

CAPÍTULO 4. Tipología de los aprovechamientos. Minería del agua

Juan Carlos Santamarta Cerezal

4.1 INTRODUCCIÓN

La presente sección del libro, se centra en los recursos subterráneos, principalmente los obtenidos mediante galerías o minas de agua dulce. Estos términos se usarán indistintamente aunque, en algunas islas, esta denominación presenta matices. También se hablarán de los sondeos y pozos, aunque su construcción es idéntica a cualquier otro lugar del mundo, salvo los pozos canarios. Los sistemas constructivos de estas infraestructuras se ven notablemente influenciados por los factores geológicos de un terreno volcánico y por supuesto, su heterogeneidad, ya comentada en secciones anteriores.

Las galerías, los túneles subterráneos o minas de captación de agua son un método ancestral muy extendido y utilizado. Desde muy antiguo, estos sistemas de aprovechamiento del agua se conocen en zonas tan distantes como China, Persia (antiguo Irán), España y Latinoamérica. Las citas más antiguas posiblemente sean las de Qaná, Jericó, Jerusalén, Marrakech y la isla de Sicilia.

Los antecedentes históricos a esta tipología de obras, se encuentran en el siglo VIII antes de J.C., los “quanats”, canales subterráneos artificiales que transportan el agua a grandes distancias. Esta explotación de las aguas, generalmente surgidas del drenaje de los acuíferos, se utilizó en Persia, Egipto, India, Grecia y por todo el Magreb en forma de “foggaras” con sus característicos pozos de ventilación.

Como se ha comentado en secciones anteriores, un concepto fundamental, para entender el aprovechamiento del acuífero por galerías o minas, a unas cotas tan elevadas sobre el nivel del mar, es que el acuífero de las vertientes está sobre elevado debido a los diques basálticos. Los diques forman verdaderos enjambres y celdas donde el agua se almacena. Estos diques basálticos, crean un escalonamiento del acuífero, con elevados gradientes hidráulicos, que hace que sea un sistema dinámico. La mayor concentración de diques se establece en las dorsales de las islas. Estas zonas, suelen ser la de mayor pluviometría de las islas, tanto lluvia vertical como horizontal (precipitación oculta por alisios). Son zonas donde más elevado está el acuífero, aunque actualmente y, por la sobreexplotación del recurso hídrico, está en descenso continuo en algunas zonas de las islas. Esto supone, que muchas galerías se tengan que reperforar o bien, abandonar la explotación, al quedar esta por encima del nivel freático.

4.2 MINAS DE AGUA

En la isla de Gran Canaria también existen las galerías de agua, pero en este caso existe también una tipología, denominada mina asociada a barranco. Según el investigador y Cronista Oficial de La Aldea Francisco Suárez, este sistema se generalizó, a partir de principios del siglo XVI y sobre todo después del siglo XVIII. El sistema consiste en la búsqueda de las aguas subálveas de los barrancos, a través de unas zanjas que seccionaban los cauces de los barrancos, lo que pudiera tener relación con las eres de los aborígenes y que recibió la denominación de minas. A principios del siglo XIX se experimentó en zonas de en Tenerife aunque no tuvo éxito salvo, probablemente, algunas obras similares trazadas en el barranco de Santos que han desaparecido; no debiendo confundir la denominación de mina que hacen en algunos lugares de esta isla a las galerías excavadas en la roca, como lo hacen en zonas de Güímar (Suárez, 2015). Bien es verdad que a mediados del siglo XIX cuando comienzan a perforarse las zonas montañosas con galerías en busca de acuíferos colgados esta se denominan en un principio como minas de agua (Suárez, 2015).

Las primeras minas de agua estuvieron vinculadas a los antiguos heredamientos o en su caso las posteriores al siglo XVIII crearon sus propias heredades (Suárez, 2015). Su estrategia de construcción consiste en abrir una zanjas longitudinal o transversalmente al cauce del barranco, reforzadas con muros de piedras, techadas con lajas y recubiertas luego con el material del mismo. Las aguas captadas a lo largo de la mina continúan por efecto de la gravedad, a lo largo de acequia, hacia un pequeño estanque regulador. Las minas pueden tener centenares de metros de longitud, con unas medidas que permitan el paso para su limpieza, que consideramos de unos 0,5 a 0,8 metros de ancho por 0,8 a 1,75 m de profundidad. A lo largo de su recorrido subterráneo disponen, a tramos, de unas aberturas o respiraderos hacia la superficie para facilitar las labores de limpieza dentro de las mismas; son unas lumbreras de ventilación o registros que se denominan campanas, debido a que los operarios que trabajaban en las labores de limpieza de las minas solían emplear unas campanillas para comunicarse. Las campanas pueden ser de poca altura o profundas cuando las minas discurren por barrancos de potentes paquetes de cascajos, arenas y sedimentos y requieren escaleras de caracol para bajar a las mismas (Suárez, 2015).

4.3 GALERÍAS DE AGUA

4.3.1 Galerías convencionales horizontales o dike tunnel

En general, las minas o galerías de agua son perforaciones o túneles con una sola boca, denominada bocamina en el argot minero, y una sección media de 1,5 x 2 m o incluso menor, aunque las realizadas por la Administración son de dimensiones sensiblemente mayores; sólo en las islas Canarias hay 2.000 perforadas. Los trabajos de perforación se realizaban antiguamente con medios mecánicos, aunque el uso de explosivos se generalizó



Figura 4.1.- Sección del pozo-galería Los Padrones, en El Hierro.



Figura 4.2.- Galería de naciente, en el monte de Las Mercedes en La Laguna, Tenerife.

zó a mediados del siglo XX. Se disponen mediante una perforación ligeramente inclinada, por lo que, no hace falta bombear el agua para su aprovechamiento. La galería tiene como finalidad alcanzar el acuífero y extraer el agua. Normalmente, cuando se llega a la zona saturada, se produce un alumbramiento abundante, las denominadas aguas de reserva (más cargadas de sales, con mayor tiempo de residencia en el acuífero). Posteriormente, los caudales tienden a estabilizarse mediante las aguas renovables o de recarga (más jóvenes). Las longitudes que se alcanzan oscilan desde los 1,5 Km a los 7 Km, el coste por metro lineal supera los 2.000 € por metro perforado (Santamarta, 2009). La producción de las galerías oscila entre unos pocos litros por segundo y los dos centenares. Por ejemplo el pozo galería de Los Padrones en la isla de El Hierro (Soler, 2004) obtiene un caudal de aproximadamente 80 L/s, con lo que, prácticamente podría satisfacer la mayor parte de las demandas hídricas de la isla. La disminución de los caudales y el retraimiento del nivel del acuífero no afectan por igual a las diferentes zonas, aunque tiende a generalizarse.

Las galerías forman auténticos laboratorios de exploración de la hidrogeología insular y forman parte del patrimonio geológico y minero, del archipiélago. Con más de 3.000 km de galerías construidos, proporcionalmente, se ha perforado más que en toda la zona de la minería del carbón de Asturias y León.

La primera galería o mina de agua conocida en Canarias data del año 1897 (Brito W, 1995) fue la conocida como Roque Negro y Los Catalanes en el macizo de Anaga, en el Norte de Tenerife. En otras partes del mundo las galerías de agua reciben otros nombres como por ejemplo dike tunnel (Hawái, EE.UU.) o collection tunnel en (Jeju island, Korea del Sur).

Prácticamente, la mayoría de galerías que hay en Canarias, son de titularidad privada, esto, unido a unos antecedentes históricos singulares en la propiedad del recurso hídrico, ha condicionado la organización del mercado del agua en las islas. Actualmente la Administración Pública, desde hace unos años, ha emprendido la ejecución de galerías y minas de titularidad pública con éxito desigual (cabe mencionar el éxito del citado pozo Los Padrones, en El Hierro). Las últimas galerías perforadas, como por ejemplo la de Ipalán en la Gomera, la sección transversal tiene forma de medio punto con una anchura útil de 3 a 4 m, paramentos rectos de 1,80 a 2,50 m de altura, cerrada en su parte superior mediante una bóveda de unos de 2 m de radio.

Las galerías de la iniciativa privada son de dimensiones notablemente inferiores y angostas, y se siguen reperforando con estas medidas debido principalmente al control de costes, ya que no hay relación entre una mayor productividad y una mayor sección.

También se ha confirmado una progresiva pérdida de calidad en las aguas de las galerías, lo que se denomina una minería del agua fósil. La extracción a gran profundidad, en zonas volcánicas activas, trae consigo un importante incremento en sales disueltas incluyendo también valores elevados de flúor que en algunas explotaciones han llegado a alcanzar los 10 mg/L, siendo el máximo permitido por ley 1,5 mg/L.

4.3.2 *Galerías de nacientes*

En el caso de las islas Canarias, existía un desconocimiento del acuífero insular, simplemente por observación, se notaba que existían unos nacientes en las vertientes, —procedentes de acuíferos colgados—, por donde brotaba el agua, con unos caudales que para aquella época eran insuficientes. La iniciativa privada emprendió la tarea de excavar esos manantiales, con la esperanza de alcanzar caudales mayores lo que dio lugar a otra modalidad de mina, aquella que aprovecha antiguos nacientes en la ladera, vinculados a acuíferos colgados. Por este motivo, tienen poca longitud, de 10 a 100 metros, en comparación con las otras galerías convencionales. La idea principal era aumentar los caudales de los nacientes. Muchas de estas minas de nacientes, han acabado siendo minas o galerías de agua, en algunos casos con más de 6 kilómetros de longitud. Ejemplos de las minas de nacientes se pueden encontrar en el monte de Las Mercedes en Tenerife; con muchas de estas minas se abastece, en parte, a la ciudad de la Laguna de 150.000 habitantes.

4.3.3 *Galerías en trancada o inclined shaft*

Otro tipo son las galerías, son las denominadas “en trancada”, denominadas inclined shaft en Hawái (EE.UU.). Se trata de una mina que parte de la costa, con una inclinación hasta que alcanza el nivel freático. Una vez allí, se ejecutan varios ramales para aprovechar la mayor cantidad de recurso hídrico procedente de la descarga del acuífero.

La isla con más galerías “en trancada” es la de El Hierro. Como ejemplos: la galería del Mar de las Calmas, Los Jables, Parador, Tacorón con más de 2.000 m, aunque la que más caudal tiene es la de Ícota, con 70.000 m³ de agua al año, esta última capta a una cota de 7,6 m sobre el nivel del mar. Abastece de agua para el consumo a las localidades de La Restinga, Taibique, Las Casas, Isora y San Andrés. La galería de El Parador surte de agua al Parador de Turismo y la galería de Tacorón se utiliza para regadío.

Se puede considerar también como obras de aprovechamiento subterráneo: los pozos convencionales, sondeos y pozos tradicionales canarios, unos 6.000 en todo el archipiélago Canario. Estos últimos tienen como característica disponer de un gran diámetro que puede llegar a los 3 metros. Su profundidad también tiene unas dimensiones nada usuales, que en algunos casos pueden llegar a 700 metros (Vilaflor, Tenerife). La profundidad de los pozos implica unos sistemas de bombeo en serie importantes, con un gran consumo energético y problemas con los gases volcánicos en cotas profundas que afectan a la seguridad del personal encargado de su mantenimiento.

4.3.4 Pozo galería

El pozo galería, como indica su denominación en un pozo, generalmente en la zona de costa y una galería que parte del fondo de la captación vertical, generalmente cuando esta llega al nivel freático.

En ocasiones, en estas captaciones, en lugar de galerías en el fondo, se perforan sondeos o catas, con el fin de ahorrar costes y por la rapidez de ejecución. Es posible, también, que en vez de una sola galería se construyan varias con el fin de aumentar las posibilidades de drenaje.

4.4 OTROS SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN TERRENOS VOLCÁNICOS

4.4.1 Pozo tradicional canario

Como ya se ha introducido anteriormente, son obras de perforación excavadas a mano, con un diámetro mínimo de 1,5 m. Su profundidad normalmente es de unas pocas decenas de metros (20 ó 30), aunque, en ocasiones, se han llegado a alcanzar varios centenares. Si bien el diámetro mínimo, tal y como se ha comentado es de 1,5 m, espacio imprescindible para el trabajo de una persona, está mayoritariamente extendido el diámetro de 3,5 m con máximos de hasta 6,5 m. Es necesario prever espacio para la instalación y mantenimiento de las tuberías de impulsión, de considerables dimensiones así como del cableado de alimentación de las bombas.



Figura 4.3.- Acceso a un pozo-galería.



Figura 4.4.- Pozo tradicional canario. (Foto cortesía de Rafael Lario).

104

También requieren de una bomba de achique, para que el agua pueda ser extraída, una vez alcanzado el nivel que permita la continuación de los trabajos. Se suelen colocar unas vigas de hormigón o acero para sujetar el pórtico del cabrestante o “winche”.

Normalmente, y sobre todo, en terrenos sueltos como son los piroclastos, es necesario revestir la obra, con objeto de evitar el derrumbe de las paredes, para ello se utiliza piedra revestida, bloque de material volcánico, cemento o anillos de hormigón prefabricados, colocados a medida que avanza la perforación. Este punto es fundamental para garantizar la seguridad de los operarios, ya que de no ser así, una pequeña piedra a 400 m de altura de caída podría perforar un casco. Es necesario incluir una instalación eléctrica con posibilidades de ampliación.

Como norma general, los pozos disponen de unas instalaciones auxiliares como por ejemplo dos cabrestantes o “winches” para el transporte de materiales y operarios respectivamente. En su operación y mantenimiento, los pozos, si son de poca profundidad (20-30 m), se puede disponer de una escalera tipo caracol e iluminar toda la caña del pozo. Algunos pozos son peligrosos, en el sentido de tener gases nocivos, CO₂ principalmente, por lo que se tendrá que disponer de un sistema de ventilación forzada así como de dispositivos de detección de gases.

El pozo con más caudal de las islas, se sitúa en Tenerife, es el denominado El Salto con un caudal de 200 L/s. Aunque lo normal son caudales menores, se recuerda por ejemplo, caudales de galerías como la del trasvase de La Palma (Soler, 2004), con 120 L/s. a cada lado de la vertiente, El Hierro (Los Padrones) con 80 L/s, galería Vergara en Tenerife con 160 L/s.



Figura 4.5.- Caña del pozo revestida.

Los problemas de estas instalaciones son de dos tipos: por un lado su ubicación geográfica, la mayoría están en costa, era evidente que ahí a menor cota sería más fácil interceptar la descarga del acuífero, esto ha hecho que muchos estén afectados de intrusión marina y estén sobreexplotados. La otra cuestión es la energética, esta extracción necesita de grandes cantidades de energía, por lo que se crea un binomio agua-energía.

Por último, es interesante comentar que muchos pozos canarios, en su base disponen de galerías en profundidad, formando auténticos laberintos, con esto se consigue mayor superficie de captación, se podrían asemejar a los pozos en estrella de la isla de Malta, en el Mediterráneo.

4.4.2 Sondeos

Los sondeos son actualmente, la tipología de obra hidráulica más utilizada, por su rapidez de ejecución y sencillez de instalación. En la presente sección se comentan las singularidades que presentan en terrenos volcánicos con respecto a los terrenos continentales.

Un sondeo es una perforación excavada por medios mecánicos, preferentemente vertical, de diámetro inferior a 1,5 m, aunque los más usuales se encuentran entre los 150 y los



Figura 4.6.- Entubado de un sondeo.

700 mm. Presentan la ventaja de que pueden alcanzar grandes profundidades y tienen un coste normalmente inferior a cualquier otro tipo de captaciones.

Esto requiere:

1. Elemento de rotura del terreno.
2. Motor de accionamiento.
3. Sistema de eliminación de detritus.
4. Sistema de mantenimiento de las paredes de la obra.

Los sistemas más comunes utilizados en perforación son:

- Percusión.
- Rotación.
- Rotopercusión.

La percusión, basa su técnica en la fracturación y trituración de la roca por la acción de golpeo de un instrumento pesado. La rotación, se centra en la acción de arrancar partí-



Figura 4.7.- Diferentes coronas para la ejecución del sondeo.

culas por medio de un elemento cortante sometido a una fuerza giratoria y que provoca una rotura de la roca por compresión. La roto percusión, se basa en la combinación de las dos técnicas anteriores, y es aquella a la que al efecto de golpeo se superpone una acción de giro del útil de perforación.

El sistema de perforación generalmente utilizado para la ejecución de sondeos en terrenos volcánicos es el de roto percusión. El varillaje utilizado es de 6 m. En un terreno volcánico hay dos tipos de maniobras; la primera, cuando se está desarrollando el sondeo, para terrenos relativamente sueltos como los comentados; aluviales, piroclastos, conglomerados etc.... y otra, para el terreno masivo o basáltico, es aquí donde realmente sufre la máquina y descienden notablemente los rendimientos. Se hace necesario ir recolectando las muestras de las formaciones atravesadas para el reconocimiento del terreno. Como valores de referencia para este tipo de sondeo y este tipo de material, es recomendable, usar un momento en la cabeza del sondeo, de 50 kg por m. Para una máquina de un solo compresor, es conveniente incluir 12 bares de presión. Por último es conveniente hablar de rendimientos, aunque, realmente, el rendimiento lo va a condicionar la experiencia del operario, que en este campo es fundamental. Como dato orientativo, se facilita el siguiente valor de 8 a 10 m/d con una jornada de 8 h, aunque

se reitera que depende de bastantes factores y el más limitante el tipo de formación a atravesar y la destreza del operario.

Los costes para la realización de un sondeo en un terreno volcánico difieren notablemente de los costes en terrenos continentales, esto se puede deber, en una primera estancia, a que el terreno volcánico presenta mayor dificultad para ejecutar el mismo, debido a la heterogeneidad del terreno y a la dureza que presentan los basaltos, en caso de atravesar este tipo de formación. También influye que hay menos competencia entre las empresas dedicadas a los sondeos.

Se puede determinar que en Madrid, un coste de sondeo medio puede ser del orden de 250 €/m (2009), para un terreno detrítico, como norma general, es obvio que la dificultad en este caso es mucho menor que en un terreno volcánico, así como los rendimientos. En el caso volcánico, se ha calculado mediante la observación y ejecución de varios sondeos a lo largo de las islas. En este coste calculado, no se incluye el conjunto de inversiones que incluye una perforación tipo (p. ej.: equipamientos posteriores: tubería de revestimiento, de elevación, grupo bomba-motor, etc.). En general el coste es algo que dependerá de cada instalación, con enorme influencia de diámetros y profundidades, sólo el coste de perforación, contemplando cualquier tipo de terreno, mediante tecnología de roto percusión, podría estar más próximo de los 300-400 € por ml (metro lineal) en 2009. En cualquier caso, la profundidad tiene una enorme incidencia, porque el coste de instalación y desmantelamiento de la maquinaria de perforación, puede estar incluido en el precio del ml para grandes profundidades; sin embargo, puede ser una partida única al margen del coste por ml para sondeos poco profundos y no de menos de 2.000-3.000 € (2009) por sondeo.

En otro orden de cosas, los pozos profundos admiten abordar el proyecto a precio cerrado, pues el menor margen del contratista por cambios en el terreno (entiéndase menor productividad de la máquina) puede ser más fácilmente asumido. En otro tipo de sondeos, aquellos de 50 m o menos de profundidad, donde haya indicios de terrenos de difícil perforación (masivos), será muy difícil obtener un precio cerrado, contratándose por administración y por tanto, con un precio resultante que dependerá de cada caso y cuyo promedio, es difícil de estimar por no tener documentación objetiva al respecto.