

JESÚS LLANEZA DÍAZ

Resumen histórico de la evolución de las lámparas de seguridad



Introducción

La minería del carbón se desarrolló de forma industrial en casi todo el mundo a partir de los primeros años del siglo XIX, y los métodos de iluminación variaban según las circunstancias, siendo todos ellos en aquellos tiempos muy primitivos; y en la presencia del gas grisú, muy peligrosos. En los tajos libres de este gas inflamable, el problema de la iluminación se simplificaba ya que no había peligro de explosión. Hasta la aparición de las lámparas de seguridad de llama protegida se emplearon todo tipo de lámparas de llama libre: velas y lámparas de aceite, con las que los mineros trabajaban bajo la constante amenaza de las explosiones del grisú, que eran muy frecuentes causando muchas víctimas mortales.

Notas históricas. Lámparas de seguridad de llama protegida

Siglo XVI. La primera fuente de iluminación relativamente segura empleada en las minas de carbón fue la luz fosforescente del pescado seco en descomposición.

Jesús Llaneza Díaz es Director General de la Fundación Emilio Barbón

El 27 de febrero de 1684 Edward Wyndus, (GB) patentó con el número 232 una lámpara que describió como.....*para el gran y duradero incremento de la luz por medio de cristales y lámparas.....para la...dispersión de la luz en las minas*. No se conoce su uso como medio de iluminación en las minas, ni que tuviera en cuenta la presencia del grisú.

Entre 1730 a 1750 Carlyle Spedding (1695-8 de agosto de 1755) introdujo en la mina de Whitehaven, Durham, UK, un dispositivo que había empezado a diseñar en 1733 para iluminar las galerías, que se conoce como la *rueda de Spedding (flint mill o steel mill)*. Su poder lumínico era muy pobre, necesitaba un minero auxiliar para su manejo, generalmente un niño, y muy peligrosa en presencia del grisú. Las *ruedas de Spedding* se emplearon hasta la introducción de las lámparas Clanny, Davy y Stephenson.

En1796, Klinger, de Breslau, Prusia, (actualmente Wroclaw, Polonia), inventó una lámpara, siguiendo los diseños de Alexander von Humboldt. No hay constancia de su uso en las minas.

En 1799 Alexander von Humboldt, (Berlín, Alemania, 14 de septiembre de 1769 - 6 de mayo de 1859) publicó su obra *Über die unterirdischen Gasarten und die Mittel ihren Nachtheil zu vermindern: ein Beytrag zur Physik der praktischen Bergbaukunde*, sobre los gases en las minas, en la que aportó descripciones e ilustraciones de las lámparas que había inventado en 1796, y un dispositivo para respirar. Tras la primera prueba realizada el 3 de octubre de 1796, no se empleó como medio de iluminación en las minas.

Hacia 1785 en algunas minas inglesas se emplearon reflectores emplazados en las entradas de las bocaminas, de tal manera que reflejasen y dirigiesen la luz solar hacia el interior. No hay muchos registros de este sistema, que como fácilmente se puede suponer tenía muchas deficiencias, debido a las propias irregularidades y obstáculos de las minas, así como la frecuente falta de luz solar.

En 1811 el médico William Reid Clanny, (Irlanda, 1776-10 de enero de 1850), empezó con sus primeros ensayos para desarrollar una lámpara de seguridad de llama protegida.

Isaac Dodds (9 de agosto de 1801-1 de noviembre de 1882) uno de los ingenieros británicos pioneros del ferrocarril publicó en 1921 que William Wouldhave (Conocido también como Willie Woolhave) al que se le consideró como el inventor del bote salvavidas, fue también el inventor de la primera lámpara de seguridad: *Era como una gran jaula de loro que rodeaba un cristal, con la admisión del aire recogido del suelo de la mina por medio de un fuelle sobre las rodillas de los mineros. El Dr. Clanny introdujo una lámpara al mismo tiempo, pero yo creo que la idea se derivó de Woolhave*. William Wouldhave, (1751-28 de septiembre de 1821) era el Párroco de Saint Hilda, South Shields,

Durham, UK. Persona de gran conocimiento mecánico, y que reclamó la invención del bote salvavidas, que fue atribuida a Henry Greathead.

El 20 de mayo de 1813 William Reid Clanny presentó a la *Royal Philosophical Society*, de Londres, un documento titulado: *On the means of procuring a steady light in coal mines without danger of explosion*. (Sobre los medios de procurar una luz firme en las minas de carbón sin peligro de explosión). Fue la primera persona que demostró una lámpara de seguridad de llama protegida que se podía usar en las minas, sin el peligro de causar la explosión del grisú.

El 1 de octubre de 1813, Clanny presentó su lámpara en la *Literary & Philosophical Society* de Newcastle y poco tiempo después al *Sunderland Committee for Prevention of Accidents in Coal Mines*.

En 1813 (o 1815) Robert William Brandling, diseñó un modelo de lámpara basándose en las ideas de Clanny. Tras su primera prueba que inutilizó la lámpara, no se empleó como medio de iluminación en las minas

En la misma reunión del año 1813 (o 1815) que se presentó la lámpara de Brandling en la *Literary and Philosophical Society* de Newcastle, se llevó a cabo la presentación de la lámpara del Dr. John Murray (Edinburgh 1778-22 de Julio de 1820). No se empleó en las minas.

En 1814 el ingeniero de minas belga Chèvremont diseñó una lámpara de seguridad, parecida a la del Dr. John Murray. No hay constancia de su uso en las minas.

En junio de 1815 John Murray, Lecturer on Chemistry, (Stranraer, Escocia c1786-1851), diseñó una lámpara de seguridad. Parecida a la del Dr. John Murray. No se empleó en las minas.

El 23 o el 24 de agosto de 1815 Humphry Davy (Penzance, Cornualles, el 17 de diciembre de 1778 - Ginebra, Suiza, 29 de mayo de 1829 se reunió en Newcastle con el reverendo John Hodgson (4 de noviembre de 1779-12 de junio de 1845) y otros miembros de la *Society for preventing accidents in Coal Mines*.

En agosto de 1815 George Stephenson (Wylam, Northumberland, UK, 9 de junio de 1781-12 de agosto de 1848) hizo los primeros diseños de su lámpara de seguridad.

El 5 de octubre de 1815 Humphry Davy recibió las seis muestras de grisú que le había enviado John Hodgson.

El 16 de octubre de 1815, en el exterior del pozo *Harrington Mill Pit* se probó el primer modelo y primera forma de la *blast lamp*, de William Reid Clanny.

El 19 de octubre de 1815 Humphry Davy anunció que las explosiones del grisú no se transmitían al atravesar tubos de pequeño diámetro.

El 21 de octubre de 1815, en la *Killingworth Colliery*, Northumberland, se probó la primera lámpara diseñada por George Stephenson.

El 25 de octubre de 1815, Davy anunció sus descubrimientos al grupo llamado *The London Chemical Club*.

El 4 de noviembre de 1815, en la *Killingworth Colliery*, Northumberland, se probó la segunda lámpara diseñada por George Stephenson.

El 9 de noviembre de 1815 Humphry Davy presentó en la *Royal Society of Arts*, de Londres, sus descubrimientos de la conductividad térmica sobre la propagación de la llama, basados en el principio de que, para que se iniciase la explosión de una sustancia gaseosa, ésta debería alcanzar su temperatura de ignición. Leyó su primer documento titulado: *On the firedamp of coal mines, and on methods of lighting the mines so as to prevent its explosion. (Sobre el grisú en las minas de carbón, y sobre los métodos de iluminación en las minas para prevenir su explosión)*.

El 17 de noviembre de 1815 George Stephenson realizó nuevas pruebas de la segunda lámpara en la *Killingworth Colliery Office*, en presencia de Richard Lambert.

El 20 de noviembre de 1815, en el interior del pozo *Harrington Mill Pit* se hizo una nueva prueba del primer modelo y primera forma de la lámpara de Clanny *blast lamp*. Modificada posteriormente, presentando la segunda forma de la *blast lamp*.

El 20 de noviembre de 1815 Stephenson diseñó su tercera lámpara en *Newcastle Arms*.

El 24 de noviembre de 1815 Stephenson mostró la segunda lámpara que incluía una chapa perforada que protegía la cámara de aire, y la probó en presencia de Robert William Brandling, Charles John Brandling y Murray, de Henderland, cuando ya había ordenado la construcción del tercer modelo de lámpara.

El 30 de noviembre de 1815, en la *Killingworth Colliery*, Northumberland, se probó la tercera lámpara diseñada por George Stephenson. Las formas y modelos finales de las lámparas Stephenson estuvieron en uso hasta los años 1880.

El 5 de diciembre de 1815, la tercera lámpara de Stephenson fue presentada y probada en un reunión del la *Literary and Philosophical Society* de Newcastle.

A mediados de diciembre de 1815 Davy pudo apreciar el uso de la red y surgió el modelo de su lámpara de seguridad.

En diciembre de 1816, Clanny presentó en Sunderland su segundo modelo de lámpara conocido como *steam lamp*, y el tercer modelo conocido como *gaslight lamp*, diseño similar a la *steam lamp*, pero concebida para quemar grisú.

El 9 y el 17 de enero de 1816, en la *Hebburn Colliery* se realizaron las pruebas de la lámpara Davy. Las lámparas tipo Davy estuvieron en uso hasta 1920.

Hay una creencia general, que las lámparas tipo Davy, Clanny y Stephenson trajeron la seguridad a las minas de carbón. Pero en los primeros años de su introducción y empleo, ocurrió lo contrario. Hicieron posible explotar minas más profundas y reabrir pozos que estaban cerrados, con el consiguiente beneficio para los propieta-

rios de las minas, pero muchos mineros murieron en el proceso. Lejos de reducir los accidentes, estas lámparas, principalmente la Davy, condujeron a un aumento de las explosiones y de las víctimas mortales. Posteriormente con las mejoras relativas al diseño, fabricación, el debido uso de las lámparas y nuevos métodos de ventilación en las explotaciones mineras; las explosiones y los accidentes sufrieron una importante reducción.

Cerca de 1821 el escocés John Murray *Lecturer on Chemistry*, (Stranraer, Escocia c1786-1851) presentó un modelo de lámpara de seguridad. No se conoce su uso en las minas.

El 4 de diciembre de 1821, en la reunión mensual de la *Literary and Philosophical Society* de Newcastle, Clanny, presentó su lámpara original, tal como fue descrita en las *Transactions of the Society of Arts*, de 1813, y que había llamado la atención de Davy, otros inventores y propietarios de las minas de carbón.

En 1835 Clanny presentó su cuarto modelo de lámpara, Era una lámpara tipo Davy con un dispositivo telescópico de apagado.

En agosto de 1839 Clanny presentó su quinto modelo de lámpara. Parece ser que era una lámpara Davy con un escudo metálico y posterior incorporación de un grueso cristal globular.

Entre 1839 y 1840 el ingeniero belga Mathieu-Louis Mueseler, (Lieja, 22 de febrero de 1799-28 de julio de 1866) diseñó una nueva lámpara, más segura que las lámparas tradicionales de Davy, Clanny y Stephenson. Era similar a la lámpara Clanny, con el añadido de una chimenea interior sujeta por un diafragma horizontal. Parece ser que esta lámpara, es a la que se refiere la patente belga del 15 de septiembre de 1840; y que la patente se concedió por mejoras introducidas en la lámpara patentada por Mueseler el 23 de diciembre de 1829. La lámpara Mueseler se empleó hasta cerca de 1905.

En 1843 Clanny presentó su sexto modelo de lámpara. Fue el modelo final de lámpara Clanny. Refinado y simplificado, llegando a ser la lámpara reconocida como *Clanny*. Las formas y modelos finales de las lámparas Clanny estuvieron en uso hasta los años 1880.

En 1843 Al. Boty, de Wasmes, Borinage, Bélgica, diseñó su modelo de lámpara, patentándola el 11 de enero de 1844. Estaba basada en las lámparas Clanny y Mueseler, pero con alimentación inferior de aire, como en las Stephenson. Las lámparas tipo Boty se emplearon hasta el año 1910.

En 1846 el belga Félix Eloin, de Namur, presentó su modelo de lámpara que patentó según algunos autores el 16 de febrero de 1846 y otros en 1850. Estaban basadas en el diseño de las lámparas sin red de Eugène Dumesnil. Las lámparas tipo Eloin se emplearon hasta 1910.

En 1868 Thomas Gray, (22 de septiembre de 1847 – 9 de julio de 1924) Ingeniero e Inspector de Minas de Gran Bretaña, diseñó y patentó con el n.º UK 3.160, un novedoso modelo de lámpara basado en el tipo Eloin, que aportaba dos importantes innovaciones radicales. La primera, la de prescindir de la tradicional red metálica protectora; y la segunda, el sistema de admisión de aire. Aparte de estas importantes novedades fue una de las primeras lámparas concebidas específicamente para la detección del grisú. Las lámparas Gray fueron muy usadas y pusieron las bases para un nuevo e innovador modelo, que aportaba buena luz y era más seguro, diseñado por James Ashworth, ingeniero de la *Royal Commission on Accidents in Mines*, que en 1888 presentó una modificación del modelo de lámpara Gray, que había patentado un año antes, en 1887. Esta lámpara y las formas de los siguientes modelos de la misma, llevaron el nombre compuesto de los tres diseñadores que introdujeron varias innovaciones: Ashworth-Hepplewhite-Gray, (AHG). Estuvieron en uso hasta 1920.

En 1881 el mecánico alemán Carl Heinrich Wolf (23 de diciembre de 1838-30 de enero de 1915) diseñó una lámpara de seguridad para usar como combustible gasolina ya que tenía una llama más luminosa, por la que obtuvo la patente alemana DR n.º 23.341 del 12 de septiembre de 1882 y la patente US n.º 302.878 del 29 de julio de 1884. Básicamente era un modelo Marsaut adaptado para quemar gasolina, a la que añadió un sencillo dispositivo de encendido y reencendido y un sistema de alimentación de aire por la parte inferior. Más tarde incorporaría el cierre magnético que impedía la apertura incontrolada de la lámpara. El uso de la gasolina como combustible en las lámparas de seguridad, supuso una innovación radical en la iluminación minera. Las lámparas tipo Wolf de gasolina se emplearon hasta los años 2000.

El 3 de diciembre de 1882, el ingeniero de minas francés Jean-Baptiste Marsaut (1833-1914) presentó su modelo de lámpara en una sesión de la Asociación de Ingenieros de Lieja. (*Bulletin de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Académie de Liège, Tome VI, 1882*). Marsaut suprimió la chimenea y el diafragma horizontal de las lámparas tipo Mueseler, añadiendo una coraza superior protectora, con dos o tres redes superiores. Las lámparas tipo Marsaut se emplearon hasta cerca de 1960. Las lámparas tipo Marsaut fueron las primeras lámparas en las que se produjo un notable avance de la seguridad, por su construcción robusta y segura, tuvieron una gran aceptación en todo el mundo y fueron un diseño dominante en la iluminación minera, siendo fabricadas con posteriores innovaciones incrementales del producto por muchos fabricantes del mundo entero.

En 1883 el ingeniero de minas alemán Franz Pieler, (11 de mayo de 1835-25 de octubre de 1910) diseñó y presentó una gran lámpara de seguridad, similar a la Davy que usaba como combustible alcohol, que proporcionaba unas aureolas más grandes que las del aceite y podía detectar la presencia del grisú desde un 0,25% hasta un 2,5

%. Estaba concebida específicamente para las detecciones y mediciones del grisú. Se emplearon principalmente en las minas alemanas hasta cerca de 1930.

El 29 de marzo de 1892, James Ashworth, de Morley, y Frank Clowes, (1848-1923) de Nottingham, obtuvieron la aplicación de patente n.º GB 6.051 por la idea de la instalación de un dispositivo quemador de hidrógeno en una lámpara de seguridad de llama protegida, para que sirviese como medidor del contenido de grisú. Se basaban en que la llama de hidrógeno tenía una gran aureola fácilmente observable. En los documentos de solicitud de la patente, los planos mostraban el mencionado dispositivo sobre lámparas Ashworth-Hepplewhite-Gray. Se emplearon como lámparas de alumbrado ordinario quemando aceite, y para detectar y medir el grisú, quemando hidrógeno; hasta cerca de 1920.

En 1892 el profesor e ingeniero de minas francés Gabriel Chesneau (Burdeos, 18 de enero de 1859-29 de abril de 1937) diseñó una lámpara sin cristal, con admisión inferior de aire, con una sola red, para usar como combustible una mezcla de alcohol, nitrato de cobre y bicloruro de etileno. Tenía una coraza con una ventanilla vertical de mica provista de una escala graduada, para observar la llama y poder medir el contenido de grisú en la mezcla gaseosa. Esta lámpara Chesneau era en realidad una lámpara Pieler con innovaciones y muchas mejoras para superar los inconvenientes y peligros de esta. Se emplearon hasta cerca de 1930.

El periodo de tiempo entre 1880 a 1890, fue uno de los más importantes en la historia de las lámparas de seguridad, y en el que muchas comisiones de seguridad minera de Alemania, Bélgica, Francia e Inglaterra, estudiaron y legislaron sobre el uso de las lámparas en las minas. Los análisis y las pruebas a que fueron sometidas mostraron sus imperfecciones y los prejuicios de todo tipo tuvieron influencia en la popularidad de las lámparas. Muchas personas no tenían confianza en el cristal por la posibilidad de rotura debido al calor o a los golpes. Con la mejora en la calidad del cristal, desapareció en gran parte este prejuicio. Las corazas tipo Marsaut y similares fueron acogidas con sentimientos encontrados. Sin duda, se apreció el incremento en la seguridad, pero la posibilidad de que las lámparas fuesen montadas sin sus redes, y no se pudiese observar de forma fácil o directa, causó sentimientos de inseguridad, que retardaron la adopción universal de las lámparas acorazadas.

El diseño en este periodo se centró en aumentar el poder lumínico, mejores sistemas de cierre, mayor estabilidad de la llama, mejorar los análisis grisumétricos, y aligerar el peso de las lámparas. Al igual que ocurrió con las primeras lámparas Clanny, Davy y Stephenson, las explosiones en las minas causadas por las lámparas de seguridad seguían siendo frecuentes, y los gobiernos de los países con mayor producción de carbón, hicieron cuestión de Estado el uso de las mismas. En Bélgica y Francia, las comisiones que se constituyeron para decidir sobre los méritos de las

lámparas que se estaban empleando, decidieron a favor de las Mueseler, prohibiendo el uso de las demás. Sin embargo, todas las medidas aplicadas no impidieron la recurrencia de terribles desastres, y se comprobó que la lámpara Mueseler, en ciertas circunstancias, era más peligrosa que otras que la habían precedido.

En 1884 el Gobierno británico constituyó la *Royal Commission on Accidents in Mines* con el objeto de: *To inquire into accidents in mines, and the possible means of preventing their recurrence or limiting their disastrous consequences (Indagar en los accidentes en las minas, y los posibles medios para prevenir su recurrencia o limitar sus consecuencias desastrosas)*. En el curso de su investigación encontraron que: *al menos el 60% de la media de las muertes resultantes de los accidentes un relación con las minas de carbón fueron causadas por las explosiones de grisú y por hundimientos de los techos y paredes*. Se probó claramente, que en gran proporción, estos desastres fueron debidos a la ineficiencia, o a los defectos constructivos de las lámparas de seguridad. Por esta razón, la Comisión *consideró su deber el prestar gran atención al asunto de las lámparas de seguridad*.

Los miembros de la Comisión resolvieron ensayar, de forma práctica, cada forma de lámpara de seguridad que se estaba empleando, y decidir, en su opinión, cuales eran las que cumplían con los requisitos esenciales. Con este propósito invitaron a los inventores, fabricantes y usuarios de lámparas de seguridad del Reino Unido, Bélgica, Francia y Alemania para que enviasen sus lámparas para que fuesen ensayadas. Como respuesta fueron enviadas mas de 250 lámparas. Pero todas ellas se podían clasificar en 6 grupos: 3 de procedencia inglesa; Clanny, Davy y Stephenson; y 3 de procedencia belga: Mueseler, Boty y Eloin. Ellis Lever, viendo la importancia de este trabajo, ofreció un premio de 500 libras a la mejor lámpara de seguridad.

De todas las lámparas examinadas por la Comisión cuatro de ellas fueron seleccionadas por que combinaban *la calidad de la seguridad en un alto grado con la simplicidad constructiva y con un poder de iluminación igual a cualquiera de las lámparas hasta el momento en uso general*. Fueron la lámparas: Evan Thomas nº 7, Gray, Marsaut y Mueseler acorazada. El premio ofrecido por Ellis Lever, no se concedió a ninguna forma de lámpara.

El 30 de diciembre de 1904, Gumersindo Junquera, gerente de la empresa *Aleaciones y Manufacturas Metálicas*, (luego Luis Adaro, Ingeniero), Gijón, España, obtuvo la patente número 35.137 por un modelo de lámpara de seguridad.

En 1913 William Best, formó la empresa *Bests' Safety Lamp Ltd.*, que en 1919 pasaría a ser *Bests' Gauzeless Lamp Co., Ltd.*, que se dedicó principalmente a diseñar y fabricar lámparas de seguridad sin red. Este tipo de lámparas sin red, habían comenzado a ser diseñadas por Eugène Dumesnil en 1838, Eloin en 1846, Gray en 1868, Andrew Howat en 1879 y James McKinless en 1886. Este tipo de lámparas supuso una innovación radical del producto, ya que se suprimió la red metálica protectora,

uno de los componentes más tradicionales de las lámparas de seguridad. Se emplearon hasta finales de los años 1930.

En 1914 Ernest Arthur Hailwood diseñó el primer *tubo de combustión*, que supuso un importante avance. Fue posteriormente desarrollado y adoptado por muchos fabricantes británicos, conociéndose por el nombre genérico de *High Combustión Tube (HCT)* o *High Candle Power (HCP)*; entre ellos, *E. Thomas & Williams*; *Hailwood & Ackroyd*; *John Davis & Son*; *J. H. Naylor*; *Patterson & Co.*; *Protector Lamp* y William Edward Teale; que fabricaron varios modelos de este tipo de lámparas en las que destacaba su gran tamaño, la doble coraza protectora y su mayor poder lumínico. Las lámparas *High Combustión Tube (HCT)* o *High Candle Power (HCP)*, se emplearon hasta cerca de 1960.

En 1914 *Luis Adaro*, Ingeniero, (Gijón, España) obtuvo la patente número 69.808 por la primera lámpara minera de seguridad de gasolina fabricada en España.

Notas históricas. Lámparas de acetileno de llama protegida.

En 1900 en varias de minas de Alemania y EE. UU., se hicieron pruebas con lámparas de acetileno de llama protegida; aunque su desarrollo práctico no comenzaría hasta que Carl Wolf comenzó a diseñar y a fabricar lámparas de acetileno de llama protegida en Alemania en 1903; Wilhem Seippel, de Bochum, en 1905, un poco más tarde Carl Koch, de Linden, Alemania; y otros como Arras, en Francia y Hubert Joris, en Bélgica.

En 1925 Luis Adaro, Ingeniero, (Gijón, Asturias) patentó un modelo de lámpara de acetileno de llama protegida, en el que la admisión de agua se efectuaba por medio de una mecha, lo que garantizaba una producción constante y uniforme del gas.

Las lámparas de acetileno del modelo llama protegida, diseñadas y construidas bajo los principios de las lámparas de seguridad tipo Mueseler, Marsaut, Wolf y similares, con cristal protector de la llama, redes metálicas, corazas y chimeneas, nunca fueron aprobadas como de seguridad, debido a que la llama se extinguía fácilmente en ciertas condiciones y, en caso de apagado o posterior reencendido, el acetileno acumulado en el entorno del quemador podía explotar y proyectarse a través de la malla con alta temperatura e iniciar la explosión del grisú. Se fabricaron muchos modelos de estas lámparas, usadas desde los años 1910 hasta los años 1950 y construidas a semejanza de las de seguridad de llama protegida, generalmente sin los sistemas de cierre y reencendido.

Notas históricas. Lámparas de seguridad eléctricas.

El camino hacia el uso de la lámpara eléctrica portátil en el interior de las minas, que hoy es una realidad con muchas variantes, fue relativamente lento y lleno de tentativas y pruebas que fueron dando resultados parciales hasta llegar a los modelos que hoy conocemos. Su desarrollo estuvo ligado al de las baterías recargables, como fuente de la energía eléctrica; y al de los bulbos o pequeñas lámparas que eran la fuente de iluminación. Es evidente que las lámparas de seguridad eléctricas supusieron una innovación radical del producto y de los procesos de fabricación.

El francés Jean Baptiste Boussingault (2 de febrero de 1802–11 de mayo de 1887) y el suizo Auguste de la Rive, (9 de octubre de 1801–27 de noviembre de 1873) trabajaron para resolver la cuestión de las explosiones de grisú, por separado y publicando artículos. August de la Rive envió una carta a Jean Baptiste Boussingault que trataba sobre la iluminación en las minas: *On the Lighting of Mines by Means of the Electric Lamp*, publicada por *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Vol. XXVII, 1845, pgs. 406-407*; pero no llegaron a una solución satisfactoria.

Baterías recargables

Entre 1859 y 1860, el físico francés Raymond Gaston Planté (22 de abril de 1834– 21 de mayo de 1889) desarrolló la primera batería recargable que usaba electrodos de plomo y óxido de plomo sumergidos en un baño de ácido sulfúrico. Este sencillo y simple dispositivo suministrador de energía eléctrica se ha empleado para muchas aplicaciones domésticas e industriales.

En 1899 el científico sueco Waldmar Jungner (1869–1924) inventó la batería recargable con electrodos de níquel-cadmio sumergidos en una solución de hidróxido de potasio. Fue la primera batería con un electrolito alcalino.

En 1901 Thomas Alva Edison, (11 de febrero de 1847–18 de octubre de 1931) basándose en los diseños del modelo de batería de níquel-hierro de Jungner, comenzó sus diseños de una batería alcalina recargable, que patentó 16 de julio de 1901 con el n.º US 678.772. Edison que tenía un gran sentido comercial, vio muy pronto la necesidad de llegar a una batería alcalina portátil por la que obtuvo la patente US n.º 1.073.107 de 16 de septiembre de 1913. Posteriormente inventó y patentó muchos modelos de baterías alcalinas, en los que fue introduciendo innovaciones y mejoras.

Las primeras lámparas eléctricas de mano tenían generalmente un electrolito de lejía de potasa, y los electrodos negativos, los cátodos, de hierro o cadmio, y los electrodos positivos, los ánodos, de níquel. El electrolito, al igual que las baterías de

plomo-ácido era libre o inmovilizado. Luego se pasó a las baterías alcalinas y a las de litio.

Desde 1970, y hasta la actualidad, se empezaron a diseñar y desarrollar las baterías de litio y las de ión-litio, que supondrían una revolución en el sector. El litio es el metal con más baja densidad y el de mayor potencial electroquímico, así como con la mejor relación energía/peso.

Los experimentos con baterías de litio comenzaron con los estudios del físico-químico norteamericano Gilbert Newton Lewis (1875-1946) en 1912, pero este tipo de baterías no se comercializaron hasta los años 1970 y sus primeros tipos no eran recargables. El químico norteamericano Michael Stanley Whittingham (1941-) en 1976, cuando trabajaba en la *Exxon Company*, propuso las primeras baterías recargables de litio.

En los años 1980, John Bannister Goodenough (25 de julio de 1922-), dirigió un trabajo para la compañía Sony, con el objeto de producir un modelo de batería recargable de ión-litio, que se empezó a comercializar en 1991. Y hasta 1996 no se desarrolló la batería recargable del polímero de ión-litio, con diseños más ligeros, flexibles y compactos que los anteriores de ión-litio. En la actualidad estas baterías son las fuentes de energía de las lámparas LED con cable y sin cable empleadas en las minas, así como en otras aplicaciones de aparatos electrónicos.

Bombillas.

Al igual que pasó con los baterías o acumuladores, las bombillas o bulbos incandescentes empleados originalmente en la iluminación minera fueron objeto de muchos estudios, investigaciones, ensayos y patentes hasta encontrar una forma constructiva eficiente y segura. Las pequeñas bombillas utilizadas desde el principio en las lámparas eléctricas de mina, fueron una adaptación de las utilizadas en el alumbrado ordinario, previa reducción de su tamaño y cumplir con los requisitos de seguridad para poder iluminar en las atmósferas potencialmente explosivas.

En 1802 Humphry Davy hizo pasar la corriente eléctrica generada por una batería a través de un filamento de platino. La iluminación producida duró muy poco tiempo, como para que fuese considerado como una posible fuente de iluminación práctica, pero fue el precedente de los experimentos e invenciones posteriores. En 1809 Humphry Davy creó la primera lámpara de arco con dos filamentos de carbón vegetal conectados a un gran batería.

En 1820 el científico británico Warren de la Rue (18 de enero de 1815-19 de abril de 1889) encerró un filamento de platino en un tubo de vacío e hizo pasar una corriente eléctrica a través del mismo. El diseño estaba basado en el concepto de que

el alto punto de fusión del platino permitiría operar el mismo a altas temperaturas. El alto precio del platino hizo impracticable su uso comercial.

En 1840 William Robert Grove, (11 de julio de 1811–1 de agosto de 1896), diseñó una lámpara eléctrica. Estaba fabricada con un filamento de platino con forma espiral unido en sus extremos a dos cables de cobre barnizados y encerrado en un cristal invertido sellado con agua, para guardarlo de las corrientes de aire. Los filamentos de platino eran muy caros y la idea no era práctica para el uso comercial. En 1845 con el objetivo de alcanzar mejor iluminación en el interior de las minas publicó su trabajo en *On the Application of Voltaic Ignition to Lighting Mines, The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Vol. XXVII, 1845, pp. 442-446*. La lámpara no era segura frente al problema de las explosiones de grisú, y Grove abandonó este proyecto.

En 1856 el ingeniero francés Charles-Francois de Changy (22 de julio de 1817-), obtuvo una patente belga por una lámpara que tenía como filamento una bobina de platino que operaba en aire, pero estaba cubierta por un tubo de cristal para protegerla de las corrientes. Estaba concebida para ser empleada en las minas, para lo que disponía de unos ganchos para poder sujetarla en las paredes a lo largo de las galerías. Changy diseñó y fabricó otras formas de lámparas incandescentes con filamentos de platino. No tuvieron aplicación práctica.

El físico químico inglés Joseph Wilson Swan, (31 de octubre de 1814–27 de mayo de 1914), fue uno de los más famosos diseñadores y fabricantes de lámparas incandescentes de Inglaterra, entre las que hay que incluir unas de las primeras lámparas de mano que se emplearon en las minas en 1883.

Joseph Wilson Swan y Thomas Alva Edison en octubre de 1883 establecieron la empresa *Edison & Swan United Electric Light Company Limited*, conocida como *Ediswan*. Esta empresa vendía las lámparas con filamento hechos de celulosa que Swan había inventado en 1881, mientras que la *Edison Electric Light Company* seguía usando filamentos de bambú carbonizado.

El norteamericano Thomas Alva Edison (11 de febrero de 1847–18 de octubre de 1931), el 4 de noviembre de 1879 registró la aplicación de patente de su lámpara de incandescencia, con filamento de carbono que le fue concedida el 27 de enero de 1880 con el US n.º 223.898.

La invención y aplicación práctica del filamento de wolframio supuso una mejora notable en el desarrollo de las lámparas incandescentes. Aunque fue una innovación incremental tuvo una importancia decisiva en el alumbrado eléctrico.

En 1907 *General Electric* introdujo en el mercado de EE. UU., las lámparas con filamentos de wolframio, después de haber comprado las patentes de Alexander Just

y Franz Hanaman, de Hungría; Werner von Bolton, de Alemania; y Hanz Kuzel, de Alemania.

En 1910 William David Coolidge (23 de octubre de 1873-3 de febrero de 1975), de la *General Electric*, innovó el proceso de la fabricación del filamento de wolframio, obteniendo por primera vez un alambre dúctil. Obtuvo la patente US n.º 1.082. 933 de 30 de diciembre de 1913. Supuso una innovación incremental del proceso que permitió una significativa reducción del precio del filamento.

La evolución de los filamentos de las lámparas de incandescencia, se inició con los de carbón para terminar con los de wolframio. El bulbo es una de las partes más importantes de la lámpara eléctrica minera, y es la que convierte la energía eléctrica proporcionada por la batería en luz. Los primeros bulbos o ampollas de las lámparas eléctricas portátiles, eran de un tamaño muy pequeño, del orden de 3 cm, y necesitaban una fabricación especial, sus filamentos eran de carbón, con un consumo elevado de energía. Al cabo de muchas horas de servicio el poder de iluminación descendía notablemente, con un aumento de la resistencia del filamento, siendo necesaria su sustitución. Hacia 1900 se empezaron a usar los filamentos de osmio y tántalo, los de wolframio hacia 1910 y las lámparas LED hacia 1990. Los bulbos fueron fabricados por las grandes empresas que fabricaban lámparas incandescentes para el alumbrado ordinario, como *General Electric Company*, *Osram*, etc.; y también por los fabricantes de lámparas mineras como CEAG.

Lámparas eléctricas de mano.

Hacia 1862 se probaron y se comenzaron a usar las primeras lámparas eléctricas portátiles para el interior de las minas, diseñadas por el ingeniero de minas francés François Pierre Alphonse Dumas (12 de junio de 1820-6 de febrero de 1876) y por el doctor en medicina Benoît, ambos trabajaban en las minas de hierro de Lac, cerca de Privas, Ardèche, Francia. Estaba compuesta por una pila inventada en 1842 por el físico alemán Johann Christian Poggendorff (29 de diciembre de 1796-24 de enero de 1877), una bobina del físico Heinrich Daniel Rhumkorff (15 de enero de 1803-20 de diciembre de 1877), inventada en 1851; y un tubo de alumbrado inventado en 1857 por Heinrich Geissler (26 de mayo de 1814-24 de enero de 1879).

En 1881 Joseph Wilson Swan presentó un modelo de batería secundaria portátil con una pequeña lámpara incandescente integrada en su carcasa. Este diseño supuso un gran avance sobre las lámparas de seguridad de llama protegida, daba cuatro o cinco veces más luz y por la naturaleza del filamento incandescente era una fuente segura de iluminación. En 1883 presentó un nuevo modelo que consistía en una batería secundaria de cuatro elementos de plomo-ácido encerrados en una carcasa cilíndrica

de madera. El bulbo incandescente estaba integrado lateralmente, y protegido por una gruesa lente convexa. La *Edison-Swan Electric Light Company* suministró treinta lámparas de este modelo a la mina *Risca Colliery*, Gales, UK, que fueron empleadas de forma satisfactoria.

En 1912 el Gobierno británico ofreció un premio a la persona que diseñase una lámpara eléctrica de seguridad portátil para la iluminación en el interior de las minas. Se presentaron a esta convocatoria 195 concursantes y un ingeniero alemán, Fritz Färber, lo ganó por su lámpara de mano CEAG, llamada también lámpara CAGE, que era segura en la atmósfera explosiva. Rápidamente fue autorizada para su empleo en las minas grisuosas de todo el mundo. Se emplearon hasta cerca de 1920, fecha en que se fueron sustituyendo progresivamente por las lámparas eléctricas de casco.

En 1918 la empresa *Luis Adaro, Ingeniero*, presentó ante la Comisión del Grisú los planos de un nuevo modelo de lámpara eléctrica portátil, basado en el que CEAG había patentado en Alemania en el año 1913. En 1925 patentó un nuevo modelo de lámpara eléctrica, basado en una batería cilíndrica, como las de las lámparas eléctricas de mano, y que parece ser se usó en las minas hasta 1936.

Las primeras lámparas de mano eran muy pesadas y fueron muy criticadas, como ocurre en general con las innovaciones que supongan cambios de hábitos tradicionales muy arraigados, como los de los mineros con el uso de sus lámparas. En principio se argumentaba que una rotura del bulbo y de la lente protectora dejaría los filamentos al desnudo, pudiendo iniciarse el incendio y la explosión del grisú. Y aunque los ensayos probaron que este peligro era muy lejano, no obstante se recomendó el corte automático de la corriente eléctrica de la batería en estos casos. Además las lámparas eléctricas no servían para detectar y medir el grisú, razón por la cual los mineros tenían que transportar y manejar una lámpara de seguridad de llama protegida para este propósito, además de la eléctrica para el alumbrado ordinario.

Lámparas eléctricas de casco.

Hacia marzo de 1911 Thomas Alva Edison comenzó a trabajar sobre una nueva batería más ligera que le habían solicitado John Thomas Ryan y George Herman Deike, fundadores de la empresa *Mine Safety Appliances*; y una lámpara de mina más práctica. Edison patentó la batería alcalina de níquel-hierro portátil el 16 de septiembre de 1913 con el n.º US 1.073.113. Este modelo de batería supuso una gran innovación debido a sus ventajas de peso, costo y a sus mejores reacciones químicas, resistencia mecánica y mejor generación de corriente eléctrica.

En mayo de 1912 las primeras lámparas eléctricas de casco fabricadas por la *Edison Storage Battery Company* estaban listas para las primeras pruebas. La fuente de

energía eléctrica era una batería alcalina de poco peso que los mineros podrían llevar sujeta a un costado con una correa. La iluminación la proporcionaba una bombilla de filamento de wolframio, encerrada en una carcasa metálica con un reflector parabólico y protegida por una gran lente que proporcionaba muy buena luz. El conjunto de la bombilla con la aplicación de patente del 16 de octubre de 1914, obtuvo la patente el 21 de mayo de 1918 con el n.º US 1.266.779. Con esta lámpara eléctrica de seguridad Edison se inició un periodo de innovación radical del producto y progreso en la iluminación minera, similar al paso dado por las lámparas de seguridad de llama protegida de Clanny, Davy y Stephenson.

LED (Light Emitting Diode).

La iluminación minera no son ya las bombillas o bulbos de las lámparas de casco, sino los modernos LED (sigla proveniente de su denominación inglesa *Light Emitting Diode*) que conjugan todas las aspiraciones, sobre todo las de luz para el trabajo y seguridad frente a los gases de la mina.

En 1907 fue descubierta la electroluminiscencia, principio básico de los LED, por el investigador británico Henry Joseph Round (2 de junio de 1881-17 de agosto de 1966), de Marconi Labs, usando un cristal de carburo de silicio y detectores de puntas de contacto.

El 31 de diciembre de 1929 el científico ruso Oleg Vladimirovich Losev (10 de mayo de 1903-22 de enero de 1942) obtuvo la patente rusa n.º 12191 por la creación de un LED. Su trabajo de investigación fue dado a conocer en varias revistas científicas rusas, alemanas e inglesas, pero no se hizo uso práctico hasta varias décadas después.

En 1955 Rubin Braunstein de Radio Corporation of America presentó la emisión de color infrarrojo del arseniuro de galio.

En 1961 James Robert Biard y Gary E. Pittman, de Texas Instruments, descubrieron que el arseniuro de galio emitía radiación infrarroja al aplicarle la corriente eléctrica, por el que obtuvieron la patente US n.º 3.293.513 de 20 de diciembre de 1966

En 1962 el científico norteamericano Nick Holonyak, Jr. (3 de noviembre de 1928), inventó el primer LED visible de luz roja mientras trabajaba en el laboratorio de la *General Electric Company* en Syracuse, New York. Se le conoce como el padre de los LED.

En 1971 los primeros LEDs de color azul fueron desarrollados Jacques Pankove, inventor del LED de nitruro de galio, en los laboratorios de *Radio Corporation of America*. Sin embargo eran muy débiles para su uso práctico.

En 1972 George Craford, que había sido discípulo de Nick Holonyak, descubrió el primer LED de luz amarilla.

Entre los años 1980-1990 el japonés Shuji Nakamura (22 de mayo de 1954), contribuyó al desarrollo de los LEDs verdes azules y blancos trabajando en la empresa *Nichia Chemical Industries Ltd.*, en Tokushima, Japón.

Tras estas invenciones, científicos británicos, japoneses y norteamericanos experimentaron con otros semiconductores de galio, arsénico y fósforo, para llegar fabricar los LEDs comerciales que hoy tiene muchas aplicaciones el iluminación de todo tipo de instrumentos. Los LEDs de luz blanca ha supuesto una innovación tecnológica, que no ha hecho más que empezar su camino, se convirtió en el primer paso para un futuro en el que se trabajará con lámparas cada vez más pequeñas, del tamaño de un teléfono móvil, con un peso insignificante, lo que facilita las tareas en el interior y con una autonomía muy superior a los modelos actuales.

Lámparas eléctricas de casco sin cable.

Las lámparas de casco sin cable integran una batería compacta de ión-litio y un eficiente LED blanco en una pequeña lámpara de casco de tal manera que la tradicional petaca con la batería y el cable de conexión, se han suprimido, suponiendo una innovación radical del producto. Con este diseño se aumenta de forma significativa la seguridad ya que no hay derrames de ácido u otros líquidos tóxicos, ni calor en la superficie de la lente, ni partes que puedan causar la ignición del gas. La supresión de la petaca de la batería y el cable mejora también la eficiencia y se reducen los costos de mantenimiento. Otro aspecto destacable es su pequeño tamaño y peso reducido. Algunos modelos incluyen sistemas de señalización de posición y comunicaciones.

En 2009 *Adaro Tecnología, S. A.*, presentó la lámpara de casco Alfa WL. Es de un tamaño mínimo, que integra en un solo pequeño cuerpo la fuente de energía y la fuente de iluminación LED, sin el cable flexible de conexión. Tiene una característica singular, que es el cambio automático de la posición e intensidad del haz luminoso, para evitar los deslumbramientos entre los usuarios.