

## LOS TEATROS DE MÁQUINAS DE 1570 A 1630

HÉLÈNE VERIN

*Centro Alexandre Koyré, París.*

El Renacimiento, hasta el umbral de la época moderna, es un momento singular, y por más de un motivo una experiencia única en la historia de las técnicas. Mientras que la enseñanza de estas se debe generalmente a iniciativas locales, incluso individuales, al margen o en los márgenes de las instituciones escolares, y los oficios constituyen el cuadro institucional dominante de su «tradición» mediante el aprendizaje, y las profesiones concernientes a la mecánica están marcadas por un desprecio y una desconfianza ancestral y duradera, las máquinas, los dispositivos mecánicos, se instalan poco a poco en el paisaje, tanto agrícola como urbano. Basta seguir a Montaigne, en 1580, en su *Viaje a Italia a través de Suiza y Alemania*, para tomar la medida de la extrañeza que esas máquinas producen por su novedad y dimensiones, hasta el punto de que su fama invita a la visita turística. Así, el martes 18 de octubre, «por una singular cortesía de los señores de la villa» de Augsburgo, Montaigne y su secretario van a visitar un sistema de puertas y de puentes levadizos, accionado a distancia con ayuda de ruedas, cadenas y resortes, que permite entrar en la ciudad e incluso hacer pagar la tasa de paso «sin que se vea a nadie a quien hablar». Y Montaigne concluye: «Es una de las cosas más artificiosas que se pueda ver. La Reina de Inglaterra ha enviado un embajador expresamente para solicitar a sus señorías que le mostraran el uso de esos ingenios:



*dicen que rehusaron*<sup>1</sup> ». Podemos comprender esa reticencia en una época en que el estado de guerra era más bien norma que excepción. El perfeccionamiento de las armas de fuego y los medios de defensa contribuyeron también a cambiar los paisajes. ¿No se enorgullecerá Diderot, retomando a Bacon, de la pólvora de cañón «*que ha dado lugar a todas esas obras maestras de la arquitectura que defienden nuestras fronteras y las de nuestros enemigos*»?<sup>2</sup>

Ocurre que los Señores, desde los duques a los príncipes y soberanos, son cada vez más conscientes de la importancia de un aparataje seguro y competitivo, incluso aunque las garantías ofrecidas fueran frágiles. De él esperan no sólo los medios de ganar la guerra contra sus adversarios o proteger su territorio, sino sobrepasar las astucias de la naturaleza mediante las astucias de la mecánica: administrar las aguas, ganar tierras agrícolas mediante drenajes, desecaciones, irrigaciones, poniendo en funcionamiento canales, diques, máquinas elevadoras para conducir las «aguas salvajes» hasta las fuentes urbanas. Pues rivalizan también en la belleza de sus palacios y jardines, adornados de grutas y juegos acuáticos, en sus autómatas y sobre todo en sus fiestas, los juegos y torneos, los fastos de sus teatros, proveedores de maravillas. Festividades todas cuya función política es bien conocida.

Las rivalidades entre los príncipes, la competencia entre las ciudades, son el terreno mismo en que arraigan las mecánicas. ¿En definitiva, no es la oposición universal que describen humanistas como Luis Vives, la existente entre las naciones, los pueblos y las religiones, la que hay en la propia naturaleza entre las fuerzas, los elementos, los minerales y las plantas, lo que invita a recurrir a las mecánicas? Eso es lo que afirman claramente los expertos mecánicos, que su arte se ejerce por los opuestos y en la oposición, para el bien público. Se apoyan para decir eso en Arquímedes, y también en «El filósofo», haciendo referencia a las *Cuestiones Mecánicas* del pseudo-Aristóteles. Más allá o más acá de lo que los expertos mecánicos descubren en él, ese texto tiene un valor legitimador de la manera de abordar las mecánicas que reivindicaban. ¿Pues cuál es la primera palabra de ese tratado? Es «*thaumazetai*»: maravillarse. Eso de lo que nos maravillamos es en especial «*lo que ocurre sobrenatural o antinaturalmente, cuando ello sucede gracias al arte, para prove-*

---

<sup>1</sup> Montaigne, *Journal de voyage en Italie par la Suisse et l'Allemagne*, Oeuvres complètes, Gallimard, París, 1962, pg. 1159-60.

<sup>2</sup> Diderot, *Encyclopédie...*, article «Art».



*cho humano*»<sup>3</sup>. Es el arte que mediante una fuerza pequeña produce una grande, que contraviene el movimiento natural de los cuerpos, elevando las masas, las aguas, para acarrearlas según la «*necesidad del caso*» para beneficio del príncipe y su pueblo.

Si los inventores pueden así reclamarse de Aristóteles es porque desde entonces el texto de las *Cuestiones Mecánicas* está disponible. Sabemos que los preciados manuscritos traídos de Oriente, y los más recientes de los grandes ingenieros y arquitectos italianos, comienzan a circular muy pronto entre las bibliotecas de los Señores y de los potentados curiosos; pero será la imprenta y su poder de difusión lo que solicitará traducciones y comentarios, pronto en lengua vernácula, de los mecánicos de la Antigüedad, de Arquímedes a Herón y Vitruvio. Es la imprenta la que rápidamente se aprovecha de ese campo de las mecánicas para producir antes que nada libros de fortificación y de máquinas de guerra, de instrumentos de medida, de maquinaria para las minas, las canteras, los talleres, los usos del agua. A cambio la imprenta contribuirá a hacer de la máquina el símbolo, el emblema de un mundo en el que se promueve la invención como un valor. Hacia 1570 al perfeccionarse el arte del grabado pone a disposición de los aficionados un fascinante espectáculo libresco de la mecánica: los teatros de máquinas<sup>4</sup>. Durante mucho tiempo las bellas planchas de esos libros constituirán la principal fuente de estudio sobre la técnica mecánica a comienzos de la época moderna. Hoy día la edición de facsímiles acompañados de estudios críticos favorece una aproximación más completa, tratando cada uno de los libros como un todo, considerando cada parte en sí misma y en su articulación con el conjunto<sup>5</sup>.

## ¿QUÉ ES UN TEATRO DE MÁQUINAS?

Al abrir un teatro de máquinas, generalmente un gran infolio, se descubre primero el frontispicio, seguido de una dedicatoria a un gran personaje, luego

---

<sup>3</sup> Aristóteles, *Mechanical Problems*, Aristotle Minor Works, Loeb C. L., Harvard U. Press, Cambridge, Mass, Londres, 1993, pg. 330.

<sup>4</sup> Sobre el tema véase Luiza Dolza y Hélène Vérin «Enigmas y razones de los teatros de máquinas. Una perspectiva historiográfica», que saldrá en la *Revue d'Histoire Moderne et Contemporaine*.

<sup>5</sup> Muy especialmente el bonito estudio de Carlo Ponti que acompaña la edición facsímil del *Novo Teatro* de Vittorio Zonca, Milán, Il Polifilo, 1985.



una epístola al lector, a veces acompañada de un prefacio, donde el autor anuncia cómo y por qué ha decidido hacer públicas sus invenciones. Inventos que aparecen en la serie de planchas grabadas a toda página, que constituyen lo esencial de la obra. Cada una representa un instrumento o una máquina con una leyenda descriptiva, a menudo en latín. Lo acompaña un texto más o menos desarrollado, la «presentación de la figura». Consiste en precisar la utilidad de la máquina, en qué circunstancias usarla y cómo se propagan y transforman en ella las fuerzas y movimientos.

Útiles y agradables, placenteros y maravillosos, al servicio del rey y mayor gloria de dios, los teatros de máquinas concentran los temas retóricos más en boga por entonces. Debemos al genio de Jacques Besson y al de François Beroald, editor póstumo de su *Teatro de instrumentos y máquinas* (1578) haber sabido ponerlos al servicio de la mecánica y de paso ofrecerla a un público nuevo. El éxito fue inmediato y duradero. El género literario, fijado hacia 1570, fue inicialmente franco-italiano: Jean Errard publica su *Libro de instrumentos* en 1584 en Nancy, Agostino Ramelli en París en 1588 sacó el *Máquinas artificiosas y diversas*, el primer libro bilingüe, en francés e italiano, mientras que en 1595 Fausto Veranzio publica en Venecia las presentaciones de las figuras de su *Máquinas nuevas* en cinco lenguas: latín, italiano, español, francés y alemán. Hasta 1620 los autores son fundamentalmente italianos –Vittorio Zonca (1607), Jacopo Strada (1617-18), Giovanni Branca (1629)– y franceses –Ambroise Bachot (1587 y 1598), Joseph Boillot (1598) y Salomón de Caus (1615). El éxito editorial fue considerable y casi todos conocieron reediciones en diversas lenguas, de modo que los teatros de máquinas del XVI y principios del XVII se encuentran hoy en las bibliotecas del mundo entero, desde el Japón a Latinoamérica. Estaban ya en las de los grandes ingenieros y coleccionistas. Tanto Vauban como Perronet tenían su Ramelli.

Desde principios del XVII autores alemanes lanzan sus propios *Theatrum machinarum*, ampliamente deudores de las obras precedentes. Georges Boëckler anuncia explícitamente que retoma los modelos presentados por Strada y Ramelli<sup>6</sup>. Su propia contribución, dice, es facilitar su generalización perfeccionando y desarrollando las declaraciones de las figuras. El género se modifica, los temas retóricos se encaminan hacia un mayor rigor, incluso si el tema de las «maravillas» del espectáculo de la mecánica sigue presente. Las planchas, cada vez más numerosas, se asemejan por el estilo a las que habrá en la

---

<sup>6</sup> Bóckler, Georg Andreas, *Theatrum machinarum novum...*, P. Principi, Colonia. 1662.



Descripción de las artes de la *Enciclopedia*, organizada por Diderot. El *Theatrum machinarum* de Leupold, cuyos primeros volúmenes aparecen a finales del XVIII, deben todavía a los ingenieros del XVI cierto número de los dispositivos mecánicos presentados<sup>7</sup>.

## LA ECONOMÍA DEL LIBRO

Profundicemos nuestra aproximación, que consiste en relacionar las características formales de ese género literario con las condiciones técnicas y sociales de su funcionamiento, evocando sucesivamente las diferentes partes que constituyen los teatros de máquinas publicados entre 1570 y 1630.

### El frontispicio

El libro in folio con frontispicio caracteriza todo tipo de «libros bellos» a partir de esta época. Este modelo editorial depende de las normas instauradas por los libreros asociados a talleres de grabado. Como los demás, el frontispicio del teatro de máquinas presenta el título como una composición arquitectónica más o menos ornamentada, bajo un frontón con frecuencia triangular y encuadrado por columnas y cariátides. Los angelotes colgados aquí y allá ostentan, desde luego, coronas de laurel, pero también instrumentos de medida. Las cariátides, en el *Teatro* de Besson, los *Diseños artificiales de toda clase de máquinas* de Jacopo Strada y *Las Máquinas* de Giovanni Branca, resultan ser los grandes personajes valedores de la mecánica: Arquímedes, Vitruvio o Euclides. Para su *Timón*, Bachot inscribe el título de la obra en el plano de una fortaleza completamente erizada de instrumentos matemáticos y elementos de máquinas. Un compás domina el centro, bajo el título, acompañado de figuras geométricas. La referencia al tema tratado no siempre aparece tan nítidamente. El frontispicio de *Máquinas diversas y artificiosas* de Ramelli, muy adornado, sólo lo evoca por medio de algunas balas de cañón y los dos graves personajes que ofician de cariátides no son fácilmente identificables. *Máquinas nuevas* de Fausto Veranzio y *Teatro nuevo* de Zonca no presentan en el frontispicio sino una especie de atrios solemnes de un templo, sin ninguna referencia a la mecánica. Sabemos que en los talleres las planchas grabadas eran reutilizadas, apenas reajustadas, para todo tipo de obras.

<sup>7</sup> Leupold, Jacob, *Pars I Theatri statici universalis...*, B. C. Breitkopf e hijo, Leipzig, 1774.



Entre estos frontispicios sólo el de las *Razones de las fuerzas motoras* de Salomón de Caus rompe con el modelo del género ofreciendo el espectáculo de un espacio escénico animado. En primer plano, Arquímedes portando una balanza romana y Herón con un sifón se dedican a sus actividades emblemáticas. El cuidado de la información llega hasta el grabado de sus nombres, al pie. Tras ellos, sobre la escena en perspectiva, hay fuelles, resortes, reglas y compases. A un lado y otro, en nichos, Mercurio y Vulcano recuerdan que el mundo de los mecánicos está al servicio público, en tanto que los angelotes juguetones entreabren el postigo sobre el que se inscribe el título hacia otra escena, la del mundo.

### **La dedicatoria**

Pasemos de la página del título a la de la dedicatoria. Es sin duda, junto con el aviso al lector, el elemento donde la relación entre las características de la obra y las condiciones de su producción es más patente, puesto que en general no hay teatro de máquinas sin «los medios y apoyos requeridos», como dice Besson sin ambages. Se los mendiga ante algún poderoso, al que se le dedica el libro. Hay que reconocer, por tanto, que es un error de algunos comentaristas tardíos indignarse por el énfasis cortesano que caracteriza esas dedicatorias. Sin contar con que esa retórica forma parte de un juego estilístico en el que deleitarse, la dedicatoria es un asunto serio, puesto que a menudo el porvenir del autor depende de la generosa protección de un poderoso. Casi todos nuestros autores son arquitectos o ingenieros y por entonces se es ingeniero de algún señor, con vínculos tanto hacia su persona como hacia su función política. Los historiadores han visto con frecuencia en los teatros de máquinas folletos de propaganda que servían para la promoción de sus autores. Hay que atemperar esa apreciación recordando que muchos teatros de máquinas son obras de madurez, e incluso publicaciones póstumas. Es el caso del de Besson. Ramelli tenía 67 años cuando publicó *Máquinas artificiosas y diversas*, Giovanni Branca alcanzó la edad de 58 años y una promoción asaz honorable. En cuanto al *Teatro Nuevo* de Zonca, se publicó en Padua siete años después de su muerte, y fue el hijo menor de Jacopo Strada quien publicó sus *Diseños artificiales*. Además, no vemos cómo las numerosas máquinas presentadas podrían ser verosímilmente invenciones propias de un ingeniero debutante. Sólo Jean Errard afirma –declarando con audacia juvenil a sus 30 años «haber permanecido inútil hasta el presente» junto al duque de Lorena– ser el inventor de cuarenta máquinas, instrumentos y dispositivos, presenta-



dos en su libro. Modera, no obstante, esa pretensión mediante una nota embarazosa que abre su epístola al lector, señalando que «ocurre ordinariamente que dos personas encuentran la misma invención». Es el momento de recordar que la práctica del diseño, sobre máquinas existentes o sobre recopiliaciones manuscritas es habitual y necesaria para ejercitarse en el oficio y perfeccionarlo. Se cita el caso de los cuadernos de Villars de Honnecourt, los manuscritos de Francesco Georgio Martini y también los de Leonardo da Vinci, a los que Fausto Veranzio, autor de *Máquinas nuevas*, tuvo acceso directo. Digamos que cuando se comienza a publicar los teatros de máquinas circulan ya múltiples diseños en el ambiente de los expertos mecánicos de donde han extraído sus ideas.

### La epístola al lector

La epístola al lector, que sigue a la dedicatoria, brinda la ocasión de narrar las condiciones de su publicación. También ahí podemos reconocer, al hilo de los teatros sucesivos, los términos de una retórica muy rodada. Primero viene la descripción de la tremenda labor que tal producción implica, donde ya se ve aparecer el tema de las «*largas jornadas en vela*» que se encuentra en numerosas obras de los ingenieros. La precariedad del estatuto del inventor, junto a las facultades excepcionales que exige, como el temor a ser despojado de sus descubrimientos, se combinan con la evocación de un ambiente profesional donde reinan la envidia, los golpes bajos y las traiciones, «el hervidero de los envidiosos que atacan todo lo que no es de su botica» afirma Bachot. Como contrapunto, el amor por el bien público que guía al autor brilla con el máximo vigor. Va unido a la preocupación religiosa, la de trabajar a mayor gloria de Dios, en Besson que es ministro de «la religión», o a cumplir el deber de caridad en Bachot o en el muy católico Ramelli. Todavía falta, para que el autor lleve su libro a buen término, que le consagre su precioso tiempo y sus trabajos, que los colegas atentos y los amigos insistan con perseverancia. Esta preocupación por presentar la obra como objeto de deseo de los concedores del tema le confiere un premio especial, al ganar así el valor humanista del deber de amistad cumplido. Nótese que con frecuencia el autor declara su mayor reticencia hacia la dificultad personal para el esfuerzo de escribir los textos de las figuras, y a eso se dirigía especialmente la demanda de sus amigos. Puede ser que aquí estemos tocando algo así como una transgresión: ¿no es amparándose en esas «*alas de la palabra escrita*», como dice alegremente Bachot, como el profesional hace acceder su obra de fabricante de máquinas



al estatus de una obra liberal? No olvidemos que las artes liberales son aquellas que dependen de la palabra. Escrita en las colecciones de máquinas, esta palabra libera saberes ocultos, los hace accesibles a todos «liberalmente», según insisten nuestros autores.

En este estadio de nuestra presentación, que sólo se ocupa de los tratados formales del género, podemos desvelar, más allá de las notables diferencias que distinguen cada uno de los teatros de máquinas, su evolución, y en especial, en lo que concierne al lugar acordado a la ciencia. Aunque no todos los teatros de máquinas se benefician de epístolas al lector o prefacios igualmente desarrollados, ni de un registro equivalente, es ahí donde se concentran esencialmente las referencias a la ciencia de la que dependen, la mecánica, derivada de las matemáticas. Bajo la autoridad superior de Euclides, se evoca como grandes figuras tutelares a Vitruvio –cuyo libro X del tratado de *Arquitectura* es el gran inspirador–, Arquímedes, al Herón de las *Pneumáticas* –cuando se difunda su traducción– y al Filósofo, o sea, Aristóteles. Si hay evolución será en los desarrollos científicos de los que se reclaman. No es casualidad que Besson, a comienzos de la década de 1570, renunciara a publicar, como introducción de su obra, una exposición amplia y científica sobre las mecánicas, sobre las relaciones entre naturaleza y artificio, entre física y matemáticas<sup>8</sup>, mientras que en 1588 el prefacio de Ramelli se halla trufado de referencias científicas, habiéndose podido comprobar que es una especie de mezcla formada por extractos de obras de ciencia mecánica<sup>9</sup>. La relación entre la práctica mecánica y la ciencia mecánica se halla en proceso de transformación.

La mecánica es facultad, arte y ciencia, escribía Lorini en 1597<sup>10</sup>, y cuando Salomón de Caus titula la obra que publica en 1615 *Las razones de las fuerzas motoras con diversas máquinas tan útiles como placenteras a las que se adjuntan varios diseños de grutas y fuentes*, exhibe con tal título, además de sus pretensiones teóricas, la solidaridad entre la concepción de las máquinas particulares y el universal que la ciencia descubre. En cierto modo, podemos seguir las etapas de una batalla en vías de ganarse. Inscribir el arte del

---

<sup>8</sup> Forma parte del manuscrito de su *Libro de instrumentos* conservado en la British Library.

<sup>9</sup> Edición crítica bajo la dirección de Gustina Scalia, Adriana Carugo y Eugen Freguson, de las *Diverse et artificiose machine*, Il Polifilo, Milán, 1991.

<sup>10</sup> Lorini, Benedetto, *Delle fortificazioni* [...] libri cinque. Ne' quali si mostra con le piú facili regole la scienza con la pratica, di Fortificare le Città, et altri luoghi sopra diversi siti, Venecia, Gio. Antonio Rampazetto, 1597.





mecánico en las artes liberales y en una ciencia de las mecánicas, que siendo práctica no por ello es menos ciencia, ha dejado de ser una transgresión. La batalla dura, no obstante, y los científicos mecánicos no son los últimos en rechazar a los profesionales hacia la mediocridad de los empiristas, aunque sólo sea por marcar distancias. Distancia que existe y que los teatros de máquinas, en cuanto tradición propia del género, contribuirá a mantener. Pero ya es hora, para comprender el papel específico que jugaron los teatros de máquinas en esta historia, de que entremos en lo vivo de la obra.

### Figuras y textos

Los teatros de máquinas ponen en escena invenciones. Así al menos es como se publicitan. Aunque hay que atender a lo que significa por entonces «invención». El término tiene los tres sentidos de «engin» –ingenio–, «ingegno» en italiano: el espíritu de invención, el talento inventivo del autor; pero también el ejercicio de ese espíritu en los dispositivos del arte: las ingeniosidades, los hallazgos ingeniosos que testifican las máquinas representadas. Esos ingenios, máquinas e instrumentos son finalmente y según un tercer sentido, invenciones por las que el autor puede recibir un privilegio de explotación<sup>11</sup>.

¿Cómo manifiestan los teatros de máquinas esas formas de invención? ¿Mediante qué disposición de sus partes, con ayuda de qué modos de expresión –los textos, las planchas–, mediante qué sucesión –orden de presentación de las máquinas– se escenifica (por seguir con la metáfora del teatro) la invención?

Para descubrir lo que, en la economía del libro, da cuenta específicamente de la invención como poder de inventar, disponemos de lo que anuncian los propios autores. Así, al final de su epístola, Branca nos da una pista: aquello que en la obra se dirige más específicamente al «ingegno» de su lector son los textos y las remisiones numeradas de la figura al texto. Al permitir la comprensión de la máquina presentada en la figura y a qué finalidad responde cada una de sus partes, invitan a los lectores a adaptarla y hacerla servir eventualmente para otras operaciones, e inventar por sí mismo nuevas máquinas a partir de las de Branca. Por tanto hay un nivel de lectura del teatro de máquinas donde el «ingegno» del autor se dirige al del lector con ayuda de ciertos procedimientos que, haciendo captar el acto inventivo del primero, son sus-

<sup>11</sup> Hélène Vérin, *La gloire des ingénieurs*, París, Albin-Michel, 1993, cap. 1.



ceptibles de actualizar el poder de invención del segundo. Todos nuestros autores concuerdan en afirmar que la figuración sola no basta. Bachot explica en su dedicatoria «este talento mío, encerrado en un estuche demasiado estrecho, con algunas maniobras parecería un cuchillo en su funda o una ley en sus tablas, si yo no empenachara mis inventos con alas de palabra escrita que transporta estas rarezas del Oriente al Occidente y testifica ante todos que la semilla que el Cielo quiso sembrar en mi campo no cayó en arena infértil.» Hemos de tomar literalmente este carácter de «testimonio», pues lo propio del testigo es certificar un acto, una cosa, una palabra: testimonio que descubre la cosa como prueba, en este caso, la máquina presentada como materialización de una intención, de una idea del inventor.

En los teatros de máquinas, esa «palabra escrita» que atestigua es la que acompaña a cada una de las planchas, y primero que nada la leyenda, colocada en la plancha misma por Besson, Errard, Véranzio, o al frente de la presentación de la figura por Ramelli y Salomón de Caus. Leyendas que definen en qué se trata de inventos que responden a intereses particulares: son «maneras de», «medios de», «invenciones para» una nueva especie de máquina, de artificio, para las ventajas específicas que la máquina procura mediante su disposición compositiva.

Se ha glosado mucho el hecho de que tales leyendas no proponen la denominación de las máquinas presentadas. Franck Reuleaux<sup>12</sup> ve en ello la prueba de la ausencia de espíritu de análisis científico por parte de estos mecánicos, mientras que otros discernen ahí la incapacidad de inventar nombres para máquinas nuevas<sup>13</sup>. Yo estoy más bien tentada de ver en esa asociación de leyenda y figura la de dos formas de expresión asignadas a dos formas de *ingegno*: mediante el texto, la invención astuta, el «testimonio» de la astucia inventiva, como escribe Bachot, y mediante la figura, la máquina nueva, ese invento, ese ingenio, la prueba sensible, visible. Lejos de ver en el título de las leyendas el índice de la incapacidad de proponer una denominación que fijaría el ingenio en un género definido, es la distancia entre lo que pone la leyenda y lo que muestra la figura lo que hace surgir aquello que constituye la invención como poder de inventar, como potencialidad de nuevas invenciones. En la

---

<sup>12</sup> F. Reuleaux, *Cinématique. Principes fondamentaux d'une théorie générale des machines*, F. Savy, París, 1877, nº 1, pg. 625.

<sup>13</sup> Para explicar ese «hecho negativo» F. Brunot sugiere un «purismo lingüístico». *Histoire de la langue française*, tomo VI, primera parte, fascículo nº 1, pgs. 416-422.



existencia de esa distancia estoy tentada de ver no un «hecho negativo», sino una especie de calco del emblema (l' emprise, l' impresa), «*símbolo compuesto por una imagen y una divisa que sirve para expresar una regla de vida o un programa personal de su portador*<sup>14</sup>». Componer emblemas es una actividad muypreciada a la que se consagraron numerosos tratados. Sobre las reglas de formación de tales emblemas compuestos destaquemos el interés que se le reconoce a lo que es un «nudo» de idea e imagen, que debe sobre todo evitar el pleonasma que implicaría la designación escrita de lo figurado, pues el sentido nace del efecto de contraste entre lo que expresan los dos modos de expresión convocados. En este caso, palabra e imagen, intención y realidad sensible, proyecto y objeto producido.

Los diseños de máquinas tienen entonces valor de testimonio, en el sentido de prueba, de algo que se toma como prueba, para atestiguar y certificar la realidad de un acto. Para subrayarlo, se juega con el impacto de la imagen, con el poder de lo figurativo para evocar la existencia física de los inventos, presentados según una minuciosa escenografía. Las máquinas reinan en medio del paisaje, del taller, de la naturaleza, de la ciudad, rodeadas de servidores en plena faena. Cada plancha es un cuadro en el que se despliegan los artificios del mejor grabado, para mayor placer del lector. Pero los vagabundeos de la imaginación son llamados al orden, en cierto modo, el que indica el orden numérico o alfabético de las cifras o las letras. Sobreimpresas, invitan al desciframiento de las funciones concertadas de las partes de las máquinas, denotan el orden de las razones, obligan a la mirada a seguir el curso de las fuerzas impresas en la máquina, según la intención del inventor. Además, incitan a la lectura de las referencias del texto. También podemos percibir ahí la preocupación por despertar la agudeza de espíritu mediante el efecto de contraste, y a la vez, impresionar al lector con la belleza de las figuras y arrancarlo a la simple contemplación mediante el distanciamiento suscitado por el orden de las cifras.

---

<sup>14</sup> Robert Klein, «La théorie de l'expression figurée dans les traités italiens sur les imprese, 1555-1612, *La forme et l'intelligible*, op. Cit., pg. 125, y también Luisa Dolza, «Theatrum machinarum: utilitas et delectatio», Jürgen Renn et Wolfgang Lefevre ed., *The emergence of scientific image*, Birkhauser, Bâle, en prensa.



## ¿EN QUÉ CONSISTE EL VALOR DE UNA MÁQUINA?

A los teatros de máquinas se les ha hecho tres grandes tipos de reproches. El primero es el de plagio: las máquinas presentadas no son inventos, se las puede encontrar en manuscritos que circulaban por entonces. El segundo concierne a la validez técnica de las máquinas propuestas: demasiado complejas, a veces hasta el absurdo, no tienen en cuenta la pérdida de energía de las fuerzas motoras en sus dispositivos. Y por último, pero no menos importante, esas máquinas testimonian un arcaísmo y no toman en cuenta para nada los avances contemporáneos de la ciencia mecánica, o incluso, según una crítica más anacrónica, los avances posteriores de dicha ciencia<sup>15</sup>. Como hemos visto con las observaciones de Reuleaux, esas máquinas revelarían una incapacidad para producir una concepción analítica de los mecanismos, *a fortiori*, una cinemática.

Para responder a tales críticas el mejor método me parece que es ver lo que los autores de los teatros de máquinas dicen acerca de los inventos presentados y extraer sus argumentos de los textos que acompañan las planchas: las leyendas y la presentación de figuras. ¿Cuáles son sus criterios de evaluación? Mi idea ha sido recogerlos y reunirlos en el cuadro adjunto (al final). Para poder discriminar los argumentos mi principio ha sido atenerme únicamente a las referencias explícitas, que atraen específicamente la atención del lector sobre tal o cual ventaja de la máquina. He procurado extraer y reagrupar temas comunes en obras diferentes. Para poder comparar sus apariciones respectivas en obras que no tienen el mismo número de planchas he procedido a calcular sus porcentajes. Por ejemplo, como se ve en lo alto del cuadro, la referencia a la ingeniosidad que testimonia una máquina aparece en tres máquinas sobre sesenta en Besson, o sea, el 5% de los casos. Esta porcentualización de las incidencias tiene como objetivo deducir los puntos fuertes de la argumentación y establecer comparaciones entre los teatros de máquinas. Nótese que sólo he tratado seis obras y que el cuadro no basta por sí mismo: hay que interpretar los resultados. Es una herramienta de trabajo. Veamos por tanto los rubros recopilados.

---

<sup>15</sup> Esta cuestión ha sido abordada en H. Vérin y L. Dolza, *op. cit.*



## La ingeniosidad

La referencia a la sutileza del autor o al ingenio atestiguado por su invento es raro. Este aspecto del invento aparece, en efecto, en los preliminares de la obra: dedicatoria, epístola al lector, prefacio, y cuando hay, en los breves sonetos que los acompañan, lo que corresponde a la economía del libro, al sentido de su estructura argumentativa.

## La ciencia

Lo mismo ocurre con la ciencia en acción. Por ejemplo, el prefacio de Ramelli es muy prolijo, según ya dijimos. Pero nuestro cuadro pone de manifiesto que los primeros teatros de máquinas, los de Besson y Errard, hacen más alusiones a ello en los textos que acompañan las planchas. Ambos eran matemáticos, interesados en el aspecto teórico de las mecánicas. Además podemos señalar que tienen en mente el modelo vitruviano del libro X de la *Arquitectura*, por lo que ambos terminan con la presentación de odómetros. El caso de Branca, más tardío, es diferente. Señalemos que las planchas de su libro no presentan máquinas en acción, en su contexto. Luigi Firpo, que hizo la introducción a la reproducción facsímil de la obra lo atribuye a un problema de edición y financiación de la publicación, lo cual es plausible, pero insuficiente. Al leer los textos que acompañan las figuras se ve que Branca exhibe los dispositivos de transmisión y de transformación de las fuerzas, de los movimientos, de la materia, dedicándose a sus características mecánicas e insistiendo en el hecho de que esos dispositivos se pueden accionar mediante diferentes fuerzas (humana, animal, eólica, hidráulica, ígnea) y pueden ser provistos de distintos operadores (ruedas, sierras...). Se centra la atención en la combinación de las máquinas simples y por tanto en el hecho de que se trata de la aplicación de la ciencia de las mecánicas.

## La analogía

La analogía con otras máquinas es muy frecuente en Errard. Pero como limita sus textos a simples leyendas, esa referencia queda demasiado formal. Por el contrario, en Besson, y sobre todo en Ramelli, esas remisiones constituyen un verdadero hipertexto que extrae una lectura analítica de las características de las máquinas: sus principios, su estructura, su orden, el universal en los particulares y algo así como el esbozo de una ciencia de las máquinas.



## La novedad

La referencia a la novedad, que es del 100% en Besson y del 80% en Errard, tiene aquí un evidente valor retórico. De todos modos, no hay que olvidar el sentido contemporáneo del término «inventar» y en especial lo que de él dice Besson: inventar es descubrir lo que estaba oculto u olvidado o disimulado en los escritos de los Antiguos y que se saca a la luz. Al presentar máquinas que responden a la ciencia de las mecánicas Besson hace aparecer aquello de lo que esta ciencia es portadora. En cuanto a Ramelli, hagamos notar que no siente la necesidad de reivindicarse como inventor cada vez que presenta una máquina. Ahora bien, estudios precisos y argumentados le han atribuido importantes inventos, en particular, en el terreno de las bombas. Bachot, que trabajó con Ramelli, lo presenta como «el Arquímedes de nuestro tiempo». Hay que decir que cuando Ramelli publicó su *Máquinas artificiosas y diversas* ya tenía su reputación.

## La economía

Si consideramos hoy los grandes campos de evaluación de las ventajas procuradas por las máquinas, el primero que se nos ocurre, como no podía ser menos, es el de la economía de las fuerzas y los medios puestos en acción en relación con la magnitud de los efectos obtenidos. Eso es lo que define el arte de las mecánicas. La referencia explícita a esta ventaja no es, sin embargo, sólo un medio de poner por delante la ciencia que la preside. En efecto, la economía nos lleva a características particulares de la máquina. Por ejemplo, que evite los daños y sacudidas que destruyen rápidamente algunas partes, que se recurra a materiales (cuero, madera, metales) resistentes, a dispositivos que disminuyen el rozamiento. Más aún, la ventaja económica puede resultar de que la máquina propuesta permita producir efectos que no podrían ocurrir sin ella, porque no se podría poner en acción todas las fuerzas humanas necesarias en conjunto, por razones de exiguidad de espacio o de inaccesibilidad. Dicho de otro modo, la economía del gasto en relación a la magnitud de los efectos se reduplica con la posibilidad de producir nuevos efectos. Finalmente, hagamos notar que la referencia a la economía monetaria sólo aparece en Besson.



## La potencialidad

El segundo gran campo de evaluación de las máquinas es el de su potencialidad. Y ahí no se trata en absoluto de la aplicación de la ciencia de las mecánicas, de lo que inscribe a la máquina en principios universales, sino al contrario, de lo que constituye su adaptabilidad a múltiples condiciones particulares, tanto por el lado de las fuerzas aplicadas como por el de las operaciones productivas. Ese carácter polivalente y adaptable de los inventos propuestos lo subraya especialmente Ramelli, que señala, por ejemplo, que su máquina es ajustable a variaciones (como las variaciones estacionales del nivel de agua para un molino) o incluso que la disposición de sus partes es tal que las piezas más expuestas al desgaste son accesibles y reparables sin problema. En general, se pone el acento en la diversidad de fuerzas aplicables: hombres, animales, agua, viento, y más tarde, fuego, y en la multiplicidad de órganos operativos que se le pueden añadir al mecanismo para distintos usos posibles de la fuerza transmitida, subrayando así la fecundidad del invento. De ese modo se llega a extraer un análisis de la máquina en términos de motor, medios de transmisión y transformación, y finalmente, operadores. Es si duda en Branca, donde como hemos visto los términos extremos motor y operadores con frecuencia no se hallan representados, donde es más patente esa forma de abstracción; en el diseño mismo y no sólo en el texto.

Queda por hacer la siguiente constatación: se evoca las potencialidades de la máquina tanto como la economía que procura. El hecho de que un invento pueda sugerir al lector otros usos que el propuesto le confiere un valor de modelo para inventar otras y no de modelo para reproducir. Este rasgo típico de los teatros de máquinas se inscribe dentro de proyectos más generales de esa época, el del arte de la invención y el de una ciencia de lo particular. En efecto, también se caracterizan por una orientación deliberadamente práctica y productiva hacia lo particular, lo diverso, lo múltiple, lo potencial. Ahora bien, hay que percatarse de que en esta época lo que más se aprecia es el poder potencial de un instrumento, de una máquina, considerando esa potencialidad como una forma de universalidad. Numerosas obras dedicadas, por ejemplo, a los instrumentos de medida los denominan «instrumentos universales», porque permiten tomar toda clase de medidas, en todo tipo de situaciones. Esta forma de «universalidad» no es la de la ciencia y sus principios, sino lo opuesto, la difracción en la diversidad: la de las acciones humanas frente a la diversidad de la Naturaleza. Este aspecto de las mecánicas se inscribe en una visión de las relaciones entre la naturaleza y los artificios controlados por las astucias



de la inteligencia, frente a las astucias de la Naturaleza y frente a la irrupción de lo ocasional, de lo que hay que cuidarse. Las colecciones de inventos mecánicos pierden ahí el carácter de «tópico más o menos vergonzoso» del que se las ha acusado, en favor de una tentativa original de desarrollo de los saberes mecánicos dirigido hacia la producción de soluciones inventivas. A lo que contribuye, como ya hemos visto, el recurso a la analogía entre los modelos propuestos.

No hay que situar los teatros de máquinas exclusivamente en el contexto intelectual de la época del arte de la invención y de la ciencia de lo particular, sino también en su contexto económico y técnico: por ejemplo, usar una misma rueda de molino para distintas operaciones: moler, serrar, prensar..., hacer que un dispositivo sea desplazable, reciclable para otra cosa, corresponde a un tipo de economía cuya importancia no es desdeñable. Permite afrontar la «necesidad del caso» cuando las máquinas son raras, costosas y exigen saberes técnicos raros ellos mismos, cuando la resistencia de los materiales es difícilmente controlable y fuera de alcance para una ciencia de las mecánicas que se constituye paralelamente a la multiplicación de esas máquinas. En el sistema de las técnicas productivas la demanda es bastante importante para hacer surgir nuevos oficios –como el de «bombero»: fabricante y reparador de bombas– y expertos, como Ramelli, que propone modelos poco ruidosos, síntoma de una molestia ya bien conocida por la gente.

## EL VALOR DE UNA MÁQUINA SEGÚN GALILEO

En conclusión y como contrapunto propongo que nos detengamos en las primeras páginas de las *Mecánicas* de Galileo. Comienza su tratado con una presentación de lo que constituye la utilidad de las máquinas. Su objetivo principal es científico: acabar con la idea de que una máquina es lo que permite economizar fuerzas. «La utilidad que se saca de una máquina no consiste en mover con una fuerza pequeña por medio de una máquina pesos que sin ella no podrían ser movidos por esa misma fuerza»<sup>16</sup>.

El principio que Galileo va a establecer mediante «demostraciones verdaderas y necesarias» es que dado el ejercicio de una acción (implicando peso, fuerza, distancia y tiempo), se la ejerza con o sin una máquina, la relación

---

<sup>16</sup> Uso aquí la traducción francesa de las *Mecánicas* de Galileo que preparan Egidio Festa y Sophie Roux. Les agradezco haber podido consultar el manuscrito.





entre gasto y resultados será siempre la misma. Partiendo de esto ¿cuál puede ser la utilidad de una máquina? La primera utilidad de una máquina será, dice, la de poder transportar cargas que no se puedan dividir. Puesto que si eso fuese posible, entonces el transporte se podría efectuar, incluso con una pequeña fuerza, aunque en varias veces. Dadas cualesquiera resistencia, fuerza y distancia, no hay duda de que la fuerza requerida desplazará la carga a la distancia dada. «En efecto, incluso cuando la fuerza es muy pequeña, si se divide el peso en numerosas partes pequeñas tales que ninguna supere a la fuerza, y si se transporta estas partes una a una, la fuerza finalmente conducirá todo el peso al término previsto». De esta manera, la fuerza ejercida para transportar el peso será siempre la misma.

La segunda utilidad está en relación con el lugar donde se debe hacer el transporte. La máquina permite operaciones en lugares que, de otra manera, serían inaccesibles. Ya se recurra a un simple balde en el extremo de una cuerda, a la polea o a la bomba de succión, la fuerza ejercida será siempre la misma. Pero la bomba, por ejemplo, será más útil que el balde, porque permite secar el fondo de un navío –lo que con el balde no se puede hacer– o acceder al fondo de una bodega, ya que se puede colocar en posición oblicua: estamos, de esta forma, evaluando una máquina en función de su adecuación a unas circunstancias particulares.

Como acabamos de ver en los teatros de máquinas, generalmente se presentan las ventajas de una invención mecánica según este criterio de evaluación. La disposición de las máquinas simples que la componen es el medio para obtener efectos particulares, un equilibrio particular entre los efectos de la palanca, de la polea, del torno, del tornillo..., la modificación de la relación entre fuerza, distancia y tiempo que caracteriza a cada una de las máquinas simples. Estas modificaciones se combinan, a su vez, con aquellas que produce el montaje de máquinas simples propio de la invención propuesta: lo particular de este montaje, que corresponde a lo particular de los efectos pretendidos, es lo que constituye el objeto de evaluación de su utilidad.

La tercera «utilidad de las máquinas» presentada por Galileo es de carácter totalmente distinto: ¿si dejamos de lado esta utilidad relativa a las circunstancias particulares de su uso, cuál es entonces la utilidad de una máquina considerada en términos generales? «La tercera ventaja, quizás la más importante entre las que nos aportan los instrumentos mecánicos, se refiere a lo que mueve cuando nos servimos de una fuerza inanimada, pero de un coste muy inferior al que sería necesario que invirtiera una fuerza humana».

El razonamiento de Galileo es el siguiente: la máquina es útil en tanto



que reemplaza a todo lo que excede el puro ejercicio de una fuerza simple en las operaciones humanas. Por ejemplo, subir el agua de un pozo supone un aprendizaje del cual seres inanimados (el agua) o de una especie inferior al hombre (el caballo) no son capaces, porque no disponen ni del razonamiento ni de los órganos necesarios. Hay que saber lo que es un balde, para qué sirve, cómo hacerlo descender, voltearlo para que se llene, calcular el tiempo que hace falta para que esté lleno; y sólo después se aplicará la fuerza. La máquina reemplaza todas las operaciones que preceden a la aplicación de la fuerza y, por tanto, los saberes, juicios y habilidades que presuponen.

El caballo y la corriente de agua, que no disponen del razonamiento necesario podrán ser utilizados como fuerzas simples, si y solamente si la máquina interviene. La máquina sustituye a lo que es propiamente humano en la acción del hombre, no necesitando recurrir más que al ejercicio de una fuerza simple, sin razón ni juicio. El coste de la operación se reducirá entonces a lo que cueste mantener la fuerza del caballo o la de la caída de agua. Más aún, la utilidad principal de la máquina es la economía del razonamiento (que queda objetivado en el ingenio del dispositivo mecánico) o, dicho de otra manera, «es preciso que el mecánico supla con su ingenio la carencia natural del motor (el agua, el caballo), disponiendo los artificios e inventos de forma tal que con la mera aplicación de su fuerza pueda ejecutar el efecto deseado».

De este modo, la utilidad es esencialmente, según Galileo, la que se resuelve en una economía de costes, del gasto monetario, de acuerdo con la ecuación implícita: coste del trabajo de una fuerza = mantenimiento de esta fuerza y coste del trabajo de un hombre = *mantenimiento* de este hombre (que no es precisamente una fuerza simple de trabajo). Esta formulación, según la cual el artificio suple la falta de juicio del animal, o del agua, es interesante, puesto que creo que es una reinterpretación completamente nueva –no la he encontrado en ninguna parte, ni en las colecciones de máquinas, ni en los tratados de máquinas que he consultado– del principio heredado de la antigüedad, según el cual el arte suple a la naturaleza y actúa como un «más allá de la naturaleza»: en este caso obra más allá de la naturaleza del caballo o del agua y los vuelve utilizables. En cuanto a la insistencia en la idea de que no hay creación de una fuerza artificial «antinatural», ni siquiera «contra las leyes de la naturaleza», contribuye a la constitución de una física conforme a los principios de la mecánica, cuyo principio fundamental es la conservación de las fuerzas compuestas. Desde el punto de vista práctico que nos interesa aquí, hace posible el cálculo del valor monetario producido por la acción de una máquina. A este respecto se sabe que Galileo, cuando proponía este curso de



mecánica en Padua, había sido llamado para llevar a cabo trabajos hidráulicos. Las consideraciones de economía monetaria en la evaluación de los dispositivos mecánicos eran objeto de cálculos muy elaborados –verdaderos cálculos económicos– como testimonia, en 1567, la obra de Giuseppe Ceredi<sup>17</sup> sobre los trabajos hidráulicos.

Para terminar, me parece importante subrayar lo asombroso de estas observaciones de Galileo: dan fe de su capacidad de hacer converger una visión científica de la mecánica con un cálculo económico, dentro de una auténtica teoría del valor de una máquina. Ahora bien, esta convergencia tiene como condición de posibilidad un principio según el cual el gasto de fuerza productiva de un obrero es igual al gasto monetario necesario para su mantenimiento. Este principio permanecerá como fundamento de los razonamientos y cálculos de la economía política.

---

<sup>17</sup> Giuseppe Ceredi, *Tre discorsi sopra il modo d'alzare acque da luoghi bassi, per adacquare terreni, per levar l'acque sorgenti, & piovute dalle campagne, che non possono naturalmente dare loro il decoro, per mandare l'acqua de bere alla Città, che n'hanno bisogno, & per altri simili usi, opera non più stampata*, Parma, Seth Viotti, 1567.



## CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS DE LA MÁQUINA

Referencias explícitas en las leyendas y presentaciones de las figuras. Para poder comparar los casos la cifra indica un porcentaje. Por ejemplo, la referencia a la ingeniosidad aparece en 3 figuras sobre 60 en Besson, o sea, en el 5% de las figuras.

Autor	BESSON	ERRARD	BACHOT	RAMELLI	VERANZIO	BRANCA
Número de planchas	60	24	27	195	49	23
Sutileza, ingeniosidad	5	4,16	7,4	2	6,12	8,5
Ciencia en acción	28,33	37,5		1		13,04
Analogía con otra máquina	18,33	62,5		32,3		
Novedad	100	79,16	37,03	2	14,28	13,04
Facilidad, comodidad	8,33	87,5	11,11	46,15	20,4	48,1
Control de los efectos ad hoc	23,3	33,3	29,6	29,7	36,7	17,4
Economía de fuerzas	<b>88,3</b>	<b>77,8</b>	<b>34,25</b>	<b>73,3</b>	<b>63,2</b>	<b>36,3</b>
Menos hombres	23,33	16,66	3,70	46,66	24,48	13,04
Espacio, lugares formas	10	4,16		5,1		13,04
Economía de tiempo	11,66	11,66	8,33		10,15	10,20
Duración		10			4,10	4,08
Economía monetaria	3,33					
Economía de los efectos - Magnitud relativa	30	45,83	22,22	17,43	24,48	
Potencialidades	<b>70</b>	<b>54,16</b>	<b>18,5</b>	<b>109</b>	<b>34,68</b>	<b>90,47</b>
Ajustable, piezas reemplazables			30			
Multiplicidad de fuerzas aplicables	5			25	10,20	30,47
Multiplicidad de usos, situaciones, operaciones	65	54,16	18,5	54	24,5	60

**Media de las referencias a : economías : 62,18%, a potencialidad : 62,80%**