

LOS MOLINOS HIDRÁULICOS DE HUEBRO REVISITADOS: SUS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

HOWARD G. HEADWORTH¹

Licenciado en Geología

ABSTRACT: Twenty-two water mills lie along the deep valley which runs from the small village of Huebro to Níjar, 3kms below. All are now disused and most are in ruins. Domingo Ortiz Soler described these in 1988. This paper revisits the Huebro water mills to explore their current state of preservation and to position them precisely using the Global Positioning System (GPS). It concentrates on the technological and hydraulic features of the mills which are classified as *Molinos de Rodezno* by virtue of the nature of their waterwheels. It does not attempt to cover the social and patrimonial aspects which were once associated with them and which were so well described by Ortiz Soler (1988).

Key words: water mills, molinos de rodezno, Arab technology, Huebro, Níjar.

RESUMEN: Hay veintidós molinos hidráulicos a lo largo del barranco que se extiende desde de la aldea de Huebro a Níjar, un trayecto de unos 4 kms. Todos están abandonados y la mayoría están en ruinas. Domingo Ortiz Soler los describió en 1988. Este artículo vuelve a visitar los molinos de Huebro para explorar su actual estado de preservación y para ubicarlos con precisión usando el GPS (Global Positioning System). Nos concentramos en las características tecnológicas e hidráulicas de los molinos que son clasificados como *Molinos de Rodezno* en virtud del carácter de sus ruedas de agua. Los aspectos sociales y patrimoniales asociados han sido descritos por Ortiz Soler (1988), por lo que no los tocamos.

Palabras clave: molinos hidráulicos, molinos de rodezno, Huebro, Níjar, tecnología árabe.

¹ El autor agradece a Barrie Cox por llevar a cabo la encuesta de los molinos con GPS y a José Golderos y Frank Villafana por su ayuda en la traducción de este artículo.

1. INTRODUCCIÓN

La aldea de Huebro está ubicada a 3 kms al norte del municipio de Níjar, a unos 25 kms al nordeste de Almería (Plano 1). Huebro, con una elevación de 690 m, está al lado de una cuenca con forma de herradura que linda con un muro montañoso rodeado por cumbres de cerca de 1000 m. Las montañas de caliza parda crean un terreno escarpado, ocasionalmente penetrado por los esquistos arcillosos purpúreos de las rocas del basamento paleozoico que sostienen la Sierra Alhamilla. El valle desciende desde Huebro abruptamente a Níjar, que está a 360 m de altura. A pesar de las abruptas montañas, muchas con sus lados inferiores dispuestos en bancales, una ladera con pendientes suaves se ubica en la herradura bajo Huebro y apoya numerosas huertas donde se cultivan una amplia variedad de cosechas y árboles frutales (Foto 1). Esto en contraste con los barrancos profundos en los tramos rectos del valle (Foto 2). Aquí hubo en el pasado cincuenta molinos hidráulicos alrededor de Níjar (Ortiz Soler, 1988), pero este artículo se enfoca hacia los 22 concentrados a una distancia de menos de 2 kms entre Huebro y Níjar.

2. EL SISTEMA DEL DRENAJE

Dos barrancos drenan el valle de Huebro. Tienen forma de herradura, que se unen a 0.5 kms bajo la aldea. Ambos están secos durante todo el año, salvo unos pocos días fuera de los meses del verano, que es cuando los molinos hidráulicos debieron estar funcionando. La única fuente de agua de los molinos es un manantial que surge del muro de la montaña de Huebro. El agua se acumula en un embalse de la aldea (Foto 3). Otros barrancos se unen en el valle principal pero, de nuevo, todos están secos salvo unos pocos días al año.

El manantial de Huebro se canaliza enseguida en una acequia revestida de hormigón de aproximadamente 0.25 a 0.3 m de ancho y 0.2 m de profundidad. Este único caudal fluye rápidamente valle abajo y suministra agua a todos los molinos. Varias compuertas a lo largo de su curso permiten el riego de los huertos adjuntos a otros canales pequeños.

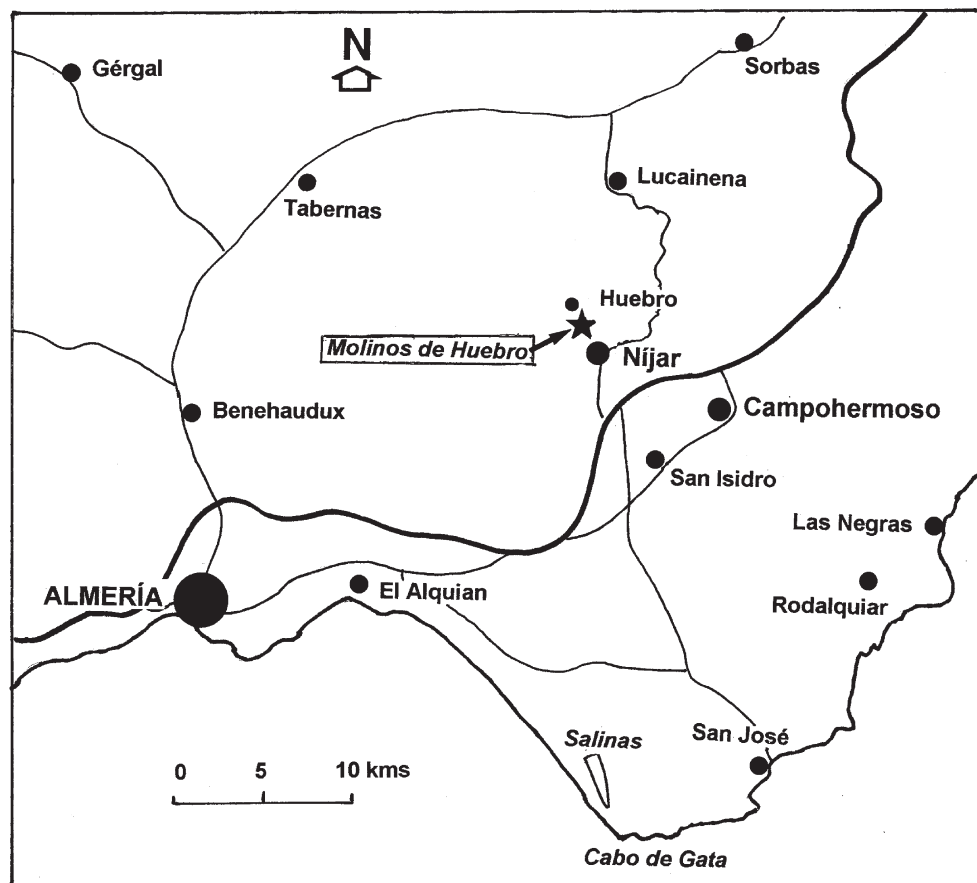
3. EL SUMINISTRO DE ALGUA A LOS MOLINOS

El embalse de Huebro de 18 m cuadrados, debió tener un desagüe a 2 m de altura, aunque ahora está drenado por una compuerta baja que se abre a mano cada mañana. Sólo queda en el embalse un poco de agua, pero el volumen total podría almacenar cerca de 630 metros cúbicos de agua.

El embalse va directamente a una acequia que es usada también por los aldeanos para lavar la ropa y abrevar a los animales. En julio de 2003 el caudal de esta acequia

Plano 1

La locación general de los molinos de Huebro, Níjar y Almería



(y consecuentemente el manantial de Huebro) era de 27 litros/sec (l/s). Llenar totalmente el embalse tomaría al menos siete horas y un poco más para vaciarle. Sin embargo, el almacenaje efectivo habría aumentado por el flujo continuo del manantial; caudal que sería, sin duda, más grande en otros meses del año.

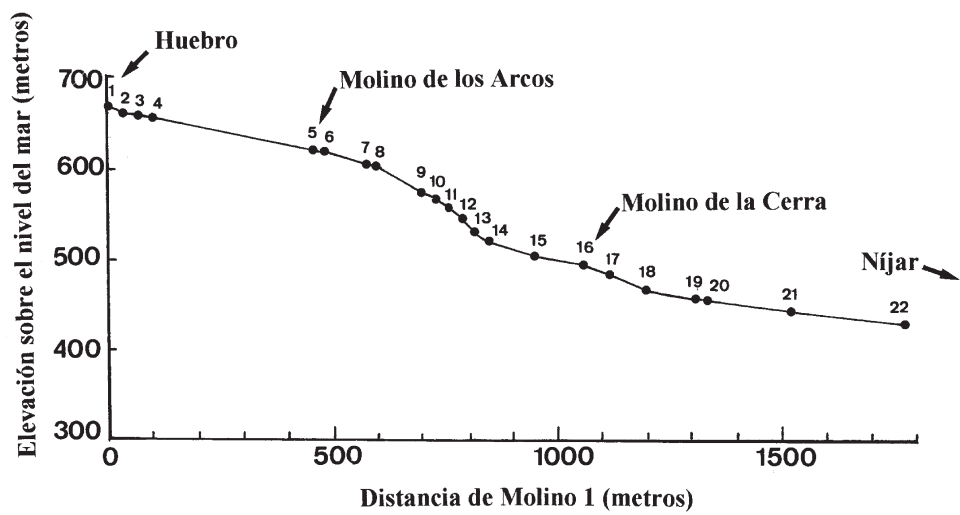
La acequia que sale del embalse provee con parte de su caudal a los huertos que se encuentran a lo largo de su curso. Cuando los molinos estaban en auge, tales pérdidas estaban muy reguladas. Vale la pena mencionar que en agosto de 2003 -decenios después de que los molinos dejaran de usarse-, el caudal de agua de la acequia transportado por canal abierto o por cañería a lo largo de los 1,84 kms que separa los Molinos núm. 1 del 22, no disminuye a lo largo de todo su curso. Específicamente, el 28 de ese mes la co-

riente medida en la acequia, a una poca distancia bajo Huebro (Foto 4), era de 26,5 l/s, mientras que en la acequia que sigue al Molino 22 el flujo era de 28,2 l/s (Foto 6). Con un error de unos 10-15% con el método del flotador (sección transversal cubierta con agua, multiplicada por la velocidad del flotador, sobre una distancia medida) los flujos eran los mismos. Sin flujos entrando en el sistema, no había pérdidas a lo largo del curso de la acequia de Huebro. ¡Algo verdaderamente impresionante!

Muchos de los molinos hidráulicos, particularmente los que están Huebro abajo, tuvieron sus pequeños depósitos o represas de molino. Depósitos revestidos con piedra u hormigón, que podían tener cualquier forma pero que en general eran de poco más que 15-20 metros cúbicos. Los molinos de alcance medio (núm. 9 a 14) descienden por la ladera cuya pendiente (ilustrada en el Gráfico 1) impedía la construcción de represas de molino individuales. Desconocemos si estos depósitos junto a los molinos eran para aumentar el flujo hacia el molino o para lavar y humedecer el trigo antes de la molienda.

Gráfico 1

El perfil y las elevaciones de los molinos de Huebro.

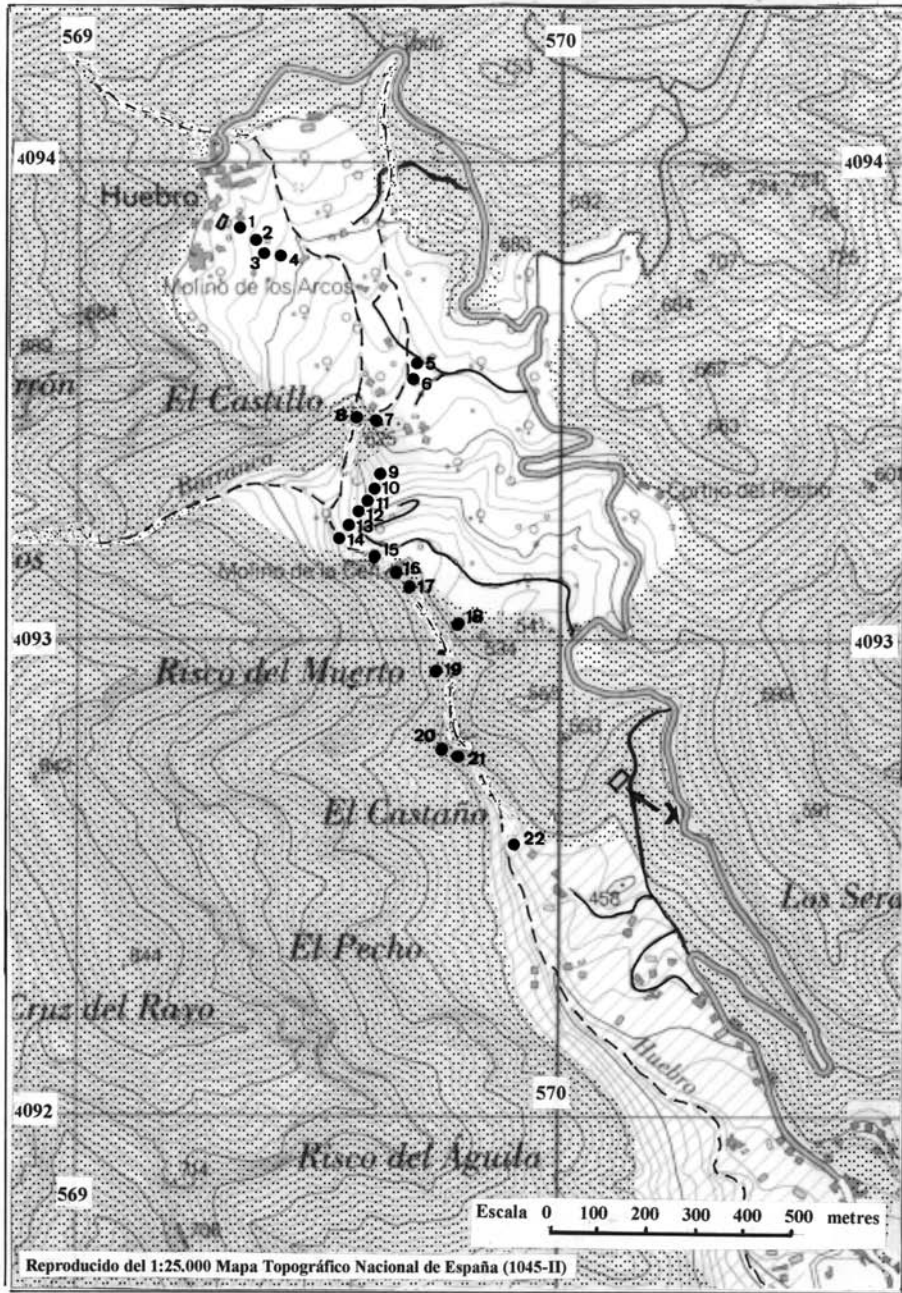


4. EL NÚMERO DE MOLINOS

Los 22 molinos ocupan las partes altas y medias del valle que desciende a Níjar (Plano 2). El primero está ubicado justo bajo la balsa de Huebro, y el último cerca de la Casa de los Castaños. En su artículo Ortiz Soler (1988) enumera los molinos por los nombres de sus

Plano 2

Los sitios de los 22 molinos hidráulicos en el área de Huebro.



dueños, cuando eran conocidos. Sin embargo, ya han transcurrido treinta años desde que los molinos estuvieran activos y parece más apropiado identificarlos ahora por su situación exacta, y por alguna característica distintiva. Podemos dividirlos en cuatro grupos:

Núm. 1 a 4: ubicado bajo el pueblo de Huebro.

Núm. 5 a 8: a través de la ribera pueblo abajo.

Núm. 9 a 14: seis molinos vinculados que descienden la colina cerca del sendero a “Ribera de los Molinos” y que une el camino GR 140 de Níjar hacia Huebro.

Núm. 15 a 22: ocho molinos alrededor de la curva del valle hacia la Casa de los Castaños.

5. LOCALIZANDO LOS MOLINOS HIDRÁULICOS

La situación de los 22 molinos hidráulicos ha sido determinada exactamente por GPS (Global Positioning System/Sistema de Posicionamiento Global) con un instrumento Megallan GPS 315 de una precisión de cerca de 5 metros. Los datos se dan en longitud y latitud en el Cuadro 1. Veintitrés molinos han sido relacionados por Ortiz Soler en su artículo de 1988 donde describe su Molino 3 como “desconocido.” Sin embargo, es dudoso que este molino existiera dada la proximidad de los Molinos 1 a 4; además, sus alturas relativas claramente excluyen que otro molino pudiese estar ubicado entre ellos. Consecuentemente, el Molino 3 de Ortiz Soler ha sido omitido de la lista en este artículo (Cuadro 1) y sus Molinos 4 y 5 pasan a ser los núm. 3 y 4. El Molino de los Arcos (No 6 de Ortiz Soler) es claramente el siguiente molino de esta secuencia, apareciendo registrado como el núm. 5 de nuestro artículo².

La posición de los 22 molinos se muestran en el Plano 2, reproducido del mapa nacional topográfico para Níjar con una escala de 1:25.000 (No 1045-II). Desafortunadamente, las escalas de la latitud y la longitud que bordean el mapa topográfico citado están en desacuerdo o equivocadas respecto a las coordenadas exactas que se derivan de GPS. Este error es de unos 90 m de la latitud y 140 m de longitud. También muchos de los edificios de Huebro abajo aparecen localizados incorrectamente, al igual que el Molino de Arcos.

GPS también nos permite determinar la posición en altura de los molinos sobre el nivel del mar. Estas aparece en el Cuadro 1 y se muestran en perfil en el Gráfico 1. Es probable que tengan una precisión de no más de 3 m. Ambos sitios y elevaciones se relacionan a las bases de sus cubos.

² Es útil mencionar aquí que Morales González (2001:1/57) también se refiere a 22 molinos en Huebro en su trabajo de los molinos hidráulicos de Abila.

6. MOLINOS DE RODEZNO EN OTROS SITIOS

6.1 Molinos Hidráulicos en Ablá (Almería)

En un estudio detallado hecho por Morales González (2001) para el Instituto de Estudios Almerienses, bajo la dirección del Profesor Antonio Pullido Bosch, describió 10 molinos de rodezno en el municipio de Ablá. Estos molinos están ubicados en el valle del Nacimiento, 40 kms al nordeste de Almería. El estudio fue elaborado con el objeto de preservar el Molino de Las Juntas (también conocido como Molino de los Arcos), que estaba amenazado por la construcción de una nueva carretera, la A-92. De estos 10 molinos en la municipalidad de Ablá, 5 estaban ubicados a lo largo de la Rambla de los Santos y otros 5 a lo largo del valle del Nacimiento. Tres molinos han desaparecidos, 4 están en ruinas y quedan solamente partes de la estructura y dos han sido convertidos en viviendas modernas. El Molino de Las Juntas estaba en tan mal estado que tras las protestas locales el contratista tomó una serie de medidas para reforzar y preservarlo antes de la construcción de la nueva carretera. Un molino con dos pares de piedras, que puede fecharse en el siglo XVI.

La mayoría de los molinos estuvieron funcionando hasta fines de 1950 o principios de 1960. Sin embargo, el molino mejor preservado de todos es el Molino Nuevo; hoy en día un museo. Todo está tal como funcionaba la última vez que trabajó en 1970. Este molino tenía dos acequias y cubos, y manejaba tres pares de piedras de molino. Morales González (2001) se refiere también a 6 molinos que existieron en el municipio de Abrucena al oeste de Ablá, y tres en Las Tres Villas, hacia el este.

6.2 Molinos Hidráulicos de La Pez (Guadix, Granada)

Los molinos de rodezno en La Pez, cerca de Granada, han sido estudiados con todo detalle por José Miguel Garrido Aranda (1999). Al principio del siglo XX a lo largo del valle de La Pez, que desciende a Purullena, a 4 kms al oeste de Guadix, había 17 saltos individuales, cada uno con 1 ó 2 molinos; con un total de 24 molinos. Ninguno se usa actualmente y muchos han desaparecido. Sus características hidráulicas se referirán más tarde en este artículo, pero en la mayoría de los casos, los molinos hidráulicos de La Pez y en Ablá son similares en construcción y funcionamiento a los de Huebro, aunque persistan diferencias locales.

7. EL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOLINOS DE HUEBRO

La composición de las partes principales de los molinos de Huebro, como los otros que se refieren más arriba, es como sigue:

Cuadro 1

Los detalles de los molinos hidráulicos de Huebro, Nijar

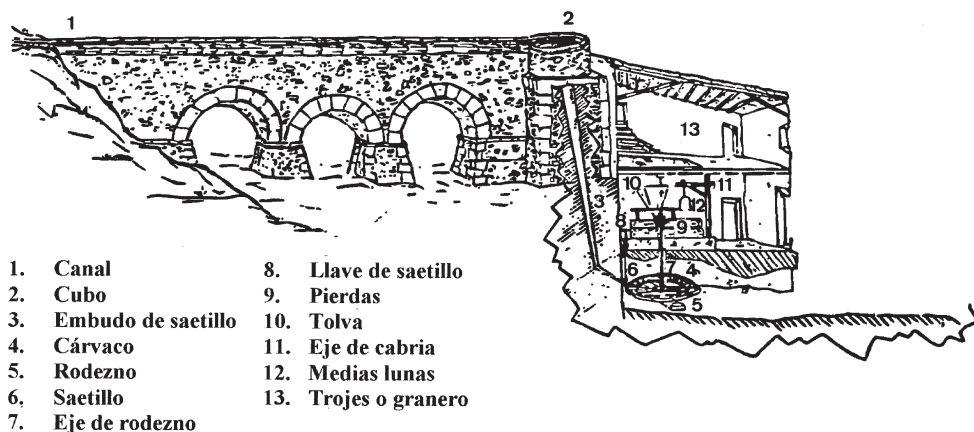
No. (DOS No) *	Latitud N/ Longitud O/	Coordenadas Mapa 1045-II de Nijar	Altitud sobre el mar (m)	Piedras de Molino	Rueda hidráulica o turbina	Dueño anterior indicado por Ortiz Soler	Características distintivas
1(1)	36° 59.195 2° 13.327	X 569.33 Y 093.87	666	Piedra baja solamente	Si, entrada por canal sumergido. Saetillo presente	Ninguno	El primer molino bajo la balsa de Huebro.
2(2)	36° 59.182 2° 13.303	X 569.36 Y 093.84	659	Ambas piedras en sus sitios	No visible	Diego Ramos Alarcón	El montaje de las piedras y su estructura circundante es el más preservados de todo los molinos.
3(4)	36° 59.168 2° 13.283	X 569.39 Y 093.82	654	Piedra alta está afuera	Si	Desconocido	Poco queda. Tiene un cubo bajo y posiblemente nunca fue un molino efectivo. Una balsa de 3 m x 5 m x 1 m de profundidad está cerca.
4(5)	36° 59.164 2° 13.267	X 569.42 Y 093.81	657	Ninguna	No	Desconocido	Solamente queda c.1.5m del cubo. El nivel del suelo alrededor, probablemente elevado, indica que núm.se hubiera completado como un molino activo.
5(6)	36° 59.036 2° 13.077	X 569.70 Y 093.58	617	Posiblemente.Si	Si, contra la pared de la cámara. Saetillo muy claro	Angel Gil	El Molino de Arcos. Los arcos están rellenos y la estructura fue elevada últimamente. Posiblemente las piedras existen dentro la casa. El mecanismo del saetillo está intacto.
6(7)	36° 59.019 2° 13.083	X 569.69 Y 093.55	619	Desconocido	Desconocido	Doña Angeles Jiménez	Si quedan las piedras y la turbina, posiblemente están dentro la casa.
7(8)	36° 58.973 2° 13.134	X 569.62 Y 093.44	605	Una piedra presente	Si, contra la pared de la cámara con las piedras	Tío José Jiménez Torres	Situado en un barranco profundo, cerca de núm.8.
8(9)	36° 58.975 2° 13.159	X 569.57 Y 093.46	591	2 piedras presente	No, cámara vacía.	Manuel Jiménez	Un molino impresionante. Recibió agua sobre el barranco de Núm. 7. Un puente con arco tomó el flujo de agua.
9(10)	36° 58.912 2° 13.131	X 569.63 Y 093.36	572	Ninguna	Imposible para inspeccionar	Tío Francisco Solís Carmona	El molino más alto de una "cascada" de 6 molinos. La cámara de piedras no existe y la cámara de la turbina está inaccesible.
10(11)	36° 58.897 2° 13.133	X 569.62 Y 093.32	568	Ninguna	Cámara vacía	Tío Francisco Solís Carmona	El revestimiento del canal al cubo tiene un color rosado. La cámara de la turbina está vacía.

11(12)	36° 58.881 2° 13.141	X 569.61 Y 093.29	553	Ninguna	Inaccesible	Miguel Segura "el Rafajo"	Pequeño. Muy cerca de núm.10.
12(13)	36° 58.871 2° 13.155	X 569.59 Y 093.27	542	Ambos pierdas en sus sitios	Si, con telas. Saetillo rompe	Tío Solís Carmona	"Diego Ano 1943" está escrito en el cemento el saetillo. Ambas piedras están presente.
13(14)	36° 58.856 2° 13.168	X 569.56 Y 093.24	528	Ambos pierdas en sus sitios	Si	Tío Solís Carmona	Como Núm.10. El revestimiento del canal al cubo tiene un color rosado. Ambas piedras existen.
14(15)	36° 58.840 2° 13.180	X 569.54 Y 093.21	516	Una pierda presente	Si	Tío José Jarras	El último de la "cascada" de 6 molinos. Situado bajo el sendero GR 140 de la carretera principal.
15(16)	36° 58.818 2° 13.138	X 569.62 Y 093.18	505	Posiblemente en cuarto cerrado	No. Saetillo presente	Nicanor Jiménez	El único molino que está blanco. El agua que es recibida del Núm.14 fluye por un canal abierto y en tubería.
16(17)	36° 58.794 2° 13.110	X 569.66 Y 093.14	495	Piedra alta invertida. Una afuera	Si, con telas. Saetillo muy claro	Francisco Solís	Turbina y saetillo bien preservados. "D A" o "D R" (para Diego Ramos Alarcón) "31.7.42" está escrito en el cemento sobre el saetillo.
17(18)	36° 58.785 2° 13.087	X 569.69 Y 093.11	485	Si, Una, inclinada. Una afuera	Si	Enrique Martínez	Agua fluye dentro de la tubería de núm.16 en un canal vía la ruta de la acequia y entonces cae en forma de cascada baja el cubo. Luego el agua es descarga del saetillo.
18(19)	36° 58.739 2° 13.061	X 569.79 Y 093.04	468	2 piedras en sus sitios. Una contra pared.	Acceso a cámara bloqueado	Salvador Ramos Alarcón (hermano de Diego)	Sigue el sendero GR 140. Principalmente el agua fluye del Molino 14 a 22 en un tubo de 150 mm diam. localizado en el canal de la acequia sobre el barranco.
19(20)	36° 58.690 2° 13.049	X 593.74 Y 092.94	467	Ninguna	No. Estructura baja es arruinada	Francisco Cazorla	El molino está en un estado pobre.
20(21)	36° 58.604 2° 13.022	X 593.76 Y 092.77	443	Si, baja escombros	No. Solamente una huella en el polvo	Diego Camacho	Un cubo muy alto. Su canal está pintado de negro con asfáltico. El agua corre por este canal. El único molino que lo hace.
21(22)	36° 58.588 2° 13.014	X 593.79 Y 092.75	437	Desconocido. Inaccesible	Desconocido. Inaccesible	Los Pelillos	Un pequeño molino muy cerca del Núm.20.
22(23)	36° 58.440 2° 12.909	X 593.91 Y 092.66	427	Ninguna. Cámara derrumbada	Desconocido. Inaccesible	Aldaguer	El último de los 22 molinos cerca de La Casa de los Castaño. La cámara de la turbina está bloqueada con plantas. El agua llega a una acequia bien construida.

* Los números en paréntesis se refieren a los números de los molinos dados por Domingo Ortiz Soler. En su lista, DOS indica Molino Núm.3 como "desconocido." Pero la proximidad de Molinos 1 a 5 y sus altitudes relativos impidieron que hubiera sido posible localizar un molino entre estos dos. Entre los Núm. 2 y 4 el molino 3. desaparece. El Molino de los Arcos, es claramente el núm.6 de DOS. Por lo tanto, su lista de 23 molinos ha sido reducida a los 22 que existen.

Dibujo 1

Una ilustración del molino de Las Juntas (Molino de los Arcos), Abia (derivado de Roberto Morales González).



La acequia que va a los molinos de Huebro;

El cubo (pozo) en el cual cae el agua en forma de cascada;

El saetillo u orificio que dirige el chorro de agua hacia las palas de la rueda;

La rueda o turbina;

El eje vertical que conecta la turbina con la piedra corredera;

Las dos piedras de molino; una fija abajo y otra arriba movable;

Los mecanismos para control: uno para mover agua del cubo hacia la turbina y otro para controlar la separación y operación de las piedras;

Medios para levantar las piedras,

Medios para controlar el flujo de trigo y la recogida de la harina.

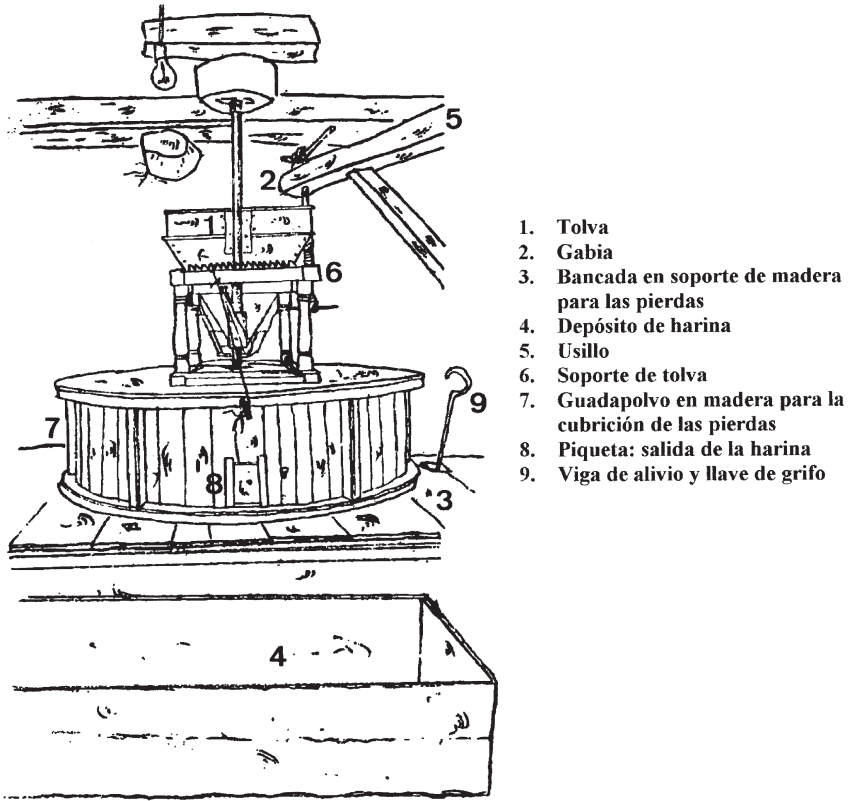
La estructura y funcionamiento general de los Molinos de Rodezno se ilustra en los Dibujos 1 y 2 (derivados de Morales González, 2001).

7.1 La Acequia

Una única acequia que se alimenta del manantial en Huebro, suministra de agua a los molinos. Ésta fluye desde el embalse y serpentea abajo y alrededor de las laderas, proveyendo de agua por turno a cada molino (Foto 4). El agua que se descarga de cada molino se une de nuevo a la acequia, que continua descendiendo hasta el siguiente molino. En el caso de los

Dibujo 2

Una esquema del mecanismo de la Molienda (derivado de Roberto Morales González)



Molinos 9 a 14 están tan cerca, uno después del otro, que la corriente que sale del anterior suministra agua directamente al molino que está debajo. Es improbable que el flujo en la acequia aumente por los barrancos de los lados, ya que el fango y los detritos causarían un serio daño a este sistema hidráulico que fue construido tan cuidadosamente.

La presencia de un canal para interceptar los flujos de las inundaciones a lo largo del valle, más abajo en la ribera izquierda, permite confirmar esto. Allí, un canal profundo de 2 m de ancho, con muros de hormigón, se construyó para interceptar los flujos de los barrancos o directamente de la ladera de la montaña durante las tormentas intensas. Este canal conduce a una balsa grande, de aproximadamente 20 m cuadrados y 3 m de profundidad, construida de hormigón (localizada como X en el Plano 2). Ortiz Soler relata que en 1927 las inundaciones torrenciales dañaron seriamente unos de los molinos hidráulicos, y es posible que este canal de intercepción fuera construido después de ese acontecimiento para prevenir su repetición.

La acequia está revestida con hormigón casi en toda su longitud, especialmente en la parte alta, cerca de Huebro, y más abajo en los alrededores del Molino 22. De los Molinos 8 al 21 el caudal corre parcialmente dentro de un tubo de plástico de 150 mm de diámetro, enterrado a lo largo de la acequia, que sigue su curso a través de las difíciles pendientes cortadas por barrancos secos (Foto 2). Consecuentemente, a lo largo del recorrido el caudal es parcialmente una tubería y otras veces un canal abierto.

7.2 El Cubo

Todas las estructuras principales de los molinos hidráulicos son similares aunque difieren en sus tamaños. Un cubo vertical (como un pozo) estrecho existe al final de un canal de agua (llamado ‘el caz’) que está situada a lo largo de la parte alta de la estructura de mampostería que fue construida al lado de la ladera (Fotos 2, 7 a 10). El caz toma agua directamente de la acequia y tiene una reja de hierro para impedir que los detritos entren al cubo. Los cazes son ambos 0,3 m de ancho y profundidad, revestidos con cal o barro (Foto 5 y 9) (Los Molinos 10 y 13 están pintados de rosa mientras que el Núm. 20 está pintado de negro con betún). Los cubos dentro de las estructuras de mampostería son circulares y tienen entre 0.6 y 1.0 m de diámetro en lo alto, estrechándose a cerca de la mitad en su base. Sus lados están perfectamente lisos. Los cubos tienen entre 4 y 12 m de alto, pero 7 o 8 m es lo más común. Las estructuras están construidas de piedra, con cantos rodados del barranco, o mampostería.

7.3 La Rueda o Turbina

En la base de la estructura de mampostería hay una cámara pequeña llamada la bóveda o cárcavo, que aloja la rueda horizontal, aunque ‘turbina’ sea palabra más apropiada. Esta forma de turbina horizontal se llama ‘rodeznó’ y caracteriza a los molinos de Huebro y también a los de Abla y La Pez. La bóveda es de cerca de 1 m alto por 2 m de ancho. Las turbinas son de hierro y de similar construcción (Foto 12). Tienen 1,8 m de diámetro y poseen entre 40 y 45 paletas (álabes); 43 parece ser la cantidad más común. Estas paletas se forman como las conchas de las ostras y son del tamaño de una mano. Están fijadas entre la llanta exterior y una llanta interior que es 0,2 m de diámetro. Al menos 8 de los 22 molinos hidráulicos tienen sus turbinas situadas en el cuarto de arriba con las piedras del molino. En el caso de muchos molinos, el acceso a la bóveda está oculto, bloqueado o es tan difícil que es imposible determinar si existen las turbinas.

Las turbinas fueron todas de construcción similar ya que fueron hechas por Diego Ramón Alarcón. Un carpintero que llevaba el mantenimiento de los molinos. También era el dueño de Molino 2 que se ubica bajo Huebro. Como dato, “Diego Año 1943” está escrito en el cemento en el muro de la bóveda de Molino 12, mientras que “D A” o “D R”

“31.7.42” están escritos en el cemento del Molino 16. Estas fechas indican probablemente la última vez que estas turbinas fueron reemplazadas, reparadas o examinadas por él. Ortiz Soler (1988) indica que Diego murió en 1982.

Aunque todas las turbinas que existen en los molinos de Huebro son similares entre sí y se conforman con la descripción dada, en los siglos anteriores habrían sido hechas de madera con cuatro palas planas fijadas a un eje vertical.

7.4 El Orificio o Saetillo

El agua del cubo descarga hacia las paletas de la turbina de la pared trasera de la bóveda, vía el saetillo que se fijó contra la pared con dos soportes. El saetillo, aproximadamente un cubo de 0,2 m de tamaño, era elaborado en cemento y tenía un pequeño orificio de hierro de 30 mm ancho y 100 mm de alto (bien visto en los Molinos 2, 5 y 16). Este orificio estaba equipado con una compuerta pequeña de hierro que podía reducir la apertura y concentrar el chorro de agua con considerable fuerza hacia las paletas de la turbina (Foto 11). Una barra enroscada manejada desde el cuadro de arriba, ajustaba la válvula y controlaba el chorro del saetillo.

7.5 El Eje de Rodezno

Un eje cuadrado está sujeto con tornillos al centro de la turbina o rodezno y sube verticalmente por el techo de la bóveda, hasta el cuadro de arriba que contiene el montaje para la molienda. La turbina gira en un cojinete de metal apoyado abajo en una viga de madera. El eje pasa por la piedra fija, llamada la piedra solera, y termina en una pieza de hierro en forma de T. Esta pieza en T se une con una ranura que está cortada en el lado inferior de la piedra superior. Las turbinas en los Molinos 1, 12 y 16 están sujetadas por cuatro alambres unidos al eje. Sin duda, éste proporcionaba estabilidad durante su rotación.

7.6 Las Piedras de Molino

Los molinos de Huebro poseyeron solamente un par de piedras (Foto 13), al contrario de los de Abla (Morales González, 2001) donde fueron usadas dos o tres pares de piedras; evidentemente había poco espacio en los sitios de Huebro y seguramente insuficiente agua disponible para usar más piedras. Las piedras tienen entre 1,17 y 1,22 m de diámetro, aunque hay de mayor tamaño. La piedra inferior, la piedra solera, es plana por ambos lados y en general más fina (c. 150 mm) que la piedra superior. Las caras de la molienda de la piedra inferior estaban cortadas con rayos, que hacían salir el trigo hacia el borde, según el grano se iba transformado en harina.

La piedra de arriba tenía una cara superior que era convexa y en general de 170 mm en su exterior y 220 mm en el centro. La cara inferior era plana (las caras para moler eran ahuecadas para facilitar la expulsión de la harina de las piedras). Ambas piedras tienen una apertura de 150 mm de diámetro. Una ranura 305 x 102 mm y cerca de 10 mm de profundidad se corta en la base de la piedra superior para alojar la pieza en forma de T que se fija al extremo del eje. Esto se ve claramente en la piedra que está fuera del Molino 4 (Foto 15).

Las piedras se componen de arenisca natural de grano grueso, cementado con sílice y conteniendo pequeños cantos redondos. Algunas de las piedras se refuerzan con un fleje de hierro alrededor de la llanta. Esa arenisca tan dura no se encuentra en la localidad. Morales González (2001) sugiere que las piedras de Huebro provenían del Barrio de Pescadería Almeriense o, posiblemente, de Francia que era célebre por la calidad de sus piedras. Suponiendo una densidad relativa para la arenisca silíceo de 2,7 y una porosidad de 10%, las piedras inferiores más delgadas pesan cerca de 250 kgs. y las piedras superiores más gruesas cerca de 450 kgs.

Para clarificar ciertas contradicciones con el artículo de Ortiz Soler entre declaraciones en el texto principal y en el anexo, la piedra inferior (la solera) no gira y estaba fija. La piedra superior era la piedra impulsada o piedra corredera y, como se explica arriba, era elevada por la pieza en forma de T que se une al eje que sube de la turbina. Este sistema es normal en todos los molinos.

Los extremos de muchos ejes poseen pequeños agujeros redondos localizados a centros de 25 mm. Se cree que estos agujeros estaban para permitir gruesos diferentes en las piedras inferiores, para que las piezas en T pudieran engranar correctamente en las ranuras de las bases de las piedras superiores (Foto 15).

7.7 Los Aparatos de Control

Como se mencionó arriba, el caudal de agua hacia la bóveda (Foto 12) del cubo vía el saetillo se controlaba con una compuerta pequeña (Foto 11). Está se conectaba por una barra que subía a través del cuadro de las piedras a una mango enroscado denominado “llave de grifo” o “llave de alivo”. Una segunda barra enroscada con mango, la “llave de piedra”, descendía por la bóveda hacia una viga de madera en la que giraba la turbina. Esta viga funcionaba como una palanca para que, girando la llave de piedra, la viga se inclinara y la turbina se levantara. Luego, a través del eje, la piedra corredera se levantaba desde la piedra solera para permitirle girar, y también para cambiar la separación entre las dos piedras y el grano de harina que se producía durante la molienda. Sólomente cuando esta palanca se activaba podía girar la turbina. Consecuentemente, era posible descargar el agua hacia la turbina sin su rotación.

Actualmente, ninguno de estos controles permanece intacto en los molinos.

7.8 Maneras de Levantamiento de las Piedras

La piedra corredera (superior) tenía que ser levantada de la piedra solera (inferior) de vez en cuando para limpiar sus superficies de la molienda y para repasar las rayas en la piedra solera por las cuales la harina se movía hacia el borde exterior. La piedra corredera se podía levantar de dos maneras. La más sencilla era elevando la piedra con una fuerte palanca de madera que se sujetaba en la pared interior, de otra manera, se necesitarían cuatro o cinco hombres para moverla. Sin embargo, los molinos de Huebro, siguieron el ejemplo de Abla y La Pez y tenían una gabia para facilitarlos. Esta se formaba como una horca y tenía un rezón con dos púas fijadas bajo el brazo. Solamente el Molino 2 conservó esta estructura (Foto 14). La gabia giraba sobre las piedras y las púas del rezón enganchaban bajo los lados de la piedra corredera. Luego, con una barra enroscada y con mango esta piedra podía ser levantada lo suficiente para deslizarla de la piedra solera.

7.9 Controlando el Flujo de Grano en las Piedras

Con la piedra corredera engranada y girando, el grano de trigo se vertía en una tolva a través de su orificio central. Tapones colocados en los “ojos” de las piedras impedían que el grano se derramara en la bóveda de abajo. Esto habría sido un desastre para el molinero. La fuerza centrífuga de la piedra corredera movía el trigo con velocidades crecientes hacia el borde a través de las rayas. Ajustando la llave de piedra se controlaba la separación entre las piedras para moler harina más fina. La harina se recogía en una cesta de esparto o cajón de depósito (Dibujo 2).

8. EL ÚLTIMO USO DE LOS MOLINOS

Ortiz Soler cuenta que el Molino de los Arcos funcionó hasta 1972. Sin embargo, “D A” o “D R” “31.7.42” (por Diego Ramos Alarcón) están grabados en el cemento detrás del saetillo en el Molino 16 y “Diego Año 1943” está grabado en el cemento en el Molino 12. Estas fechas deben indicar cuándo se repararon sus turbinas o se reemplazaron por última vez. Esto sugiere que al menos estos dos molinos, funcionaron hasta entonces. Sin embargo, puede ser que el Molino de los Arcos funcionara realmente como molino hasta 1972 o, simplemente, que estaba en condiciones de funcionar.

9. UNIDADES IMPERIALES (BRITÁNICAS) DE MEDIDA

Es interesante señalar que, sea por accidente o por diseño, muchas de las partes motrices de los molinos de Huebro parecen someterse a unidades de medida inglesas y no a medidas métricas. (Todas de las medidas usadas en este artículo se expresan en unidades métricas). Aunque varían los diámetros de las turbinas y las piedras, son comunes las dimensiones incluidas en el Cuadro 2:

Cuadro 2

Las Dimensiones Comunes de los Partes Motrices

Parámetro	Unidades métricas	Unidades inglesas
Diámetro de turbinas	1.83 m	6 ft
Anchura de las paletas	203 mm	8 in
Diámetro de las piedras de molino	1.22 m	4 ft
Diámetro de los “ojos” en las piedras	152 mm	6 in
Tamaño de ranura en la piedra corredura para la pieza de T	305x102 mm	1 in
Espacio entre huecos en el eje sobre la turbina	25.4 mm	1 in
Anchura de acequias y cazas	254 mm	10 in

ft = foot (pie) 30,49 cm: in = inch (pulgada) 25,4 mm

10. LOS REQUISITOS HIDRÁULICOS DE LOS MOLINOS

Todo los molinos de Huebro conectaban con una sola acequia, que derivaba su caudal del manantial de Huebro vía la balsa de 630 m³ de la aldea, y se puede calcular el desarrollo hidráulico de los molinos:

1. Las piedras habrían girado a una velocidad de entre 60 y 120 revoluciones por minuto (rpm) (Ortiz Soler, 1988; Garrido Aranda, 1999; Morales González, 2001). Tomando una velocidad media de 90 rpm, las paletas giraban a 7,7 metros por segundo (m/s) y con una velocidad del chorro hacia la turbina de al menos ésta (< eficaz al 100%).
2. Con un orificio del saetillo de 50 mm x 30 mm (Molinos 1, 5 y 16) se habría necesitado un caudal de al menos 0,012 m³/s (12 litros/sec) para girar la turbina a 7,7 m/s.
3. El volumen de agua que se almacenaría en un cubo 8 m de alto, 1.0 m de diámetro, estrechándose a 0,5 m, sería de cerca de 3,66 m³ (3660 litros). En un cubo lleno con agua la turbina giraría unos 3660/12 = 305 segundos = 5 minutos. Aún así, la turbina aminoraría su velocidad cuando la altura de agua se redujera.

4. Las represas de molino pequeñas (embalses) que existen en algunos de los molinos (principalmente abajo del pueblo) tuvieron una capacidad de 15-20 m³. Si estos embalses existieron para apoyar las necesidades hidráulicas de los molinos, entonces las turbinas podrían girar 25 minutos antes de que el suministro a los cubos de los molinos se acabara.

Consecuentemente, lo que se deriva de estos cálculos aproximados es que esos molinos que poseían sus propias represas de molino (funcionaban conjuntamente con otros molinos que las poseían), ya que en caso contrario sólo habrían podido mantener un ciclo de molienda de poco más de media hora. Esos molinos sin sus represas de molino, tenían un depósito de agua en sus cubos demasiado pequeño como para sostener un ciclo de molienda útil. Habrían podido operar solamente usando un flujo continuo de la acequia de Huebro tal como se mostró antes (en 27 l/s en Agosto 2003). Con un flujo continuo en la acequia habría sido posible hacer trabajar un molino, una vez que sus compuertas estaban abiertas para derivar el caudal hacia el cubo. Sin embargo, una vez funcionando y usando el caudal continuo de la acequia, ningún otro molino habría funcionando a no ser que un grupo de ellos coordinara sus actividades para recibir la descarga del molino de arriba. Esto habría sido más probable con los Molinos 9 a 14 que estaban muy juntos en el descenso de la colina (Fotos 8 y 10).

10.1 Los Molinos Hidráulicos de La Pez

Las características técnicas e hidráulicas de los molinos de La Pez son muy similares a los de Huebro (Garrido Aranda, 1999). Los cubos tenían una altura de 5 m con un diámetro de la entrada de 0,8 m. Cuando estaban llenos almacenaban 3,6 m³ de agua. El flujo medio en la acequia era de 49 l/s y la velocidad del agua que se descargaba desde los saetillos eran de 10,4 m/s. Los diámetros de las turbinas al punto de impacto de los chorros eran de 1,4 m y giraban a 60 rpm. Los molinos tenían tres controles:

1. Para regular el chorro de agua hacia la turbina ("la llave");
2. Para controlar la separación de las piedras y el grano de la harina ("el alivio").
3. Para bloquear o abrir el movimiento de las turbinas.

Las turbinas tenían 43 paletas y diferían de las de Huebro sólo en su construcción. Preferencias y costumbres locales determinaban la fabricación de las turbinas, pero en otros aspectos los molinos de Huebro son similares a los de La Pez.

11. REALIZACIÓN CINEMÁTICA

Adoptando la metodología de José Montes, Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada, incluido en el estudio por Morales González (2001), es posible

determinar la realización cinemática de los molinos de Huebro y, por eso, estimar el tiempo que los molinos necesitaron para alcanzar sus velocidades de funcionamiento.

Usando los parámetros de flujo, $Q = 15 \text{ l/s}$; la densidad de agua, $\rho = 1,0 \text{ kg/m}^3$; la aceleración de gravedad, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; la altura del cubo, $a = 8 \text{ m}$; los radios de las piedras y turbinas, $R = 0,6$ y $0,8$ respectivamente; y el espesor de la piedra, $w = 0,2 \text{ m}$; donde E = la energía cinemática de rotación del sistema rodezno - piedra (J); I = el momento de inercia de este sistema (kg/m^2); y ω = la velocidad de rotación (en radianes por segundo), es posible llegar a los resultados que se muestran en el Cuadro 3:

Cuadro 3

La Determinación de Las Características Cinemáticas de los Molinos

Potencia (caballos), donde	$P = Q \rho g h = 1200 \text{ W}$	= 8,0 CV
Velocidad de rotación (de Bernoulli)	$V = v / (2 \pi R)$	= 2,2 m/s
Masa de piedra	$M = \pi R^2 h$	= 440 kgs
Velocidad de rotación	$V = R 2 \pi$	= 21, 7 radianes/s
Momento de inercia	$I = \frac{1}{2} M R^2$	= 79 kg/m^3
Energía de rotación	$E = \frac{1}{2} I \omega^2$	= 18.500 J
Energía en kilovatios-hora		= 0,00514
Tiempo para acelerar las piedras	$T = 3.600 Q (E / P)$	= 35 segundos

Estos cálculos indican que las piedras del molino tardarían cerca de 35 segundos para alcanzar sus velocidades de funcionamiento, aunque sería más lento o más rápido dependiendo del flujo de agua y la altura del cubo. Lo que podemos comparar con los cerca de 40 segundos (recalculado) para el Molino de Las Juntas en Abila (Molino de los Arcos) donde presentaba un flujo más pequeño y un cubo más bajo.

12. LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS MOLINOS RODEZNOS

Los molinos hidráulicos, con sus piedras impulsadas desde abajo por ruedas horizontales, llamadas Molinos de Rodeznos, provienen del siglo I a. C. (Macaulay, 1988). En estos, cuatro paletas planas se fijaban verticalmente a un cubo, del cual salía un eje hacia las piedras de arriba. Un canal angosto que se abastecía de un río o riachuelo se dirigía hacia las paletas.

12.1 Los Molinos Hidráulicos de Córdoba

El mismo principio fue adoptado por los Romanos en Córdoba a lo largo del río Guadalquivir en los primeros siglos del primer milenio. Allí, justo debajo de su puente con arcos, los Romanos embalsaron el río con una presa de 1 m de altura que corría sinuosamente a

través del río. Construyeron molinos en cada ribera, con dos más en el centro. Instalaron compuertas de control, ausentes ahora, que liberaban el agua hacia los molinos mientras que las compuertas a los lados permitían que el agua se desviara a los molinos o para mantenerlos durante las inundaciones. Actualmente, los molinos y el curso de la represa a través del río están cubiertos con matorrales y árboles. Originalmente, estos molinos poseían ruedas horizontales (Garrido Aranda, 2003) y funcionaban con el mismo principio que los de Grecia y más tarde Andalucía. Indudablemente, los controles hidráulicos tuvieron que haber sido sofisticados y fuertes.

Estos tipos de molinos se llaman Molinos de Regolfo y hay otros ejemplos a lo largo del río Guadalquivir. Son peculiares por su sencillez mecánica. Como los molinos de Huebro, sus ruedas o turbinas eran horizontales y, por lo tanto, sus partes motrices no necesitaban girar 90° como el caso de los molinos europeos en el siglo XVI con sus ruedas verticales o en los molinos de viento con sus velas. Además, los ejes de los Molinos de Regolfo, como los Molinos de Rodezno, conectaban las ruedas con las piedras correduras sin ningún dispositivo. Esta característica de tracción directa, en ambas formas de molino hidráulico, significó que si las piedras tenían que girar con bastante velocidad para moler grano (60 a 120 rpm) entonces se necesitaría una velocidad alta de entrada del agua y esta requería una presión (se llama “la cabeza”) considerable de agua y/o un caudal considerable.

La última evolución del molino en Europa, con el agua fluyendo sobre o debajo de la rueda vertical, necesitaba dispositivos para girar la fuerza motriz a 90° pero, lo que es más importante, también permitió que estos molinos, que giraban más lentos, aceleraran las piedras del molino a velocidad suficiente.

La Noria de Córdoba, que se ubica en la ribera derecha del río Guadalquivir, actualmente es famosa por su rueda árabe del siglo IX, que tiene una altura de 15 m. Aunque ha sido renovada en los años recientes no está en funcionamiento ahora. Su enorme rueda se levanta por encima del nivel de la carretera y se asienta sobre el caz que se abastece del río. En la época árabe, las paletas, sujetadas a la circunferencia de la rueda, levantaban cincuenta cubos de agua para regar los jardines del alcázar cercano. En efecto, era una noria que estaba impulsada no por un burro o un hombre sino por el flujo del mismo río. ¡Muy ingenioso! En muchos aspectos fue el precursor del ariete hidráulico moderno que usa la velocidad del río para bombea agua a una distancia considerable a través de una tubería. La relación con los Molinos de Regolfo de los Romanos es que la noria árabe se construyó al lado de uno de los cuatro molinos que estaban situados a través del río. Los cuales, probablemente para entonces, estaban abandonados.

12.2 El Origen de los Molinos de Huebro

Ortiz Soler postulaba que los molinos hidráulicos eran de origen árabe (siglos XV o XVI), siendo comunes entre las comunidades rurales en las partes montañosas de Andalucía y Murcia. Esto concuerda con los molinos en y alrededor de Abla (Morales González,

2001). Se piensa que tuvieron su origen en los similares molinos de África del Norte que según suponemos tuvieron su origen en la tecnología romana antes descrita.

13. CONCLUSIONES

Los 22 molinos de rodezno de Huebro, cerca de Níjar, Almería, son similares en sus estructuras y funcionamiento con los de Abla y La Pez. Algunos, al menos, tienen que haber estado funcionando hasta 1943. Mientras que Ortiz Soler relata que un molino funcionaba en 1972, es cuestionable que trabajara como un molino activo que producía harina, y nosotros pensamos que simplemente funcionaba correctamente. Los molinos de Huebro posiblemente tienen un origen árabe, siglos XV o XVI. Mientras que uno o dos están en un estado lamentable, muchos de ellos retienen su estructura, y otros todavía tienen sus turbinas y piedras.

No podemos evitar concluir que sería verdaderamente triste que se dejara que todos ellos llegaran a la total ruina. Por eso si se busca un molino o varios para preservarlos o recuperarlos, entonces los Molinos 2, 13 y 16 serían los candidatos convenientes. Todos ellos tienen lazos con Diego Ramón Alarcón y este sería un tributo apropiado para él.

14. BIBLIOGRAFÍA

GARRIDO ARANDA, J.M. (1999): *Estudio de los Molinos de Rodezno Horizontal en La Pez (Granada)*. Trabajo fin de carrera, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba, Córdoba.

_____ (2003): Comunicación personal, incluyendo un extracto (p. 5) de un estudio "*Estructuras Hidráulicas del Molinos de la Alegría. Molino de Regolfo*" para el Jardín Botánico de Córdoba en cuento a la restauración del Molino de La Alegría.

MACAULAY, D. (1988). *The Way Things Work*, Color Library Books Ltd, Godalming; Surrey, England.

MORALES GONZÁLEZ, R. (2001). "*Recuperación del Molino de Los Arcos de Abla*": *Historia y Tecnología* (dos tomos): Instituto de Estudios Almerienses.

ORTIZ SOLER, D. (1988). "Análisis descriptivo para el Estudio de un Tipo de Molinos de Agua en el Area de Huebro, Níjar (Almería)", en *Cultural Huércal Overa - Huércal Overa*: Asociación Cultural Overa, Año II, Núm.5, pp. 18-35.



1. La ladera bajo de Huebro. El Molino de los Arcos (No 5) está al lado izquierdo.



2. El barranco profundo cerca del Molino 19 y el sendero GR 140.



3. La balsa de Huebro.



4. La acequia abajo de Huebro. La iglesia del pueblo está arriba.



5. El canal o caz que va al cubo del Molino 20.



6. La acequia que va al molino, Núm. 22. La Casa de los Castaños está cerca.



7. Las estructuras de los Molinos 12 y 13.



8. La "cascada" de los seis molinos Núm. 9 a 14. El molino blanco es No 15.



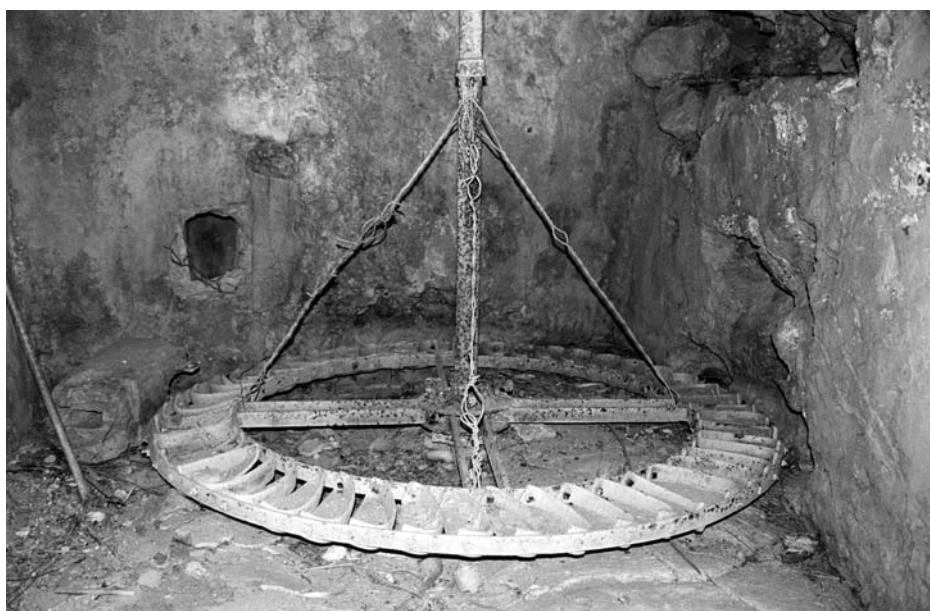
9. Los cazes de los Molinos 10, 12, 13 y 14.



10. La "cascada" de los seis Molinos 9 a 14 (el Núm. 11 está oculto).



11. El saetillo en el Molino de los Arcos (Núm. 5).



12. La rueda o turbina en el Molino 12. El saetillo está ausente.



13. Las dos piedras en el Molino 13.



14. El autor con la gabia y los restos de la molienda en el Molino 2.



15. El lado inferior de la piedra corredera, fuera del Molino 3.