

Jesús Hallado Arenales

# **Cuando las locomotoras bebían**

Una visión particular de la época del vapor

#### Créditos de fotografías, dibujos y planos

En los pies de las imágenes se incluyen las identificaciones de las fuentes y de los autores; en su caso utilizando las iniciales o acrónimos que se relacionan a continuación, salvo los desconocidos, que en general corresponden a fotos muy antiguas. Cualquier información al respecto de las mismas, sobre su autoría o sobre posibles derechos, que hemos considerado inexistentes o prescritos, será agradecida y tenida en cuenta por el editor y autor del libro.

Archivo de FEVE (AFEVE).

Archivo Histórico Ferroviario del Museo de Ferrocarril de Madrid-Fundación de los Ferrocarriles Españoles (AHF-MFM).

Archivo del Museo del Ferrocarril de Asturias (AMFA).

González Peláez, Juan Antonio (JAGP).

Hallado Arenales, Jesús (JHA).

Hallado Pérez, José Luis (JLHP).

Rolland Lavilleon, Guillermo (GRL).

Sen, Shantanu (SS).

Varela Míguez, José Antonio (JAVM).

Autor: Jesús Hallado Arenales©

Edición: HiFer Editor

Impresión: HiFer Artes Gráficas - [www.hifer.com](http://www.hifer.com)

ISBN: 978-84-17130-51-0

Dep. Legal: AS - 00206 - 2018



[www.elsastredealoslibros.es](http://www.elsastredealoslibros.es)

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, ni su préstamo o alquiler o cualquiera otra forma de cesión de uso del ejemplar, sin permiso previo y por escrito del titular del Copyright.

© El Copyright y todos los demás derechos son propiedad del autor y está debidamente registrado en el Registro General de la Propiedad Intelectual de Asturias.

*A Charo,  
que mantiene encendido el hogar  
en que el agua se transforma.*

*A Sergio, David, Carlos y Jaime,  
nuestro libro itinerario.*

*A mis padres, José Luis y Ascensión,  
que nos enseñaron dónde repostar  
el agua que nunca se acaba.*

*A Daniel, Fernando, Belén y Carlos,  
compañeros magníficos de depósito.*

*Y a mi abuelo Indalecio,  
de cuya mano viví la magia del vapor.*



## Índice general

PRÓLOGO.....	7
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO 1. UN MOTOR DE AGUA.....	13
1.1. Un breve vistazo a la historia.....	13
1.2. Echas agua, echa humo y se mueve.....	17
Precalentamiento del agua.....	23
1.3. Con la cantimplora a cuestas.....	25
CAPÍTULO 2. LAS OPERACIONES DE ABASTECIMIENTO. EL FACTOR HUMANO.....	39
2.1. Labores previas a la salida a la línea.....	39
2.2. En ruta.....	45
2.3. Llegada a destino.....	50
2.4. Desaparecidos, pero no olvidados.....	52
CAPÍTULO 3. LAS INSTALACIONES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	59
3.1. Emplazamiento de las tomas.....	59
Las aguadas rápidas.....	62
3.2. Alimentación en marcha.....	68
3.3. Elementos constitutivos de una instalación.....	74
CAPÍTULO 4. CAPTACIÓN Y TRANSPORTE DEL AGUA.....	81
4.1. Introducción: El suministro de agua.....	81
4.2. Recursos hidráulicos.....	86
Máquinas de condensación.....	88
4.3. Instalaciones de captación y transporte.....	94
Instalaciones de bombeo.....	94
Tubos y conducciones.....	98
Válvulas y accionamientos.....	100
CAPÍTULO 5. INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO.	
5.1. Funcionales y bellos.....	103
5.2. Tipología constructiva de los depósitos de agua.....	103

Altura y capacidad. ....	108
Materiales y estilos. ....	110
Elementos asociados.....	118
5.3. Esquemas resistentes de tanques elevados.....	121
CAPÍTULO 6. INSTALACIONES DE ALIMENTACIÓN. ....	133
6.1. Una cuestión de términos. Clases de tomas. ....	133
6.2. Tomas de agua incorporadas a un depósito. ....	136
6.3. Grúas hidráulicas. ....	140
6.4. Tomas especiales.....	159
CAPÍTULO 7. TRATAMIENTO DEL AGUA. ....	161
7.1. La calidad de las aguas.....	161
7.2. Depuración de las aguas para locomotoras.....	165
Tratamientos externos.....	167
Tratamientos internos. ....	169
Últimos avances en el tratamiento de aguas. ....	173
7.3. Limpieza de las calderas.....	177
CAPÍTULO 8. AYER Y HOY. ....	183
8.1. Arqueología..., arqueología ¿qué? .....	183
8.2. La preservación del patrimonio histórico ferroviario. Aguadas.....	186
8.3. Algunos ejemplos afortunados y otros sin clasificar.....	192
Elementos recuperados con propósito ornamental. ....	192
Elementos recuperados con función ferroviaria. ....	198
Elementos recuperados con funciones ajenas al ferrocarril. ....	204
APÉNDICE. Capacidad de los ténדרes y otras características de algunas locomotoras.....	209
ÍNDICE ALFABÉTICO .....	213
AGRADECIMIENTOS. ....	217
BIBLIOGRAFÍA.....	219

## Prólogo

*El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza.*

Leonardo Da Vinci (1452-1519).

*El vapor fue la forma de energía que impulsó el desarrollo del ferrocarril.*

George Stephenson (1781-1848).

En efecto, tras una serie de máquinas de diversos autores, pero sin ninguna incidencia ferroviaria, Stephenson fue mejorando su primera máquina (“Blucher”) tras su descubrimiento clave: la técnica de la inyección de vapor a base de reorientar este hacia la chimenea a través de un estrecho tubo. Así nació la “Locomotion”, y prosiguiendo con el desarrollo de esta idea, construyó una nueva y, para entonces, revolucionaria locomotora, la “Rocket”, que contaba con una caldera en la que el agua se transformaba en vapor al contacto con 25 tubos de cobre calentados por el fuego del hogar.

Vemos así que el binomio agua-vapor constituye un elemento vital en la locomotora de vapor.

Este libro es un tratado del proceso e interrelación agua-vapor-locomotora, tratado que me atrevo a calificar de único en la variada y amplia literatura ferroviaria, pues es quizá la primera vez que se pormenoriza la necesidad imprescindible del agua en la locomotora.

De aquí la originalidad de este enfoque, la oportunidad de este libro y el acierto del autor, amén de su derroche de conocimientos.

Pero la transformación del agua en vapor supone lógicamente un gasto de la primera que hay que reponer, y de aquí la necesaria instalación a lo largo de la línea de “tomas de agua” o, en el argot ferroviario, grúas hidráulicas. Tema este que también aborda el autor y recoge el libro (ello es el equivalente a las gasolineras en las carreteras).

El nivel de agua fue una de las preocupaciones del personal de conducción (maquinista y fogonero) quienes trataban la locomotora como cosa propia, pues a diferencia de otros sistemas de tracción, en general, cada una de ellas estaba asignada a un solo maquinista o a una sola pareja. De aquí su cuidado incluso en horas fuera de servicio: yo fui testigo, siendo un niño, en Ujo (Asturias), cómo en el depósito de locomotoras de vapor las parejas de conducción acudían los días festivos a abrillantar “los dorados” de los tubos y placas de cobre, a engrasar las bielas, etcétera.

Pero aún hay más, pues también fui testigo de esta relación de amor maquinista-locomotora siendo ya director de la Segunda Zona. En efecto, con motivo de la supresión de la tracción vapor en el Depósito de Madrid Atocha, el Jefe del mismo y antiguo maquinista Faustino García Linares se subió a una de las locomotoras y dijo que se derruyese el Depósito encima de él, pues para él con esta decisión se acababa todo. Costó trabajo convencerle, incorporándose después como conservador del material en el museo ferroviario\*.

Pero no fue un caso único, pues al Depósito de tracción vapor de Ciudad Real hubo que enviar un técnico de la Segunda Zona de Renfe (señor Armenta) varias veces, ya que a cada orden de supresión el Jefe de Depósito la incumplía reanudando la tracción vapor.

Por cierto, este Depósito fue el último en que existió la tracción vapor, quedando suprimida definitivamente el 15 de mayo de 1975.

La supresión oficial de la tracción vapor en Renfe se produjo el 23 de junio de 1975, apagando el entonces Príncipe Juan Carlos la caldera de la locomotora Mikado 141-F-2348, tras lo cual finalizó oficialmente este tipo de tracción tras 127 años (1848-1975) de existencia.

Pero hemos de aclarar que esta supresión afectó solo a Renfe, pues, por ejemplo, en el ferrocarril Ponferrada-Villablino el último tren de viajeros circuló en 1980 y los de mercancías los hicieron hasta 1989.

Pero esta fascinación por la tracción vapor no solamente afectó a los ferroviarios, sino a toda clase de artistas.

Entre los poetas, recordemos a Antonio Machado y su poema El tren:

*El tren camina y camina,  
y la máquina resuella,  
y tose con tos ferina.  
¡Vamos en una centella!*

A Ramón de Campoamor (El tren expreso):

*De pronto atronadora,  
entre un humo que surcan llamaradas,  
despide la feroz locomotora,  
un torrente de notas aflautadas.*

Neruda (Oda a los trenes del sur), Caridad Hernández, García Calvo, etcétera.

---

\*Museo Ferroviario de Madrid, en la antigua estación de Delicias.



También los pintores trataron el asunto, como el impresionista francés Claude Monet (Estación de Saint-Lazare, con máquina de vapor), el paisajista romántico inglés William Turner (Lluvia, vapor y velocidad), Darío Repollos, Kandinsky, Munich, etcétera, etcétera.

Por último, unas palabras sobre el autor: Jesús Hallado es un ingeniero ferroviario enamorado de su profesión y hombre minucioso y riguroso en toda su actividad. No quiero pecar de parcialidad, pues he de confesar que es muy buen amigo mío y que siento admiración por su quehacer diario. Pero ello no es obstáculo para declarar que este libro es un trabajo original y su enfoque es realmente único, y viene a llenar un hueco en la literatura ferroviaria sobre la locomotora de vapor.

Dr. Ing. Emilio Magdalena Carreño

Ex Director General de Renfe

Ex Presidente de Ineco

Ex Miembro del Comité de Gerencia de la UIC



## Introducción

¿Por qué escribir un libro sobre un tema tan específico y minoritario? Hace años estuve trabajando en la línea del antiguo Ferrocarril de La Robla. La progresiva descapitalización de aquella compañía había convertido sus instalaciones en un auténtico museo, decadente, pero aún vivo. De entre los numerosos vestigios de los primeros y gloriosos tiempos de este mítico ferrocarril, los depósitos de agua atrajeron mi atención de una manera especial, por la variedad y, en muchos casos, originalidad de sus diseños.

Poco a poco fui recabando información sobre las instalaciones dedicadas al suministro de agua a las locomotoras de vapor. Al ir descubriendo datos que desconocía, el interés fue acrecentándose, y la curiosidad inicial de la labor indagadora se convirtió en un divertimento. Progresivamente amplí el ámbito de búsqueda y acabé alcanzando la convicción de que un tema como este, sobre el que no existía ninguna publicación específica conocida, bien merecía la dedicación de un libro que pusiera al alcance de los aficionados, y de cualquier otro interesado en estas cuestiones, lo que iba recopilando. Si una materia como ésta me había cautivado como para dedicar mucho de mi escaso tiempo libre a lo largo de unos años, bien podría interesar a otros. Además, sentía el peso de la deuda generada por el beneficio obtenido durante años de las aportaciones de múltiples especialistas y aficionados en publicaciones impresas, blogs de Internet y charlas sobre historia ferroviaria y modelismo.

Un tercer motivo me ha impulsado a la elaboración de este trabajo: la preservación de un patrimonio ferroviario en riesgo. Mi contacto profesional con las viejas instalaciones de diversos ferrocarriles, además de abrirme las puertas a un mejor conocimiento de su historia y acercarme a la sugerente belleza de los diseños del pasado, me ha puesto también en contacto con el riesgo de su desaparición, que a veces se ha materializado de manera silenciosa, y que de modo continuo ha ido diezmando los activos históricos, cuando muchas veces hubiera sido factible una alternativa menos agresiva con este preciado legado. Aprendí buenas lecciones al respecto y procuré ponerlas en práctica cuando tuve ocasión, que en materia de depósitos y grúas hidráulicas algunas tuve.

El contenido expositivo de este libro está desarrollado en clave divulgadora para quienes se introducen por primera vez en este mundo del ferrocarril de antaño; pero a la vez intenta ofrecer a los iniciados una visión atípica del mismo, en la que pueden encontrar curiosidades, anécdotas y otras informaciones

novedosas. Al tratarse de una organización metódica de los contenidos, se alternan cuestiones más o menos conocidas con otras que no lo son tanto. Este espíritu sistémico en el tratamiento de la información me ha llevado a clasificar las variedades tipológicas de algunos elementos (instalaciones, tratamientos...). Con ello he pretendido mostrar ordenadamente su diversidad, facilitando claves sencillas para comprender las razones tecnológicas de tal variedad.

Uno es el hilo conductor de todo el libro: el agua. Más en concreto: el agua en estado líquido. El imaginario recorrido de una gota de agua, desde que es capturada y almacenada, hasta que pasa al estado de vapor en la caldera de una locomotora, ofrece una perspectiva original desde la que se realiza un visionado de múltiples escenas de una época del ferrocarril ya pasada. Esta es la segunda aportación que he pretendido llevar a cabo con este documento. El subtítulo del libro se refiere a esta idea.

Elaborar el libro no ha sido fácil. En varios de los temas tratados la información de partida se encuentra sumamente dispersa. Hay aspectos sobre los que no he hallado referencias bibliográficas o de archivo más que parciales. La labor de consulta e investigación ha resultado por ello prolongada, y en algunas ocasiones ha sido preciso recurrir al método inductivo o al deductivo, a un ejercicio malabar de síntesis o a una combinación de unos y otros para poder formular una visión suficientemente completa de un concepto o materia. Y ha sido necesario establecer un punto final, pues en esta vida todo proyecto que merezca la pena debe concluirse y en un tiempo razonable, so pena de convertirse en un itinerario inacabable y obsesivo. En definitiva, este trabajo ni constituye un tratado ni lo pretende. Ante todo se trata, como dije al comienzo, de un divertimento. Lo ha sido para el autor y espero que lo sea para otras personas.

Por estas razones me ha parecido conveniente limitar el contenido textual, a pesar de la amplitud del material estudiado. Es bien sabido que una tesis doctoral se escribe para alcanzar el grado que permita acceder a un determinado currículo docente, así como que únicamente es leída –casi siempre– por el doctorando y, en ocasiones, por su director de tesis (confío en la benevolencia de mis amigos doctores ante esta pequeña e impertinente exageración). Por el contrario, la vocación que inspira este trabajo es la de facilitar una lectura lo más amena posible a quienes deseen ir más allá de “ver los santos”. Si así les resulta a unos pocos lectores, daré por bien empleado el esfuerzo.

J. H. A.

## Capítulo 1

### UN MOTOR DE AGUA

*El vapor es el alma del agua, hermano mío,/ así como sonrisa del agua es el rocío,/ y el lago sus miradas y su pensar la fuente;/ sus lágrimas la lluvia; su impaciencia el torrente,/ y los ríos sus brazos; su cuerpo, la llanada/ sin coto de los mares, y las olas, sus senos;/ su frente, las nevetras de los montes serenos,/ y sus cabellos de oro líquido, la cascada.*

Amado Nervo<sup>1</sup>. El vapor (fragmento, 1901).

#### 1.1. Un breve vistazo a la historia.

En tiempos que no dejaron rastro testimonial, el hombre descubrió el poder del agua en movimiento, su fuerza. Podemos imaginarnos las maneras como estudiaría tan extraordinario potencial con el fin de desentrañar sus secretos y aprender la forma de utilizarlos para su provecho.

La noria, los molinos de agua –de río o de marea- y otros artilugios le permitieron aprovechar la fuerza de las corrientes de agua para generar trabajo, impulsando mecanismos o elevando volúmenes de agua a cotas superiores. La aparición de la electricidad en la vida cotidiana en los usos doméstico e industrial fue posible, entre otros factores, gracias a los saltos hidroeléctricos. En ellos, la energía potencial del agua que se vierte desde una determinada altura sobre una turbina se transforma en energía eléctrica al mover un alternador. Bajo esta forma de energía eléctrica somos capaces de darle multitud de utilizaciones, incluso de acumularla.



Fig. 1. El hombre y el agua. Orbaneja del Castillo, Burgos (JHA, 16-8-2015).

<sup>1</sup> Juan Crisóstomo Ruiz de Nervo y Ordaz, de seudónimo literario Amado Nervo (Tepic, México, 1870 - Montevideo, Uruguay, 1919). El vapor junto con Las voces del agua, del que un fragmento inicia el capítulo 7, forman parte del poema La hermana agua .



Fig. 2. Saltos de agua en Orbaneja del Castillo (JHA, 16-8-2015).



Fig. 3. Modelo de la Aelópila de Herón. Museo de Historia de la Automoción de Salamanca (JHA, 11-7-2017).

Pero mucho antes de que esto ocurriera, el hombre encontró una manera de obtener del agua la capacidad de producir una gran cantidad de trabajo. Comprobó que el vapor que emitía una masa de agua al calentarse se expandía por el aire a una cierta velocidad. Si se coartaba convenientemente el camino por el que el vapor se liberaba a la atmósfera, su flujo era capaz de llevar a cabo un trabajo. Naturalmente ello se debía a que el volumen ocupado por el agua en estado vapor es considerablemente superior al que posee previamente en estado líquido.

La primera noticia que poseemos de tal descubrimiento se la debemos a los historiadores griegos. Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XVII que se desarrollaron las primeras máquinas verdaderamente capaces de aprovechar la fuerza del vapor, dotándolas de un pistón. El invento se mejoró notablemente en el siglo XVIII, consiguiendo rendimientos suficientemente interesantes como para pensar en su aplicación práctica. La máquina de Watt, junto con los sucesivos ingenios que fue incorporándole, constituye el hito clave de esa época. Su creación sería fundamental en el desarrollo de las aplicaciones de la máquina de vapor en la minería, la industria, la navegación marítima y, finalmente, el ferrocarril.

Parece justo atribuir a Richard Trevithick el mérito de haber dotado de movimiento a la máquina de vapor. Lo que hasta entonces era un motor estático, capaz de bombear agua o de mover artillu-

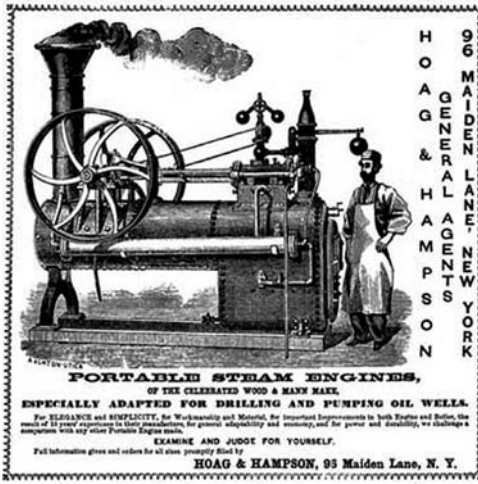


Fig. 4. Anuncio publicitario de máquina de vapor portátil de una empresa neoyorquina.



Fig. 5. Locomóvil de vapor de Marshall Sons & C<sup>o</sup>. Ld. Museo del Vino de Briones, La Rioja. (JHA, 12-7-2013).

gios diversos, como maquinaria en un taller, vagonetas en una mina o la hélice de un barco, pasaba a ser un motor en movimiento, abriendo una puerta a un mundo con consecuencias quizá intuitas, pero posiblemente insospechadas en la magnitud de sus implicaciones.

Tras la mejora de la tecnología de fabricación de carriles, y de la mano de George Stephenson, llegó finalmente el éxito comercial de la locomotora de vapor, iniciando con ello una nueva época en el transporte por tierra y un impulso decisivo en el avance de la industria, el comercio y la movilidad en todos los órdenes.



Fig. 6. Retrato al óleo de Richard Trevithick, pintado por John Linell en 1816.

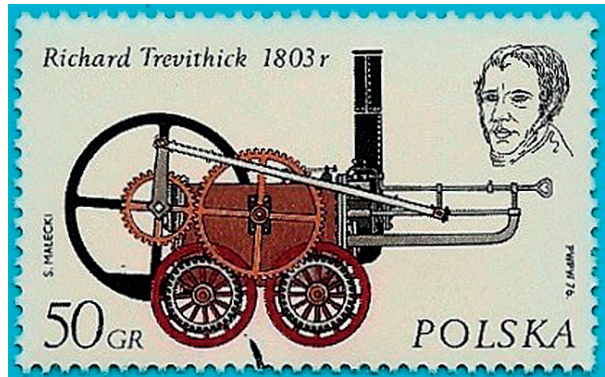


Fig. 7. La primera locomotora (Trevithick, 1803).



*Fig. 8. George Stephenson, un ejemplo de cómo es posible contribuir con éxito a cambiar el mundo a pesar de no haber aprendido a leer hasta los 18 años.*

### **Hitos en la evolución de las máquinas de vapor hasta llegar a la locomotora**

**s.II a.C.** Heron de Alejandría fabrica una turbina de vapor, la Aelópila de Heron, sin aplicación práctica conocida.

**1690** Denis Papin (Chitenay, Francia, 1647-1714) publica un ensayo sobre “la primera” máquina atmosférica de vapor. En 1680 había inventado la que se denominó “olla Papin”, precursora de las ollas a presión.

**1698** Thomas Savery (Shilstone, Inglaterra, 1650-1715), ingeniero militar, patentó un dispositivo para bombear agua fuera de las minas mediante presión de vapor. Posteriormente construiría otros motores de vapor con aplicaciones prácticas. Ese año se unió con Thomas Newcomen (Dartmouth, Inglaterra, 1663-1729) para desarrollar un motor de vapor dotado de pistón.

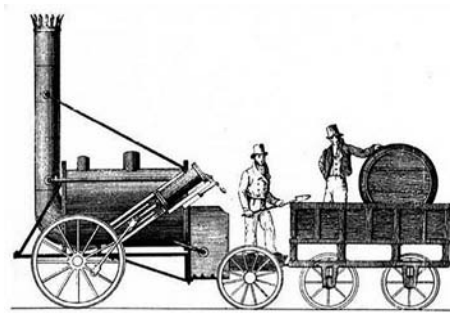
**1705** Thomas Newcomen (Dartmouth, Inglaterra, 1663-1729), junto con John Calley (Dartmouth, 1663-Austhorpe, 1717), crea un motor de vapor a presión atmosférica y vapor a baja presión, utilizado en diversos países de Europa para bombear agua, que perfeccionaría posteriormente.

**1769** James Watt (Greenock, Escocia, 1736-Birmingham, 1819) patenta “A new invented method of lessening the consumption of steam and fuel in fire engines”. Se trataba de un condensador de vapor que aumentó notablemente la eficacia del motor de Newcomen.

**1781** Watt inventa el motor rotativo.



- 1782** Watt inventa el motor de doble efecto, mediante el cual el vapor se distribuye a uno y otro lado del cilindro.
- 1804** Richard Trevithick (Tregajorran, 1771-Dartford, 1833) hace móvil la máquina de vapor. Aparece la primera locomotora. Carecía de pestañas en las ruedas y rodaba sobre carriles lisos de hierro fundido.
- 1814** George Stephenson (Wylam, 1781-Tapton House, Chesterfield, 1848) construye su primera locomotora de vapor: la Blucher.
- 1827** Marc Seguin (Annonay, Francia, 1786-1875) patenta una mejora sobre una locomotora de Stephenson, construyendo la primera caldera de tubos horizontales. El año anterior, James Neville había construido la primera caldera multitubular, con tubos verticales, pero sin llegar a darle aplicación.
- 1829** George Stephenson gana el concurso de Rainhill con la locomotora *The Rocket* (El Cohete), en cuya caldera utiliza, a propuesta de Henry Booth, la solución tubular ideada por Seguin. La locomotora de vapor estaba definitivamente servida.



*Fig. 9. La Rocket de Stephenson (1829).*

### 1.2. Echas agua, echa humo y se mueve.

A diferencia de otras máquinas que también utilizan el agua para realizar un trabajo, ya sea empleándola directamente en fase líquida, ya sea transformándola previamente en vapor, las locomotoras y los locomóviles necesitaban –necesitan– acarrear con ellos el agua precisa para su funcionamiento. Dicho de otra manera, no se ubican en el mismo lugar por el que el agua pasa o en el que se almacena en cantidad amplia.

Esta condición obliga a disponer un depósito o tanque en la misma máquina o en un vehículo o tender habilitado ex profeso.

Movámonos nosotros también y realicemos un hipotético viaje de acompañamiento a una gota de agua en su recorrido desde que entra en el conjunto formado por locomotora y tender, hasta que abandona el estado líquido para transformarse en vapor.



*Fig. 10. Tapa de llenado de tanque lateral. Locomotora 030T "Reyerta". Una Krauss de 1913 para vía métrica, que perteneció a Nueva Montaña Quijano. Puente Viesgo, Cantabria (JHA, 19-7-2015).*

El llenado del tanque se efectúa en los puntos distribuidos a tal propósito a lo largo de la línea. En algunos casos, en la boca de carga del tanque se cuenta con un colador para el filtrado de hojas, ramas y otros sólidos de cierto tamaño que pueden provenir de los depósitos de suministro.

Ya en el interior del tanque, observamos que no se trata de un espacio diáfano, sino que se encuentra atravesado por una estructura de chapas que lo recorren en sentido longitudinal y transversal a modo de paredes laterales. Se trata de

mamparas o paraolas, cuyo cometido es impedir que la masa de líquido se comporte como un bloque que, por efecto de la inercia, desplace de manera peligrosa su centro de gravedad como consecuencia del movimiento del vehículo. En efecto, las aceleraciones en el sentido de la marcha y en sentido transversal, producidas éstas tanto por la circulación siguiendo las alineaciones curvas del trazado como derivadas del movimiento de lazo y del cabeceo de los vehículos, pueden llegar a provocar –en el caso de tratarse de un depósito sin compartimentos y parcialmente lleno– un descentramiento del centro de masas del agua suficiente como para alcanzar una situación de inestabilidad y, con ello, ocasionar el descarrilamiento o, incluso, el vuelco del vehículo.

Recalamos lo de parcialmente lleno, porque si bien es factible transportar líquidos en cisternas o depósitos sin compartimentos siempre que circulen llenos, los tanques de las locomotoras y tenders, por evidentes razones ligadas a la esencia de su funcionamiento, debemos considerar siempre la situación de llenado parcial<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Resulta significativa una anécdota del célebre ingeniero argentino Dante Porta. Unos socios del Ferrocarril Argentino pretendían formar un tren de vapor incluyendo un antiguo vagón tanque de

Otra peculiaridad que hemos podido encontrarnos en esta primera etapa de nuestro imaginario periplo es la existencia de un pequeño depósito con un dosificador, generalmente ubicado en la parte superior trasera del tender, que proporciona un aditivo que acomoda las condiciones del agua para un mejor comportamiento posterior en la caldera. Si no lo hemos encontrado, quizá lo hagamos cuando nos aproximemos a la propia caldera. Pero ya hablaremos de ello en otro lugar, cuando nos refiramos a la calidad del agua.



Fig. 11. Inyector de locomotora-tender 020. Una Couillet de 1882 que prestó servicio en Minas de Barruelo (vía de 550 mm). Museo de Ferrocarril de Madrid (JHA, 1-12-2016).

El agua es conducida del tender a la locomotora por unos tubos de cobre que, en la unión de ambos vehículos, se conectan mediante un tubo de caucho que cumple una función de rótula. En estos tubos hay unas válvulas de toma de agua y cuentan con un filtro provisto de agujeros finos que realiza una nueva operación de filtrado de partículas suspendidas o arrastradas por el agua.

Llegó la hora. Hemos de pasar a la caldera. La cosa no es inmediata. La presión en la caldera es superior a la que hay dentro del tanque. Necesitamos ayuda. Para vencer esta barrera, en los primeros tiempos se utilizaban de manera exclusiva bombas accionadas por el propio vapor generado en la locomotora. Esto comportaba unas limitaciones en el funcionamiento del sistema, porque no se disponía en todo momento de capacidad de bombeo<sup>3</sup>.

---

transporte de vino como tender auxiliar. Porta les indicó que no podían hacerlo, puesto que, al no disponer de paraolas el citado tanque, corría peligro de descarrilar, ya que al ir consumiéndose el agua, se originaba una superficie libre en el líquido.

3 En ocasiones, cuando el tiempo de permanencia en la estación era prolongado, era necesario



Fig. 12. Inyector y tubería de alimentación de locomotora 020-0231 de Renfe, anteriormente de MZA, fabricada en 1885 por Couillet. Museo de Ferrocarril de Madrid (JHA, 1-12-2016).

La solución tardó en llegar. Fue a partir de 1858, con la utilización de los inyectores. Estos fueron inventados por el ingeniero francés Henri Giffard, a quien también se debe la invención del dirigible, y que además fueron utilizados en otras máquinas de vapor, como las de los barcos.

El principio de funcionamiento es sencillo: se hace pasar por un tubo una corriente de vapor a alta presión procedente de la caldera y, tras salir por una boquilla, desemboca en una cámara a la que llega agua procedente de los tanques de almacenamiento. Allí, el vapor se mezcla con el agua, arrastrándola por efecto Venturi, e imprimiéndola velocidad como consecuencia de la energía cinética con la que llega. Esta energía se transforma en potencial, con la que el agua es capaz de vencer la elevada presión de la caldera y acceder a la misma. Además, se produce una transmisión de calor del vapor al agua fría, consiguiéndose un precalentamiento de ésta, la condensación de aquel y la mezcla de ambos.

La ausencia de motores y mecanismos hace que los inyectores apenas sufran averías. En todo caso, era frecuente la disposición en paralelo de bombas de alimentación y, más comúnmente, la utilización de dos inyectores, uno de ellos de reserva o como refuerzo cuando se necesitaba elevar rápidamente el nivel de

---

tener la máquina en movimiento para mantener la entrada de agua en la caldera. En algunas fue preciso habilitar vías específicamente para este fin. Sin duda, tener una locomotora circulando hacia delante y hacia atrás comportaba no solo un engorro, sino un riesgo adicional de accidente en un lugar tan particular como una estación de ferrocarril.

agua en la caldera. Una válvula de retención impide que el agua retroceda por el tubo de alimentación cuando ésta cesa. También se cuenta con una llave de paso cerca de la entrada a la caldera para poder limpiar la válvula de retención o desarmar el inyector.

Para evitar el choque térmico que se produciría en chapas y tubos con la llegada del agua fría procedente del tender, la tubería de alimentación desemboca con frecuencia en la caldera en un punto intermedio entre el domo y la caja de humos, donde la temperatura es relativamente baja y el agua que llega ha ido calentándose gradualmente a lo largo del recorrido. Además, en ese punto se produce una decantación de impurezas que lleva el agua, las cuales precipitan en un lugar donde resulta más fácil extraer los depósitos acumulados<sup>4</sup>.



*Fig. 13. Detalle de domo, válvula y silbato (JHA, 1-12-2016).*

Ya en la caldera, el contacto con los tubos que discurren entre el hogar y la caja de humos, así como con el resto de las paredes metálicas que confinan la cámara de agua o espacio al que accede el agua, la van calentando hasta el punto de ebullición, pasando de esta manera a la fase vapor. No vamos acompañar al vapor en su recorrido, pues este viaje se queda en la fase líquida del agua. No obstante, adelantaremos que el vapor, en determinadas circunstancias, llega a arrastrar partículas de agua, sobre todo en las locomotoras que no utilizaban la

<sup>4</sup> Además de impurezas, el agua de alimentación que llega desde el tender lleva disuelto aire. Este aire puede llegar a provocar corrosiones en la parte inferior de la caldera. Para prevenirlo, en algunas locomotoras el agua de alimentación no se lleva a la fase líquida de la zona central de la caldera, sino a la zona de vapor.

técnica del vapor recalentado, provocando problemas a los que nos referiremos en el capítulo 7.

También pueden llegar a producirse condensaciones indeseables en lugares peligrosos, como los cilindros, en los que, de ocurrir, la incompresibilidad del agua puede ocasionar averías graves. Por ello, se instalan válvulas de seguridad en el fondo (caso de distribución cilíndrica, pues en la de corredera plana esta agua se puede llevar al escape). Aún así, en determinadas circunstancias (detenciones prolongadas) se acumula más agua de lo normal. Para resolver estas situaciones se instalan purgadores en los extremos y en la parte inferior del cilindro, que el maquinista puede accionar desde la cabina. Pero, así mismo, podemos encontrarnos con procesos de condensación provocados deliberadamente, como veremos más adelante al hablar de la reutilización del agua del vapor de escape.

Finalmente, una parte del agua caliente de la caldera no llega a alcanzar la fase gaseosa, pues la utilización de válvulas de purga ocasiona la expulsión periódica de un cierto volumen de líquido para atenuar la concentración de sales en disolución.

Desde el punto de vista físico, la termodinámica lo explica así. Tomemos como referencia el diagrama Presión-Volumen<sup>5</sup> o diagrama de Clapeyron<sup>6</sup> (figura 14). El agua del tanque se encuentra en “1”, a presión atmosférica: La bomba de alimentación incrementa la presión del líquido para introducirlo en la caldera hasta igualarla a la existente en ésta. Estamos en el punto “2”. Allí comienza a calentarse. Se satura (momento de intersección de la línea con la curva o campana de cambio de fase) y entra en ebullición hasta llegar a “3”, en que el agua ha pasado a la fase de vapor. En este punto sale hacia los cilindros, produciéndose en ellos simultáneamente un aumento de volumen (expansión)

---

5 El diagrama P-V muestra las regiones con los diferentes estados o fases del en este caso- agua, incluyendo la fase líquida, de vapor, gaseosa (se diferencia de la de vapor en que la temperatura es superior a la denominada temperatura crítica, por encima de la cual el vapor no condensa) y de saturación (no incluimos la fase sólida para no complicar el modelo). En esta última, delimitada por la denominada curva o campana de saturación, hay una mezcla de vapor y líquido; es la región que se atraviesa durante el cambio de fase líquida a vapor y viceversa. Por ello, a esa curva también se la conoce como campana de cambio de fase.

6 Clapeyron, Benoit Paul Émile (París, 1799-1864). Destacado físico que realizó importantes contribuciones a la teoría de la elasticidad y, sobre todo, a la termodinámica. Pero también fue un notable ingeniero ferroviario. Supervisó la construcción de la línea París-Versalles, una de las primeras en su país. Proyectó locomotoras de vapor; y cabe comentar que Stephenson encontró demasiado difíciles sus diseños. También se dedicó al diseño de puentes metálicos, tecnología que por entonces se encontraba despuntando. Fue catedrático en la escuela de Trabajos Públicos de San Petersburgo y profesor de la célebre École des Ponts et Chaussées, así como miembro de la Academia de las Ciencias de París.

y una reducción de la presión hasta llegar a “4”, en que el vapor se libera a la atmósfera tras haber llevado a cabo un trabajo. Ya en el exterior, el vapor se condensará y enfriará hasta la temperatura ambiente.

Este itinerario que hemos descrito de forma somera, tiene algunas variantes. Probablemente las más interesantes sean las derivadas del precalentamiento del agua antes de su introducción en la caldera, que veremos a continuación, y las de las espectaculares máquinas de condensación de las que hablaremos en el capítulo 4.

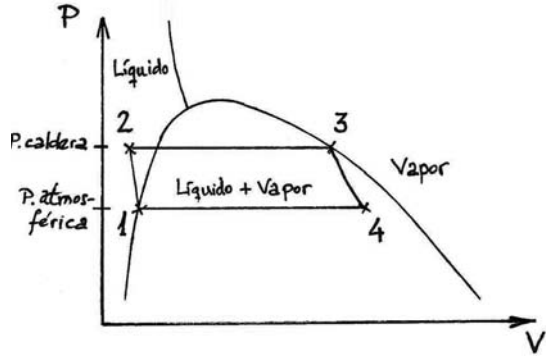


Fig. 14. Diagrama Presión-Volumen de Clapeyron.

### ***Precalentamiento del agua.***

Aparte de la cuestión arriba comentada en relación con el choque térmico, desde los orígenes de la locomotora de vapor se estuvo dando vueltas a la de que si el agua llega fría, a temperatura ambiente, a la caldera, es preciso emplear una cierta cantidad de energía calorífica para elevar su temperatura hasta el punto de ebullición; energía que será muy superior a la necesaria si ya llega a la caldera a una temperatura más alta. La idea era lograr una economía de combustible<sup>7</sup>. Conscientes de ello, en los primeros tiempos del Ferrocarril se llegó en algunos casos a calentar el agua en los puntos de suministro (ver el apartado 3.3). Sin embargo, las técnicas de precalentamiento se desarrollaron generalmente mediante soluciones a bordo.

Esta concepción se puso en práctica en 1852 en Hannover, acondicionando los ténדרes para realizar en ellos la transferencia de calor mediante la condensación del vapor captado a la salida de los cilindros. La técnica se aplicó después de una manera más sencilla en locomotoras ténדר, aunque con resultados re-

<sup>7</sup> Piénsese que la cantidad de energía necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un litro de agua es de 1 caloría. La combustión de 1 kilogramo de carbón de una calidad media permite obtener unas 7.500 cal que, considerando un rendimiento en la producción de vapor de un 70%, nos deja con 5250 cal útiles. Esto supone que se precisan 0,00019 kg de carbón para elevar 1°C la temperatura de 1 litro de agua. Y viceversa, tal puede llegar a ser igualmente el ahorro en carbón por cada litro de agua que llegue 1°C más caliente a la caldera.

gulares, pues el agua alcanzaba temperaturas excesivas para el correcto funcionamiento de las bombas de alimentación de la época.



*Fig. 15. Ayer y hoy. Locomotora ténder 020 en la bilbaína estación de La Concordia frente a un moderno automotor de la serie 2700 (JHA, 19-4-2011).*

Básicamente hay dos maneras de calentar el agua de alimentación: aprovechando el excedente de vapor producido durante las paradas y en las pendientes y empleando parte del vapor de escape. El segundo método tiene la evidente ventaja de que se dispone de un caudal prácticamente ininterrumpido y abundante. Sin embargo, presenta el serio inconveniente de llevar aceites en suspensión, sumamente perjudiciales para la conservación de la caldera (ver en el capítulo 7).

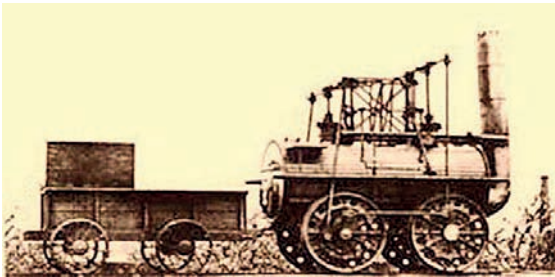
El remedio se demoró bastante tiempo, y llegó por dos caminos. El primero consistía en hacer circular el vapor de escape por tubos metálicos –“recuperadores”– en contacto con el agua del ténder, a la que transmite su calor evitando la mezcla. El segundo método consiste en hacer pasar el vapor de escape por un separador de aceite, mezclándolo después con el agua de alimentación, en la que se condensa. Este segundo procedimiento supone adicionalmente un aho-



ro de agua, que puede llegar a ser de un orden de magnitud similar al ahorro de combustible producido<sup>8</sup>.

Posiblemente la solución de mayor éxito fue el sistema Franco Crosti, desarrollada por los italianos Atilio Franco y Piero Crosti. Idearon una manera de aprovechar el calor de los gases de combustión, que llegaban a la caja de humos a una temperatura de unos 300° C. El sistema consiste en conducir hacia atrás esos gases, haciéndolos pasar por uno o dos intercambiadores de calor de forma cilíndrica, en los cuales transferían energía calorífica al agua procedente del ténder. Seguidamente, los gases salían a la atmósfera ayudados por la fuerza impelente del vapor de escape, igualmente conducido hacia atrás por medio de tuberías dispuestas a lo largo del bastidor. Estos intercambiadores o calentadores y los tubos asociados, junto con la disposición de las dos chimeneas laterales hacia el centro de la longitud de la caldera, conferían a estas locomotoras una fisonomía muy particular. El rendimiento de esta solución mejoraba notablemente el de una máquina convencional. Este sistema se utilizó en Italia, pero también en países como Alemania Occidental y Gran Bretaña. Se considera que la primera locomotora Franco Crosti fue una singular máquina articulada belga de 1932. No obstante las mejoras introducidas, las mayores dificultades de mantenimiento impidieron una mayor extensión de esta solución.

### 1.3. Con la cantimplora a cuestas.



*Fig. 16. El ténder de la Locomotion (1821) de Stephenson es un buen ejemplo del sencillo vagón de aprovisionamiento de las primeras locomotoras.*

incremento de longitud de los recorridos, se fue aumentando la capacidad de los aljibes de las máquinas para elevar su autonomía, pero fue preciso, además, disponer tomas para reponer agua a lo largo del recorrido. Surgen los depósitos de agua y las grúas hidráulicas, y el ferrocarril empieza a conjugar el verbo hacer aguada.

Al poner ruedas a la máquina de vapor, era preciso que ésta acarrase consigo el combustible y el agua que necesitaba para funcionar. Las primeras locomotoras transportaban el combustible en una caja y el agua en barriles o recipientes similares a éstos. Con el paulatino

<sup>8</sup> El ahorro de agua que puede alcanzarse con un calentador Worthington es de entre un 12 y un 14% (Lamalle y Legein, 1928).

Pronto aparecieron locomotoras que acarreaban en un vehículo auxiliar, el ténder, la dotación de agua y combustible. Como bien sabemos, esta solución ha coexistido hasta nuestros días con la originaria de las locomotoras-ténder, conservando cada una las ventajas que ofrece en función de los servicios que presta.



*Fig. 17. Locomotora 020ST con tanque de albarda. Tranvía de Santuyano a Caba aquina. Museo del Ferrocarril de Asturias (JHA, 26-10-2016).*

Las locomotoras-ténder resultan útiles en los servicios de maniobras y en recorridos relativamente cortos en línea; en servicios que no requieren desarrollar grandes potencias y para los que resulta fácil la operación de avituallamiento. En estas máquinas se evita tener que arrastrar el peso muerto del ténder, y la carga de agua favorece el disponer de un mayor peso adherente y, con ello, la posibilidad de conseguir un mayor esfuerzo de arrastre que, evidentemente, va mermando conforme se va reduciendo el volumen de agua de los tanques. Para evitar los efectos negativos derivados de un desplazamiento del centro de masas de las locomotoras-ténder cuando desciende el nivel de agua en los tanques, éstos se pueden disponer con el centro de gravedad del agua en la vertical del centro de gravedad de la locomotora, con disposición simétrica y comunicados entre sí. Otra ventaja de estas locomotoras es que poseen mayor visión de las operaciones de enganche y desenganche por la parte posterior, así como para el avance marcha atrás.



Fig. 18. Locomotora-ténder de tanques laterales. Museo de Ferrocarril de Madrid (JHA, 1-12-2016).

Para aprovechar las ventajas de este tipo de máquinas, algunas locomotoras con ténder que habían quedado obsoletas como locomotoras de línea, se transformaron en locomotoras ténder dotándolas de tanques de agua y caja para el combustible y eliminando el ténder. Incrementaban así el peso adherente y evitaban el peso improductivo. Esta transformación se conoce como “tenderización”, y no es un proceso muy habitual, aunque tenemos algún ejemplo doméstico, como la 120-0202 de Renfe, antigua 178 de MZA y originariamente nº 25 de la Compañía de los Ferrocarriles de Tarragona a Barcelona y Francia, construida en 1877 por Sharp Stewart & Co, tenderizada en 1901 y felizmente restaurada en 2012.

La disposición del o de los depósitos o tanques de agua en una locomotora-ténder ha presentado varias soluciones según épocas y fabricantes, sin que resulte sencillo establecer criterios unánimes de preferencia, en cuanto a las

La disposición del o de los depósitos o tanques de agua en una locomotora-ténder ha presentado varias soluciones según épocas y fabricantes, sin que resulte sencillo establecer criterios unánimes de preferencia, en cuanto a las



Fig. 19. Locomotora de tanques laterales 030-0224 de Renfe, originaria de Oeste y fabricada por Couillet en 1895. Durante muchos años estuvo apartada en el cocherón de Alar del Rey. Ahora reposa en la Avenida Pío XII de Madrid (JHA, 21-6-2016).

ventajas e inconvenientes que presenta cada alternativa, con la salvedad de la mayor proporción de las locomotoras de tanques laterales. Probablemente sea Gran Bretaña el país en el que se ha dado la mayor variedad de disposiciones. No es extraño, pues, que las denominaciones sajonas de los distintos tipos sean las más abundantes en la literatura técnica, asociadas en su mayoría a la notación White.

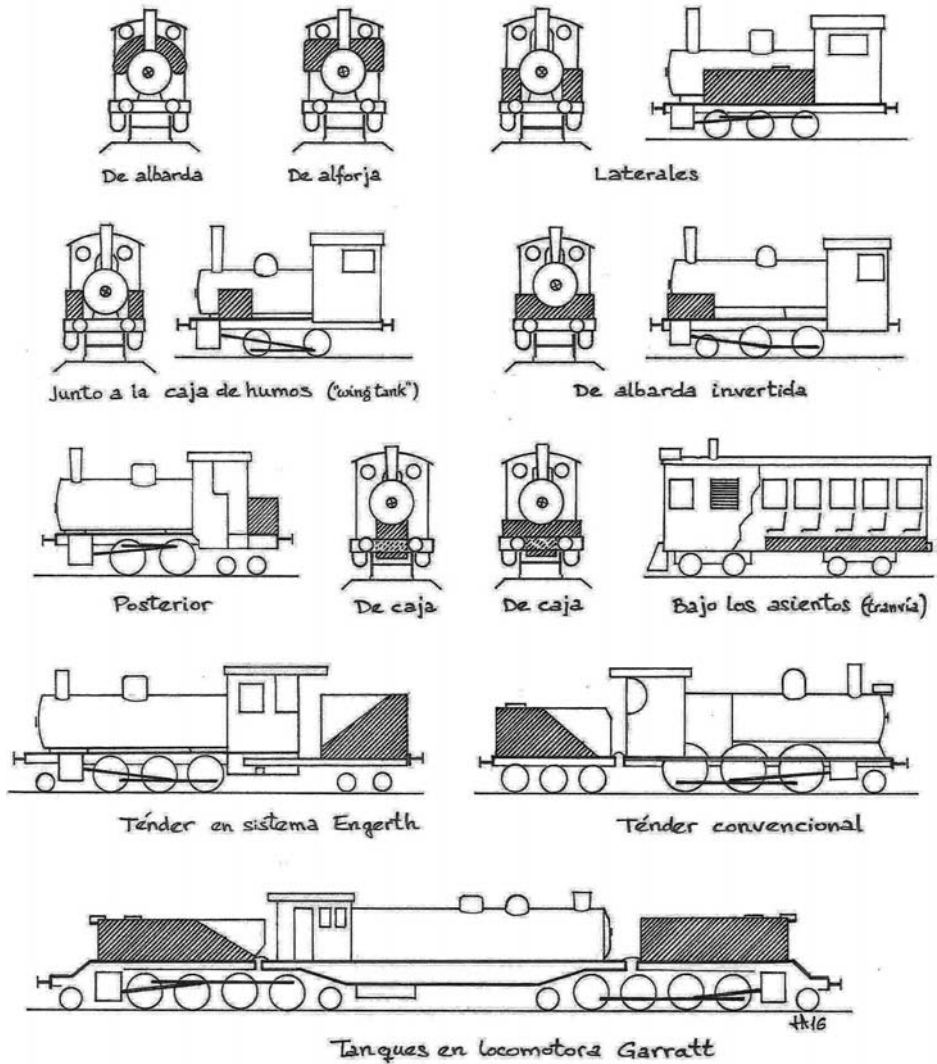


Fig. 20. Soluciones de ubicación para tanques de agua de locomotoras (JHA).