

**XXVII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
LIMA, PERÚ, 28 AL 30 DE SETIEMBRE DE 2016**

**SISTEMAS HIDRÁULICOS DE HACIENDAS EN LA NUEVA ESPAÑA:
HACIENDA SAN JUAN BAUTISTA EN REAL MINAS TASCO**

*Dulce Aline Hernández Avilés, Luz Marina Santos Castro, Juan Carlos Alcérreca Huerta y
Rodolfo Silva Casarín*

*Coordinación de Hidráulica, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Escolar s/n,
Edif. 5, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, México.D.F., México. Tel. +52(55)56233600 ext. 8615
DHernandezAvi@iingen.unam.mx, luzsantos_arq@hotmail.com, JAlcerrecaH@iingen.unam.mx,
RSilvaC@iingen.unam.mx*

RESUMEN:

La ingeniería hidráulica de los siglos XX y XXI ha sido el centro de atención de múltiples estudios e investigaciones, dado los desarrollos e impactos actuales que tienen en la sociedad humana. No obstante, poco o nada se llega a conocer de infraestructura anterior a dichos siglos y que han marcado la historia mundial al formar parte del desarrollo humano durante su existencia. Los sistemas hidráulicos de haciendas mineras de los siglos XVI a XVIII, fueron fundamentales para el abastecimiento de riquezas como la plata y el oro, marcando un hito durante la historia de la Colonia en Latinoamérica. Resalta en México el sistema hidráulico de la Hacienda de San Juan Bautista en Real Minas Tasco, de las más grandes y mejor conservadas en América, pero con necesidades aun evidentes de restauración y de sostenibilidad. El presente artículo pretende por tanto: i) describir el funcionamiento de los sistemas hidráulicos de la Hacienda, ii) analizar de forma genérica una posible solución de aprovechamiento actual del sistema hidráulico existente para generación de energía eléctrica, con el fin de iii) promover la restauración y conservación de estos inmuebles como centros de estudios de sistemas hidráulicos antiguos aún operativos y con beneficios sociales palpables.

ABSTRACT:

The focus of several studies on the hydraulic engineering infrastructure of the XX and XXI centuries has been made due to the given developments and current impacts on the modern human society. However, few information has been made available and related to ancient infrastructure (prior to the XX century), despite this infrastructure has impacted the world history by being part of the human development during its existence. Hydraulic systems of mining "Haciendas", from the XVI to the XVIII centuries, were essential for the supply of silver and gold, marking a milestone in the history of the Colony in Latin America. The hydraulic system of the Hacienda de San Juan Bautista Real Minas Tasco, in Mexico, stands out as one of the largest and best preserved systems in America, but still under the basic needs of restoration and sustainability. Therefore, this article aims to: i) describe the operation of the hydraulic systems of the Hacienda, ii) analyze a tentative solution which includes the use of the existing hydraulic system for power generation, in order to iii) promote restoration and conservation of this infrastructure as a Research Center of ancient hydraulic systems and with contribution for a social benefit.

PALABRAS CLAVES: hacienda minera, sistemas hidráulicos antiguos, Taxco, México, restauración y conservación, energía.

INTRODUCCIÓN

Numerosas investigaciones científicas se han enfocado al estudio de la ingeniería hidráulica a nivel internacional resaltando los relacionados a la infraestructura de los siglos XX y XXI. No obstante, la infraestructura antigua ha involucrado en su diseño sistemas hidráulicos fundamentales en la vida diaria de épocas pasadas y que hoy en día siguen asombrando por su ingenio y por la eficiencia para el desarrollo de las tareas para los que fueron concebidos. El valor de los sistemas hidráulicos empleados en las primeras haciendas mineras, son un ejemplo del inmenso valor del sistema para el abastecimiento de riquezas provenientes de la tierra, en su momento a la Corona Española y posteriormente a las naciones independientes. De forma particular, resalta en México el sistema hidráulico de la Hacienda de San Juan Bautista en Real de Minas Tasco. Fundada alrededor del s. XVI, esta hacienda daría origen a uno de los centros mineros más antiguos del continente y de gran importancia para la Corona española (Figura 1). Aunque la hacienda es del s. XVI, el sistema hidráulico que posee de atahonas fue una tecnología del s. XVII, esto debido a que la hacienda continúa en construcción aún en el s. XVII sufriendo un acondicionamiento de sus molinos.



Figura 1.- Sistema hidráulico en la Hacienda de San Juan Bautista: acueducto, canales y patio de molienda.

El presente estudio pretende: i) resaltar y describir el funcionamiento de los sistemas hidráulicos existentes en la Hacienda de San Juan Bautista que sirvieron para el desarrollo de otras haciendas y de la industria minera de México, siendo una de las que posee el sistema hidráulico más conservado de la región, ii) emplear éstos complejos sistemas hidráulicos como base para la implementación de nuevos diseños (mejora de los diseños ya existentes para realizar otro tipo de tareas), iii) promover la restauración y conservación de los sistemas hidráulicos y de la Hacienda, para el establecimiento de un centro de estudios de sistemas hidráulicos antiguos aún operativos.

METODOLOGÍA

La metodología empleada para el estudio y comprensión de estos sistemas hidráulicos consideró las siguientes etapas:

- Etapa I. Levantamiento y dimensionamiento de la Hacienda y los sistemas hidráulicos. Esta etapa exige realizar mediciones in situ del inmueble y de cada uno de los elementos que lo componen, vaciar la información digitalmente y posteriormente representar a detalle el edificio y las estructuras hidráulicas para su análisis y reconocimiento.
- Etapa II. En esta etapa se hace una revisión de la información disponible, no sólo del edificio aislado sino también de la zona donde se emplaza para con ello obtener una lectura atinada del estado actual del conjunto. Dentro de esta revisión de antecedentes se analizarán diversos factores como: ubicación, sistemas constructivos, funcionamiento y distribución de cada uno de los elementos que componen tanto al sistema hidráulico como a la hacienda.
- Etapa III. En la tercera etapa se desarrollo un enfoque al sistema hidráulico realizando una revisión a detalle de su funcionamiento considerando los elementos que lo componen como

sus acueductos, canales, caídas de agua, molinos, patios y equipamiento especializado. Este enfoque comprende un análisis descriptivo de cada una de las partes así como los cálculos necesarios para crear una hipótesis de su funcionamiento original, obtener un diagnóstico adecuado del estado actual y desarrollar una propuesta atinada de restauración, tanto a nivel arquitectónico como a nivel estructural e hidráulico.

- Etapa IV. El desarrollo de las alternativas de restauración y conservación de los sistemas hidráulicos de la Hacienda lograrán resaltar el significado de "Hacienda de beneficio" como lo fue en un pasado, pues al recobrar su funcionamiento conjuntamente podría otorgarse un nuevo uso a los espacios del complejo y con ello generar un beneficio real a la población de los alrededores. Además de lo anterior, se busca crear un modelo para la recuperación de sistemas hidráulicos en haciendas cercanas dentro de la región y en haciendas con características similares dentro del continente.

LA HACIENDA SAN JUAN BAUTISTA Y SU SISTEMA HIDRÁULICO

Taxco, antiguo centro minero por excelencia, convirtió a la minería y producción de plata en una de las actividades industriales más importantes de la Nueva España, y es a través de los vestigios de sus haciendas de beneficio, que hoy en día se conoce tal esplendor. Un ejemplo palpable se puede encontrar en la Hacienda San Juan Bautista cuya importancia recae en su historia y en las experiencias vividas a lo largo de los años. La Hacienda San Juan Bautista, localizada en el poblado de Taxco el Viejo en el municipio de Taxco de Alarcón del estado mexicano de Guerrero, fue una de las haciendas de beneficio minero más importantes en su época debido a la extracción de metales (sobre todo de la plata) tan codiciado en aquel entonces.

El terreno de emplazamiento de esta Hacienda se caracteriza por desniveles naturales aprovechados eficientemente para el albergue de numerosos espacios: al sur, una escalinata de piedra que permite visualizar los almacenes abovedados y las amplias caballerizas amuralladas, y que conforme se avanza, da pie a una integración con la vegetación típica del lugar. Al término de unos escalones adosados a un acueducto, que se pierde en la distancia, es posible encontrar la fachada de la Casa Grande y que invita a conocer su interior después de atravesar un pequeño pórtico de piedra. Desde este punto se visualiza un patio con una fuente al centro que recorre todo el largo del espacio y remata en un edificio del cual se desconoce su uso, pero forma parte integral del conjunto. Al costado izquierdo de este patio se localizan las caballerizas que se unen a las descritas inicialmente, sin embargo, al continuar por el costado derecho se descubre el espacio tan esperado del recorrido donde se llevaban a cabo las labores de extracción de los metales y en donde destaca el sistema hidráulico de producción abarcando un área que supera los 2250 m², sin considerar la extensión del acueducto que supera los 100m y de los patios de maniobras. Así, en primer plano se observa una tina de lavado de 10.5 x 37.5 m con profundidad media de 2.1 m. Posteriormente, se destacan en un plano intermedio muros gruesos y altos de piedra y mejor conocidos como "los molinos", donde se llevaban a cabo las operaciones de trituración. Por último, en un nivel superior, en dirección norte, se observa el majestuoso acueducto. Al oriente edificaciones habitacionales complementan el conjunto y en los alrededores, resalta el paisaje natural que envuelve dicho ingenio y objeto de estudio del presente artículo.

Una hacienda de este tipo contaba con ciertos elementos y espacios destinados a la producción minera, a saber: sistemas hidráulicos, patios de beneficio (áreas de producción), almacenes, caballerizas, huertas, eras (patios para diversos usos), jardines y espacios habitacionales (Casa Grande). Sin duda todos estos elementos en su conjunto lograrían el buen funcionamiento de una hacienda minera; sin embargo, el elemento principal era el agua. Por tal motivo, la Hacienda San Juan Bautista se emplazó estratégicamente de oriente a poniente entre dos ríos: a) el Cacalotenango al poniente y b) el Taxco al oriente, siendo este último de donde se abastecía principalmente. El agua utilizada en la hacienda era para uso humano, animal, para riego y sobre todo para la molienda de minerales, lo cual exigió la construcción de obras de mayores dimensiones como se verá más adelante.

Es de importancia señalar y comprender que el proceso o las etapas del beneficio de patio requería de tiempo y de sumo cuidado, es decir, que se llevara a cabo por expertos en la materia. Así pues, las etapas serían: i) Trituración y molienda del mineral, ii) Elaboración de montones del mineral triturado, iii) Ensalmorado (humedecimiento y adición de sal a los montones), iv) Curtido de cada montón con magistral (mezcla de sulfatos de cobre y óxidos de hierro), v) Incorporo (adición de azogue o mercurio a los montones), vi) Extendido de los montones para mejor absorción de la plata, vii) Lavado de la masa obtenida para separar la amalgama de plata de los lodos, viii) Desazogado (se exprime la masa y separa la plata del mercurio por destilación en vasijas y, ix) Fundición y apartado (el metal obtenido se fundía y se separaba del oro).

Dicho proceso para separar la plata y el oro de otros metales fue descubierto por Bartolomé de Medina, quien fuera un metalurgista español radicado en Pachuca, México. Rápidamente este conocimiento se extendió por la Nueva España y fue heredado a más metalurgistas como fue el caso de Pedro Fernández de Velasco quien introduce entre 1571 o 1572 el beneficio de patio en Perú, adecuado por supuesto al contexto y a las condiciones climáticas del sitio, conocido después como el beneficio de cajones.

Así pues, en la Hacienda San Juan Bautista se observa una perfecta combinación entre arquitectura e ingeniería representada tanto en sus formas y en el uso de materiales de la región, así como en su interesante sistema hidráulico, motor de sus funciones industriales y clave del crecimiento económico de la región en aquella época.

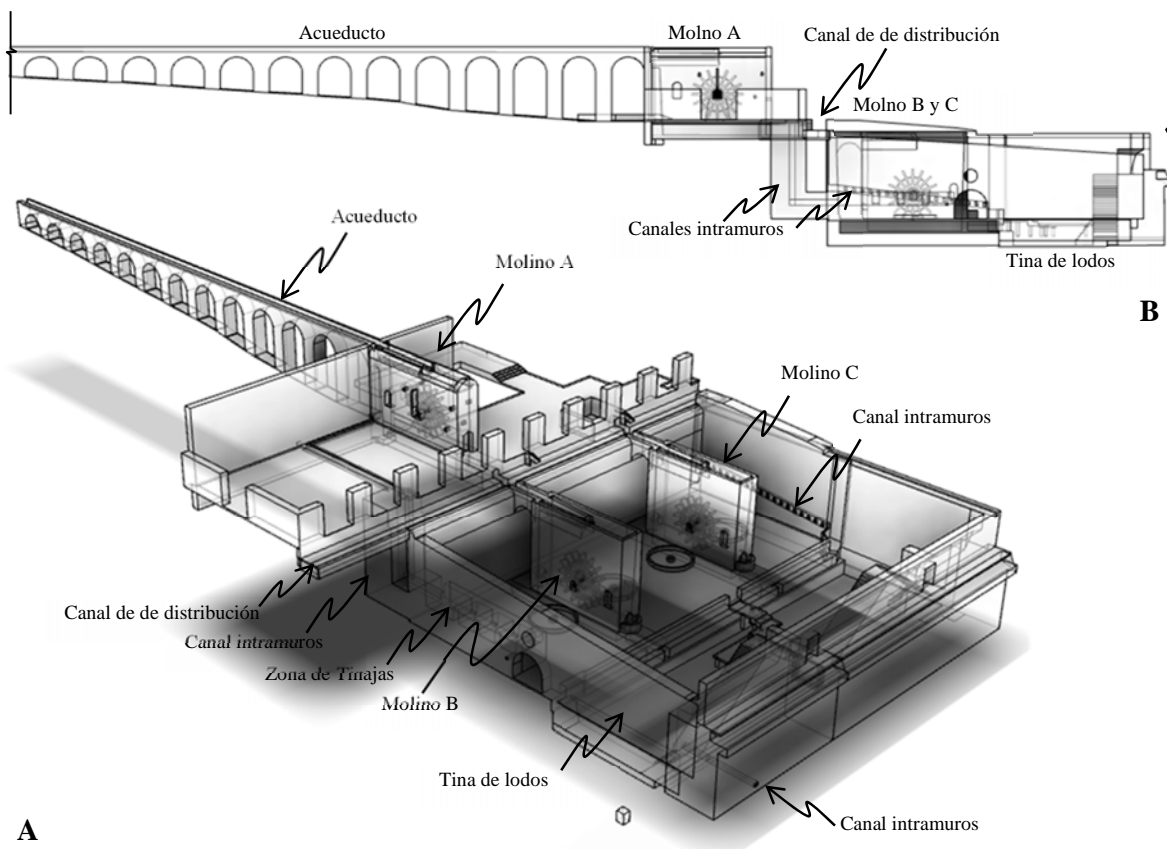


Figura 2.- Sistema Hidráulico de la Hacienda San Juan Bautista: a. Modelo tridimensional y b. Sección transversal de la infraestructura hidráulica, sus elementos y los desniveles aprovechados.

El sistema hidráulico de la Hacienda (Figura 2a) se caracteriza por la presencia de acueductos, canales y conductos intramuros para conducción del agua a puntos específicos de la Hacienda, así como el aprovechamiento de tanques amortiguadores para contener las caídas de agua producidas al paso de

los molinos para trituración de roca. La infraestructura hidráulica de la Hacienda basó su desarrollo y funcionamiento en el aprovechamiento del desnivel del terreno, el cuál fue potenciado por excavaciones artificiales para alcanzar caídas de agua que en conjunto alcanzan los 30 m, distribuidas de forma uniforme en tres secciones, en las que se encontraban molinos y ruedas de agua (Figura 2b).

Descripción del sistema hidráulico de la hacienda:

El uso de acueductos, apantles, canales de distribución, mecanismos de molienda, canales intramuros (Figura 2) y el aprovechamiento de dos ríos son las características más sobresalientes del sistema hidráulico. Más aún el diseño por gravedad para la realización de todo el proceso minero de obtención de plata, destaca por un aprovechamiento eficiente de la topografía de la zona.

La Hacienda se localiza entre dos ríos (Cacalotenango y Taxco) para la entrada de agua hacia ésta y para su desalojo (con materiales de desperdicio). A partir de estos ríos, y siguiendo la topografía natural del lugar, se desarrolló el sistema hidráulico, cuyo funcionamiento es como sigue (ver Figura 2 y 3):

a. Del río al acueducto.

El agua del río era conducida a través de sus acueductos (existen dos, el más importante de ellos con un nivel sobre el terreno natural que supera los 7.50 m en su parte más alta y recorre 118 m de longitud) desde el río y hasta una zona de distribución por canales. En el punto de distribución el agua es enviada directamente a los molinos y después toma rumbo a las diferentes partes de la hacienda a través de más canales al interior de los muros y a cielo abierto, distribuyéndose a cada espacio de la hacienda para consumo humano y las actividades propias del beneficio de minerales.

b. Del acueducto hacia el molino A.

Al interior del acueducto se tiene una canal a cielo abierto con base de 0.8 m y altura de 0.6 m, que tras finalizar el acueducto, continua por sobre una bóveda rebajada de longitud de 6.43 m y 1.0 m de luz y apoyada sobre muros de piedra que también sirven de apoyo al eje de la rueda de agua del molino. Así, el canal vertía en caída libre el agua sobre una rueda de agua (Molino A) que poseía un diámetro estimado de 9.6 m, el cual funcionó particularmente con la carga de velocidad del flujo del agua para romper la inercia de reposo de la rueda de agua. Tanto la rueda de agua como el canal se halla confinados por muros de piedra para evitar escurrimientos de agua a los patios de maniobras y al área donde se encontraban las piedras de trituración.

El canal de distribución después del Molino A conduce a los espacios arquitectónicos pero también hacia un último molino (Molino D) el cuál posee un nivel de piso de -30 respecto de la plantilla del canal del acueducto y con funcionamiento similar al molino A, B y C.

c. Del acueducto a la zona de tinajas.

El canal del acueducto, antes de apoyarse sobre la bóveda rebajada para alimentar al molino A, posee una pequeña desviación que conduce a un canal interno intramuros de sección de 0.2 x 0.4 m y que permite la conducción sobre tierra de una porción de agua para después ser conducido por intramuros por otro canal que desfoga hacia una zona de tinajas adosadas a muro para labores de lavado de materiales o de mezclado para el ensalmoreado y el beneficio de la amalgamación, donde los minerales triturados y molidos se les rociaba con mercurio, sal y agua.

d. Del molino A hacia los molinos B y C.

Un conducto por debajo del nivel de piso comunicaba el molino A con un canal de distribución que conducía el agua hacia otras secciones de la hacienda, pero sobre todo hacia otros dos canales apoyados sobre bóvedas rebajadas para producir una nueva caída de agua (de cerca de 10 m) y activar los molinos B y C. Las ruedas de agua de los molinos, y la bóveda rebajada igualmente se apoyaban sobre dos muros de piedra para evitar escurrimientos al exterior.

e. De los molinos B y C hacia la tina de lodos y decantación.
Tras el paso por los molinos B y C, un conducto por debajo de nivel de piso conecta a cada uno de los molinos con una tina de lavado de lodos y para posible separación de la amalgama de plata de los lodos por medio de un proceso de decantación. Así, se separaban la plata de los materiales de desperdicio. Por último, la plata era convertida en lingotes y el material de desperdicio y el agua eran regresadas al cauce del río.

f. Los canales intramuros.
Además de la distribución de agua ya mencionada se poseen canales intramuros que se supone fueron empleados para labores diversas, pero con la capacidad de funcionamiento temporal, es decir el flujo a través de ellos era regulado a través de compuertas. Lo anterior se fundamenta en el hecho de evitar una merma considerable en la potencia necesaria del flujo de agua para la operación de los molinos, con mecanismos que se estima pudieron superar las 5 tons. de peso. Uno de los canales intramuros más relevantes del sistema hidráulico posee 2.70 m de ancho y conduce el agua hasta la zona de la tina de lodos (el canal es confiado por muros con espesor de 0.65 m y 9 m de altura). Lo anterior también pudo ser empleado en el caso de un control en la cantidad de agua conducida por el canal, especialmente en temporada de avenidas y como una medida para amortiguar o evitar posibles inundaciones o escurrimientos no deseados.

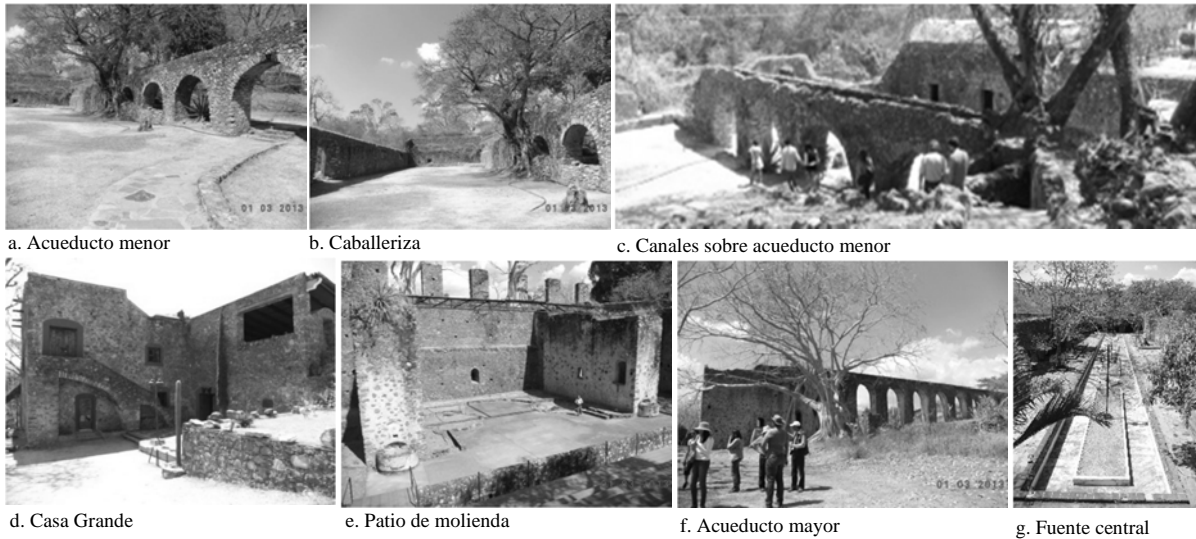


Figura 3.- Hacienda San Juan Bautista y sus diferentes espacios: a. Acueducto menor, b. Caballeriza, c. Canales, d. Casa Grande, e. Patio de molienda, f. Acueducto mayor y g. Fuente central.

Detalle del funcionamiento de los molinos de trituración:

Al considerar la Ecuación [1], una velocidad de flujo $v=1.2$ m/s y un tirante de agua de la mitad de la altura el canal, se tendría un área transversal de flujo $A= 0.24$ m y un gasto $Q=0.288$ m³/s. De la misma forma, considerando las dimensiones de la rueda y la velocidad de incidencia del flujo sobre la misma, la velocidad angular de rotación (Ecuación [2]) máxima se estima en $\omega=0.235$ rad/s. Como puede observarse en la Ecuación [1] y [2], la velocidad del flujo resulta fundamental para el movimiento de la rueda de molino.

$$Q = vA \quad [1]$$

$$\omega = v/r \quad [2]$$

Por otra parte, si se considera el principio de conservación del momento angular mostrado en la Ecuación [3], donde m es la masa de agua desplazada por segundo (288 kg), I el momento de inercia rotacional disponible, v es la velocidad del flujo ($v=1.2$ m/s) y r la distancia desde el centro de giro de la rueda hasta la base del canal ($r=5.1$ m) se puede obtener una relación (Ecuación [4]) de velocidad angular de rotación (ω) y el valor de inercia rotacional total (I), resultados que son mostrados en la Tabla 1, junto con el valor de inercia rotacional total.

$$mvr = I\omega \quad [3]$$

$$mvr = I\omega \rightarrow I = \frac{mvr}{\omega} \quad [4]$$

Tabla 1.- Relación de velocidad angular e inercia rotacional total.

Omega [rad/s]	Omega [rpm]	Inercia rotacional total [kg m ²]
0.235	2.247	7344
0.200	1.910	8640
0.175	1.671	9874
0.150	1.432	11520
0.125	1.194	13824
0.100	0.955	17280
0.075	0.716	23040
0.050	0.477	34560

La piedra de trituración se estima poseían un tamaño estimado de una vara y media (~1.25 m) de diámetro y un ancho de media vara (0.42) dando una masa total de 4.56 tons, por lo que el momento de inercia correspondiente a dicha piedra sería de 4560.1 [kg m²]. Mientras tanto, la rueda de molino se estima en una masa de 800 kg y con ello poseería un momento de inercia de 18052.0 [kg m²]. Al sumar los momentos de inercia de la piedra de trituración y de la rueda de agua se tendría un total de 18942.6 [kg m²], que conforme a lo observado en la Tabla 1, corresponde a una velocidad angular de 0.075-0.1 rad/s (0.955-1.194 rpm).

Para los molinos B y C se presentan dos piedras de trituración a diferencia de la única piedra correspondiente al molino A, por lo que el tamaño de las mismas, aunque no se halla documentado, debe corresponder máximo a la mitad de la masa descrita para el molino A.

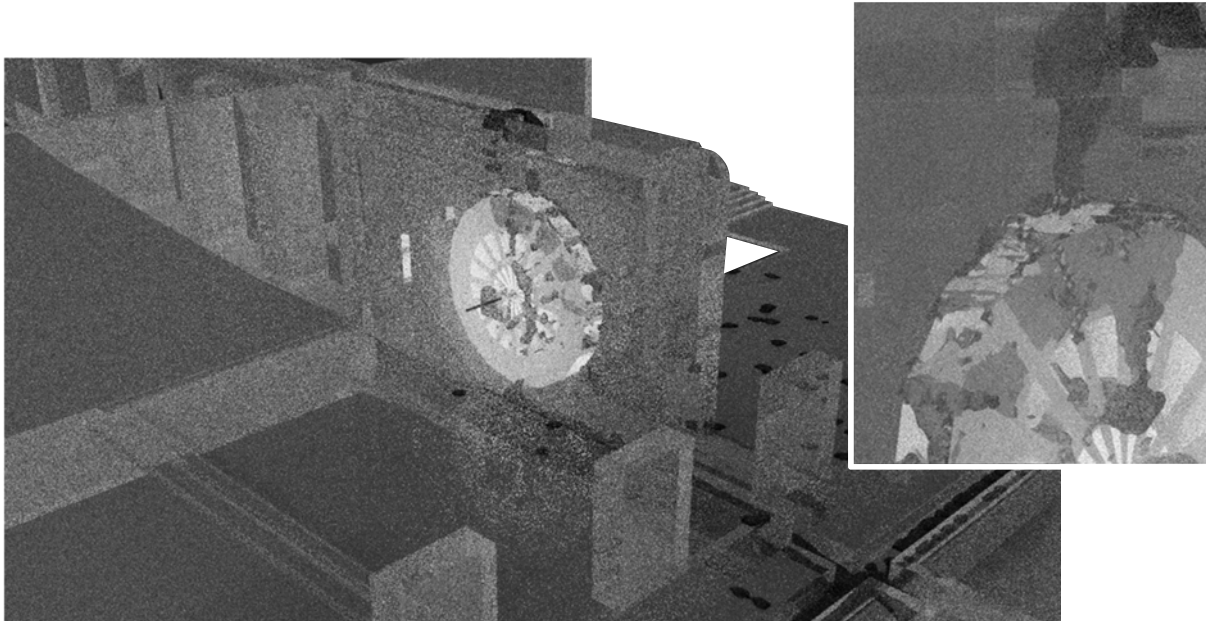


Figura 4.- Resultados de la simulación por computadora del funcionamiento hidráulico del molino A de la Hacienda San Juan Bautista.

Con el fin de representar los resultados aquí descritos, se decidió desarrollar una simulación numérica que contemplase la velocidad angular resultante de la rueda de molino en interacción con el flujo de agua descargado tras la terminación del acueducto. Los resultados pueden ser apreciados en la Figura 4, para el caso particular del molino A, donde no se presentan escurrimientos por las diferentes aperturas de la estructura de soporte de la rueda del molino y el flujo de agua hacia los siguientes molinos (B y C) se estabiliza prácticamente de forma inmediata. La modelación fue llevada a cabo empleando los distintos módulos de simulación de propiedades físicas del software Blender™, tanto para inducir el movimiento de la rueda como para el establecimiento del flujo por los canales y la interacción con la rueda del molino.

Modelo de funcionamiento para haciendas mineras

Para lograr mejorar/incentivar la conservación a largo plazo de la Hacienda San Juan Bautista, diversas actividades y adecuación de espacios pueden ser desarrolladas, tales como el desarrollo de un centro de estudios de sistemas hidráulicos antiguos aún operativo que permita tanto el entendimiento de los procesos mineros antiguos como de la ingeniería hidráulica aplicada en beneficio de dichas actividades y el aprovechamiento de los adelantos en materia de ingeniería hidráulica del presente.

Así, mientras que el desarrollo de un centro de estudios aprovecharía la arquitectura e integraría el recinto a las actividades de la sociedad, mayores beneficios pueden ser obtenidos al considerar de forma simultánea el aprovechamiento de las condiciones con las que se benefició el sistema hidráulico antiguo. En este aspecto, se cuenta con una caída de agua de agua total de 30 m, por lo que de aprovecharse por medio de turbinas de generación eléctrica, y conforme a la Ecuación [5] (con P como la potencia, rho la densidad del agua, g la aceleración de la gravedad, Q el gasto y H la altura de caída de agua), se podría alcanzar una producción energética bruta máxima de 84.75 kW, considerando un gasto de agua de 0.288 m³/s el cual no estaría siendo contaminado o afectado en el proceso. El líquido extraído del cauce del río no sería contaminado en el proceso y sería devuelto al río del que se extrajo originalmente pero sin afectar los flujos sedimentarios del río (como suele ocurrir con las presas) y sin modificar sustancialmente el flujo hídrico ya que dicho flujo sería el mismo tras la incorporación de agua extraída del cauce del río.

$$P = \rho g Q H \quad [5]$$

La generación de 84.75 kW sería capaz de generar electricidad para encender 12108 focos led (con intensidad similar a la de focos incandescentes convencionales de 50W) ó 226 refrigeradores, por lo que la generación eléctrica tanto para consumo propio de la Hacienda como para su distribución en la comunidad cercana, lograría no solo parte de la autosostenibilidad de la Hacienda (conjunto con el nuevo uso asignado) sino que también permitiría la inserción de la misma en la comunidad y un aprecio social para su conservación al proveer de beneficios que van más allá de la sola supervivencia del monumento histórico. Más aún la integración de un sistema hidráulico moderno aprovechando características del sistema hidráulico antiguo permitiría un sincronismo del conocimiento hidráulico generado en distintas épocas. En caso de ser requerido, la Hacienda aun cuenta con espacios para la inserción de las turbinas poner en riesgo la integridad del monumento histórico.

Así, se ofrece una alternativa para la conservación de los sistemas hidráulicos de las haciendas mineras o de sistemas similares donde los volúmenes de agua, el aprovechamiento de ríos cercanos y la adecuación compatible de las tecnologías de aprovechamiento hidráulico (antiguas y modernas) puedan proveer beneficios tanto al monumento histórico mismo, como la integración de la sociedad en estos conocimientos y un aprecio a los mismos y a los recintos.

CONCLUSIONES

A pesar de ya no estar en funcionamiento, los sistemas hidráulicos de la Hacienda San Juan Bautista constituyen hoy en día un monumento histórico cuyos sistemas hidráulicos han destacado por su eficiencia, dimensión y complejidad para el desarrollo de tareas mineras durante más de dos siglos (s. XVI y XVII) y con una producción de plata importante para la Nueva España.

El valor de los sistemas hidráulicos se incrementa aún más por su integración a espacios de uso humano como lo es la Hacienda de San Juan Bautista, pero también lo hacen con su ambiente. La evaluación del funcionamiento hidráulico es por tanto una tarea multidisciplinaria que se asocia al desarrollo arquitectónico e identificación del contexto natural (i.e., topografía y cambios de régimen hídrico). El análisis integral del sistema hidráulico y de los espacios que lo contienen, son fundamentales para entender su funcionamiento y promover con ello planes de restauración y de conservación de estos monumentos históricos.

Por medio de un análisis básico de la hidráulica en los molinos, se determinaron las condiciones de flujo existentes para el funcionamiento general del sistema hidráulico de molinos. Más aún para evitar daños o modificaciones significativas al monumento histórico se discute la posibilidad de implementación de un sistema hidráulico moderno que aproveche la caída de agua de 30 m, tecnologías modernas y un emplazamiento en los terrenos que comprende la Hacienda. Los beneficios obtenidos radican en: i) una nula modificación del régimen sedimentario del cauce del río (como llega a suceder con los represamientos), ii) modificaciones locales y limitadas del flujo de agua en el cauce del río, pero especialmente sin la formación de embalses, iii) aprovechamiento de los desniveles del terreno (naturales o generados por el hombre para la construcción de espacios de la Hacienda), iv) beneficios sociales al tener una capacidad de generación energética de alrededor de 80kW para el pueblo circundante y para las instalaciones mismas de la Hacienda, v) permite la generación de un nuevo uso de las instalaciones como un centro para enseñanza de sistemas hidráulicos antiguos y modernos, y vi) una integración de la arquitectura y la restauración de monumentos con la ingeniería pero sobre todo con la sociedad y un aprecio hacia estos monumentos históricos, patrimonio de un país.

Posteriores estudios serán requeridos con el fin de detallar las propuestas de funcionamiento y para analizar la factibilidad del desarrollo de la restauración tanto del sistema hidráulico como del patrimonio arquitectónico. La aplicación de la modelación numérica provee un escenario de posible funcionamiento; sin embargo, más estudios son necesarios para detallar el funcionamiento hidráulico en conjunto con los mecanismos de trituración.

AGRADECIMIENTOS

Se da especial agradecimiento a Lic. Alejandra López Torres por su apoyo en el desarrollo de la modelación de los espacios de la Hacienda.

REFERENCIAS

- Monroy, B. A.** (2015). "Los hornos en el beneficio de los metales en la Nueva España, siglo XVI-XVIII". *Ed. Restauo Compas y Canto*, México.
- Kubler, G.** (1982). "Arquitectura Mexicana del siglo XVI". *Fondo de Cultura Económica*, México.
- Pérez, R. L.** (1996). "Minería y sociedad en Taxco durante el siglo XVII". *Universidad Iberoamericana*, México.
- Salinas Rodríguez, N.** (2005). "Arquitectura para la producción: el caso de la hacienda de beneficio mineral San Juan Bautista, en Taxco el Viejo, Guerrero". *Posgrado de la Facultad de Arquitectura UAEM*, México.
- Salinas Rodríguez, N.** (2012). "Arquitectura para la producción minera metalúrgica de la región de Taxco siglo XVI a XVIII". *Universidad Nacional Autónoma de México*, Tesis doctoral, México.
- Toussaint, M.** (1931). "Taxco. Su historia. Sus monumentos. Características actuales y posibilidades turísticas". *Cultura Hispánica*, México.