

UN HITO INDUSTRIAL EN EL CAMINO DE SAN JUAN DE LA CRUZ: “EL MOLINO DE LAS ÁNIMAS”.

Miguel Mesa Molinos
Ingeniero Técnico Industrial

Índice

| | |
|---|----|
| UN HITO INDUSTRIAL EN EL CAMINO DE SAN JUAN DE LA CRUZ: | 4 |
| “EL MOLINO DE LAS ÁNIMAS” | 4 |
| 1) PRÓLOGO | 4 |
| 2) EDIFICIO PRINCIPAL Y CONSTRUCCIONES ANEXAS | 5 |
| 2.1) Arquitectura de los edificios y anexos | 8 |
| 2.1.2) Edificio principal | 9 |
| 3) CENTRAL HIDROELÉCTRICA Y LÍNEA DE SUMINISTRO DE BAJA TENSIÓN A LAS ALDEAS DE LA RIBERA | 16 |
| 3.1) Central hidroeléctrica..... | 16 |
| 3.1.1) Sus elementos principales:..... | 16 |
| 3.1.2) Su regulación y puesta en marcha. | 20 |
| 3.1.3) El cuadro eléctrico de protección y maniobra. | 21 |
| 3.2) Línea aérea BT de distribución de cte. a las aldeas de la Ribera..... | 22 |
| 3.2.1) Características de la línea..... | 23 |
| 3.2.2) Apoyos..... | 24 |
| 3.2.3) Aisladores | 25 |
| 3.2.4) Montaje y tensado de cable conductor | 26 |
| 3.3) Anexo de cálculos hidráulicos y eléctricos | 27 |
| Anexo I - Cálculo de turbina y potencia que suministra | 28 |
| Anexo II: Detalle generador y turbina | 29 |
| Anexo III: Esquema hidráulico | 30 |
| Anexo IV: Esquema unifilar instalación BT | 31 |
| 4) FÁBRICA DE BORRA | 32 |
| 4.1) “La Borrera” | 33 |
| 5) MOLINO HARINERO, INCLUIDO EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA. | 35 |
| 5.1) El caz..... | 36 |
| 5.1.1) Las características del caz | 38 |
| 5.2) El acueducto | 42 |
| 5.2.1) Características del puente romano | 44 |
| 5.2.3) El estribo | 48 |
| 5.3) El cubo | 50 |
| 5.3.1) Sus características e historia | 51 |
| 5.3.2) Su conservación | 53 |
| 5.4) El molino | 54 |
| 5.4.1) El cárcavo | 56 |

| | |
|---|----|
| 5.4.2) El rodezno | 58 |
| 5.4.3) El banco | 58 |
| 5.4.4) La ragua y gorrón | 59 |
| 5.4.6) El alfarje..... | 59 |
| 5.4.7) Las piedras..... | 60 |
| 5.4.8) Las máquinas auxiliares..... | 62 |
| 5.4.9) Ajuste del molino: ACARRAZAL | 65 |
| 5.4.10) La producción..... | 67 |
| 6) LA AFILADERA..... | 67 |
| 7) EL HORNO ÁRABE | 71 |
| 8) CONCLUSIONES | 72 |
| 9) EPÍLOGO | 74 |
| ANEXO: CENTRAL ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN EN EL MOLINO DE D. AGUSTÍN ROS MARTINEZ Y LÍNEA DE TRANSPORTE A LA FÁBRICA DE HILADOS DE D. JOAQUÍN MOYA PEÑA. 77 | |
| Prólogo | 77 |
| El proyecto de la central eléctrica | 79 |
| Proyecto: CENTRAL ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN EN EL MOLINO DE D. AGUSTÍN ROS MARTINEZ Y LÍNEA DE TRANSPORTE A LA FÁBRICA DE HILADOS DE D. JOAQUÍN MOYA PEÑA. | 80 |
| Agradecimientos: | 92 |
| Bibliografía: | 92 |

UN HITO INDUSTRIAL EN EL CAMINO DE SAN JUAN DE LA CRUZ: “EL MOLINO DE LAS ÁNIMAS”.

1) PRÓLOGO

En una red social vi una fotografía de una edificación que había realizado un amigo mío cuando iba por el Camino de San Juan de la Cruz próximo a Santiago de la Espada, llamándome poderosamente la atención por las razones que luego expondré. Me puse en contacto con él para que me dijera su ubicación y que me explicara algo más de lo que había visto. Una vez terminada nuestra conversación me envió una serie de fotografías que hicieron que me sorprendiera aún más el edificio y sobre todo su contenido.



Fg.01) Vista desde el Camino de San Juan de la Cruz del “Molino de las Ánimas”

Por razones que no vienen al caso, pues tengo numerosos amigos y conocidos en Santiago de la Espada, llamé a quien creía que me podría dar más información al respecto, y mira por donde el edificio en cuestión había sido propiedad de su abuelo, siendo en la actualidad de un primo suyo, ofreciéndose a hacer las gestiones oportunas por si lo quería ver detenidamente.

Mi amigo me sorprendió cuando me dijo que cuando viniera a verlo me trajera un “cubo de grasa” para poner en marcha la industria allí existente: **Un**

molino harinero, una central hidroeléctrica y una fábrica de borra. Me quedé de “piedra” y desde ese momento decidí, con el permiso de su dueño como es lógico, estudiar aquella “industria”, pues me acordé de José María “El Lanero” (para los que estén interesados, os dejo unos enlaces que os sorprenderán), pues llegué tarde a estudiar las fábricas de lanas, los batanes, el sistema de producción de energía eléctrica.... que tenían en Pontones, Santiago y Villacarrillo, ya que habían desaparecido.

Enlaces:

[LA HISTORIA DEL CRISTO DE “JOSÉ EL LANERO”. LOS BATANEROS DE LA MATEA Y LA FÁBRICA DE LANAS DE PONTONES. \(1º Parte\)](#)

[LA 2ª PARTE DE LA HISTORIA DEL CRISTO DE JOSÉ “EL LANERO”](#)

[LA HISTORIA DE JOSÉ MARÍA “EL LANERO” Y SUS CRISTOS \(3ª Parte\)](#)

En esta publicación voy a tratar de estudiar y de describir esta singular industria en plena sierra de Segura. Su actividad se desarrolló durante el siglo pasado, comenzando con el molino harinero sobre los años 20 y finalizando esta actividad de la molienda a finales de los 80. La producción eléctrica se inició unos años más tarde, sobre el año 1930, y finalizó justo en 1975, y la producción de borra se inició sobre los años 40 y terminó a finales de los 60 cuando apareció en el mercado la goma espuma, material este que sustituyó a la borra en los colchones, almohadas, o en las cabeceras de los escaños tan populares en la sierra...

Para una mejor descripción dividiré el estudio en los siguientes apartados:

- a) Edificios y construcciones anexas
- b) Central hidroeléctrica y línea de suministro en baja tensión (BT) a las aldeas de la Ribera.
- c) Anexo de cálculos eléctricos e hidráulicos.
- d) Producción de borra.
- e) Molino harinero, incluido el sistema de conducción de agua.

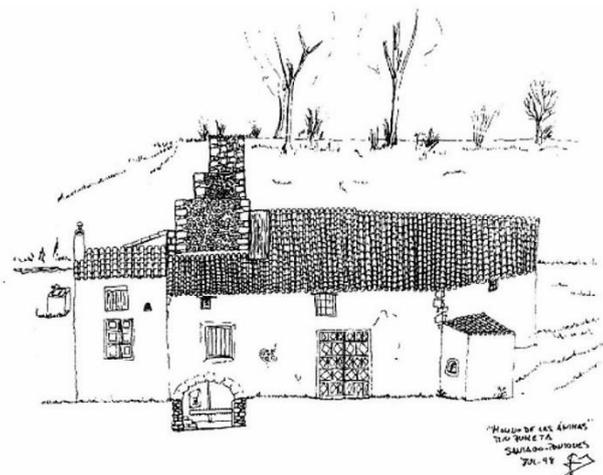
2) EDIFICIO PRINCIPAL Y CONSTRUCCIONES ANEXAS

El edificio y sus anexos se encuentran en el término municipal de Santiago de la Espada como lo atestigua un azulejo en su fachada. Este edificio está ubicado en una parcela de uso agrícola de 10.821 m², con una superficie total construida de 383 m², diferenciándose en su conjunto varias partes:



fg.02) Azulejo en la fachada donde se puede leer: “Río Segura anejo de Santiago de la Espada partido de Segura provincia de Jaén”.

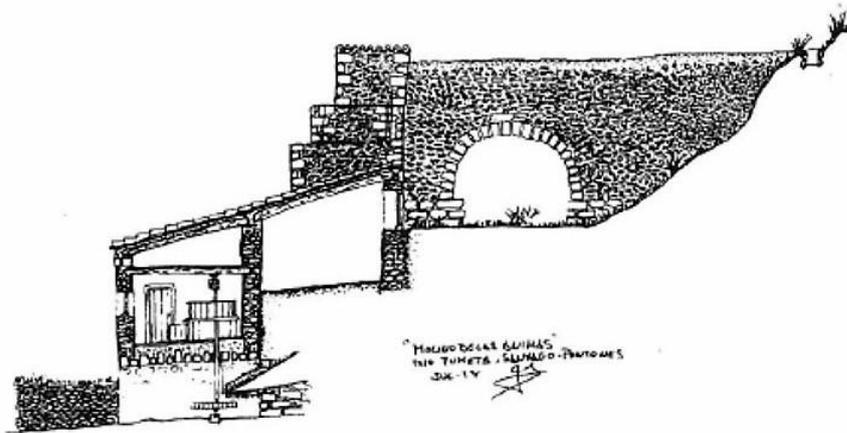
- a) Una primera construcción que se iniciaría sobre los años 20 del pasado siglo, es donde se aloja el molino harinero, almacenes y dependencias de vivienda para el molinero y la familia. Una parte de este edificio tiene dos plantas: baja y primera. En ambas se ubica y se distribuye la maquinaria del molino: Las piedras de la molienda, la tolva, el guardapolvos, la cabría... las máquinas de limpieza (semilleros) y cernido de los cereales en general, trigo, centeno, etc...



fg.03) Dibujo de la fachada del edificio principal. Se aprecia el horno, el cárcavo con rodezno, el cubo y las edificaciones anexas.

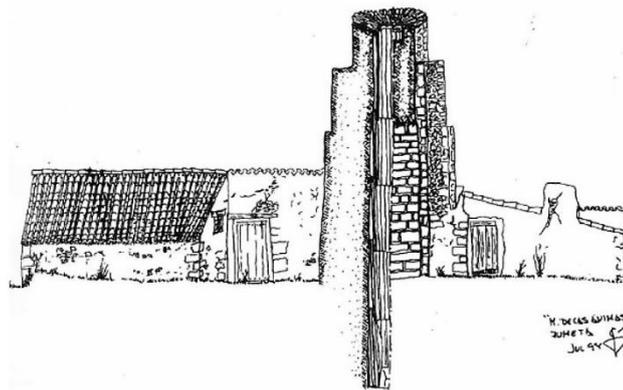
- b) Una segunda edificación de dos plantas anexa al edificio principal, que se construiría sobre los años 30, en donde se ubica la “central hidroeléctrica” (planta baja) y la fábrica de borra (planta primera). Este

edificio anexo está interconexiónado al mismo nivel con el principal por la planta baja, y por la planta 1ª a través de unas escaleras y un forjado de madera.



fg.04) Dibujo de una sección transversal de la edificación. Se observa el acueducto, el cubo, un habitáculo en planta baja con el molino harinero y el cárcavo con el rodezo.

- c) Una tercera construcción anexa al edificio principal que sirve para conducir el agua desde el caz al molino, formada por una canal de obra de sección rectangular, sobre un muro con un arco de medio punto, y una construcción vertical llamada “cubo”, que más tarde describiremos.



fg.05) Sección transversal del cubo. A ambos lados edificios anexos.

fg. 03,04 y 05): Dibujos de D. José Carlos Sánchez Ruiz, publicados en la revista ALMOROJE. Santiago – Pontones - Julio 1998.

- d) Un horno árabe.



fg.06) Distribución de los diferentes edificios y anexos en el conjunto de la edificación.

2.1) Arquitectura de los edificios y anexos

Antes de entrar a describir cómo están contruidos estos edificios y los anexos, transcribo de la web www.arquitecturapopular.es, el inicio de un artículo publicado con el título: <Edificios tradicionales. Descripción constructiva>: “... *En la arquitectura popular, los materiales empleados son los de más fácil adquisición, los que se tienen más a mano. La tierra, la cal, la madera, la piedra o la paja, solían ser los más utilizados por el pueblo para construir sus viviendas. La arcilla cocida, especialmente tejas y baldosas, era también muy extendida. Durante siglos, el uso casi en exclusiva de los materiales que se podían encontrar en una zona y las condiciones climáticas de la misma, fueron creando un sistema de construcción propio, unas reglas comunes a cada comarca, que se perfeccionaron con el paso del tiempo. La arquitectura popular se adaptó a lo que había...*”

2.1.2) Edificio principal

Describiremos aquí las partes principales del edificio: La cimentación, los muros de cerramiento (fachadas), los forjados, la cubierta, los acabados, los pavimentos...

La cimentación aunque no está visible, estaría hecha mediante pozos y vigas de arriostramiento rellenas de hormigón (piedras, arena, cemento y cal), enrasando hasta una cierta altura con aparejo de sillares de piedra de un espesor de 1 m aproximadamente. Según hemos visto en los dibujos de la secciones transversales, todo el conjunto del edificio se ha adaptado a la pendiente del terreno, incluso hay un muro o escollera que sostiene parte del terreno y sirve también de cerramiento del edificio. En esa zona están las habitaciones dedicadas a la vivienda.



fg.07) Detalle de la escollera en el terreno. Además de contener el terreno sirve de protección del edificio en caso de avenidas del arroyo Zumeta.

La fachada exterior (muros perimetrales) o de cerramiento interior (muros de carga) del edificio de unos 50 cm de espesor, están formados por mampuesto de piedra regular ligados con argamasa o mortero de cemento. Es de suponer que estos muros estarán arriostrados en su parte superior, así como un refuerzo en las esquinas mediante un aparejo, tal vez de ladrillo macizo. En los huecos

de puertas y ventanas se emplean dinteles de madera o pequeños arcos de piedra o ladrillo.

Las paredes exteriores, están maestreadas con un recubrimiento de mortero de cal y arena, **e interiormente** con una capa de yeso bastardo, de un espesor considerable, maestreadas y con una terminación de pintura a la cal con un tinte de color.



fg.08) Fachada cerramiento exterior recubierta de mortero de cal y arena.



fg.09) Cerramiento interior revestido de capa de yeso bastardo con una terminación de pintura a la cal con un tinte de color.

Los forjados del piso intermedio también se construyeron en madera. Se observa el entramado de las vigas del forjado apoyadas sobre una jácena de carga (viga de madera), que estará empotrada en los muros maestros del edificio, con un punto de apoyo intermedio formado por una ménsula y un pilar de madera. Para rellenar el espacio entre el entramado de vigas del forjado (el cielo raso), se colocaron unas piezas de cerámica, al parecer ladrillos macizos de barro, formando un vértice. En su parte superior se rellenaría el piso con barro mezclado con cal para nivelar y asentar las piezas de cerámica como pavimento, o bien colocar un entablado de listones de madera.



fg.10) Forjado con vigas de madera. Sala ubicación del generador y turbina en edificio anexo.



fg.11) Forjado con vigas de madera. Sala ubicación molino harinero en edificio principal.



fg.12) Forjado con entablado de madera. Acceso a la máquina de la borra desde el molino.

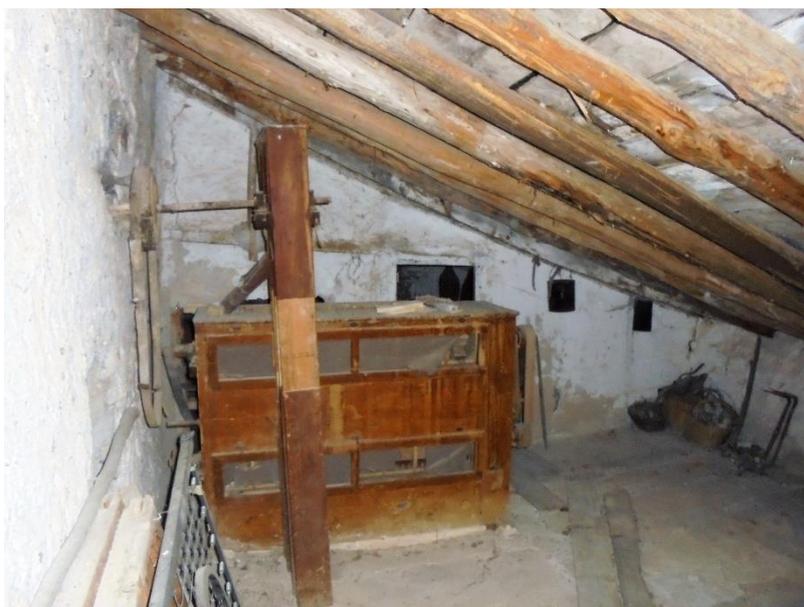
La cubierta a una o dos aguas, según el edificio, está construida por vigas y faldones totalmente en madera. Sobre el faldón formado por tablas ripias de madera, se colocaría un elemento intermedio compuesto por barro mezclado con paja, que servía de nivelación y aislamiento térmico, sobre el que posteriormente se colocó la cubierta de teja árabe.



fg.13) Cubierta con teja árabe a un agua en edificio anexo (Máquina de borra y turbina-generator).



fg.14) Cubierta con teja árabe a dos aguas en edificio principal.



fg.15) Detalle de las vigas y faldón de madera de la cubierta.



fg.16)



fg.17)



fg.18)

fg.16, 17 y 18) Detalle de la viga (jácena) apoyada sobre pilares o muros de carga, donde apoyan a su vez las vigas y faldón de la cubierta.

Los pavimentos. En el conjunto de los edificios se pueden apreciar tres tipos de pavimentos:

- En el zaguán de entrada al edificio principal, que además servía de paso a las cuadras, vivienda y almacenes, está empedrado con chinos de canto rodado de río. Este pavimento de gran resistencia tiene una antigüedad de casi 100 años y se mantiene en un buen estado de conservación, a pesar del paso de los animales de carga con los sacos de cereal, el trajín de la descarga y carga, etc.



fg.19) Detalle del pavimento empedrado con chino de canto rodado de río en el zaguán de entrada al molino.

- En la cuadra y almacén directamente sobre el terreno, con una capa del propio terreno mezclada con cal y colocación de losas de piedra de distinto tamaño.
- En la sala de molienda, fábrica de borra y turbina-generator con una capa de mortero rica en cemento terminada con un roleteado.
- En los peldaños de las escaleras de acceso de obra de fábrica, en la unión huella-tabica se ha colocado un mamperlán de madera.

3) CENTRAL HIDROELÉCTRICA Y LÍNEA DE SUMINISTRO DE BAJA TENSIÓN A LAS ALDEAS DE LA RIBERA

3.1) Central hidroeléctrica.

3.1.1) Sus elementos principales:

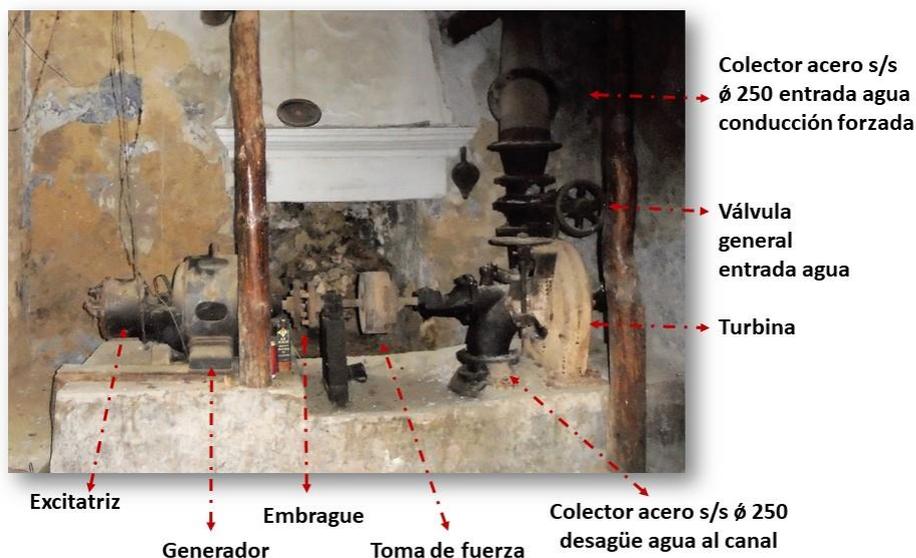
- En nuestro caso está compuesta por un generador de corriente eléctrica alterna III y una turbina hidráulica, acopladas ambas máquinas por un embrague manual.

Generador – Turbina <central hidroeléctrica>



fg.20) Vista del conjunto monobloc: Generador – Turbina montado sobre una bancada de hormigón.

Generador – Turbina <central hidroeléctrica>



**fg.21) Ubicación de los diferentes componentes del conjunto monobloc:
Generador – Turbina montado sobre una bancada de hormigón.**

- El generador de corriente alterna dispone de placa de características:
Tensión:380/220 V III+N / Potencia: 10 KVA/ Intensidad 12,5 A / Velocidad 1000 R.P.M./ Frecuencia: 50 hertzios (Hz) o periodos por segundo

Placa del Generador – Turbina



Placa de características del generador:
 V=380/220 V. 3F+N
 I =15,20 Amp.
 P= 10 KVA / 7,75 KW
 Π= 50 Hercios
 V= 1000 r.p.m.

Fabricante de la turbina:
Millán Hermanos



Fg.22) Placas de características del generador y turbina.

**Caja de bornes salida de cte. del generador
380/220 V III + N**



Las conexiones de las bobinas del generador están conectadas en estrella, tomando el neutro de su centro.

Entre fases hay 380 V y entre fase y neutro 220 V II

Fg.23) Caja de bornes salida de cables del generador 3F+N.

Detalle del generador III



Rotor y estator del generador
380/220 V III+N/10 KVA
12,5 A/1000 r.p.m./50 Hz

Excitatriz 50 V CC

Fg.24) Rotor-Estátor y Excitatriz.

- La turbina no tiene placa de características, tan solo la marca del fabricante. No obstante y por cálculo, sí sabemos el caudal que le entra por el tubo de aspiración, en el que hay instalada una válvula de compuerta con bridas de corte general, además de un mecanismo que regula el caudal que incide directamente sobre los álabes del disco interior de la turbina.
- En la turbina, justo encima del eje de toma de fuerza, existe una aguja vertical sobre una placa metálica con marcas calibradas que indicará el desvío, en más o menos, de las revoluciones idóneas que indica el

fabricante a las que debe de girar la turbina para su acoplamiento al generador y que dé su máxima potencia.



Fg.25



Fg.26

Fg.25 y 26) Detalle de los elementos que componen la turbina.

Rueda en el eje de la turbina que sirve de toma de fuerza mediante una cinta de cuero (polea) para mover la maquina de producción de borra, ubicada en el piso superior.



Discos con tetones para el acoplamiento del generador con la turbina de forma manual (Embrague).



Maniobra de acoplamiento ya efectuada de forma manual, mediante una cinta de cuero de unos 5 centímetros de ancho.

Fg.27 Detalle del sistema de embrague y toma de fuerza para la máquina de fabricación de la borra.

Como norma se toma que el acoplamiento de turbina – generador es de 2,5. Es decir, si el generador tiene una velocidad de 1.000 rpm a la que da su potencia, en nuestro caso: 10 KVA a una tensión de 380 V III/N, la turbina debería ir a una velocidad de 2.500 rpm para transmitir la fuerza necesaria al generador, una vez acoplados.

3.1.2) Su regulación y puesta en marcha.

En la actualidad una minicentral hidráulica de una potencia similar a la que existe en el molino, está formada por un conjunto monobloc montado sobre una bancada: Generador, embrague y turbina con sus válvulas de corte y regulación dotadas de servomotores, maniobrados todos estos elementos por un cuadro de mando y protección dotado de un sistema electrónico, que es capaz de abrir o cerrar válvulas mediante un software adecuado, y cambiar el caudal y por supuesto la velocidad, así como embragar o desembragar el acoplamiento generador-turbina.

En nuestro caso, esto que se consigue ahora “sin pestañar”, era una verdadera maniobra de paciencia, inteligencia y sobre todo maestría que trataré de explicar.

3.1.3) El cuadro eléctrico de protección y maniobra.

Antes de avanzar hay que explicar dos temas importantes:

- a) **Cuadro eléctrico de mando y protección:** En la instalación, aunque muy deteriorado, sobre todo porque ha sufrido expolio de personas sin ningún escrúpulo, existe un cuadro de protección y maniobra. Este está formado por una placa de mármol de 100*70 cms. montada verticalmente sobre cuadro con angulares metálicos que la sujetan a la pared desplazándola unos 30 cms. En esta placa existía un voltímetro de 0/500 V que nos medía la tensión que llegaba del generador, así como un amperímetro que medía la intensidad de la corriente de llegada. En nuestro caso en condiciones óptimas marcaría 380 V / 12,5 A ($P=380*12,5*\cos\phi=10$ KVA). También existía en el trascuadro un reostato, instrumento que sirve para variar la resistencia eléctrica de un circuito eléctrico, y por último un interruptor general o seccionador de cuchillas III y tres bases de cortacircuitos, además de los bornes de salida de la línea eléctrica en BT que suministraba corriente a las aldeas de la Ribera.

- b) **El frecuencímetro.** Antes cuando hemos detallado las características del generador, hemos indicado que tenía una frecuencia de 50 Hz o 50 periodos por segundo. Este indicador que sí es medible a través de un instrumento que se llama frecuencímetro y que dicho sea de paso había uno en el cuadro, depende de la velocidad a que gire el rotor del generador, o lo que es lo mismo, a la velocidad a la que gire la turbina cuando esté acoplada por mediación del embrague. Tal como hemos indicado en puntos anteriores, esta velocidad la podemos regular, a caudal constante, por mediación de la válvula que actúa sobre la incidencia del “chorro” sobre los álabes. En resumen, actuando sobre la válvula podemos variar la frecuencia de salida de la cte. del generador, que debe ser constante a 50 Hz.

Una vez aclarados los dos puntos anteriores nos ponemos mano a la obra.

El maquinista, en nuestro caso el maestro molinero, con la ayuda de otra persona (luego lo explicaremos), una vez embragada de forma manual la turbina con el generador mediante un artilugio, que era una cinta de cuero encastrada entre unos burlones de dos discos, una cosa enrevesada que hay que verla para entenderla, y con el interruptor general de cuchillas abierto, iba abriendo la entrada de agua a la turbina, el generador se ponía en marcha y el maquinista en el cuadro se fijaba en el valor de la frecuencia, de tal manera que le decía al otro operario que abriera o cerrara la válvula. Había además otro indicador que era la tensión de salida que en el inicio se disparaba y ¿cómo lo solucionaba?, pues actuando en el regulador del

reostato. Una vez que tenía estabilizada la frecuencia a 50 Hz y la tensión a 380 V. “metía” el seccionador y empezaba a circular los amperios por la línea hasta las aldeas, y aquí vuelta otra vez a regular la velocidad de la turbina y el reostato, hasta conseguir estabilizar la tensión y la frecuencia con los receptores ya consumiendo ¡Ah! se me olvidada la famosa aguja de las revoluciones de la turbina ¡Faltaban manos y ojos! Por eso decía al principio que era de una maestría poner el “artilugio” en marcha.

En fin, no sé si habré conseguido explicar el funcionamiento de esta central hidroeléctrica en toda regla, pero situados en diciembre, a 1300 metros de altitud, nevando, al ribazo de un arroyo caudaloso, un padre que era molinero para más señas, con la ayuda de su hijo, un chavea de 12 años, haciendo estas maniobras..., es para ponerles una calle en Santiago, reconociendo que fueron capaces de dar luz a más de 300 vecinos de 5 aldeas, aunque fuera tan solo con una triste bombilla de 60 vatios, que como además no llegaba la tensión a su valor, alumbraría lo que un candil ¡Y nos quejamos ahora!

3.2) Línea aérea BT de distribución de cte. a las aldeas de la Ribera

En puntos anteriores hemos estudiado la producción de energía eléctrica utilizando la energía potencial del agua a través de una tubería de conducción forzada. Ahora nos quedaría estudiar la línea de distribución de energía eléctrica a los consumidores, en nuestro caso a las Aldeas de la Ribera: Zumeta, Los Ruices, Cortijo Viejo, Huerta del Manco y Las Quebradas, en total una línea de 2,6 km.



Fig.28) Traza de la línea de BT aérea sobre apoyos de madera

3.2.1) Características de la línea

En la actualidad no quedan restos de la línea, tan solo algunos aisladores de porcelana en fachadas, accesorios de sujeción y restos de cables de cobre que han permitido saber la sección que había instalada y poco más.

AISLADORES DE SALIDA DE LA LÍNEA DE BT AÉREA



Vista interior



Vista exterior

Detalle de los aisladores de porcelana blanca con soporte a pared en hueco de la ventana interior y exterior, para la salida de la línea aérea BT 380/220 V. de 10/5,3 mm² sección 3F+N. cobre desnudo.

Fg.29) Detalle de aisladores interiores. I



Detalle de los pasamuros utilizando "cañas huecas" empotradas en los forjados. En el hilo de cobre que va desde el seccionador en carga del cuadro de maniobra hasta los aisladores de salida, se observa que tiene un aislamiento de material textil impregnado.

Fg.30) Detalle de aisladores interiores. II

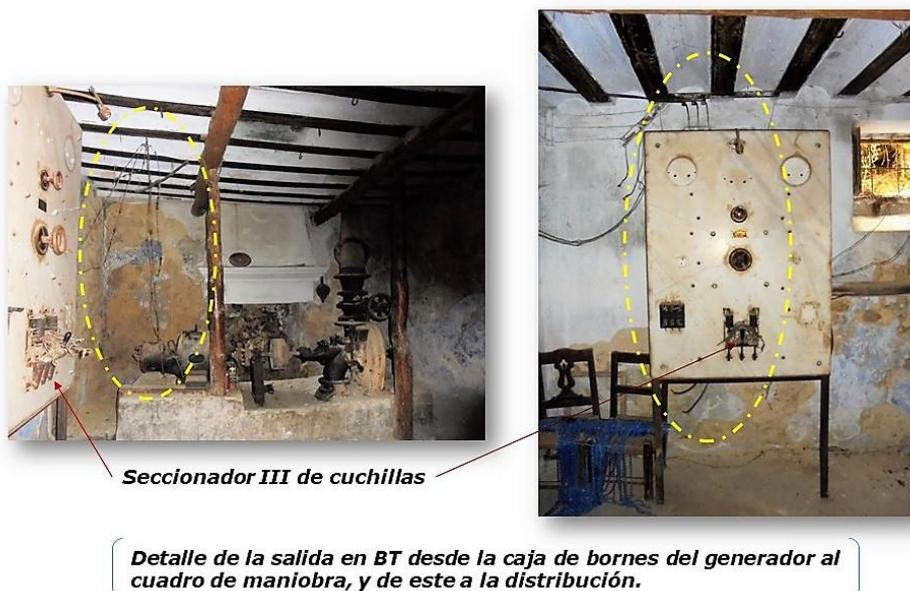


Fig.31) Vista del cuadro de mando y protección líneas de salida en BT

3.2.2) Apoyos

Basándome en mi experiencia como proyectista e instalador eléctrico, la línea en cuestión estaba formada por cuatros hilos de cobre desnudo con aisladores de porcelana blanca o de vidrio templado sobre postes de madera de chopo de 12 ó 16 cms de diámetro y una altura de unos 6 a 7 metros (1 metro de empotramiento o cimentación, y al menos 5 metros libres de altura mínima al suelo del conductor más bajo). En la actualidad este tipo de apoyo se utiliza para trabajos auxiliares tales como: Desvíos provisionales por obras o reformas de líneas eléctricas o de telefonía posadas en fachadas, o en sustitución de algún poste deteriorado en líneas que aún existen. Estos postes están sometidos previamente a un tratamiento de creosotado que los protegen para que no se pudra la madera.

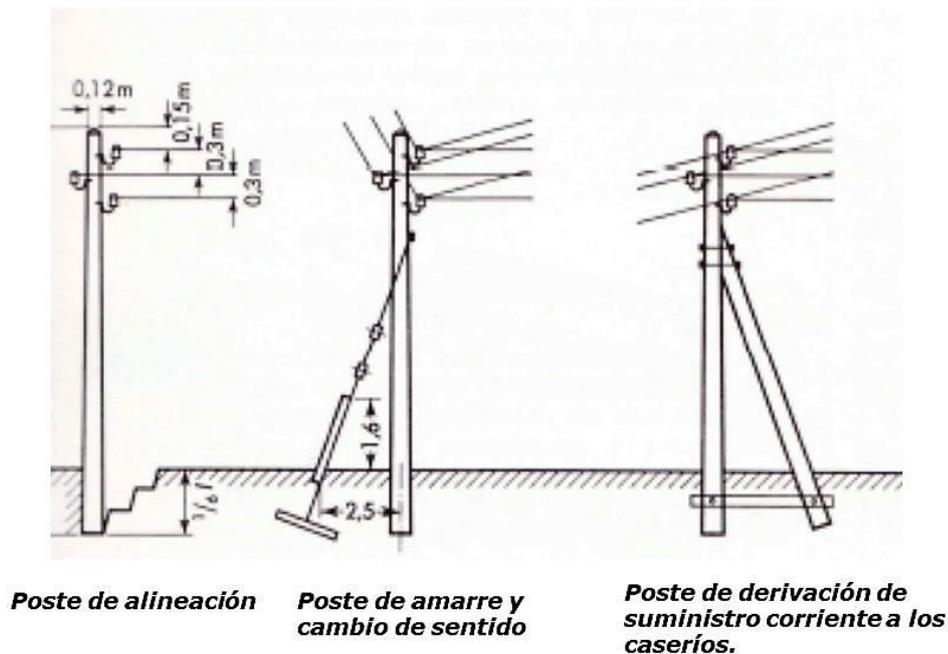
Hay que resaltar que el maestro molinero, además de sus quehaceres normales, hacía también las funciones de operario de la central hidroeléctrica y de electricista para reparar la línea e incluso sustituir un poste si fuera necesario. Para tal efecto me comenta el dueño actual del molino, que por aquel entonces era un chavea, que primero su abuelo y después su padre, tenían una chopera de la que sacaban los postes de madera (que criaban) para hacer alguna reforma o ampliación de la línea o para sustituir los que se dañaban por el efecto de las condiciones meteorológicas tan adversas que había en la zona, pues estos postes primitivos no tenían ningún tratamiento de creosotado.

Siguiendo con la línea BT, los postes que se instalaban tenían tres funciones según su aplicación:

- Postes de alineación (o de sustentación) que son los que están situados en puntos intermedios de una alineación y solo sustentan los conductores.
- Poste de derivación, de los que partían las líneas secundarias para la distribución de la energía en las diferentes caserías de las aldeas.
- Postes de amarre y final de línea, en los cuales los conductores están sometidos a tensiones mecánicas. Estos postes especiales son necesarios en los cambios de alineación, extremos de línea, u otras condiciones especiales.

En la línea, los apoyos de alineación se colocarían por lo general a una distancia entre 40 a 50 metros, y los de amarre según conviniera por el cambio de pendiente, ángulos, etc.

**DIFERENTES TIPOS DE POSTES DE MADERA EN LA LÍNEA DE BT:
ALINEACIÓN, AMARRE O CAMBIO DE SENTIDO Y DE DERIVACIÓN.**



Fg.32) Diferentes tipos de postes de madera

3.2.3) Aisladores

La fijación de los conductores a los postes se efectuaba mediante aisladores de porcelana, esteatita o vidrio especial.



Detalle del aislamiento, aislador y pasamuros en porcelana blanca, para la entrada de la línea eléctrica de 220 V a una vivienda.

Fg.33) Detalle de aisladores acometida eléctrica a vivienda

3.2.4) Montaje y tensado de cable conductor

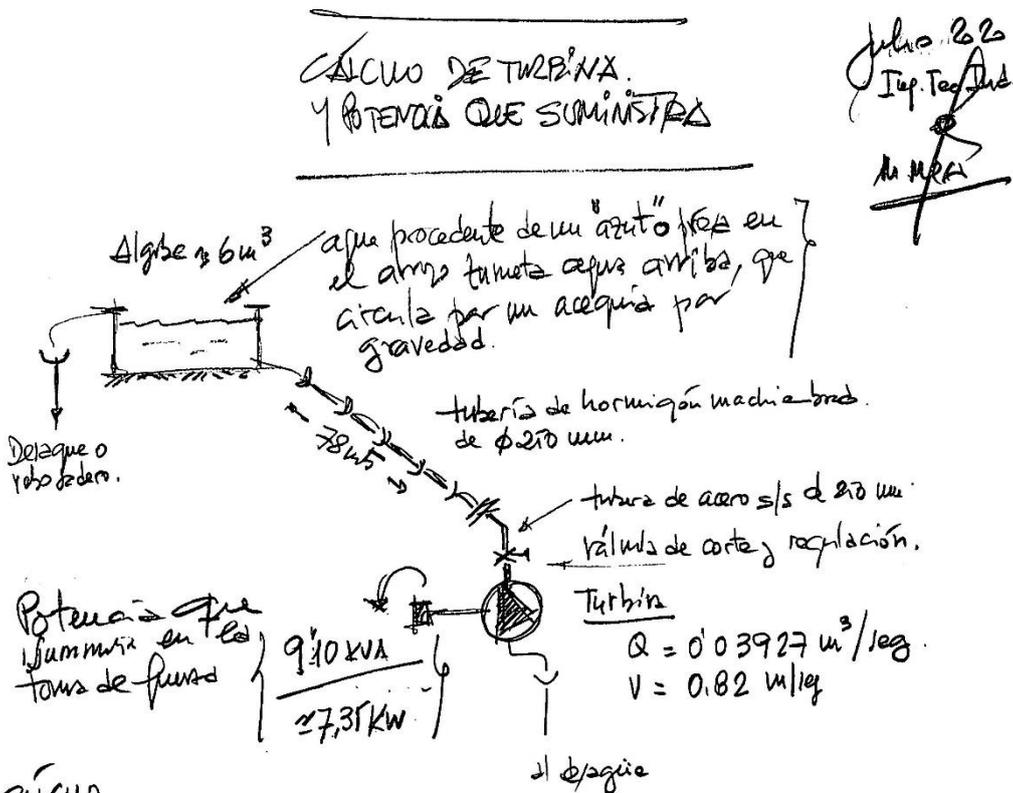
El conductor se amarraba al aislador mediante una retención del mismo material (en evitación de corrosión). Para el tensado de la línea había que tener en cuenta en la época del año que se instalaba. Por ejemplo:

- a) En verano la temperatura afecta a la dilatación del material (el cobre) de tal manera que la flecha de la catenaria del cable aumenta y hace que la distancia al suelo sea menor.
- b) En invierno el frío y la lluvia e incluso la nieve, hace que se forme en el cable un manguito de hielo que va aumentando de sección y por consiguiente de peso por metro lineal según las condiciones meteorológicas, de tal manera que puede producir la rotura del cable si no hemos previsto antes la tensión en el montaje.

A la vista de todo lo dicho, teniendo en cuenta los materiales de la época, los medios con que se contaban y sobre todo la zona climática con condiciones a veces tan adversas, era una verdadera odisea mantener en servicio la línea que suministraba luz a la Ribera, lo que hace valorar y resaltar la valía del molinero por decirlo de alguna forma.

3.3) Anexo de cálculos hidráulicos y eléctricos

Anexo I - Cálculo de turbina y potencia que suministra



CÁLCULO

1) VELOCIDAD (V)

"La velocidad del agua en una tubería de hormigón le colector 0.7 - 0.9 m/seg. adoptamos 0.82 m/seg.

2) CAUDAL (Q)

$$Q = S (m^2) \times V (m/seg) ; S \text{ para } \phi 210 \text{ mm} = 0.049 \text{ m}^2$$

$$V = 0.82 \text{ m/seg}$$

$$Q = 0.049 \text{ m}^2 \times 0.82 \text{ m/seg} = 0.03927 \text{ m}^3/\text{seg} = 39.27 \text{ lts/seg}$$

adoptamos ≈ 40 lts/seg.

3) POTENCIA DE LA TURBINA

$$P(w) = \gamma Q M.A.M. \times \eta$$

$$\gamma = 9.81 \times 10^3$$

$$Q = 0.040 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$M.A.M. (\text{Desnivel}) = 25 \text{ m.}$$

$$\eta (\text{rendimiento}) = 0.75$$

$$= 9.81 \times 10^3 \times 0.040 \text{ m}^3/\text{seg} \times 25 \text{ m.} \times 0.75$$

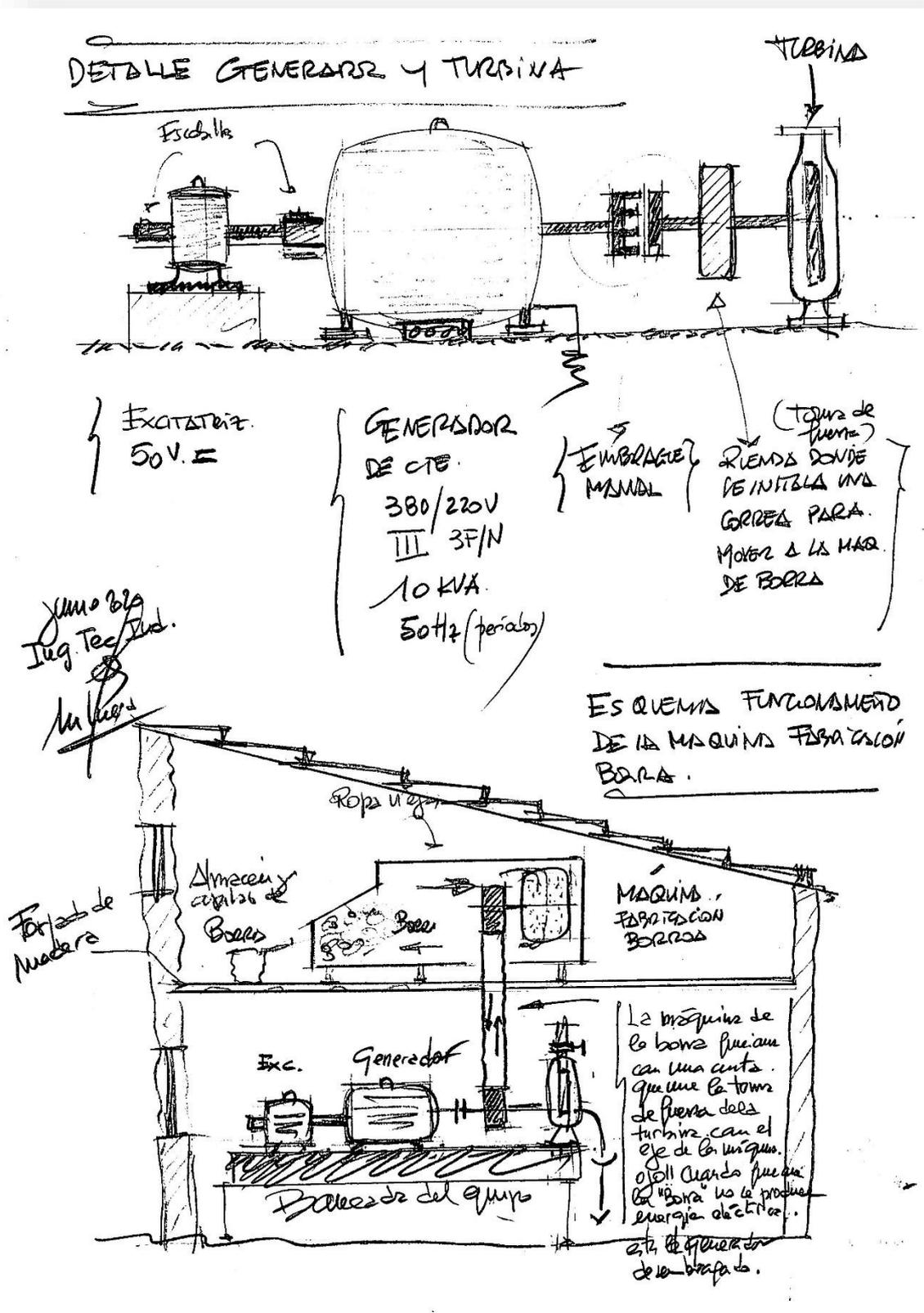
$$\Rightarrow = 7.35 \text{ KW. } \& \text{ C.A.P.} = 9.10 \text{ KW}$$

(0.80)

7.35 KW / 9.10 KVA

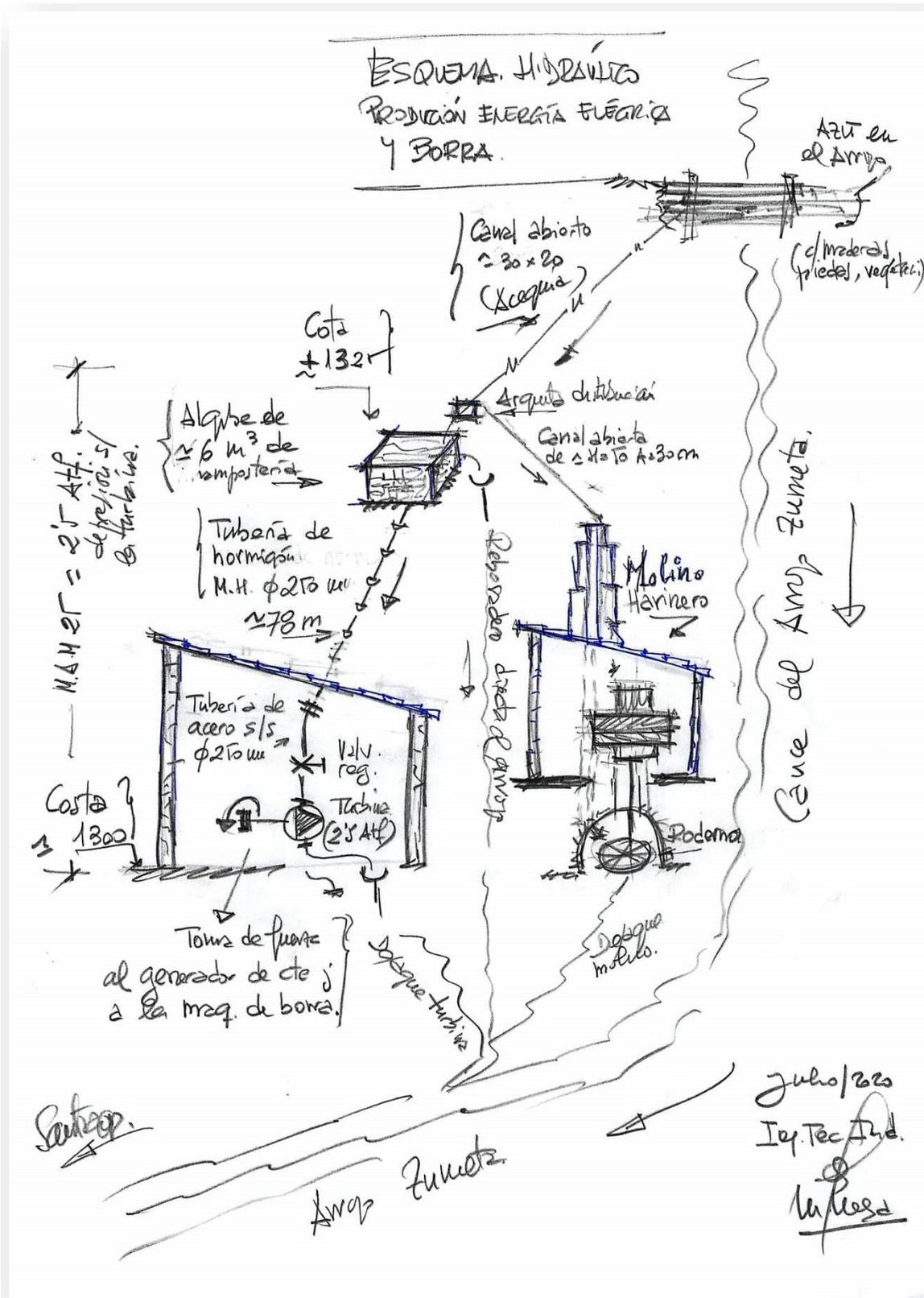
Esquema anexo I

Anexo II: Detalle generador y turbina



Esquema anexo II

Anexo III: Esquema hidráulico



Esquema anexo III

4) FÁBRICA DE BORRA

Antes de entrar a fondo en la tercera actividad industrial, en concreto la fabricación de borra, habría que preguntarse de qué trata eso de la “borra”.

En el diccionario de Lengua Española se define este concepto como:

1. m. y f. Cordero que pasa de un año y no llega a dos.
2. m. p. us. Cierta tributo sobre el ganado lanar, semejante al tributo de borra.
3. f. Parte más grosera o corta de la lana.
4. f. Pelo de cabra de que se rellenan las pelotas, cojines y otras cosas.
5. f. Pelo que el tundidor saca del paño con la tijera.
6. f. Pelusa que sale de la cápsula del algodón.
- 7. f.** Pelusa polvorienta que se forma y reúne en los bolsillos, entre los muebles y sobre las alfombras cuando se retarda la limpieza de ellos.
8. f. Hez o sedimento espeso que forman la tinta, el aceite, etc.

A la vista de los puntos anteriores, creo que lo que más nos suena es lo referido al punto **nº 7**.

En nuestro caso se refiere a la obtención de un subproducto por “reciclado textil”, es decir, de ropa usada o vieja que se recogía en sacos por los sastres de la época, y sobre todo por las modistas, que había muchas en los pueblos. Las llevaban a nuestro molino, y el molinero, supongo que habría pactado una “maquila”, las hacían pasar a través de un máquina que llamaban “La Borrera”, la que literalmente la triturbaba obteniendo un subproducto que se utilizaba para rellenar los colchones (antes se rellenan con panochas de maíz), cojines, almohadas, y las cabeceras de innumerables escanios que había en muchas casas de la sierra, entre otros. Parece mentira, ahora que está en boga todo lo verde, que ya se reciclaba en Santiago sobre los años 40 del siglo XX, obteniendo un producto sin contaminación alguna en su proceso de fabricación.



Fg.34) En la foto se observa una porción de borra que se ha extraído de la máquina instalada en el molino. Al menos tiene 40 años de antigüedad.

4.1) “La Borrera”

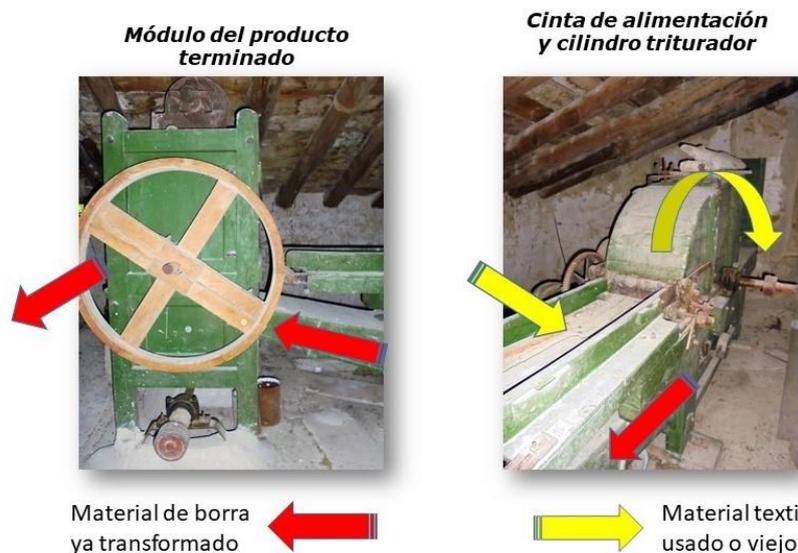
La máquina en cuestión tiene tres partes bien definidas: La línea de alimentación, el tambor de trituración, y el cajón de salida del subproducto al exterior.

VISTA DE LA MÁQUINA DE FABRICACIÓN DE BORRA



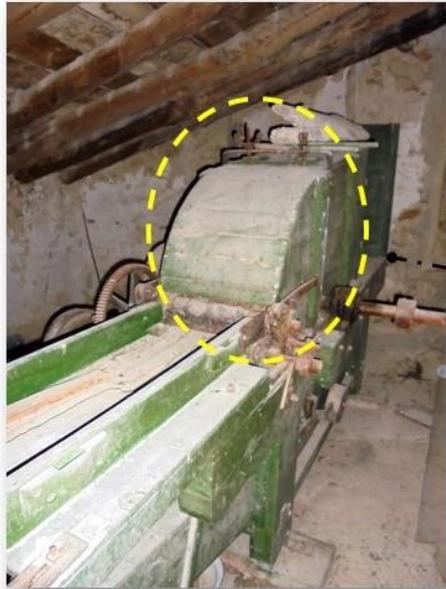
Fg.35) Máquina de fabricación de borra

VISTA DE LA MÁQUINA DE FABRICACIÓN DE BORRA - Proceso de fabricación -

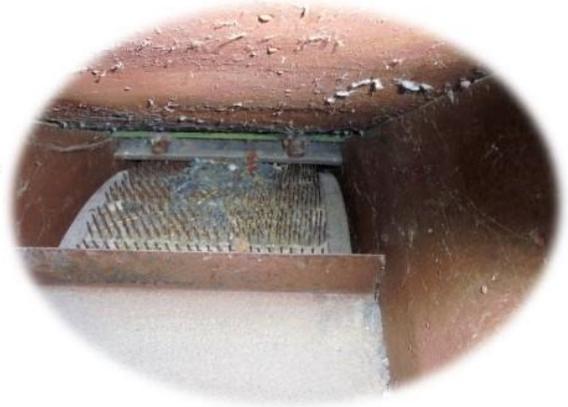


Fg.36) Máquina de fabricación de borra (línea de fabricación)

CILINDRO TRITURADOR MATERIAL TEXTIL



**Cinta de alimentación
al cilindro triturador**



**Vista interior del
cilindro triturador**

Fg.37) Detalle del cilindro de trituración.

MÓDULO DEL PRODUCTO TERMINADO



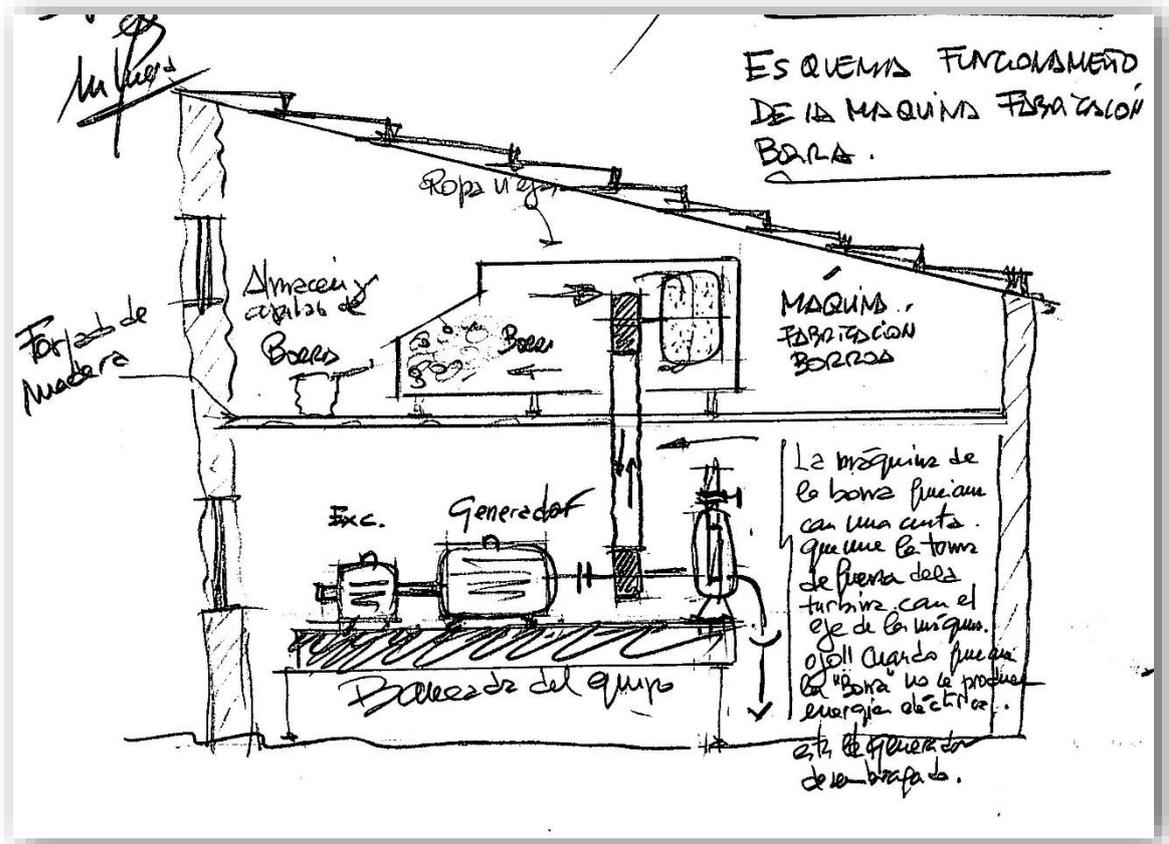
Vertido libre del producto al forjado



**Material de borra
ya transformado**

Fg.38) Detalle módulo producto elaborado.

Estos tres sistemas están ensamblados en un conjunto y se accionan por mediación de poleas, engranajes y ejes apoyados en rodamientos. La fuerza motriz le llega a una polea que a su vez está conectada con otra polea situada en la planta de abajo y que corresponde a la turbina, es decir “La Borrera” está impulsada por la energía potencial del agua a través de la turbina que ya hemos estudiado en puntos anteriores. Hay que resaltar que cuando se ponía en movimiento la máquina, el generador no podía producir energía eléctrica.



Esquema anexo V

Esquema unifilar donde se aprecia la toma de fuerza de “La Borrera” a través de la turbina.

5) MOLINO HARINERO, INCLUIDO EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA.

Ahora nos queda estudiar y describir la parte más antigua e importante de todo este complejo industrial para lo que fue concebido: “Moler cereales para producir harinas con destino a la alimentación humana y del ganado”.

Para que el molino funcione necesita la fuerza motriz del agua, y por consiguiente toda la infraestructura necesaria para que esta llegue desde el arroyo Zumeta, en nuestro caso, hasta las piedras de la molienda.

La infraestructura necesaria consiste:

- Un caz por donde circula el agua desde el arroyo.
- Un acueducto que conduce el agua desde el caz hasta la estructura del molino.
- Un sistema de conducción del agua desde el acueducto al molino en sí.
- La maquinaria necesaria para moler los cereales y producir las harinas.

Además de otras instalaciones anexas, tales como un sistema para afilar útiles necesarios en el mantenimiento del molino: La afiladera

5.1) El caz

Hemos visto como el agua es el motor que mueve toda esta industria: El molino harinero, la turbina de la central hidroeléctrica, la máquina para la fabricación de la borra... sin ella nada de esto habría sido posible que funcionara. La pregunta: ¿Cómo llega el agua al complejo? El agua se toma en el arroyo Zumeta y a través de una canalización que llamamos “el caz” llega hasta una arqueta muy próxima al molino, y desde esta se distribuye mediante unas compuertas, bien a un depósito, que alimentaría la turbina de la central hidroeléctrica y la “borrera”, o al “cubo”, que alimentaría al rodezno del molino. Pero aún se aprovecharía, a través del rebosadero que le llaman “la sobrante”, para que funcionara la piedra de esmeril para afilar los útiles de ajuste de las muelas del molino, y al final vertería de nuevo al arroyo Zumeta de donde partió, pero a una cota más baja, no antes de haber regado los numerosos árboles y vegetación que hay a lo largo de su recorrido y prácticamente sin desperdiciar nada.

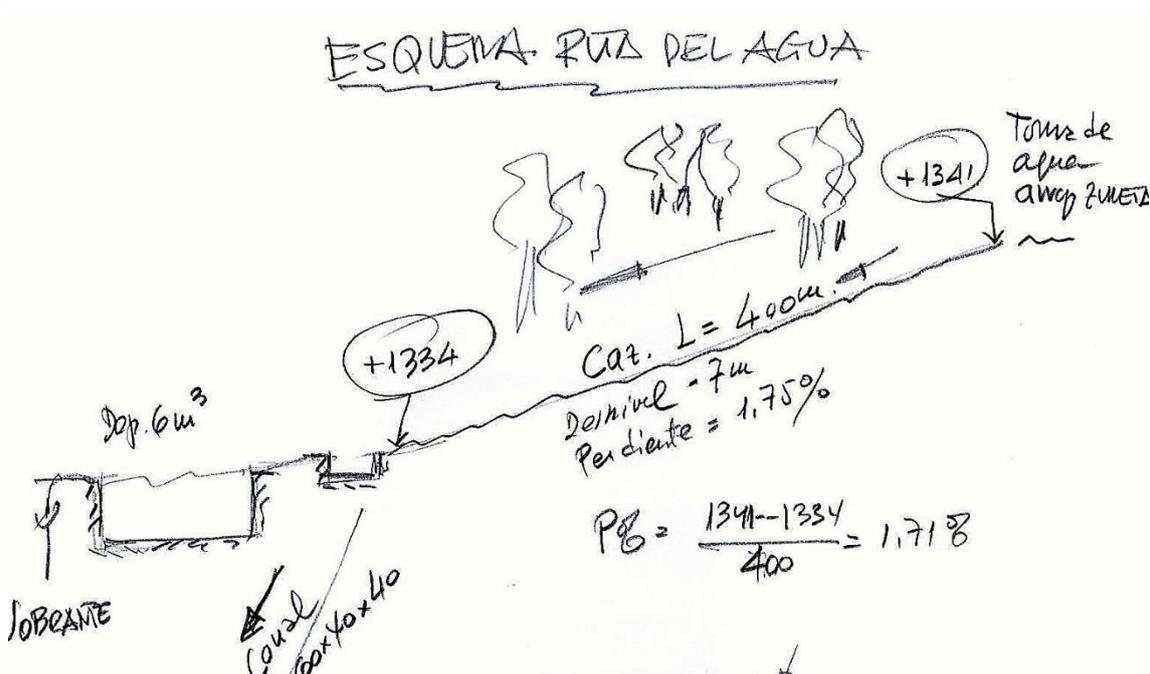


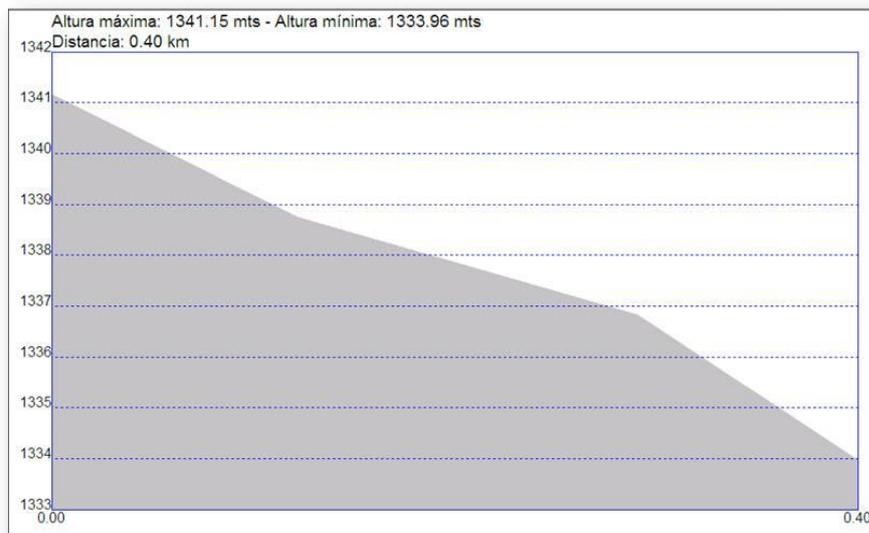
Fig.39) Esquema hidráulico de la ruta del agua (parcial)

**INICIO DEL CAZ. TOMA DEL AGUA EN EL
ARROYO ZUMETA. COTA: +1341,15**



Fig.40) La toma del agua

Perfil de la traza del caz, desde la toma de agua en el arroyo Zumeta, hasta el aljibe de distribución de agua al "cubo" del molino y a la turbina de la central hidroeléctrica.



**Longitud total caz: 400 m. /Cota toma: 1341 m. /Cota aljibe: 1334 m.
Total desnivel: 7 m. / Pendiente 1,75%**

Fg.41) Perfil de la traza del caz

5.1.1) Las características del caz

En la actualidad el caz está rodeado de una frondosa vegetación: Pinos, matorral, grandes chopos... pero no siempre fue así.



Fg.42)



Fg.43)



Fg.44)

Fg.42- 44) Entorno por donde discurre el caz

El año 1952 que empezaron las repoblaciones del entorno con pinos, la ladera por donde discurre la traza estaba totalmente exenta de vegetación, de tal manera que cuando llovía se producían numerosas correntías hacia el arroyo Zumeta, llenando el caz de piedras, barro... en algunas zonas concretas. Para evitar esto, en esas zonas se cubrió el cauce con grandes piedras o losas de toba, la mayoría de las veces, creando una serie de túneles por donde circulaba el agua, evitando así el taponamiento del caz, y también con la construcción de escolleras con piedras del lugar, que retenían el terreno por donde circulaba el agua.

DETALLE DE LA CUBRICIÓN DE ZONAS DEL CAZ CON GRANDES PIEDRAS O LOSAS QUE EVITAN EL TAPONAMIENTO DEL AGUA EN CASO DE CORRENTÍAS POR LAS LLUVIAS.



Fg.45) Detalle de la cubrición de algunos tramos del caz

DETALLE DE LAS ESCOLLERAS CON PIEDRA DEL LUGAR Y DE LA CANALIZACIÓN CON EL MISMO MATERIAL



Fg.46) Detalle de las escolleras y de la canalización de algunos tramos del caz

El caz está jalonado por diferentes árboles en su recorrido que hacen que sus raíces sirvan de sostén a las paredes de la canalización, evitando así su desmoronamiento por el paso del agua. En el camino nos encontramos un raro tipo de árbol, en concreto una “enredadera” con un tallo leñoso, perenne, y con corteza dura.

UNA ENREDADERA DE TALLO LEÑOSO EN EL CAUCE DEL CAZ



Fg.47) Raro ejemplar de enredadera con un tallo leñoso con corteza dura

Para mantener el cauce del caz libre de hojas, las que llegarían a atorar si no se limpiaran la entrada del agua al rodezno o a la turbina, hay instaladas en diferentes puntos estratégicos unas rejillas hechas a modo artesanal con trozos de varetas de ramas secas que retienen las hojas que se caen, sobre todo de los numerosos chopos que hay en el camino. Es fundamental tener siempre el caz limpio, aunque su uso para el que fue concebido no esté ahora funcionando.

REJILLAS HECHAS A MODO ARTESANAL CON TROZOS DE VARETAS DE RAMAS SECAS PARA RETENER LAS HOJAS QUE SE CAEN AL CAUCE.



Fg.48) Rejillas para evitar el paso de hojas en el cauce.

5.2) El acueducto

La RAE define a un acueducto como: “Conducto de agua formado por canales y caños subterráneos, o por arcos elevados”.

Antes, cuando hablábamos del caz, hemos dicho: “...Que el agua procedente de él llega hasta una arqueta muy próxima al molino, y desde esta se distribuye mediante unas compuertas, bien a un depósito, que alimentaría a la turbina de la central hidroeléctrica y a la “borrera”, o al “cubo”, que alimentaría al rodezno del molino...” En nuestro caso la estructura que une la arqueta de distribución al “cubo” del molino, es un acueducto de obra de fábrica en mampostería, compuesto por un arco de medio punto sobre el que existe en toda su longitud una canal de obra de fábrica de 60x40 cms por donde circula el agua, y dos estribos, uno apoyado contra la pendiente del terreno y el otro contra el cubo.



Fg.49) Vista del acueducto aguas arriba arroyo Zumeta



Fg.50) Vista del acueducto aguas abajo arroyo Zumeta

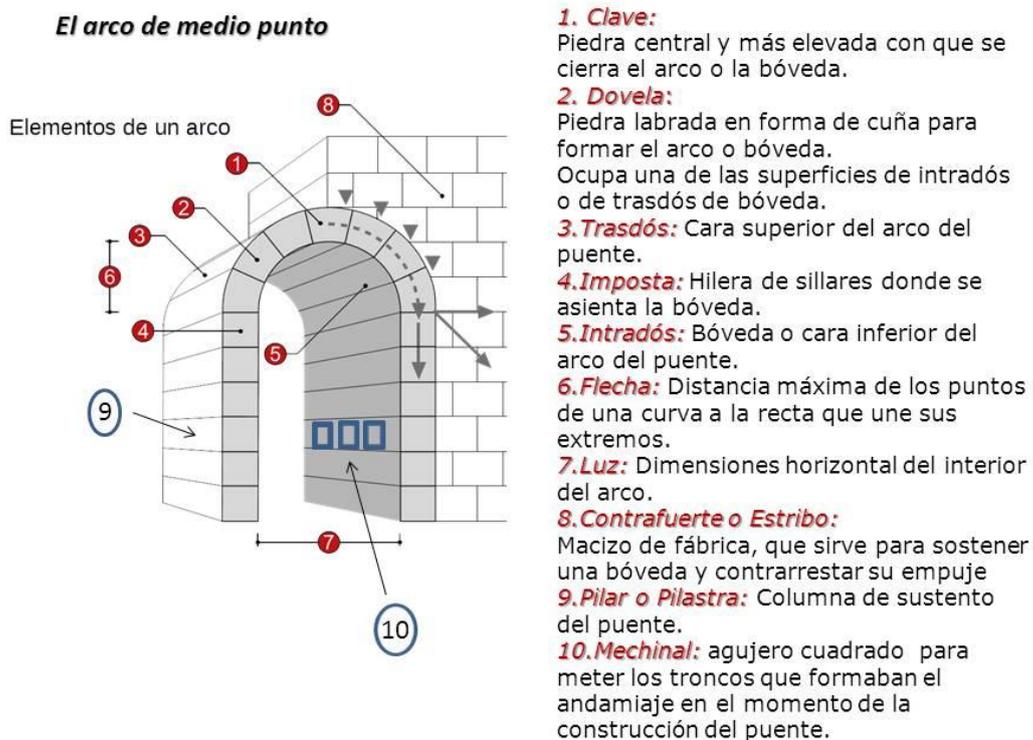
En este punto y por la singularidad que tiene “nuestro arco del acueducto” aprovecho para hacer algunas consideraciones que nos ayudarán a entender mejor la estructura en cuestión:

5.2.1) Características del puente romano

EL Padre Pontones (Fray Antonio de San José Pontones: arquitecto, ingeniero y tratadista en España, (1710-1774), definía a los puentes “como caminos sobre las aguas que se han de juntar con los de la tierra” por la clara continuidad que dan a la red de caminería para superar un obstáculo, pues la necesidad de su construcción surge por la existencia previa del camino y del obstáculo a salvar.

La historia del puente está unida a la del arco, que es uno de los artificios logrados por la inventiva humana, y que gracias a la colocación y a la gravedad de sus pequeñas piezas, las dovelas, permiten superar el vacío y asegurar su estabilidad. “Es el elemento constructivo que permite a la materia vencerse a sí misma”.

5.2.2) El arco de medio punto, sus características:



9

fg.51) Elementos de un arco de medio punto

1. **Clave:** Piedra central y más elevada con que se cierra el arco o bóveda.

Ya en el libro de los salmos se hace referencia (salmo 117) a la “clave” con la expresión: “La piedra que desecharon los arquitectos es ahora la piedra angular”.

La clave puede destacarse del resto de las dovelas de las boquillas, por su tamaño o por su color, o estar más salientes, o por tener algún elemento decorativo que resalta su papel en el arco (cabeza de algún animal o decoraciones florales).

2. **Dovela:** Piedra labrada en forma de cuña para formar el arco o bóveda.

Ocupa una de las superficies de intradós o de trasdós de la bóveda.

Las dovelas están formadas por piezas colocadas a soga que dan una sola cara al exterior y a tizón que da dos, y a veces alternativamente.

3. **Trasdós:** Cara superior del arco del puente.
4. **Imposta:** Hilera de sillares donde se asienta la bóveda.
5. **Intradós:** Bóveda o cara inferior del arco del puente.
6. **Flecha:** Distancia máxima de los puntos de una curva a la recta que une sus extremos.
7. **Luz:** Dimensión horizontal del interior del arco.
8. **Contrafuerte o estribo:** Macizo de fábrica, que sirve para sostener la bóveda y contrarrestar su empuje.
9. **Pilar o Pilastra:** Columna de sustento del puente.
10. **Mechinal:** agujero cuadrado para meter los troncos que formaban el andamiaje en el momento de la construcción del puente.



fg.52) Detalle de la cimbra de madera utilizada para la construcción del arco



fg.53) Detalles del arco del acueducto

Las dovelas del arco son de material pétreo de toba calcárea muy abundante en las sierras de Segura. La toba es una piedra caliza, muy porosa y ligera, formada por la cal que llevan en disolución las aguas de ciertos manantiales y que van depositándose en el suelo o sobre las plantas u otras cosas que hallan a su paso. Cuando el apoyo vegetal muere y desaparece, deja el sitio que antes ocupaba vacío, y queda sobre la roca el negativo de ese vegetal que es el responsable de la porosidad de aspecto cavernoso de la toba.

A tenor de todo lo expuesto, hemos visto todos los elementos que componen el arco de nuestro acueducto, quedando patente que los canteros que lo hicieron siguieron los principios del arco de medio punto romano con más de 2.000 años de antigüedad. Estos no tuvieron que ir muy lejos para ver el diseño, pues a tan solo un par de kilómetros, se haya en una planicie que se conoce como “Cañada Hermosa”, en la carretera entre Pontones y Santiago de la Espada, a 1.565 metros de altitud, y en un ramal que parte de la calzada romana del Camino de Aníbal, que se inicia en el Condado, siguiendo dirección al puente Mocho en TM de Chiclana de Segura, pasando por Beas de Segura, Cañada Catena y Los Moralejos en el TM de Segura de la Sierra, continuando hacia Santiago de la Espada para finalizar en la puebla Don Fabrique, en la Vía Augusta, calzada que venía por Mentesa (La Guardia en Jaén) a Guadix, Baza

y finalizaba en Cartagena. Aquí pues tenemos un claro ejemplo que nos ha llegado en muy buen estado de conservación a nuestros días.



fg.54) Puente romano en Cañada Hermosa. Cumbres de Santiago de la Espada



fg.55) Detalle de la clave del puente en Cañada Hermosa

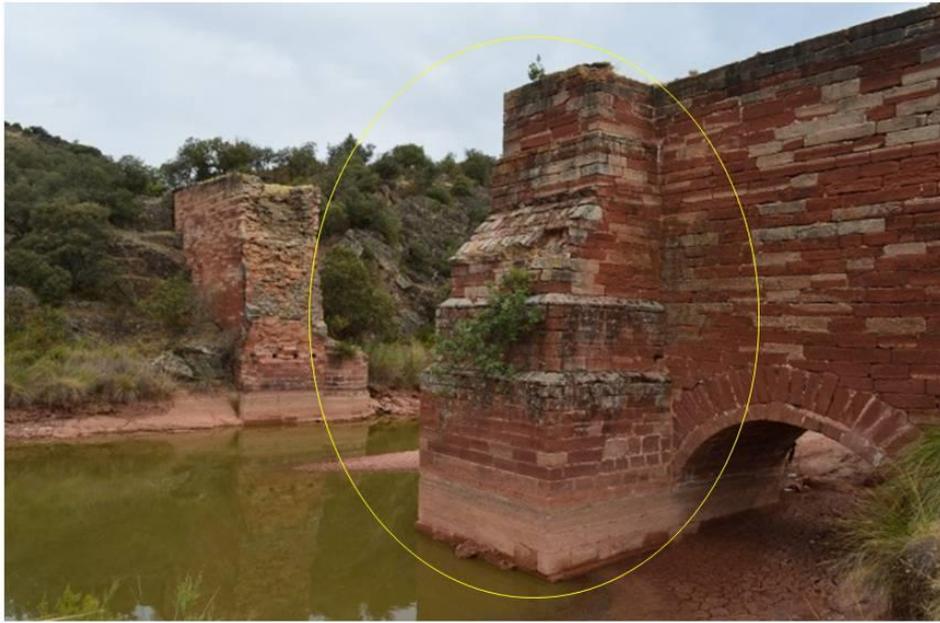
5.2.3) El estribo

Al detallar las partes que forman el arco, hemos definido al estribo como: “Macizo de fábrica, que sirve para sostener la bóveda y contrarrestar su empuje”. En nuestro caso, un estribo está apoyado contra la pendiente del terreno, pero el otro se apoya contra el “cubo”, elemento que definiremos más adelante, pero que por su diseño es muy frágil al empuje que recibe. Para resolverlo construyeron una estructura de mampostería de diferentes secciones rectangulares y escalonadas que envolvían al cubo en su interior.



fg.56) Vista del estribo derecho aguas abajo arroyo Zumeta

Esta solución ya la había dado el gran maestro cantero del Renacimiento, Andrés de Vandelvira, cuando proyectó el puente de un solo arco de medio punto sobre el río Guadalmena, en el límite de las provincias de Jaén y C.Real en el TM de Albaladejo en el camino de Siles a Montiel, del que tan solo quedan en pie los estribos.



Vista del contrafuerte aguas abajo en el estribo sur

Fg.57) Restos del puente de Andrés de Vandelvira sobre el río Guadalmena.



Fg.58) Recreación virtual aguas abajo del puente de Andrés de Vandelvira sobre el río Guadalmena, en el límite de las comunidades de Andalucía y Castilla-La Mancha. Se aprecia el contrafuerte de diferentes secciones escalonadas en sillares de piedra.

En el esquema anterior está definida perfectamente la ruta que sigue el agua para hacer funcionar el molino harinero.

5.3.1) Sus características e historia

Si observamos desde la arqueta de distribución y a través de una canal de obra de fábrica de 60x40 que se aloja encima del arco del acueducto, el agua llega a una estructura cilíndrica de 1 metro de diámetro y 8 metros de altura, ligeramente inclinada, que conecta con un conducto cónico inclinado de 1 metro de longitud y este a su vez a una salida de 8x8 centímetros en el cárcavo, a una presión (el chorro del agua) de 10 m.a.m (1 atmosfera), siempre y cuando esté lleno el cubo hasta su cota más alta.

La pieza de salida del chorro del agua, es una chapa vertical sobre unas guías que está regulada desde la sala de molienda, de tal manera que hace que el “chorro”, en menor o mayor cantidad, incida sobre los álabes del rodezno variando su velocidad, incluso parándolo, por mediación de un tubo o pieza metálica denomina “paradera”.



Fg.60) Canal de obra 60x40 encima del acueducto.



Fg.61) Vista de la parte superior del cubo (La reja metálica que se observa, está colocada para evitar accidentes a personas. En su origen esta protección no existía, pues el cubo tenía su mantenimiento y era necesario que estuviera abierta).



Fg.62) Vista interior del cubo. Se aprecian las tablas de madera que lo recubren en varias capas, así como la cal solidificada en las paredes.

El cubo es de obra de fábrica de mampostería, enfoscado interiormente de mortero y recubierto con tablas de madera dispuestas en forma de embudo en varias capas que con el agua y el paso del tiempo se recubren de una capa de cal solidificada.

Este tipo de molino con un cubo es de origen árabe y lo traerían a España en la Edad Media, donde se desarrollaría extraordinariamente, encontrándose bastantes ejemplares en Andalucía y Extremadura. En efecto, la técnica más común en Al-Andalus fue la creación de un cubo vertical para recoger el agua procedente de una acequia o de una balsa. Este es el método más utilizado para caudales de agua irregulares y escasos. Los molinos de cubo, se encontraban insertos en un sistema que buscaba la adecuación entre los recursos hídricos disponibles y las necesidades agrícolas de la población campesina, gozando de preferencia el riego sobre los molinos.

5.3.2) Su conservación

En este tipo de construcción se presentaba con frecuencia grietas, o más bien microgrietas, en sus paredes que hacían que se perdiera agua a través de las mismas “minando” el material que lo cubría, por ejemplo la mampostería. Si estas grietas no se reparaban en sus inicios, irían a más con el consiguiente peligro de desmoronamiento de la estructura y la pérdida constante de agua.

El problema era cómo solucionarlo, y de nuevo aparece la imaginación del molinero, como lo hemos visto numerosas veces a lo largo de todo el proceso industrial detallado.

Me cuenta el dueño actual, que su padre recogía “basura” que había por los alrededores procedente de los animales fundamentalmente. Esta basura la sometía a un proceso de cribado obteniendo un producto homogéneo y de una granulometría muy fina. Por la noche paraba el molino, pues como ya hemos descrito que ponía en marcha la central hidroeléctrica, que aunque funcionaba con agua del caz, esta seguía otro conducto directo a la turbina. Llenaba el cubo de agua a su cota máxima y vertía el producto que había obtenido del cribado de la basura. El agua al salir por la microfisuras sellaba las grietas con el producto que tenía ya en suspensión, tapándolas. Operación que repetía varias noches hasta conseguir taparlas definitivamente. Este procedimiento se sigue actualmente con productos adecuados para tapar p.e.j. las fisuras en radiadores de vehículos, tuberías de gas en las máquinas de AACC, microfisuras en calderas, quedándome corto al valorar el ingenio de estas personas, que con tan pocos medios eran capaces de solucionar problemas adelantándose a su tiempo, pues ya se sabe que la necesidad agudiza el ingenio.

5.4) El molino



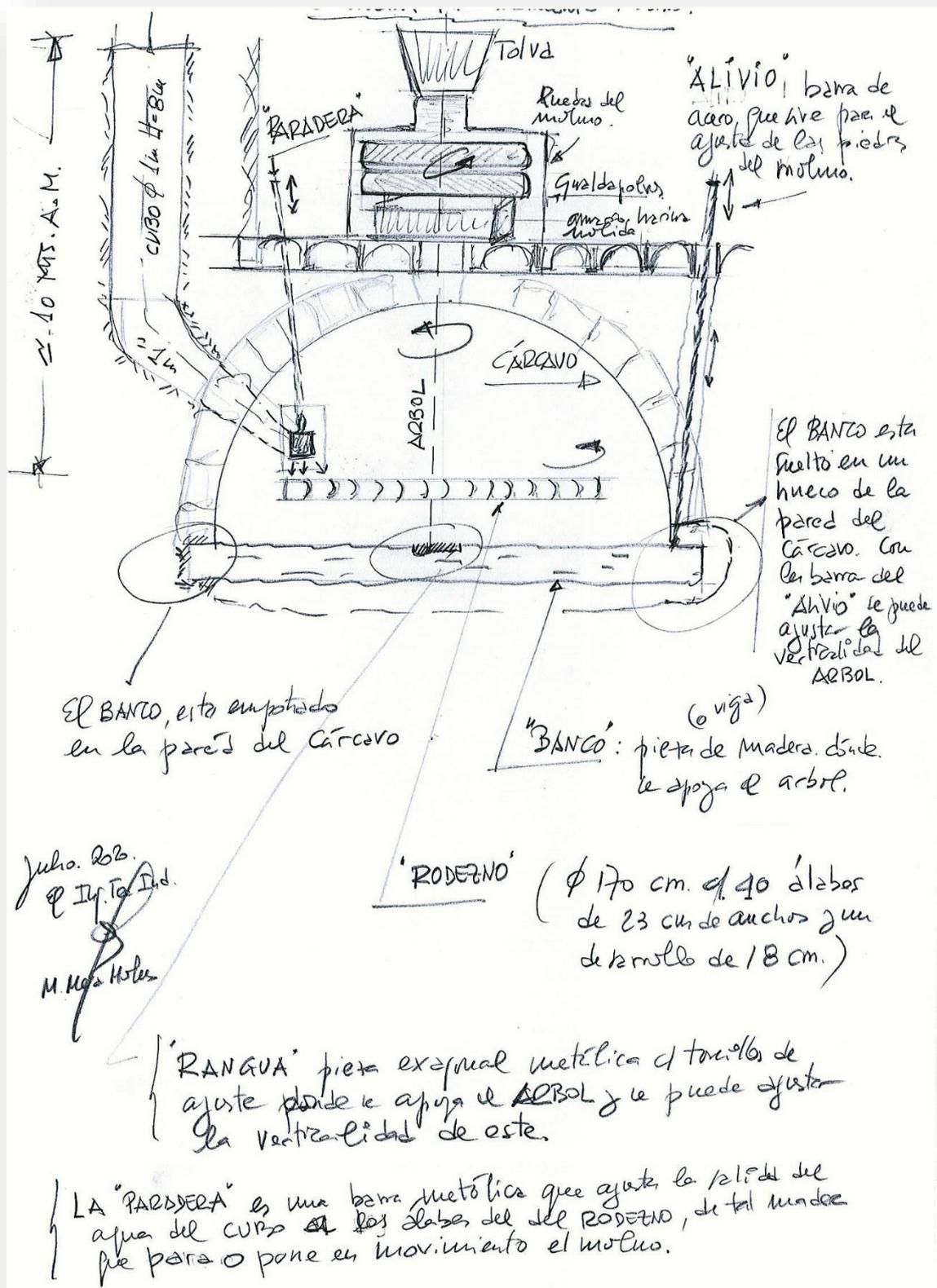
Fig.63) Vista interior de la sala de molienda.

Primero intentaré explicar el funcionamiento del molino en su conjunto, aunque ya lo hemos ido desgranando a lo largo de los puntos anteriores.

Estos elementos que forman parte del funcionamiento son básicamente: El agua, para transmitir la energía, y el rodezno para aprovecharla.

El agua nos llega por el caz hasta el cubo, que proporciona la presión necesaria para que a través de la boquilla pueda mover el rodezno. El rodezno se apoya en el árbol, que le sirve de eje y éste a su vez se apoya en el punto y en la rangua. La rangua se apoya en el banco, madero de castaño, con un extremo fijo y el otro móvil, para que con el alivio pueda regularse la elevación de la piedra, que es sustentada por el árbol y el palahierro y se une a ésta con la lavija, pieza prismática de hierro con un orificio en el centro.

El grano se va echando por la tolva a través de la canaleja, que suele tener conectados unos sistemas muy ingeniosos que, aprovechando la rotación de la piedra, transmiten un movimiento de percusión haciendo que el trigo caiga progresivamente.



Julio. 202.
 Q. Ing. T. Id.
 M. Hugo Holes

Fig.64) Esquema de funcionamiento del molino.

Visto a grandes rasgos el funcionamiento, iremos detallando las características de los diferentes elementos que forman parte del molino en sí, así como otras operaciones que son básicas en la molienda y el mantenimiento del conjunto, tales como:

5.4.1) El cárcavo

El cárcavo es una cavidad artificial en forma de túnel que sirve para albergar al rodezno, y permitir al agua salir después de haber impactado en los álabes de este. Se trata de una bóveda de cañón realizada con dovelas de piedra de toba en forma de cuña para adaptarse a la curvatura de la bóveda, ligadas con mortero de cal que con el transcurso del tiempo se pierde por causa de la constante humedad en que se encuentran los materiales que lo forman. En nuestro caso el cárcavo atraviesa toda la sala de la molienda teniendo un orificio en la parte central por donde pasa el <árbol> y dos huecos verticales a los lados para alojar el <alivio> y la <paradera>.



Fg.65) Vista interior del cárcavo.

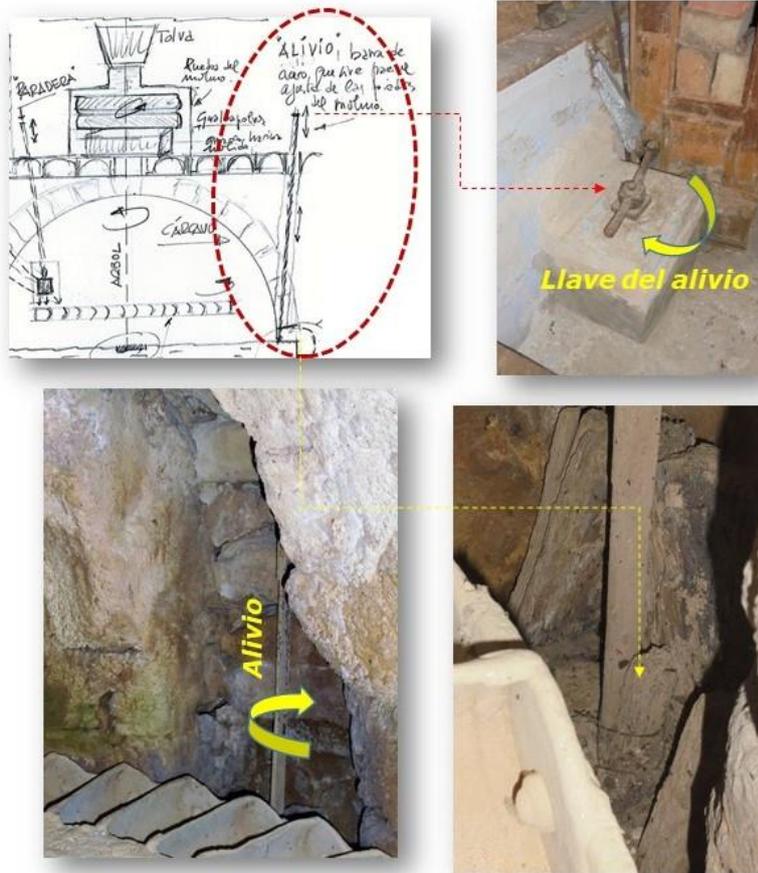


Fig.66) Detalle del mecanismo del alivio

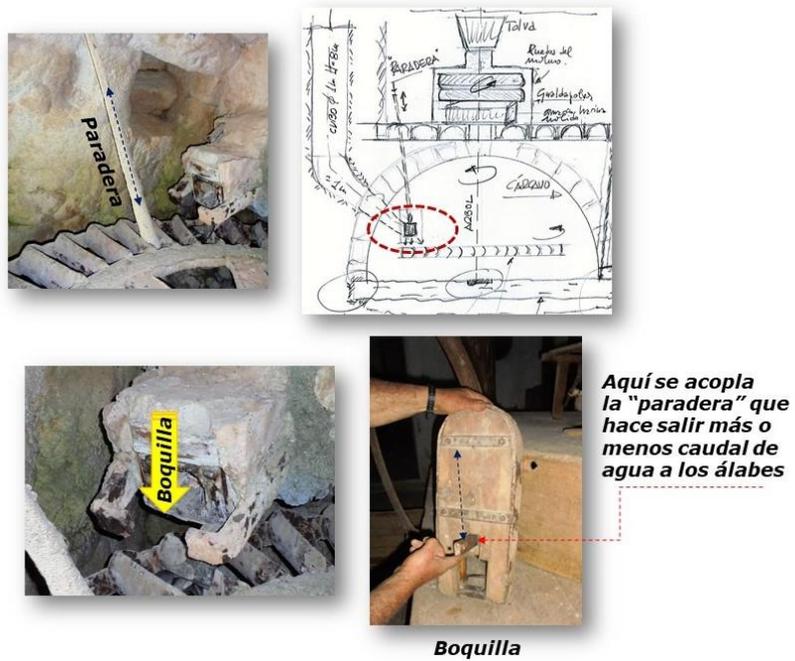
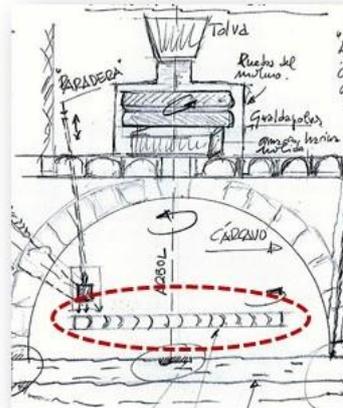


Fig.67) Detalle del mecanismo: boquilla y paradera

5.4.2) El rodezno

Es una rueda hidráulica en hierro con álabes metálicos unida a un eje vertical (árbol) que a su vez se engrana a la piedra volandera del molino. En nuestro caso el rodezno tiene un \varnothing de 170 cms con 40 álabes de 23 cms de ancho y 18 cms de desarrollo.



Rodezno de 170 cms. de \varnothing con 40 álabes de 23 cms. de ancho y 18 de desarrollo.



Fg.68) Vista del rodezno

5.4.3) El banco

El <banco>, o también llamado “puente” o “la puente”, es una viga de madera que se coloca tumbada en el suelo del cárcavo en una zanja realizada para tal efecto quedando inmovilizado en dos direcciones: longitudinal y lateralmente, pero permitiendo su movimiento vertical en un margen de unos centímetros, el cual está regulado por un tornillo situado en un extremo de esta viga y que accionado desde la sala del molino por una barra metálica vertical, sube o baja todo el conjunto. Al eje del tornillo se le llama <vara de alivio> y al tornillo <alivio>.

5.4.4) La ragua y gorrón

El <banco> tiene un orificio en su cara superior donde se introduce la <ragua> pieza cruciforme formada por un dado central con cuatro conos en cuatro caras del mismo plano, pudiendo tener solo dos puntas que se utilizan como punto de fricción y así reducir el desgaste y el rozamiento del conjunto. El <árbol> tiene en su extremo una pieza metálica llamada <gorrón> o <punto> que es la que se apoya en el centro del banco en concreto en la ragua. El material utilizado para la realización de estas piezas es una fundición de bronce al que se le añade un poco de plata para reducir el desgaste. En resumen en el centro del banco se sitúa la ragua sobre el que descansa todo el conjunto: rodezno, árbol, palahierro y piedra superior o volandera.

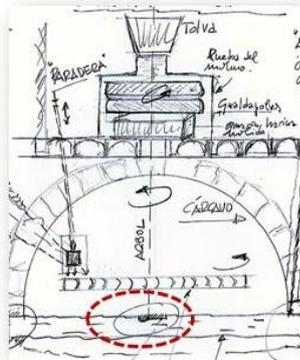
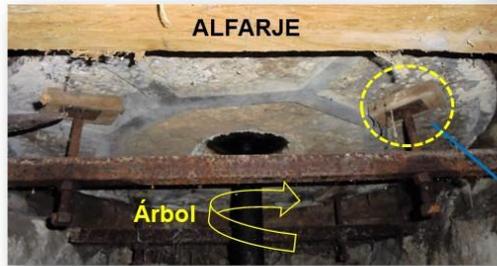
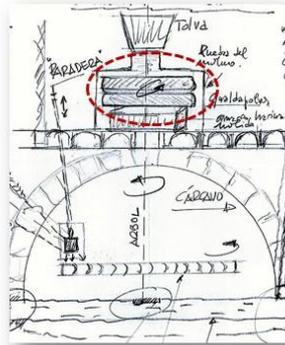


Fig.69) Detalle del gorrón y de la ragua

5.4.6) El alfarje

Elemento situado sobre el cárcavo, que tiene la finalidad de situar las piedras de la molienda a una altura desde la que sea más fácil trabajar. En nuestro caso el alfarje está construido en madera a modo de bancada, con travesaños metálicos, sobre unas bancadas de obra de fábrica.

Piedra inferior o "solera" y superior o "volandera"



Piedra o muela inferior denominada "solera", que se fija al alfarje. Sobre ella está la piedra superior que gira denominada: "volandera"

Tornillos que nivelan la piedra: "solera" y que están sujetos a una estructura metálica del alfarje.

Fg.70) Detalle del alfarje

5.4.7) Las piedras

Es el elemento destinado a moler el grano, es concreto es un prisma circular con una perforación en el centro para dejar pasar el grano y el eje de transmisión. Este lo forman dos tipos de piedras: La inferior fijada en el alfarje se llama <solera>, con forma interior algo convexa y la superior o <volandera> con forma interior algo cóncava, que se acopla a la solera y se apoya sobre <la lavija>, un pasador que se introduce en la punta del palahierro y por el que es transmitido el movimiento a la piedra. La lavija es un elemento prismático plano con un agujero de la misma forma que la punta del palahierro generalmente cubica, también se utiliza para ubicar un eje auxiliar que transmite el movimiento mediante unas poleas a la maquinaria auxiliar del molino.

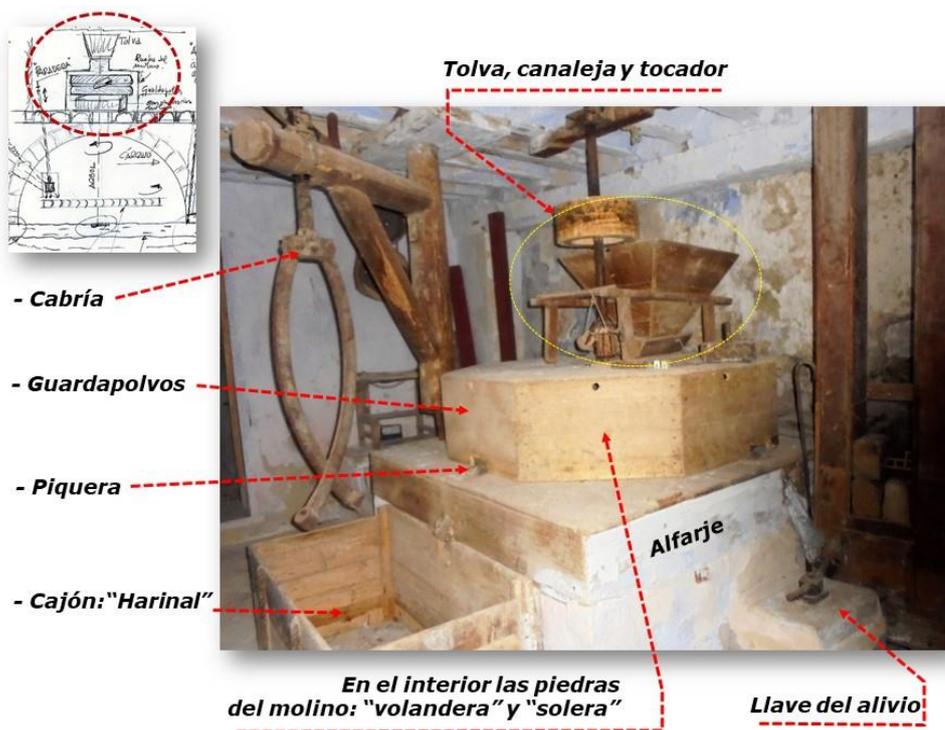
La piedra volandera está realizada en mármol de buena calidad, de 1,30 metros de diámetro por lo general, y un espesor inicial entre 40 y 50 centímetros, pero al ser una piedra blanda se desgasta rápidamente por lo que hay que picarla de nuevo para rehacer los dibujos de las caras interiores. La piedra solera realizada en pedernal mucho más resistente al desgaste que la volandera, está formada por varios trozos para facilitar su transporte.

Ambas piedras tienen tallado un dibujo en su cara interior con el objetivo de llevar el trigo hacia el exterior a la vez que se va triturando. Si el dibujo no se encuentra suficientemente marcado, la harina se quemara. Estos dibujos son de distinto tipo, los hay rectos de una sola cresta, los hay de líneas rectas no radiales y truncadas y otro compuesto de radios alabeados.

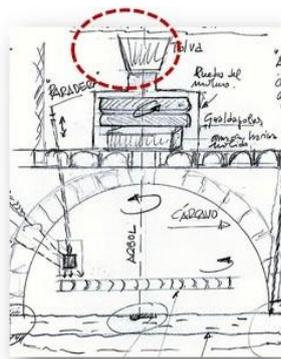
La finura de la harina se consigue levantando o bajando la piedra volandera sobre la piedra solera con ayuda del alivio y regulando la velocidad del giro con la llave. La cantidad de grano que cae al ojo de la piedra se regula por medio de un tensor que se engancha a la <canaleja>, pieza acanalada de tablas de madera que actúa a modo de canal; a esta le cae el grano desde la tolva, depósito en forma de pirámide invertida de la que cuelga la canaleja, transmitiéndole el movimiento de percusión necesario para que el grano caiga a través del <tocador>, pieza de madera que puede ir directamente a la piedra o al eje central de las poleas.

Para evitar que la harina se pierda al caer por cualquier parte y se levante mucho polvo, se dispone en concreto de un elemento prismático alrededor de las piedras realizado en madera, formando un cajón llamado <guardapolvos>.

La harina sale del guardapolvo por un orificio situado en el alfarje y que recibe el nombre de <piquera> depositándola en un cajón de madera llamado <harinal>.



Fg.71) Detalle de elementos auxiliares para la molienda (Cabría, guardapolvos, piquera...)



Canaleja y tocador

Fig.72) Detalle de elementos auxiliares para la molienda (Canaleja y tocador)

5.4.8) Las máquinas auxiliares

Otra actividad que hay que realizar en el trabajo de la molienda es la limpieza del cereal antes de moler y el cernido de la harina para separar las distintas calidades y grosores.

En nuestro molino hay dos tipos de máquinas auxiliares:

- Máquina auxiliar nº 1: <El Semillador> que limpia previamente el cereal que llega al molino antes de proceder a la molienda de: tierra, elementos extraños, semillas.... Esta operación se hacía normalmente de un día para otro. Una vez limpio se le agregaba al cereal una cantidad de agua para mantener un % de humedad que era favorable a la hora de la molienda. Esta cantidad de agua dependía de la experiencia del maestro molinero. El semillador está situado justo a la entrada del zaguán de la sala de molienda. El animal de carga llegaba hasta este punto, se descargaban los sacos del cereal y se vertían en el semillador procediendo a su limpieza y posterior aporte de humedad quedando ya preparado para la molienda del día siguiente.



Sala de molienda en planta baja



Máquina auxiliar nº 1: <Semillador> Limpia previamente de tierra, elementos extraños, semillas... el cereal que llega al molino antes de proceder a la molienda.

Fg.73) El semillador

- **Máquina auxiliar nº 2:** < El separador > de diferentes clases de cereales desmenuzados por la molienda: Harina blanca fina para la fabricación del pan, moyuelo y salvado (según el tamaño de la molienda).



Planta baja



Planta 1ª

Máquina auxiliar nº 2: <Separador> de diferentes clases de cereales desmenuzados por la molienda: Harina blanca fina para la fabricación del pan, moyuelo y salvado (según el tamaño de la molienda).

Fg.74) El separador (I)



Planta 1ª

Máquina auxiliar nº 3: <Separador> de diferentes clases de cereales desmenuzados por la molienda: Harina blanca fina para la fabricación del pan, moyuelo y salvado (según el tamaño de la molienda).

Fg.75) El separador (II)

Poleas y correas de transmisión de la fuerza motriz del agua a las máquinas auxiliares del molino: El sembrador y los separadores.



Fg.76) Detalle mecanismos de transmisión: Poleas

El moyuelo es un residuo sólido que queda después de haber molido el trigo y separado la harina fina. Con él se hacía antiguamente el “pan negro” y también servía, y sirve amasándolo convenientemente, para la alimentación de las gallinas fundamentalmente. El salvado, residuo sólido de la cáscara del cereal molido, es lo último que se obtiene al apurar la harina.

5.4.9) Ajuste del molino: ACARRAZAL

Para entender esta operación a la que los de Santiago llaman: “ACARRAZAL EL MOLINO”, conviene explicar previamente lo que sigue:... Las piedras de la molienda con el paso del tiempo sufren un desgaste del dibujo que tienen en su cara interior, que es el que conduce el trigo hacia el exterior a la vez que se va triturando, pero si el dibujo no se encuentra suficientemente marcado, la harina se quema y hay que proceder al tallado de nuevo de la piedra o muela. Esta operación se hacía sacando las piedras mediante la cabría fuera de su ubicación, de tal manera que fuera cómoda y factible la operación del tallado. Para ello se utilizaban útiles metálicos adecuados que luego detallaremos en el apartado de la <afiladera>. Una vez tallados los surcos, de nuevo había que ubicar las muelas en su posición correcta.



Fg.77) Detalle de la cabría

Aquí hay que resaltar que para saber si el tallado se había realizado correctamente, consiguiendo que la cara de la muela quedara totalmente plana, el maestro molinero, que dicho sea de paso era quien hacía también esta operación, pasaba por la cara de la piedra una pieza rectangular de madera de medidas adecuadas que estaba recubierta de una especie de tinte, de tal manera que dejaba marcas en aquellas zonas que necesitaban que se actuará de nuevo con el útil de tallar.



Fg.78) Detalle de las tablas de ajuste

De la operación anterior se deduce que había que ajustar todo el mecanismo del molino: La nivelación y separación de las piedras, la verticalidad del árbol, la caída del trigo desde la tolva a las piedras, el caudal del agua sobre los álabes del rodezno...

Para la nivelación de las piedras, o lo que es lo mismo, conseguir la finura adecuada de la harina, se consigue levantando o bajando la piedra volandera sobre la solera con ayuda del alivio y regulando la velocidad del giro con la llave. La cantidad de grano que cae al ojo de la piedra se regula por medio de un tensor que se engancha a la canaleja, para que el grano caiga a través del tocador.

Para ajustar bien la verticalidad del árbol había que actuar sobre la ragua ubicada en el banco...Al final el maestro molinero para comprobar si estaba todo correcto, vertía grano de cereal, empezaba a moler y observaba el aspecto que tenía la harina resultante. Toda esta operación tenía una técnica muy simple, pero necesitaba de mucha destreza, pues me dicen que a veces tenían que llamar al padre de su progenitor, ya mayor, pero con muchos años de oficio, para que supervisara la operación y le diera el visto bueno.

5.4.10) La producción.

Para tener una idea aproximada de la producción que tenía normalmente el molino, teniendo en cuenta que funcionaba de sol a sol, pues al anochecer debía de para para poner en marcha de central hidroeléctrica y dar así suministro de alumbrado a las aldeas de la Ribera, se molían unos 300 kg de grano. De trigo unas 8 fanegas (la fanega tiene 40/42 kg) y de cebada unas 10 fanegas, (la fanega tiene unos 37 kg).

6) LA AFILADERA

En el proceso de "ACARRAZAL" que hemos explicado anteriormente, se utilizan unos útiles metálicos en forma de martillo con dos caras iguales y terminadas estas en aristas cortantes, con los que se tallaban los surcos en la muela o piedra de abajo del molino, y se repasa la horizontalidad de la piedra de arriba. Como consecuencia de este proceso estos útiles sufren un desgaste, en concreto en las aristas, que hay que afilar.

El proceso de afilar un útil es fácil de resolver, pues teniendo una piedra de esmeril, un basamento o soporte, y un motor eléctrico que la haga girar, el problema está resuelto.

En el molino resolvieron este problema de una manera muy ingeniosa y que bautizaron con el nombre de la "AFILADERA". Consistía en construir una arqueta de obra civil de dimensiones adecuadas y según diseño que se observa en la fotografía siguiente.

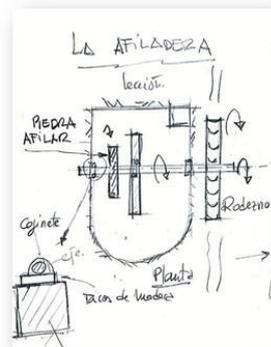
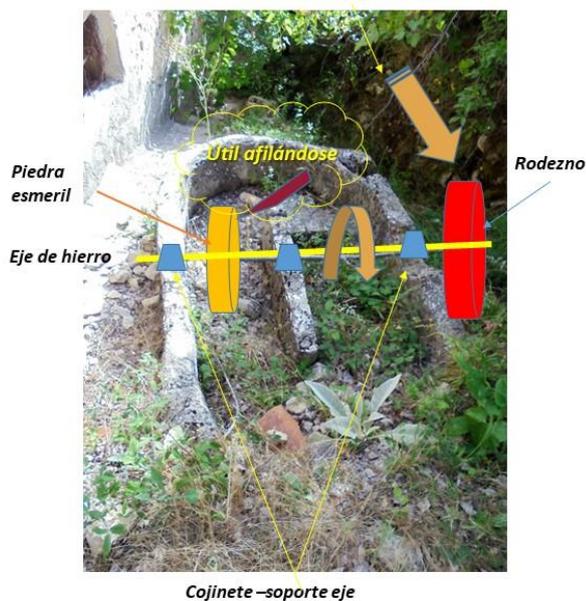


Fig. 79) Arqueta de obra civil donde se instalaba el mecanismo de afilar. A la derecha de la imagen pasa el caudal del agua que movía el ingenio.

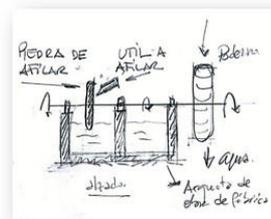
En el borde de la arqueta montaron un eje horizontal apoyado sobre unos cojinetes y en donde colocaron un rodete haciendo incidir sobre sus álabes el agua que sobraba del caz, a la que le decía “la sobradera” y una piedra de esmeril. La arqueta en cuestión contenía un nivel de agua que mantenía la piedra de esmeril parcialmente sumergida para que así se refrigerara. El proceso de afilado queda reflejado en la presentación que sigue.

PLANTA, ALZADO Y DETALLES DE LA ARQUETA DE O.C. UTILIZADA COMO "AFILADERA" DE ÚTILES DE ACERO UTILIZADOS EN TALLAR Y AJUSTAR LAS MUELAS DEL MOLINO.

Corriente de agua procedente de la “sobradera” que incide sobre los álabes del rodezno y hace girar a la piedra de esmeril



Planta



Alzado

Fig.80) Recreación de la afiladera

DETALLES CONSTRUCTIVOS DEL RODEZNO DE LA "AFILADERA". LOS ÁLABES METÁLICOS, Y LA CORONA DEL RODEZNO DE MADERA FORMADA POR TABLILLAS MACHIHEMBRADAS CON PERFIL CURVO.



Parte de la corona del rodezno



Detalle de las tablillas machihembradas con perfil curvo que forman la corona del rodezno



Álabe

Fg.81) Detalle de elementos del rodezno de la afiladera

PIEDRA DE ESMERIL EMPLEADA EN LA FILADERA Y DIFERENTES ÚTILES DE TALLAR.



Piedra de esmeril



Diferentes útiles metálicos que se emplean en el tallado de las piedras del molino, y que por su desgaste tienen que ser sometidos a un proceso de afilado.

Fg.82) Detalle de útiles para "tallar" las muelas del molino

De nuevo el agua, y sobre todo la imaginación del ser humano, es el motor que hace mover un rodezno, pero que en esta ocasión en vez de moler trigo afila útiles metálicos. Como se diría hoy: ¡De nota!

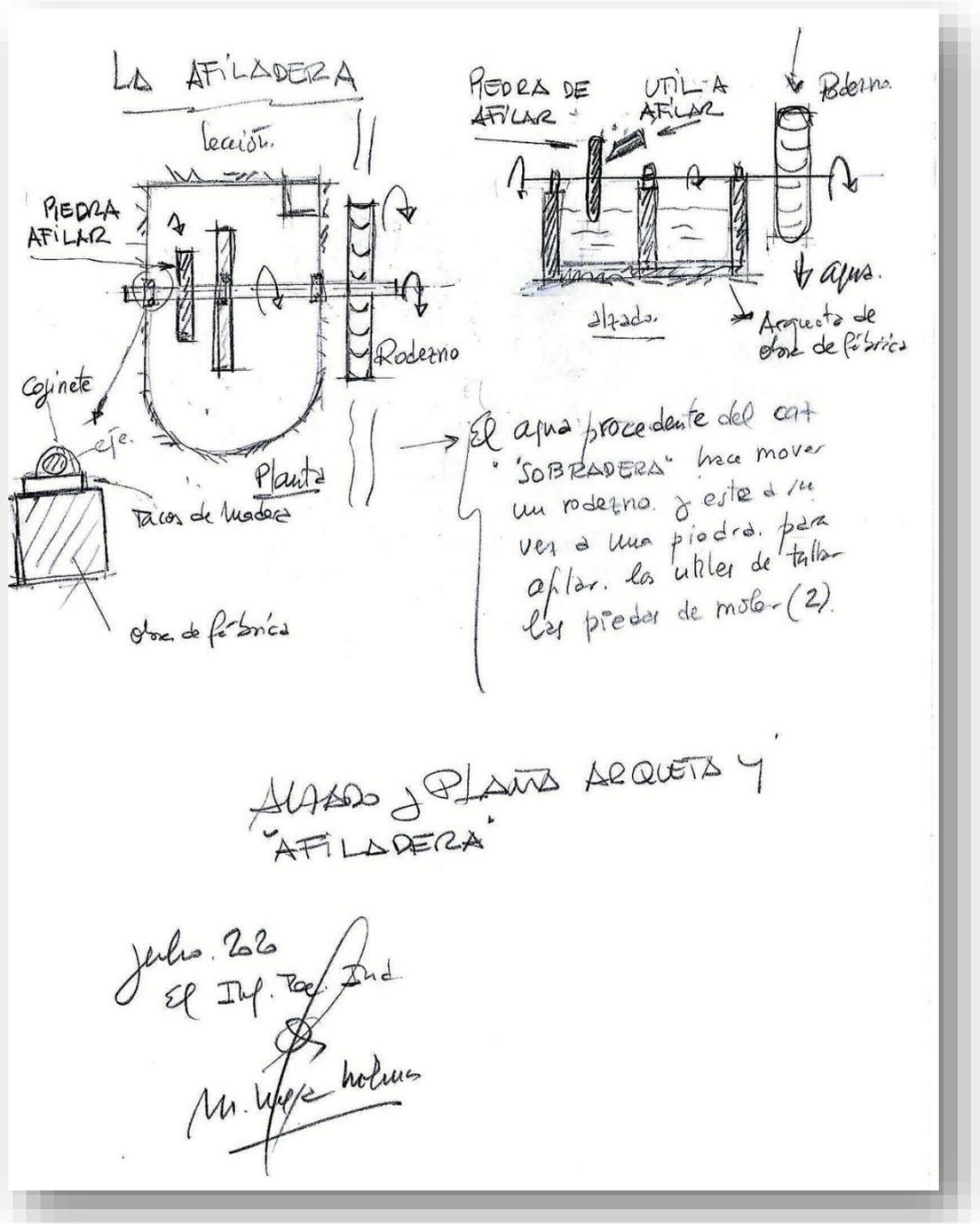


Fig.83) Detalle esquemático del sistema empleado para afilar los útiles

7) EL HORNO ÁRABE

A lo largo de todo lo descrito hemos visto como la fuerza del agua se ha ido transformando en energía eléctrica o potencial, mejorando la vida de los paisanos que vivían alrededor de nuestro molino, alumbrando sus humildes viviendas y produciendo harinas para alimentar, tanto a los vecinos como a sus animales, fundamentalmente produciendo un alimento básico que lleva con la humanidad desde sus orígenes: ¡El pan!

En el diccionario de la RAE se dice del pan: *Alimento que consiste en una masa de harina, por lo común de trigo, levadura y agua, cocida en un horno en piezas que tiene forma redonda y es grande.*

A la vista de los componentes que forman el pan, nos falta lo principal: El horno. Antiguamente en cada casa de la sierra, por muy humilde que fuera, había una edificación adosada a la vivienda destinada para hornear el pan. Estaba construida generalmente por muros de "fábrica mora" (piedra del lugar con mortero de arena y cal) y con una cubierta de madera (vigas de pino y faldones de tablas) recubierta de teja árabe.



Fg.84) Edificación anexa al molino que contiene en su interior el horno.

En su interior se encuentra lo principal: el horno en sí. Construcción de piedra o ladrillo para caldear, abovedada y provista de respiradero (“huevera”), donde se introduce la masa ya fermentada del pan para que se horneé.

En nuestro molino las piedras que forman la bóveda son de toba. Esta es de forma semiesférica, es decir mantiene el radio del círculo que forma la solera del horno constante en cualquier dirección, cerrándose la cúpula con una cuña del mismo material.



Fig. 85) Fachada del horno y boca del mismo. Justo encima de la boca está la “huevera”

Me cuentan que para saber si el horno estaba en su punto para hornear el pan, vertían un puñado de harina o de sal sobre la solera del mismo, y según se tostara la harina o crepitara la sal, sabían si estaba fuerte o no.

8) CONCLUSIONES

Al inicio de esta publicación decía que me había sorprendido lo que había visto en unas fotografías sobre una edificación en el Camino de San Juan de la Cruz y que trataría de documentarme más a fondo sobre esta verdadera industria con más de 100 años. Ya he llegado a su fin, no sé si lo habré conseguido, no obstante está abierto este estudio a cualquier aportación que se quiera hacer sobre el tema y que lo enriquezca.

Como el fin primordial es conseguir que este verdadero hito no se pierda, pues hasta ahora han sido sus propietarios, vecinos de Santiago con pocos medios, los que lo han conseguido, manteniendo por ejemplo la cubierta en buen estado, el caz limpio y otras actuaciones para que no se deteriore y desaparezca, como le han pasado a otros molinos de este tipo, quedando este en pie como único ejemplo en el término municipal.

Como soñar es gratis, este edificio debidamente restaurado sería por una parte un acicate turístico de primera línea para el municipio, además de una magnífica aula sobre sostenibilidad, medio ambiente, energías limpias...tan en boga ahora, además de recordar la forma de vivir de generaciones no tan lejanas.

Como actuaciones inmediatas para ponerlo en valor:

- a) Limpieza general de todas las dependencias y rescatar todos los elementos de las labores que allí se hacían: herramientas, utensilios, etc.
- b) Enfocado del exterior del edificio e incluso pintura, interior y exterior.
- c) Instalar en el forjado de madera que da acceso a la máquina de la borra una pasarela para seguridad del personal.
- d) Cambio de la carpintería exterior (ventanas, rejas y puertas exteriores).
- e) Dotación de aseos (fontanería y saneamiento).
- f) Dotar de instalación eléctrica el edificio: Alumbrado y fuerza, pero utilizando como energía limpia la instalación de una pequeña minicentral hidroeléctrica de 10 KVA con una conducción forzada desde el caz, que dicho sea de paso está en perfecto estado, sirviendo esta instalación de método didáctico del aula que allí se instale.
- g) Adecuación de un aula debidamente dotada de material informático y audio visual (proyector, pantalla,...), mobiliario, etc.
- h) Adecuación de la explanada existente de acceso al edificio.
- i) Adecuación del camino de tierra de acceso con pavimento de zahorra artificial compactada, nivelación, evacuación de aguas pluviales, etc. y señalización.

En fin, soñar es gratis, y ya que hemos empezado esperemos llegar a buen fin, al menos no me quedará en la conciencia no haberlo intentado. He visto en pueblos que tienen en valor “hitos” que en comparación con este molino no valen “un duro”, pero los tienen como dicen los mi pueblo “níquel”, vendiendo el producto como algo maravilloso de cara a sus paisanos y del turismo...

9) EPÍLOGO

En el punto anterior decíamos: "...Como el fin primordial es conseguir que este verdadero hito no se pierda,.." para finalizar voy a incluir unas fotos que por sí solas lo dicen todo.

Ubicación: Restos del molino harinero y central hidroeléctrica en las juntas del río Muso y arroyo Frío antes de desembocar en el río Zumeta.

Fecha de la toma: 21 de agosto 2020



Restos de las piedras del molino: la volandera y la solera, recubiertas por el guardapolvos. En el centro, el árbol aún en pie.

Sala de la molienda.

Fg.86)

Restos del cuadro eléctrico de mando y protección del Generador.



Restos del estátor del Generador.

Sala de la central hidroeléctrica.

Fg.87)



Detalle de los aisladores de salida de la línea aérea de baja tensión.

Canal de entrada del agua al cubo sobre pilares de piedra de toba.

Fg.88)



Horno árabe
(Boca del horno y orificio del respiradero o "huevera")

Fg.89)

(Fotos realizadas y cedidas por Marisol García Punzano)

Sin comentarios...

Santiago – Pontones, agosto 2020

ANEXO: CENTRAL ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN EN EL MOLINO DE D. AGUSTÍN ROS MARTINEZ Y LÍNEA DE TRANSPORTE A LA FÁBRICA DE HILADOS DE D. JOAQUÍN MOYA PEÑA.

Prólogo

Cuando finalicé el trabajo sobre el molino de las Ánimas, lo primero que hice fue ir a Santiago de la Espada y entregarle un ejemplar a modo de borrador a D. Andrés Sánchez García, que así se llama uno de los dueños del molino, y al que había bombardeado con preguntas, tanto “in situ” como por teléfono, con el fin que me dijera si había sido capaz de plasmar en las cuartillas que le entregaba todo lo que me había explicado y enseñado a los largo de casi tres meses.

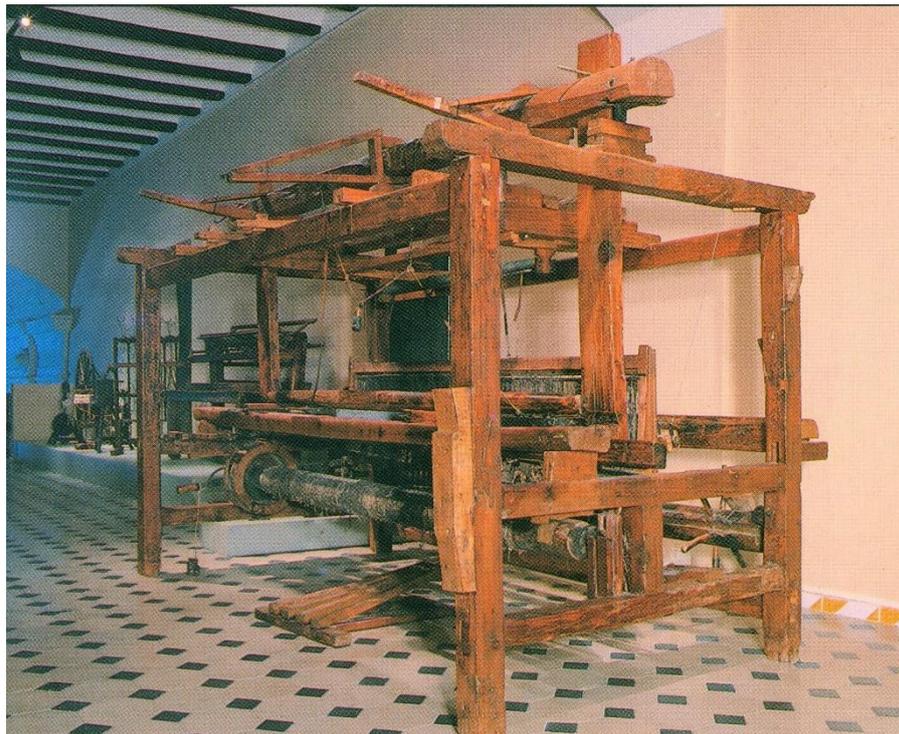
A mi regreso a Segura, cuál fue mi sorpresa al encontrarme un email donde me adjuntaba el proyecto técnico de la central eléctrica y de la línea aérea de suministro eléctrico a una fábrica de hilado de Santiago de la Espada.

Por una parte me lleno de alegría, pues el proyecto fechado en 1942 estaba redactado y firmado por D. José Delgado Serrano, compañero mío, aunque ahora de vivir, tendría 112 años, pero a pesar de la diferencia de edad, tengo 69, trabajé con él. Luego haré un semblante de su personalidad y capacidad técnica. Por otra parte me descuadraba todo lo que yo había publicado sobre la central hidroeléctrica y la línea de distribución a las aldeas de la Ribera, pues aunque los datos de la central que se recogen en el proyecto sí correspondían a las máquinas instaladas en el molino, la línea proyectada era para el suministro de electricidad a 380 III a una fábrica de hilado de las dos que había en Santiago (La otra era la de <José María el Lanero>, de la que ya he hecho referencia en el inicio de la publicación).

De lo anterior he deducido lo siguiente:

- a) El molino inicialmente era propiedad de D. Agustín Ros y produciría solamente harinas para el consumo humano y la ganadería.
- b) D. Agustín, en su afán emprendedor, encarga el proyecto de la central eléctrica y de la línea para suministrar energía eléctrica a la fábrica de hilados de D. Joaquín Moya, a D. José Delgado, con el fin de sustituir los motores de aceites que tenían instalados por un motor eléctrico. Lo curioso que la línea proyectada es de solo tres hilos (según se puede comprobar en el presupuesto), es decir: III a 380 V., de lo que se deduce que para el alumbrado de la fábrica, que sería a 220 V II entre fase y neutro, nos faltaría un hilo, lo que supone pensar que tendrían previsto otras fuentes de energía.

- c) Estamos en 1942/1943. La instalación de la central y de la línea se llevarían a cabo en este periodo de tiempo.
- d) Santiago de la Espada se electrifica sobre finales de los años 40 principio de los 50, a través de una central hidroeléctrica que se instala en el río Zumeta. Esta central estaba formada por una presa que se encontraba en la zona de la “truchas” de donde partía un canal de obra de fábrica de unos 500 metros que llevaba el agua a un depósito de descarga, aguas abajo (aún quedan los restos de la presa y las obras de fábrica del canal y del aljibe). En este punto una turbina accionaba un alternador eléctrico produciendo electricidad que a través de unas líneas de distribución llevarían la energía eléctrica al núcleo urbano.
- e) Al existir ya energía eléctrica en la población, y como quiera que la fábrica de hilados de la que no quedan restos algunos (se encontraba entre el cuartel de la Guardia Civil y el restaurante San Francisco), se suministraría de energía de la nueva central anulando el servicio que le llegaba desde el molino.



Fg. 90) En primer plano uno de los telares que existían en la fábrica de hilado de D. Joaquín Moya en Santiago de la Espada. Actualmente se expone en la exposición permanente del Museo de Artes y Costumbres Populares de Jaén. Baños Árabes (Diputación de Jaén).

- f) A raíz de lo expuesto en el punto e), se supone que D. Agustín Ros, decidió construir una línea de BT aérea en III+N 380/220 V para dar suministro eléctrico de alumbrado a las aldeas de la Ribera.
- g) Al paso de unos años (1964), el abuelo de Andrés Sánchez García compra a Agustín Ros el molino y continúa con el suministro de energía eléctrica a las aldeas, la fabricación de harinas y además instala la fábrica de borra.

El proyecto de la central eléctrica

Al final de este anexo, se adjunta el proyecto técnico de mi compañero D. José Delgado Serrano que, por cierto, nació en Jaén en agosto del 1908 y murió en julio de 1999 a los 91 años de edad. Estudió en Madrid y había cursado tres carreras técnicas que ejercía: Topógrafo, Perito Aparejador y Perito Industrial. Cuando proyectó la central y la línea del molino, tenía 34 años. Participó en la dirección técnica de las obras del Parador de Santa Catalina en los años 1963/65. También ocupó el puesto de aparejador municipal de ayuntamiento de Jaén durante muchos años. Era muy buen técnico, afable y siempre estaba dispuesto a ayudar a sus compañeros, vamos, un buen técnico y mejor persona.

Aprovechando este anexo, y a la vista de todos los cálculos que he incluido como anexos en esta publicación, quiero resaltar que al no conocer este proyecto, que ahora si conozco, supuse a la vista de lo que hay instado: motores, tuberías, canal, aljibe... una serie de datos tales como: caudales, velocidad del agua necesaria para que el funcionamiento, altura manométrica... En concreto, calculé que la turbina instalada, de la que tan solo existe la placa del fabricante (pág.16), debería tener 40 litros/segundo y una presión o altura manométrica de 25 m. (2,5 atmosferas). Si nos fijamos en la turbina que se había proyectado y que instalaron, tiene ese caudal y presión [Ver cálculos y presupuesto (pág. 80 y 87)].

Como considero bien realizado el proyecto, lo adjunto a este anexo por su sencillez en los cálculos, mediciones y presupuesto. Hago notar que aunque no dispongo del perfil de la línea, supongo que D. José Delgado habría ejecutado un buen perfil (no hay que olvidar que también era topógrafo), del cual salen los cálculos necesarios para las alturas y esfuerzos en punta de los apoyos de madera de la línea.

Proyecto de: CENTRAL ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN EN EL MOLINO DE D. AGUSTÍN ROS MARTÍNEZ Y LÍNEA DE TRANSPORTE A LA FÁBRICA DE HILADOS DE D. JOAQUÍN MOYA PEÑA.

PROYECTO
de
CENTRAL ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN EN EL MOLINO DE D. AGUSTÍN ROS MARTÍNEZ
Y LÍNEA DE TRANSPORTE A LA FÁBRICA DE HILADOS DE D. JOAQUÍN MOYA PEÑA .

Índice

DOCUMENTO NÚMERO 1.- MEMORIA .
DOCUMENTO NÚMERO 2.- PLANOS .-
DOCUMENTO NÚMERO 3.- PRESUPUESTO --

PERITO INDUSTRIAL: DON JOSÉ DELGADO SERRANO

PERICIONARIO: D. JOAQUÍN MOYA PEÑA

A. N. O.
1,942

DOCUMENTO NÚMERO 1.

MEMORIA

PROYECTO de
CENTRAL ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN
en el Molino de D. Agustín Rós Mar-
tínez y
LÍNEA DE TRANSPORTE A LA FÁBRICA
de Hilados de D. Joaquín Moya Peña.

A ñ o 1942.

CENTRAL ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN EN EL MOLINO DE D. AGUSTÍN ROS MARTÍNEZ
Y LÍNEA DE TRANSPORTE A LA FÁBRICA DE HILADOS DE D. JOAQUÍN MOYA PEÑA.

MEMORIA

CAPÍTULO I = CONSIDERACIONES GENERALES

OBJETO Y DENOMINACIÓN DEL PROYECTO.----- Con objeto de sustituir el motor de aceites pesados que actualmente acciona la fábrica de hilados de D. Joaquín Moya Peña, en Santiago de la Espada (Jaén) por uno eléctrico de características que posteriormente se detallarán, se redacta el presente Proyecto de línea eléctrica que de antemano dividimos en tres partes: -----

- a) ESTACIÓN GENERATRIZ
- b) LÍNEA DE CONDUCCIÓN
- c) APLICACIÓN INDUSTRIAL

Siendo el molino de D. Agustín Ros Martínez el lugar mas apropiado para la instalación de la Central generadora, denominamos el presente proyecto de "CENTRAL ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN EN EL MOLINO DE D. AGUSTÍN ROS MARTÍNEZ Y LÍNEA DE TRANSPORTE A LA FÁBRICA DE HILADOS DE D. JOAQUÍN MOYA PEÑA"

CAPÍTULO II = ESTACIÓN GENERATRIZ.

CANAL.----- El abastecimiento de la turbina será mediante un canal de 300 metros de longitud, pendiente 0,004 y sección rectangular de 0,6 de base y 0,4 mts. de altura que nos asegura el caudal de 40 litros por segundo.-----

En los sitios que la naturaleza del terreno lo exija, se revestirá con mampostería hidráulica y se rejuntará ésta con mortero de cemento portland.-----

TURBINA.----- La turbina será tipo FRANCIS, cámara cerrada para salto de 24 metros y caudal mínimo de 40 litros en estiaje, con capacidad de agua de 50 cm. de paso entre ala a plena admisión.-----

Su acoplamiento al alternador será mediante los ejes respectivos y estará sentada sobre fundaciones de hormigón.-----

ALTERNADOR.----- El alternador será de corriente trifásica de 380 voltios de tensión compuesta y 220 voltios de tensión sencilla entre fase y cero en las acometidas, pues sus bobinas se unirán en estrella sacando el hilo neutro de este centro; su potencia - 10 Kilowatios, 1000 revoluciones por minuto, frecuencia 50 períodos y será excitado por dinamo de 50 voltios.-----
Su acoplamiento a la turbina, según se ha dicho, se hará directamente entre ambos ejes.-----
Protegerán la Central cuatro pararrayos de media tensión con apaga-chispas magnetoautomáticos que irán ligados a los de la línea formando el conjunto una red protectora. Todos los aparatos serán de los modelos mas perfectos.-----
Se tendrá en cuenta lo prescrito en el art. 27 del Reglamento.-----

CUADRO.----- El cuadro de maniobra se compondrá de una armadura de perfil laminado en angulo sobre el que se montará un tablero de mármol blanco en el que se instalará: -----
Un amperímetro electromagnético con freno de aire para corriente alterna tipo A M con escala hasta 30 amperes.-----
Un voltímetro de igual construcción que el amperímetro con escala hasta 500 voltios.-----
Un voltímetro para corriente continua para la excitatriz, tipo A M con escala hasta 100 voltios.-----
Un conmutador de voltímetro bipolar tres direcciones, para montaje por delante del cuadro, conexiones por detrás.-----
Un interruptor-disyuntor automático al aire tipo de palanca, con capacidad hasta 60 amperes.-----
Una lámpara piloto.-----
Un reostato de regulación.-----
Conexiones y comunicaciones entre sí.-----

CAPÍTULO III = LÍNEA DE CONDUCCIÓN.

DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA.----- Según se dice anteriormente, la energía se produce en el alternador instalado en el molino de D. Agustín Rós y transportada a la fábrica de hilados, cruzando el arroyo Tejera, el camino de herradura de Santiago de la Espada a Pontones y el Camino Vecinal de Santiago a la Puebla de D. Fadrique, con longitud total de 1,063 metros en tres alineaciones rectas que acusan un angulo máximo de desviación de 25 grados.-----

CONDUCTORES.----- Los conductores serán de cobre electrolítico de alta conductibilidad (98 %), desnudos, con resistencia a la tracción de 40 Kg. por m^2 , irán unidos a los aisladores de porcelana fuertemente.-----

Cálculo eléctrico

Para el cálculo eléctrico de la línea tendremos en cuenta los siguientes valores: -----

s = sección del cobre en m^2
l = longitud de la línea = 1,063 metros.
w = potencia de la corriente en watios = 10000
E = fuerza electromotriz en voltios = 380

Tanto por ciento de pérdida = 10
 $\cos \varphi = 0,8$

Aplicando valores en la fórmula

$$s = \frac{\sqrt{3} \times l \times W}{10 \times E^2 \times \cos \varphi} = 15,87 \text{ m/m}^2$$

Se empleará hilo de 4,5 m/m de diámetro, cuya sección es 15,9 m/m².

Cálculo mecánico

Determinemos previamente:

- a) longitud del hilo en un vano.
- b) acción del viento.
- c) acción de la nieve y de la escarcha.

Admitiendo que el tiro sea igual al vano, o sea 50 metros, que representamos por a y la flecha f igual a 1 metro, la longitud l , y aplicando valores en la siguiente fórmula

$$l = a + \frac{8 f^2}{3 a} = 50,05 \text{ metros.}$$

Para determinar la presión del viento sobre los conductores hemos de tener presente que esta quede reducida a 0,7 de la que actuaría sobre una superficie plana determinada según un corte diametral del hilo, por tanto, admitiendo que la presión del viento sea de 125 Kg. por metro cuadrado

$$P = 0,7 \times 125 \times 50,05 \times 0,0045 = 19,71 \text{ Kg.}$$

No siendo frecuentes ni importantes las nevadas en esta zona para que influyan notablemente en los cálculos, prescindimos de los efectos de este fenómeno.

Tomando como densidad del cobre 8,95 el peso propio será :

$$P_p = \frac{15,9 \times 50050 \times 8,95}{1.000000} = 7,122 \text{ Kg.}$$

| | |
|-------------------|---------------|
| Peso propio | 7,122 |
| Acción del viento | <u>19,707</u> |

26,829

Siendo la resistencia a la tracción del cobre 40 Kg por m/m² y la sección del conductor igual a 15,9 m/m² el esfuerzo máximo de tracción que podrá resistir este será de 15,9 x 40 = 636 Kg. Por tanto tenemos un coeficiente de seguridad

$$\frac{636}{26} = 24$$

que rebasa el fijado por el Reglamento.

POSTES.-----

Los postes serán de pino, sanos y rectos. Su longitud acotada en planos es 11,40 metros y sus diámetros son 23 cm. en la base y 16 en la cogolla. +-----

Para el cálculo de los postes se tiene presente lo dispuesto en el art. 37 del Reglamento. -----

Cálculo de los postes.

Consideremos un poste en el caso mas desfavorable, o sea el situado en el vértice de dos alineaciones, cuyo ángulo de desviación es 25 grados = β

Los datos que intervienen en el cálculo son:-----

- Máximo de tensión en los conductores...1,5 Kg. x m/m²
- Diámetro4,5 m/m
- Sección.....15,9 m/m²
- Altura sobre el suelo del punto de aplicación de la resultante de las tensiones de los tres conductores..... $h = 9,5$ metros.
- Altura del punto de amarre de los tirantes al poste..... $h' = 8$ metros.
- Distancia del amarre al pie del poste.. $e = 1,5$ metros.

Cálculo de los esfuerzos

La tensión total de los tres hilos es: -----

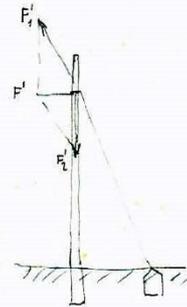
$T = 1,5 \times 15,9 \times 3 = 71,55 \text{ Kg.}$

Por tanto,

$F = 2 T \text{ sen } \frac{25}{2} = 30,98 \text{ Kg.}$

La fuerza F' que actúa en el punto de amarre del tirante, será: -----

$F' = F \frac{h}{h'} = 30,98 \frac{9,5}{8} = 36,73 \text{ Kg.}$



Las fuerzas F'1 y F'2 que actúan respectivamente según las direcciones del tirante y del poste serán: +-----

$F_1 = F' \sqrt{1 + (\frac{h'}{e})^2} = 36,73 \times 5,4 = 198,34 \text{ Kg.}$

$F_2 = F' \frac{h}{e} = 36,73 \times 5,33 = 195,77 \text{ Kg.}$

Cálculo del diámetro del poste

La fuerza F2 comprime el poste en toda su altura. Para obtener el máximo de trabajo de la madera, habrá, por tanto, necesidad de considerar la sección mas pequeña sometida a este

esfuerzo. Dada la forma tronconónica del poste, ésta se encuentra a nivel del punto de amarre del tirante.-----

En este lugar el diámetro del poste es de 16 centímetros, lo que corresponde a una sección de 201 cm²

De dónde, el máximo de trabajo de la madera por centímetro cuadrado es: -----

$$\frac{196}{201} = 0,97 \text{ Kg.}$$

Se vé claramente que el poste elegido de longitud 9,5 metros por diámetros 16 y 23 centímetros es sobradamente resistente para los esfuerzos a que se ha de someter.-----

Los postes, según se representan en los planos, habrán de fijarse mediante un revestimiento de hormigón de 250 Kgs. de cemento portland de sección 0,60 x 0,60 metros.-----

AISLADORES.----- Estos serán de porcelana y de forma representada en los planos, ensayados para una tensión de mas de 2,500 voltios, según determina el art. 32 del Reglamento para tensiones medias.-----
Será preciso cerciorarse que están bien cocidos y al romperlos presentarán un grano fino y compacto y su color será blanco.

CRUCE.----- Siendo necesario cruzar el Camino Vecinal de Santiago de la Espada a la Puebla de D. Padrique en su punto kilométrico 0,036 y a cuyo efecto se solicitará la correspondiente autorización, éste se hará según las siguientes características: -----

El cruce será normal al eje del referido Camino.-----

Los apoyos serán dos postes de madera de pino de 11,4 de longitud, empotrados en 1/6 de su largo, ó sea 1,90 revistiendo su empotramiento con un macizo de hormigón de 0,6 por 1,10 de lado. -----

Estos postes se situarán a 25 metros del eje del Camino Vecinal dejando un vano de 50 metros y si la dirección lo considere necesario se aproximarán mas aún.-----

Los hilos del cruce se colocarán a 7 metros (admitido en el art. 39 del Reglamento) sobre el firme del Camino, salvando de esta forma todo contacto con el tránsito del referido Camino é irán provistos de los correspondientes fiadores.-----

CAPÍTULO IV = APLICACIÓN INDUSTRIAL

MOTOR Y CUADRO.----- El motor se instalará en la fábrica de hilados y será de corriente trifásica de 380 voltios; potencia 10 HP; velocidad 1450 revoluciones por minuto; frecuencia 50 periodos.-----

Llevará un cuadro de maniobra de mármol blanco, constituido por los siguientes aparatos:-----

Un amperímetro electromagnético con freno de aire para corriente alterna, tipo AM con escala para 50 amperes .-----

Un voltímetro de igual construcción que el amperímetro con

escala hasta 400 voltios.-----
Un conmutador rotativo para el arranque.-----
Una lámpara piloto.-----
Burlones, fusibles, etc. -----

Se tendrá presente lo prescrito en los artículos 27, 28
y 29 del Reglamento de Instalaciones Eléctricas Receptoras.-----

CAPÍTULO V = CONCLUSIÓN.

PRESUPUESTO.--

El presupuesto que arroja las obras y maquinaria que comprende el presente proyecto arroja una cifra de TREINTA Y TRES MIL CUATROCIENTAS CINCUENTA Y SIETE PESETAS (33,457,00) de las que DIEZ Y SIETE MIL SEISCIENTAS TREINTA Y SEIS PESETAS (17,636) corresponden a la Central, DOCE MIL TRESCIENTAS SESENTA Y UNA PESETAS (12,361,00) al transporte de energía y TRES MIL CUATROCIENTAS SESENTA PESETAS (3,460,00) a la Estación receptora ó aplicación industrial de esta energía.-----

En cuanto a los precios que se aplican en el presupuesto no descomponemos ni detallamos por haber sido objeto de contratación previa que desde luego no se salen de los fijados por la Superioridad para estos casos.-----

Habiendo sido redactado este proyecto teniendo en cuenta todas las disposiciones y Reglamento vigentes para estos asuntos y considerándolo suficientemente detallado para su estudio y ejecución, tenemos el honor de elevarlo a la Superioridad por si estima conveniente su aprobación.-----

Jaén, 20 de Mayo de 1,942.

EL PERITO INDUSTRIAL,

M. Delgado

EL PETICIONARIO,

Joaquín Moya

DOCUMENTO NÚMERO 3.

PRESUPUESTO

PROYECTO de
CENTRAL ELÉCTRICA DE MEDIA TENSIÓN
en el Molino de D. Agustín Rós Mar-
tínez, y
LÍNEA DE TRANSPORTE A LA FÁBRICA
de Hilados de D. Joaquín Moya Peña

Año 1942.

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.

| | Pesetas. |
|---|------------------|
| ARTÍCULO 1º.—ESTACIÓN GENERATRIZ. | |
| 300 metros lineales de apertura de canal y acondicionamiento del mismo, a 8,00 pesetas..... | 2,400,00 |
| 22 metros lineales de tubería de hormigón de 25 cm. de diámetro a 15,00 pesetas..... | 330,00 |
| Un tubo de 25 cm. de diámetro y dos metros de largo, un codo y una reducción para entrada a la turbina..... | 900,00 |
| Una turbina tipo FRANCIS con capacidad de 40 litros por segundo y 24 metros de salto..... | 2,626,00 |
| Medios auxiliares y colocación de la turbina..... | 500,00 |
| Un alternador, según las características especificadas en la Memoria..... | 6,100,00 |
| Un cuadro de maniobra | 1,430,00 |
| Cuatro pararrayos de media tensión con apaga-chispas, etc. a 150,00 pesetas..... | 600,00 |
| Medios auxiliares é instalación del alternador, cuadro y pararrayos, etc. | 750,00 |
| Acondicionamiento de la caseta..... | 2,000,00 |
| —IMPORTA EL ARTÍCULO 1º | 17,636,00 |
| ARTÍCULO 2º.—LÍNEA DE CONDUCCIÓN. | |
| 3,500 metros lineales de hilo de cobre electrolítico desnudo, de 4,5 m/m de diámetro, a 2,52 pesetas..... | 8,316,00 |
| 24 postes de madera de pino de 11,4 de largo y diámetros 16/23 cm., a 100,00 pesetas..... | 2,400,00 |
| 2 fundaciones de hormigón de 0,6 x 0,6 x 1,9 metros para postes en angulo de alineaciones, a 50,00 pesetas..... | 100,00 |
| 2 fundaciones de hormigón de 1,1 x 0,6 x 1,9 metros para postes gemelos en cruce del Camino Vecinal, a 80,00 ptas.. | 160,00 |
| 100 aisladores de doble campana a 2,60 pesetas..... | 260,00 |
| 100 soportes de fijación con rosca de madera, a 3,75 pesetas.. | 375,00 |
| Instalación y medios auxiliares..... | 750,00 |
| —IMPORTA EL ARTÍCULO 2º | 12,361,00 |
| ARTÍCULO 3º.—UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA | |
| Un motor de características reseñadas en La Memoria..... | 2,440,00 |
| Un juego de carriles tensores..... | 150,00 |
| Un cuadro de maniobra | 570,00 |
| Suma y sigue | 3,160,00 |

| | Pesetas. |
|---|------------------|
| Suma anterior..... | 3,160,00 |
| Fundaciones, instalaciones y medios auxiliares..... | 300,00 |
| IMPORTA EL ARTÍCULO 3º..... | 3,460,00 |
| RESUMEN | |
| Artículo 1º.= ESTACION CENDEPATRIZ..... | 17,636,00 |
| Id. 2º.= LÍNEA DE CONDUCCIÓN..... | 12,361,00 |
| Id. 3º.= UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA..... | 3,460,00 |
| TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL..... | 33,457,00 |

Importa el presupuesto de ejecución material la figurada cantidad de TREINTA Y TRES MIL CUATROCIENTAS CINCUENTA Y SIETE PESETAS.-----

Jacán, 20 de Mayo de 1,942.

EL PERITO INDUSTRIAL,



EL PETICIONARIO,



Agradecimientos:

- Agradecer a D. Andrés Sánchez García, propietario del molino de las Ánimas junto a su hermana Dña. Josefa, por todas las facilidades, explicaciones y enseñanzas que me ha dado para poder llevar a cabo esta publicación.
- A D. Dionisio González García de Santiago de la Espada, y a D. Ramón Mellina de Beas de Segura, que gracias a ellos pude descubrir este hito industrial en plena Sierra de Segura.
- A Dña. Rosa Cruz por su estimable ayuda en la confección del trabajo.

Bibliografía:

- Revista ALMOROJE. Santiago – Pontones - Julio 1998.
- Textos, fotos, diapositivas, anexos de cálculos y maquetación:
Miguel Mesa Molinos
- Autor: Miguel Mesa Molinos, Ingeniero Técnico Industrial, colegiado 179 del COITI de Jaén.

Santiago – Pontones, agosto 2020

