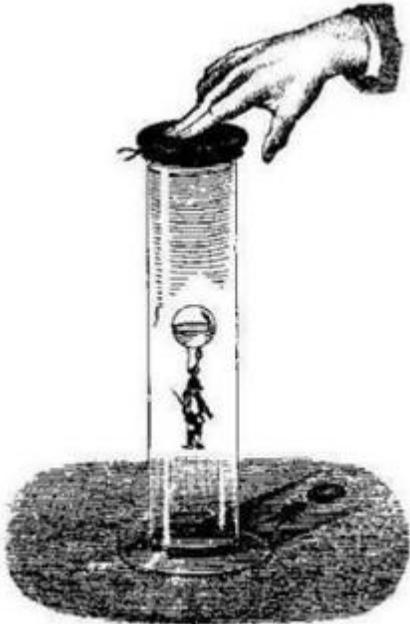
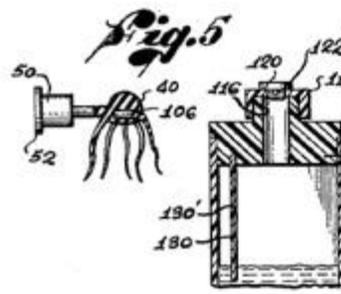
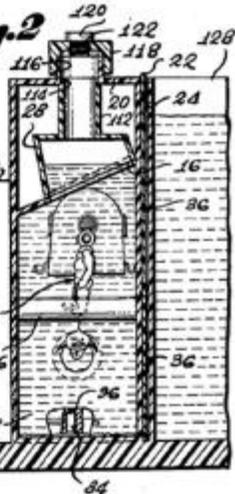
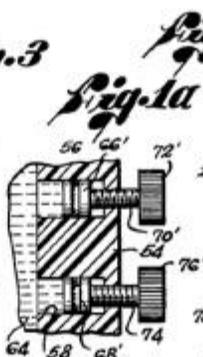
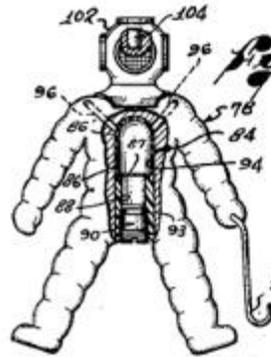
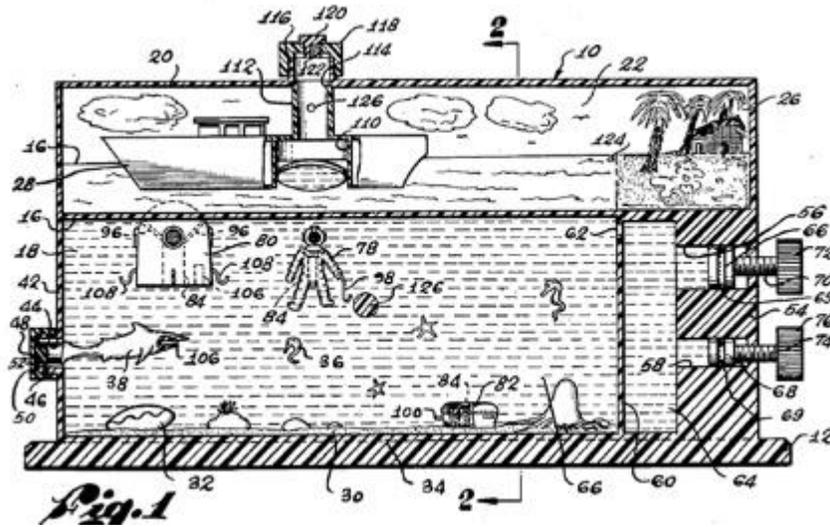


Fig. 84. Ludió

Un invento de Raffaello Maggiotti, atribuido muchas veces a Descartes.

El funcionamiento del ludió es ampliamente conocido. En su interior flota una pequeña figura de vidrio soplado, a veces con forma de diablillo con cola retorcida, la cual, cuando se presiona y afloja la presión de la membrana de hule, ya sea de la tapa o de las paredes, sube o baja. Girando sobre si misma si lleva la cola retorcida. La versión popular utiliza botellas de refresco con un tapón de corcho en lugar de la membrana.

El siguiente ejemplo trata de llevar lejos la idea de buzo cartesiano y crea todo un aparato para realizar ajustes a la presión interna. El principio inventivo es el número 8. Contrapeso, en su segunda variante: Compensar el peso de un objeto con fuerzas aerodinámicas o hidrodinámicas. Recibió la patente número 3077697 el año de 1963.

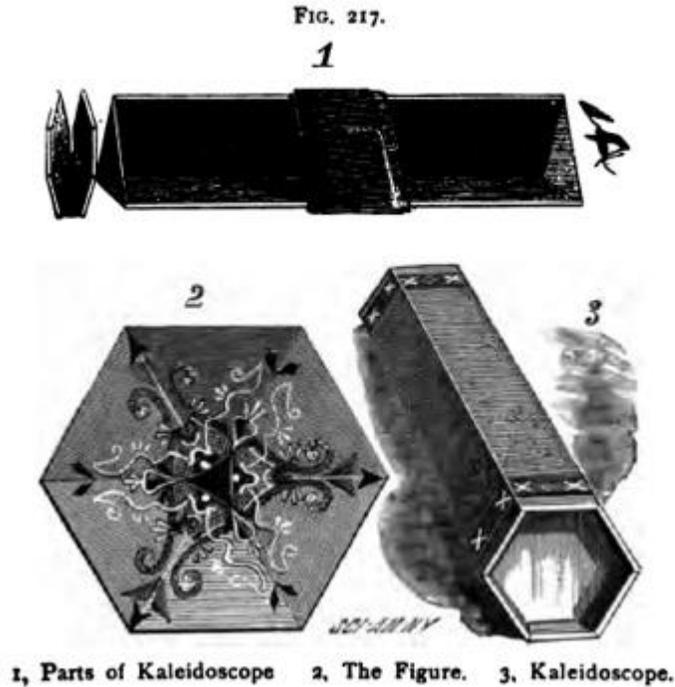


CARROLL BROOKS FRY,
INVENTOR.

BY *Lorrest J. Lilly*
Attorney

El kaleidoscopio.

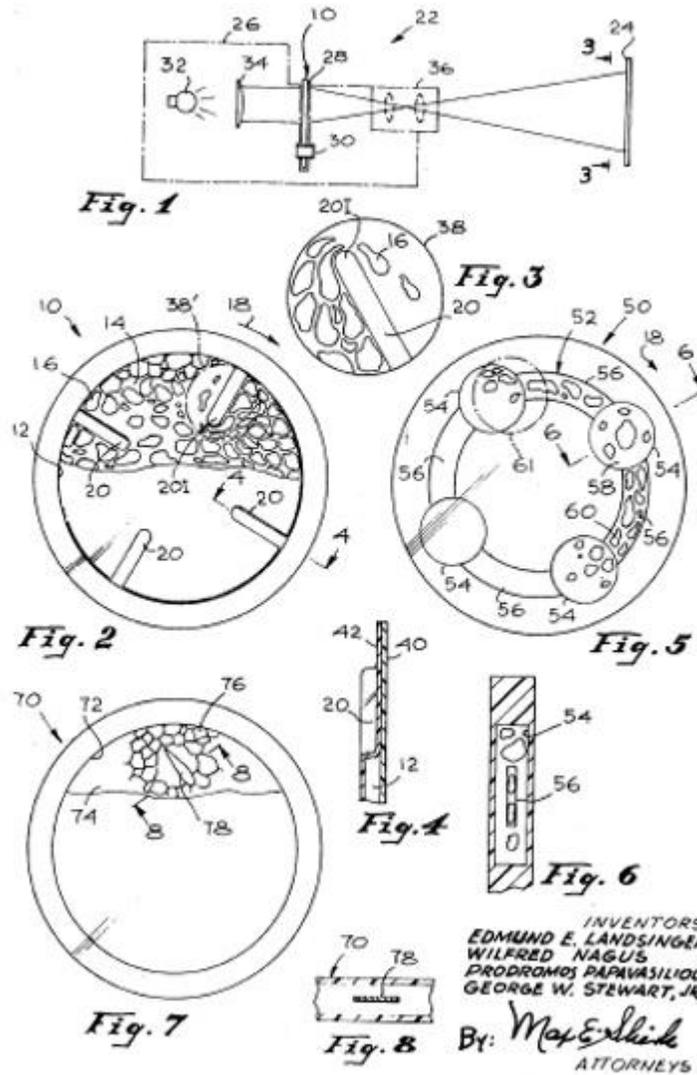
Un precioso juguete inventado por David Brewster. La ilustración proviene de su libro *The Kaleidoscope* publicado en 1858, una obra extensa en cuyo penúltimo capítulo, el XXII, reconoce las ventajas del calidoscopio como instrumento recreativo.



Los ejemplos de calidoscopio sobran en la juguetería. Escogimos el propuesto en una patente de 1973, de la cual se ilustra el dispositivo de visualización consistente en contenedores llenos de líquidos inmiscibles, de modo que forman glóbulos fluidos o burbujas flotantes. Los contenedores son muy delgados y permiten que las burbujas cambiantes puedan verse fácilmente. Se aplica el Principio 3. Calidad local, en su modalidad de cambiar de una estructura homogénea a otra heterogénea.

PATENTED JUN 12 1973

3.738.036



Y así iríamos sacando de los laboratorios científicos aparatos, dispositivos, artilugios, invenciones que han tenido, entre otras, una finalidad totalmente recreativa que acabó por volcarse a los juguetes.

Apéndice

Matriz de Contradicciones

N.del A Matriz tomada de Coronado Maldonado Margarito, Oropeza Monterrubio Rafael, Rico Arzate Enrique, *TRIZ, la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática*, Editorial Panorama, 2005, México, D.F.

CARACTERISTICA QUE EMPEORA									
	1 Peso del objeto móvil	2 Peso del objeto estacionario	3 Longitud del objeto móvil	4 Longitud del objeto estacionario	5 Área del objeto móvil	6 Área del objeto estacionario	7 Volumen del objeto móvil	8 Volumen del objeto estacionario	
CARACTERISTICA QUE MEJORA	1 Peso del objeto móvil		8,15,29,34		17,29,34,38		2,28,29,40		
	2 Peso del objeto estacionario			1,10,29,35		2,13,30,35		2,5,14,35	
	3 Longitud del objeto móvil	8,15,29,34			4,15,17		4,7,17,35		
	4 Longitud del objeto estacionario		28,29,35,40			7,10,17,40		2,8,14,35	
	5 Área del objeto móvil	2,4,17,29		4,14,15,18			4,7,14,17		
	6 Área del objeto estacionario		2,14,18,30		7,9,26,39				
	7 Volumen del objeto móvil	2,26,29,40		1,4,7,35		1,4,7,17			
	8 Volumen del objeto estacionario		10,14,19,35	14,19	2,8,14,35				
	9 Velocidad	2,13,28,38		8,13,14		29,30,34		7,29,34	
	10 Fuerza	1,8,18,37	1,13,18,28	9,17,19,36	10,28	10,15,19	1,18,36,37	9,12,15,37	2,18,36,37
	11 Tensión/ Presión	10,36,37,40	10,13,18,29	10,35,36	1,14,16,35	10,15,28,36	10,15,36,37	6,10,35	24,35
	12 Forma	8,10,29,40	3,10,15,26	4,5,29,34	7,10,13,14	4,5,10,34		4,14,15,22	2,7,35
	13 Estabilidad de la composición	2,21,35,39	1,26,39,40	1,13,15,28	37	2,11,13	39	10,19,28,39	28,34,35,40
	14 Resistencia o fortaleza	1,8,15,40	1,26,27,40	1,8,15,35	14,15,26,28	3,29,34,40	9,28,40	7,10,14,15	9,14,15,17
	15 Tiempo de acción del objeto móvil	5,19,31,34		2,9,19		3,17,19		2,10,19,30	
	16 Tiempo de acción del objeto estacionario		6,16,19,27		1,10,35				34,35,38
	17 Temperatura	6,22,36,38	22,32,35	9,15,19	9,15,19	3,18,35,39	35,38	18,34,39,40	4,6,35
	18 Brillantez	1,19,32	2,32,35	16,19,32		19,26,32		2,10,13	6,19,26
	19 Energía consumida por el objeto móvil	12,18,28,31		12,28		15,19,25		13,18,35	
	20 Energía consumida por objeto estacionario		6,9,19,27						

CARACTERÍSTICA QUE EMPEORA										
CARACTERÍSTICA QUE MEJORA		9 Velocidad	10 Fuerza	11 Tensión/Presión	12 Forma	13 Estabilidad de la composición	14 Resistencia o fortaleza	15 Tiempo de acción del objeto móvil	16 Tiempo de acción del objeto estacionario	
	1	Peso del objeto móvil	2,8,15,38	8,10,18,37	10,36,37,40	10,14,35,40	1,19,35,39	18,27,28,40	5,31,34,35	
	2	Peso del objeto estacionario		8,10,19,35	10,13,18,29	10,13,14,29	1,26,39,40	2,10,28,27		2,6,19,27
	3	Longitud del objeto móvil	4,8,13	4,10,17	1,8,35	1,8,10,29	1,8,15,34	8,29,34,35	19	
	4	Longitud del objeto estacionario		10,28	1,14,35	7,13,14,15	35,37,39	14,15,26,28		1,35,40
	5	Área del objeto móvil	4,29,30,34	2,19,30,35	10,15,28,36	4,5,29,34	2,11,13,39	3,14,15,40	3,6	
	6	Área del objeto estacionario		1,18,35,36	10,15,36,37		2,38	40		2,10,19,30
	7	Volumen del objeto móvil	4,29,34,38	15,35,36,37	6,35,36,37	1,4,15,29	1,10,28,39	7,9,14,15	4,6,35	
	8	Volumen del objeto estacionario		2,18,37	24,35	2,7,35	28,34,35,40,	9,14,15,17		34,35,38
	9	Velocidad		13,15,19,28	6,18,38,40	15,18,34,35	1,18,28,33	3,8,14,26	3,5,19,35	
	10	Fuerza	12,13,15,28		11,18,21	10,34,35,40	10,21,35	10,14,27,35	2,19	
	11	Tensión/ Presión	6,35,36	21,35,36		4,10,15,35	2,33,35,40	3,9,18,40	3,19,27	
	12	Forma	15,18,34,35	10,35,37,40	10,14,15,34		1,4,18,33	10,14,30,40	9,14,25,26	
	13	Estabilidad de la composición	15,18,28,33	10,16,21,35	2,35,40	1,4,18,22		9,15,17	10,13,27,35	3,23,35,39
	14	Resistencia o fortaleza	8,13,14,26	3,10,14,18	3,10,18,40	10,30,35,40	13,17,35		3,26,27	
	15	Tiempo de acción del objeto móvil	3,5,35	2,16,19	3,19,27	14,25,26,28	3,13,35	3,10,27		
	16	Tiempo de acción del objeto estacionario					3,23,35,39			
	17	Temperatura	2,28,30,36	3,10,21,35	2,19,35,39	14,19,22,32	1,32,35	10,22,30,40	13,19,39	18,19,38,40
	18	Brilantez	10,13,19	6,19,26		30,32	3,27,32	19,35	2,6,19	
	19	Energía consumida por el objeto móvil	8,35	2,16,21,26	14,23,25	2,12,29	13,17,19,24	5,9,19,35	6,18,28,35	
20	Energía consumida por objeto estacionario		36,37			4,18,27,29	35			

CARACTERÍSTICA QUE EMPEORA									
	17 Temperatura	18 Brillantez	19 Energía consumida por el objeto móvil	20 Energía consumida por el objeto estacionario	21 Potencia	22 Pérdida de Energía	23 Pérdida de sustancia	24 Pérdida de información	
CARACTERÍSTICA QUE MEJORA	1 Peso del objeto móvil	4,6,29,38	1,19,32	12,31,34,35		12,18,31,36	2,6,19,34	3,5,31,35	10,24,35
	2 Peso del objeto estacionario	19,22,28,32	19,32,35		1,18,19,28	15,18,19,22	15,18,19,28	5,8,13,30	10,15,35
	3 Longitud del objeto móvil	10,15,19	32	8,24,35		1,35	2,7,35,39	4,10,23,29	1,24
	4 Longitud del objeto estacionario	3,18,35,38	3,25			8,12	6,28	10,24,28,35	24,26
	5 Área del objeto móvil	2,15,16	13,15,19,32	19,32		10,18,19,32	15,17,26,30	2,10,35,39	26,30
	6 Área del objeto estacionario	35,38,39				17,32	7,17,30	10,14,18,39	16,30
	7 Volumen del objeto móvil	10,18,34,39	2,10,13	35		6,13,18,35	7,13,15,16	10,34,36,39	2,22
	8 Volumen del objeto estacionario	4,6,35				6,30		10,34,35,39	
	9 Velocidad	2,28,30,36	10,13,19	8,15,35,38		2,19,35,38	14,19,20,35	10,13,28,38	13,26
	10 Fuerza	10,21,35		10,17,19	1,16,36,37	18,19,35,37	14,15	5,8,35,40	
	11 Tensión/ Presión	2,19,35,39		10,14,24,37		10,14,35	2,25,36	3,10,36,37	
	12 Forma	14,19,22,32	13,15,32	2,6,14,34		2,4,6	14	3,5,29,35	
	13 Estabilidad de la composición	1,32,35	3,15,27,32	13,19	4,18,27,29	27,31,32,35	2,6,14,39	2,14,30,40	
	14 Resistencia o fortaleza	10,30,40	19,35	10,19,35	35	10,26,28,35	35	28,31,35,40	
	15 Tiempo de acción del objeto móvil	19,35,39	2,4,19,35	6,18,28,35		10,19,35,38		3,18,27,28	10
	16 Tiempo de acción del objeto estacionario	18,19,36,40				16		16,18,27,38	10
	17 Temperatura		16,21,30,32	3,15,17,19		2,14,17,25	17,21,35,38	21,29,31,36	
	18 Brillantez	19,32,35		1,19,32	1,15,32,35	32	1,6,13,16	1,13	1,6
	19 Energía consumida por el objeto móvil	3,14,19,24	2,15,19			6,18,19,37	12,15,22,24	5,18,24,35	
	20 Energía consumida por objeto estacionario		2,19,32,35					18,27,28,31	

CARACTERÍSTICA QUE EMPEORA									
CARACTERÍSTICA QUE MEJORA		25 Pérdida de tiempo	26 Cantidad de sustancia	27 Confiabilidad	28 Precisión de la medición	29 Precisión de la manufactura	30 Factores dañinos, del exterior, actuando sobre el objeto	31 Factores dañinos generados por el objeto	32 Manufacturabilidad o facilidad de fabricación
	1 Peso del objeto móvil	10,20,28,35	3,18,26,31	1,3,11,27	26,27,28,35	18,26,28,35	18,21,22,27	22,31,35,39	1,27,28,36
	2 Peso del objeto estacionario	10,20,26,35	6,18,19,26	3,8,10,28	18,26,28	1,10,17,35	2,19,22,37	1,22,35,39	1,9,28
	3 Longitud del objeto móvil	2,15,29	29,35	10,14,29,40	4,28,32	10,28,29,37	1,15,17,24	15,17	1,17,29
	4 Longitud del objeto estacionario	14,29,30		15,28,29	3,28,32	2,10,32	1,18		15,17,27
	5 Área del objeto móvil	4,26	6,13,29,30	9,29	3,26,28,32	2,32	1,22,28,33	2,17,18,39	1,13,24,26
	6 Área del objeto estacionario	4,10,18,35	2,4,18,40	4,32,35,40	3,26,28,32	2,18,29,36	2,27,35,39	1,22,40	16,40
	7 Volumen del objeto móvil	2,6,10,34	7,29,30	1,11,14,40	26,28	2,16,25,28	21,22,27,35	1,2,17,40	1,29,40
	8 Volumen del objeto estacionario	16,18,32,35	3,35	2,16,35		10,25,35	19,27,34,39	4,18,30,35	35
	9 Velocidad		10,19,29,38	11,27,28,35	1,24,28,32	10,25,28,32	1,23,28,35	2,21,24,35	1,8,13,35
	10 Fuerza	10,36,37	14,18,29,36	3,13,21,35	10,23,24,35	28,29,36,37	1,18,35,40	3,13,24,36	1,15,18,37
	11 Tensión/ Presión	4,36,37	10,14,36	10,13,19,35	6,25,28	3,35	2,22,37	2,18,27,33	1,16,35
	12 Forma	10,14,17,34	22,36	10,16,40	1,28,32	30,32,40	1,2,22,35	1,35	1,17,28,32
	13 Estabilidad de la composición	27,35	15,32,35		13	18	18,24,30,35	27,35,39,40	19,35
	14 Resistencia o fortaleza	3,10,28,29	10,27,29	3,11	3,16,27	3,27	1,18,35,37	2,15,22,35	3,10,11,32
	15 Tiempo de acción del objeto móvil	10,18,20,28	3,10,35,40	2,11,13	3	3,16,27,40	15,22,28,33	16,21,22,39	1,4,27
	16 Tiempo de acción del objeto estacionario	10,16,20,28	3,31,35	6,27,34,40	10,24,26		1,17,33,40	22	10,35
	17 Temperatura	18,21,28,35	3,17,30,39	3,10,19,35	19,24,32	24	2,22,33,35	2,22,24,35	26,27
	18 Brillantez	1,17,19,26	1,19		11,15,32	3,32	15,19	19,32,35,39	19,26,28,35
	19 Energía consumida por el objeto móvil	18,19,35,38	16,18,23,34	11,19,21,27	1,3,32		1,6,27,35	2,6,35	26,28,30
20 Energía consumida por objeto estacionario		3,31,35	10,23,36			2,10,22,37	18,19,22	1,4	

CARACTERISTICA QUE EMPEORA									
CARACTERISTICA QUE MEJORA		33 Conveniencia de uso	34 Facilidad o dificultad para reparar	35 Adaptabilidad	36 Complejidad de un aparato	37 Complejidad de control	38 Nivel de automatización	39 Capacidad y/o productividad	
	1	Peso del objeto móvil	2,3,24,35	2,11,27,28	5,8,15,29	26,30,34,36	26,28,29,32	18,19,26,35	3,24,35,37
	2	Peso del objeto estacionario	1,6,13,32	2,11,27,28	15,19,29	1,10,26,39	15,17,25,28	2,26,35	1,15,28,35
	3	Longitud del objeto móvil	4,7,15,29,35	1,10,28	1,14,15,16	1,19,24,26	1,24,26,35	16,17,24,26	4,14,28,29
	4	Longitud del objeto estacionario	2,25	3	1,35	1,26	26		7,14,26,30
	5	Area del objeto móvil	13,15,16,17	1,10,13,15	15,30	1,13,14	2,18,26,36	14,23,28,30	2,10,26,34
	6	Area del objeto estacionario	4,16	16	15,16	1,18,36	2,18,30,35	23	7,10,15,17
	7	Volumen del objeto móvil	12,13,15,30	10	15,29	1,26	4,26,29	16,24,34,35	2,6,10,34
	8	Volumen del objeto estacionario		1		1,31	2,17,26		2,10,35,37
	9	Velocidad	12,13,28,32	2,27,28,34	10,15,26	4,10,28,34	3,16,27,34	10,18	
	10	Fuerza	1,3,25,28	1,11,15	15,17,18,20	10,18,26,35	10,19,36,37	2,35	3,28,35,37
	11	Tensión/ Presión	11	2	35	1,19,35	2,36,37	24,35	10,14,35,37
	12	Forma	15,26,32	1,2,13	1,15,29	1,16,28,29	13,15,39	1,15,32	10,17,26,34
	13	Estabilidad de la composición	30,32,35	2,10,16,35	2,30,34,35	2,22,26,35	22,23,35,39	1,8,35	3,23,35,40
	14	Resistencia o fortaleza	2,28,32,40	3,11,27	3,15,32	2,13,25,28	3,15,27,40	15	10,14,29,35
	15	Tiempo de acción del objeto móvil	12,27	10,27,29	1,13,35	4,10,15,29	19,29,35,39	6,10	14,17,19,35
	16	Tiempo de acción del objeto estacionario	1	1	2		6,25,34,35	1	10,16,20,38
	17	Temperatura	26,27	4,10,16	2,18,27	2,16,17	3,27,31,35	2,16,19,26	15,28,35
	18	Brilantez	19,26,28	13,15,16,17	1,15,19	6,13,32	15,32	2,10,26	2,16,25
	19	Energía consumida por el objeto móvil	19,35	1,15,17,28	13,15,16,17	2,27,28,29	35,38	2,32	12,28,35
20	Energía consumida por objeto estacionario					16,19,25,35		1,6	

CARACTERISTICA QUE EMPEORA										
CARACTERISTICA QUE MEJORA		1 Peso del objeto móvil	2 Peso del objeto estacionario	3 Longitud del objeto móvil	4 Longitud del objeto estacionario	5 Area del objeto móvil	6 Area del objeto estacionario	7 Volumen del objeto móvil	8 Volumen del objeto estacionario	
	21	Potencia	8,31,36,38	17,19,26,27	1,10,35,37		19,38	17,13,32,38	6,35,36	6,25,30
	22	Pérdida de energía	6,15,19,28	6,9,18,19	2,6,7,13	6,7,38	15,17,26,30	7,17,18,30	7,18,23	7
	23	Pérdida de sustancia	6,23,35,40	6,22,32,35	10,14,29,39	10,24,28	2,10,31,35	10,18,31,39	1,29,30,36	3,18,31,39
	24	Pérdida de información	10,24,35	5,10,35	1,26	26	26,30	16,30		2,22
	25	Pérdida de tiempo	10,20,35,37	5,10,20,26	2,15,29	5,14,24,30	4,5,16,26	4,10,17,35	2,5,10,34	16,18,32,35
	26	Cantidad de sustancia	6,18,31,35	18,26,27,35	14,18,29,35		14,15,29	2,4,18,40	15,20,29	
	27	Confiability	3,8,10,40	3,8,10,28	4,9,14,15	11,15,28,29	10,14,16,17	4,32,35,40	3,10,14,24	2,24,35
	28	Precisión en la medición	26,28,32,35	25,26,28,35	5,16,26,28	3,16,28,32	3,26,28,32	3,26,28,32	6,13,32	
	29	Precisión en la manufactura	13,18,28,32	9,27,28,35	10,28,29,37	2,10,32	28,29,32,33	2,18,29,36	2,28,32	10,25,35
	30	Factores dañinos actuando, desde el exterior, sobre el objeto	21,22,27,39	2,13,22,24	1,4,17,39	1,18	1,22,28,33	2,27,35,39	22,23,35,37	19,27,34,39
	31	Factores dañinos generados por el objeto	15,19,22,39	1,22,35,39	15,16,17,22		2,17,18,39	1,22,40	2,17,40	4,18,30,35
	32	Manufacturabilidad o facilidad de fabricación	15,16,28,29	1,13,27,36	1,13,17,29	15,17,27	1,12,13,26	16,40	1,13,29,40	35
	33	Conveniencia de uso	2,13,15,25	1,6,13,25	1,12,13,17		1,13,16,17	15,16,18,39	1,15,16,35	4,18,31,39
	34	Fácil para reparar	2,11,27,35	2,11,27,35	1,10,25,28	3,18,31	13,15,32	16,25	2,11,25,35	1
	35	Adaptabilidad	1,6,8,15	15,16,19,29	1,2,29,35	1,16,35	7,29,30,35	15,16	15,29,35	
	36	Complejidad del aparato	26,30,34,36	2,26,35,39	1,19,24,26	26	1,13,14,16	6,36	6,26,34	1,16
	37	Complejidad de control	13,26,27,28	1,6,13,28	16,17,24,26	26	2,13,17,18	2,16,30,39	1,4,16,29	2,18,26,31
	38	Nivel de automatización	18,26,28,35	10,26,28,35	13,14,17,26	23	13,14,17		13,16,35	
	39	Capacidad/Productividad	24,26,35,37	3,15,27,28	4,18,28,38	7,14,26,30	10,26,31,34	7,10,17,35	2,6,10,34	2,10,35,37

CARACTERÍSTICA QUE EMPEORA									
CARACTERÍSTICA QUE MEJORA		9 Velocidad	10 Fuerza	11 Tensión/Presión	12 Forma	13 Estabilidad de la composición	14 Resistencia o fortaleza	15 Tiempo de acción del objeto móvil	16 Tiempo de acción del objeto estacionario
	21 Potencia	2,15,35	2,26,35,36	10,22,35	2,14,29,40	15,31,32,35	10,26,28	10,19,35,38	16
	22 Pérdida de energía	16,35,38	36,38			2,6,14,39	26		
	23 Pérdida de sustancia	10,13,28,38	14,15,18,40	3,10,36,37	3,5,29,35	2,14,30,40	28,31,35,40	3,18,27,28	16,18,27,38
	24 Pérdida de información	26,32						10	10
	25 Pérdida de tiempo		5,10,36,37	4,36,37	4,10,17,34	3,5,22,35	3,18,28,29	10,18,20,28	10,16,20,28
	26 Cantidad de sustancia	28,29,34,35	3,14,35	3,10,14,36	14,35	2,15,17,40	10,14,34,35	3,10,35,40	3,31,35
	27 Confiabilidad	11,21,28,35	3,8,10,28	10,19,24,35	1,11,16,35		11,28	2,3,25,35	6,27,34,40
	28 Precisión en la medición	13,24,28,32	2,32	6,28,32	6,28,32	13,32,35	6,28,32	6,28,32	10,24,26
	29 Precisión en la manufactura	10,28,32	19,28,34,36	3,35	30,32,40	18,30	3,27	3,27,40	
30 Factores dañinos actuando, desde el exterior, sobre el objeto	21,22,28,35	13,18,35,39	2,22,37	1,3,22,35	18,24,30,35	1,18,35,37	15,22,28,33	1,17,33,40	
31 Factores dañinos generados por el objeto	3,23,28,35	1,28,35,40	2,18,27,33	1,35	27,35,38,40	2,15,22,35	15,22,31,33	16,21,22,39	
32 Manufacturabilidad o facilidad de fabricación	1,8,13,35	12,35	1,19,35,37	1,13,27,28	1,11,13	1,3,10,32	1,4,27	16,35	
33 Conveniencia de uso	13,18,34	13,28,35	2,12,32	15,28,29,32	30,32,35	3,28,32,40	3,8,25,29	1,16,25	
34 Fácil para reparar	9,34	1,10,11	13	1,2,4,13	2,35	1,2,9,11	11,27,28,29	1	
35 Adaptabilidad	10,14,35	15,17,20	16,35	1,8,15,37	14,30,35	3,6,32,35	1,13,35	2,16	
36 Complejidad del aparato	10,28,34	16,26	1,19,35	13,15,28,29	2,17,19,22	2,13,28	4,10,15,28		
37 Complejidad de control	3,4,16,35	19,28,36,40	32,35,36,37	1,13,27,39	11,22,30,39	3,15,27,28	19,25,29,39	6,25,34,35	
38 Nivel de automatización	10,28	2,35	13,35	11,13,15,32	1,18	13,25	6,9		
39 Capacidad/Productividad		10,15,28,36	10,14,37	10,14,34,40	3,22,35,39	10,18,28,29	2,10,18,35	10,16,20,38	

CARACTERÍSTICA QUE EMPEORA									
CARACTERÍSTICA QUE MEJORA		17 Temperatura	18 Brillantez	19 Energía consumida por el objeto móvil	20 Energía consumida por el objeto estacionario	21 Potencia	22 Pérdida de Energía	23 Pérdida de sustancia	24 Pérdida de información
	21 Potencia	2,14,17,25	6,16,19	6,16,19,37			10,35,38	18,27,28,38	10,19
	22 Pérdida de energía	7,19,38	1,13,15,32			3,38		2,27,35,37	10,19
	23 Pérdida de sustancia	21,31,36,39	1,6,13	5,18,24,35	12,27,28,31	18,27,28,38	2,27,31,35		
	24 Pérdida de información		19			10,19	10,19		
	25 Pérdida de tiempo	18,21,29,35	1,17,19,26	18,19,35,38	1	6,10,20,35	5,10,18,32	10,18,35,39	24,26,28,32
	26 Cantidad de sustancia	3,17,39		16,18,29,34	3,31,35	35	7,18,25	3,6,10,24	24,28,5
	27 Confiabilidad	3,10,35	11,13,32	11,19,21,27	23,36	11,21,26,31	10,11,35	10,29,35,39	10,28
	28 Precisión en la medición	6,19,24,28	1,6,32	3,6,32		3,6,32	26,27,32	10,16,28,31	
	29 Precisión en la manufactura	19,26	3,32	2,32		2,32	2,13,32	10,24,31,35	
30 Factores dañinos actuando, desde el exterior, sobre el objeto	2,22,33,35	1,13,19,32	1,6,24,27	2,10,22,37	2,19,22,31	2,21,22,35	19,22,33,40	2,10,22	
31 Factores dañinos generados por el objeto	2,22,24,35	19,24,32,39	2,6,35	18,19,22	2,18,35	2,21,22,35	1,10,34	10,21,29	
32 Manufacturabilidad o facilidad de fabricación	18,26,27	1,24,27,28	1,26,27,28	1,4	1,12,24,27	19,35	15,33,34	16,18,24,32	
33 Conveniencia de uso	13,26,27	1,13,17,24	1,13,24		2,10,34,35	2,13,19	2,24,28,32	4,10,22,27	
34 Fácil para reparar	4,10	1,13,15	1,15,16,28		2,10,15,32	1,15,19,32	2,27,34,35		
35 Adaptabilidad	2,3,27,35	1,6,22,26	13,19,29,35		1,19,29	1,15,18	2,10,13,15		
36 Complejidad del aparato	2,13,17	13,17,24	2,27,28,29		19,20,30,34	2,10,13,35	10,28,29,35		
37 Complejidad de control	3,16,27,35	2,24,26	35,38	16,19,35	1,10,16,19	3,15,19,35	1,10,18,24	22,27,33,35	
38 Nivel de automatización	2,19,26	8,19,32	2,13,32		2,27,28	23,28	5,10,18,35	33,35	
39 Capacidad/Productividad	10,21,28,35	1,17,19,26	10,19,35,38	1	10,20,35	10,28,29,35	10,23,28,35	13,15,23	

CARACTERÍSTICA QUE EMPEORA									
CARACTERÍSTICA QUE MEJORA		25 Pérdida de tiempo	26 Cantidad de sustancia	27 Confiabilidad	28 Precisión de la medición	29 Precisión de la manufactura	30 Factores dañinos, del exterior, actuando sobre el objeto	31 Factores dañinos generados por el objeto	32 Manufacturabilidad o facilidad de fabricación
	21 Potencia	6,10,20,35	4,19,34	19,24,26,31	2,15,32	2,32	2,19,22,31	22,31,35,39	10,26,34
	22 Pérdida de energía	7,10,18,32	7,18,25	10,11,35	32		2,21,22,35	2,21,22,35	
	23 Pérdida de sustancia	10,15,18,35	3,6,10,24	10,29,35,39	16,28,31,34	10,24,31,35	22,30,33,40	1,10,29,34	15,33,34
	24 Pérdida de información	24,26,28,32	24,28,35	10,23,28			1,10,22	10,21,22	32
	25 Pérdida de tiempo		16,18,35,38	4,10,30	24,28,32,34	18,24,26,28	18,34,35	18,22,35,39	4,28,34,35
	26 Cantidad de sustancia	16,18,35,38		3,18,28,40	2,13,28	30,33	29,31,33,35	3,35,39,40	1,27,29,35
	27 Confiabilidad	4,10,30	3,21,28,40		3,11,23,32	1,11,32	2,27,35,40	2,26,35,40	
	28 Precisión en la medición	24,28,32,34	2,6,32	1,5,11,23			22,24,26,28	3,10,33,39	6,18,25,35
	29 Precisión en la manufactura	18,26,28,32	30,32	1,11,32			10,26,28,36	4,17,26,34	
30 Factores dañinos actuando, desde el exterior, sobre el objeto	18,34,35	29,31,33,35	2,24,27,40	23,26,28,33	10,18,26,28			2,24,35	
31 Factores dañinos generados por el objeto	1,22	1,3,24,39	2,24,39,40	3,26,33	4,17,26,34				
32 Manufacturabilidad o facilidad de fabricación	4,28,34,35	1,23,24,35		1,12,18,35		2,24			
33 Conveniencia de uso	4,10,28,34	12,35	8,17,27,40	2,13,25,34	1,23,32,35	2,25,28,39		2,5,12	
34 Fácil para reparar	1,10,25,32	2,10,25,28	1,10,11,16	2,10,13	10,25	2,10,16,35		1,10,11,35	
35 Adaptabilidad	28,35	3,15,35	8,13,24,35	1,5,10,35		11,31,32,35		1,13,31	
36 Complejidad del aparato	6,29	3,10,13,27	1,13,35	2,10,26,34	24,26,32	19,22,29,40	1,19	1,13,26,27	
37 Complejidad de control	9,18,28,32	3,18,27,29	8,27,28,40	24,26,28,32		19,22,28,29	2,21	5,11,28,29	
38 Nivel de automatización	24,28,30,35	13,35	11,27,32	10,26,28,34	18,23,26,28	2,33	2	1,13,26	
39 Capacidad/Productividad		35,38	1,10,35,38	1,10,28,34	1,10,18,32	13,22,24,35	18,22,35,39	2,24,28,35	

CARACTERÍSTICA QUE EMPEORA								
CARACTERÍSTICA QUE MEJORA		33 Conveniencia de uso	34 Facilidad o dificultad para reparar	35 Adaptabilidad	36 Complejidad de un aparato	37 Complejidad de control	38 Nivel de automatización	39 Capacidad y/o productividad
	21 Potencia	10,26,35	2,10,34,35	17,19,34	19,20,30,34	16,19,35	2,17,28	28,34,35
	22 Pérdida de energía	1,32,35	2,19		7,23	3,15,23,35	2	10,28,29,35
	23 Pérdida de sustancia	2,24,28,32	2,27,34,35	2,10,15	10,24,28,35	10,13,18,35	10,18,35	10,23,28,35
	24 Pérdida de información	22,27				33,35	35	13,15,23
	25 Pérdida de tiempo	4,10,28,34	1,10,32	28,35	6,29	10,18,28,32	24,28,30,35	
	26 Cantidad de sustancia	10,25,29,35	2,10,25,32	3,15,29	3,10,13,27	3,18,27,29	8,35	3,13,27,29
	27 Confiabilidad	17,27,40	1,11	8,13,24,35	1,13,35	27,28,40	11,13,27	1,29,35,38
	28 Precisión en la medición	1,13,17,34	1,11,13,32	2,13,35	10,27,34,35	24,26,28,32	2,10,28,34	10,28,32,34
	29 Precisión en la manufactura	1,23,32,35	10,25	809x542	2,18,26		18,23,26,28	10,18,32,39
30 Factores dañinos actuando, desde el exterior, sobre el objeto	2,25,28,39	2,10,35	11,22,31,35	19,22,29,40	19,22,29,40	3,33,34	13,22,24,35	
31 Factores dañinos generados por el objeto				1,19,31	1,2,21,27	2	18,22,35,39	
32 Manufacturabilidad o facilidad de fabricación	2,5,13,16	1,9,11,25,35	2,13,15	1,26,27	1,6,11,28	1,8,28	1,10,28,35	
33 Conveniencia de uso		1,12,26,32	1,15,16,34	12,17,26,32		1,3,12,34	1,15,28	
34 Fácil para reparar	1,12,15,26		1,4,7,16	1,11,13,25,35		7,13,34,35	1,10,32	
35 Adaptabilidad	1,7,15,16,34	1,4,7,16		15,28,29,37	1	27,34,35	6,28,35,37	
36 Complejidad del aparato	9,24,26,27	1,13	15,28,29,37		10,15,28,37	1,15,24	12,17,28	
37 Complejidad de control	2,5	12,26	1,15	10,15,28,37		21,34	18,35	
38 Nivel de automatización	1,3,12,34	1,13,35	1,4,27,35	10,15,24	25,27,34		5,12,26,35	
39 Capacidad/Productividad	1,7,19,28	1,10,25,32	1,28,35,37	12,17,24,28	2,18,27,35	5,12,26,35		

FIN