

Arqueología y construcciones mecánicas en Ecuador, simulación a través del software del molino hidráulico, Sarapullo, 2024**Archeology and mechanical constructions in Ecuador, simulation through hydraulic mill software, Scarpello, 2024**

Samaniego Noles Santos Manuel, Segura Núñez Germán Patricio, Mgs, Alcívar Mera Aldo Octavio, Mgs, Campaña Chiriboga Wilmer Fabián, Mgs, Jácome Salcedo Christian Marcelo Mgs

**INNOVACIÓN Y CONVERGENCIA:
IMPACTO MULTIDISCIPLINAR****Enero - Junio, V°6 - N°1; 2025**

- ✓ **Recibido:** 25 /01/2024
- ✓ **Aceptado:** 04/02/2025
- ✓ **Publicado:** 31/01/2025

PAIS

- Ecuador.
- Ecuador.
- Ecuador.
- Ecuador.
- Ecuador.

INSTITUCIÓN

Instituto Tecnológico Superior Tsáchila
Instituto Tecnológico Superior Tsáchila
Instituto Tecnológico Superior Tsáchila
Instituto Tecnológico Superior Tsáchila
Instituto Tecnológico Superior Tsáchila

CORREO:

- ✉ santossamaniego@tsachila.edu.ec
- ✉ germansegura@tsachila.edu.ec
- ✉ aldoalcivar@tsachila.edu.ec
- ✉ wilmercampana@tsachila.edu.ec
- ✉ christianjacome@tsachila.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-6737-4299>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-7219-0657>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0003-1017-5296>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0006-1895-3194>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0003-8518-3642>

FORMATO DE CITA APA.

Santos, S. Segura, G. Alcivar, A. Campaña, W. Jácome, C. (2025). *Arqueología y construcciones mecánicas en Ecuador, simulación a través del software del molino hidráulico, Sarapullo, 2024*. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1.). 753 – 781.

Resumen

El presente trabajo, tiene como objetivo presentar las construcciones mecánicas, un enfoque histórico a la arqueología en Ecuador, la simulación a través del software del molino hidráulico, Sarapullo, 2024, se realizó una exploración bibliográfica de temas relacionados a los molinos hidráulicos en América Latina y Europa, en base a esto se realizó un estudio dimensional y el complemento de piezas del molino hidráulico ubicado en Sarapullo, construido en época de la colonia, para aquello, la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila evidenció, que no existe información levantada al respecto y, que faltaban piezas que complementan la construcción del molino hidráulico construido en piedra tallada desde los canales colectores de agua hasta el sitio de la molienda, asimismo, que, por estar expuestos a la intemperie, algunas partes construidas en madera desaparecieron con el tiempo, el resto, aún se conserva junto al río Sarapullo en la parte baja de la cordillera, el método conlleva a una prospección arqueológica debido a la excursión realizada al lugar, también conlleva un carácter exploratorio. realizando así un enfoque mixto por la característica de las piezas y la parte dimensional las piedras alcanzan 120 cm, una como base y dos como ruedas que giran en un eje. En base al levantamiento dimensional, y a las medidas existentes, se procedió a dibujar y a ensamblar, se armó en el software, primero, las partes allí encontradas, se complementó el eje y la turbina que en su momento debió ser movida a través de un canal con potencial hídrico, el cual se construyó en piedra tallada. La discusión permite conocer el potencial de máquina utilizada en esa época y el aprovechamiento del recurso hídrico, se concluyó, que se puede construir este tipo de máquina más eficiente para usos similares con materiales modernos de mejor calidad como: el acero inoxidable, fibra de vidrio y resina poliéster

Palabras clave: rueda de piedra, molino hidráulico, dimensional, turbina, eje

Abstract:

The objective of this work is to present the mechanical constructions, a historical approach to archeology in Ecuador, the simulation through the software of the hydraulic mill, Sarapullo, 2024, a bibliographic exploration of topics related to hydraulic mills in Latin America and Europe, based on this, a dimensional study was carried out and the complement of parts of the hydraulic mill located in Sarapullo, built in colonial times, for that, the Higher Technology degree in Industrial Mechanics of the Tsáchila Higher Technological Institute showed that it did not have information collected in this regard and that pieces were missing that complement the construction of the hydraulic mill built in carved stone from the water collecting channels to the milling site, also that, due to being exposed to the elements, some parts built in wood They disappeared over time, the rest is still preserved next to the Sarapullo River in the lower part of the mountain range. The method involves archaeological prospecting due to the excursion made to the place, and it also has an exploratory nature. thus carrying out a mixed approach due to the characteristics of the pieces and the dimensional part, the stones reach 120 cm, one as a base and two as wheels that rotate on an axis. Based on the dimensional survey, and the existing measurements, we proceeded to draw and assemble, first, in the software, the parts found there, the shaft and the turbine that at the time had to be moved through a channel were complemented. with water potential, which was built in carved stone. The discussion allows us to know the potential of the machine used at that time and the use of water resources, it was concluded that this type of more efficient machine can be built for similar uses with modern materials of better quality such as: stainless steel, fiberglass and polyester resin

Keywords: stone wheel, hydraulic mill, dimensional, turbine, shaft

Introducción

En Ecuador, las edificaciones, espacios, caminos, etc., que constituyan referentes de identidad para los pueblos o que tengan valor histórico o arqueológico, por mandato constitucional, constituyen parte del patrimonio cultural tangible del Estado, las normas incluso determinan la responsabilidad gubernamental de salvaguardar los vestigios históricos, tales como los molinos hidráulicos.

Las referencias citadas en relación a los molinos hidráulicos son de real afinidad para argumentar la presencia de estas estructuras que todavía están presentes y funcionales para la molienda tanto de gramínea como de trituración de material en zonas de Europa y Sudamérica más que todo en el Callejón Interandino, la importancia de este estudio radica en potenciar a fondo el estudio de los sistemas mecánicos utilizados en la antigüedad, así como también, despertar el interés de la comunidad científica en el ámbito de la arqueología, a continuación, se presentan los trabajos de otros investigadores que fundamentan la existencia de los molinos hidráulicos en la actividad minera.

La presencia de vestigios que tienen que ver con molienda de gramínea es relevante para los investigadores que quieren dar a conocer al mundo las actividades a las que se dedicaban en zonas generadoras de los procesos de molienda que les permitían crecer en el ámbito regional, más que todo en España, el sector agrícola es el que demandaba de estas construcciones para la subsistencia y la sostenibilidad de la economía local.

A tenor de lo que hoy conocemos, los molinos hidráulicos no fueron una curiosidad de los ingenieros romanos, sino que se emplearon profusamente al menos desde el siglo I d.C.; no surgen como consecuencia de la desaparición de la esclavitud entre los siglos V y XI d.C., los había funcionando en Barbegal en plan industrial cuando el Imperio estaba en pleno vigor y auge con Trajano XLII; y no necesitaron ser traídos a Europa por los musulmanes ni esperar a la época

de las cruzadas, pues acaso los griegos del periodo helenístico primero, y romanos, bizantinos, merovingios o visigodos después los usaron. (Palomo Palomo & Fernández Uriel, 2007)

Uno de los elementos diferenciadores, frecuentemente utilizados a favor de una u otra actividad transformadora, son los molinos. La presencia de mola olearia o trapetum, los dos tipos de molinos de piedra destinados a los trabajos de molienda para triturar el hueso y la pulpa de la aceituna (con una tecnología semejante a los molinos de aceituna tradicionales), es una señal indiscutible de la producción de aceite (BRUN, 2004: 7). Al contrario, la ausencia de los mismos no significa obligatoriamente que se esté ante una instalación vitivinícola (Almeida & García, Ernesto Agustí García, 2007)

La singularidad del molino manchego queda más patente, si cabe, al compararlo con diferentes tipos de otras zonas de España. Las semejanzas encontradas son siempre parciales, no encontrando por tanto ejemplares en otras regiones que puedan hacer dudar del carácter único que tienen los que se encuentran en La Mancha.(Álvarez Fernández et al., 2021)

En el entorno del despoblado de San Felices perviven restos de lo que fue una importante red de molinos, abastecida por el río Cidacos. Un interesante tema de investigación según indican los restos arquitectónicos y toponímicos de la zona. Este grupo de molinos queda completado a través de la Documentación Medieval, en la que encontraremos un amplio repertorio de los molinos existentes en la ciudad de Calahorra (Rioja, 2002). Éstos se relacionan con labores agrícolas, fundamentalmente los dientes de hoz, lascas, núcleos y restos de talla, la mayoría fabricados en sílex, pero también hay pulimentados, como hachas y molederas. Relacionados con estas tareas de triturado de cereal están los molinos de tipo barquiforme, tallados en piedra arenisca (ostionera) y en basalto. En los niveles arqueológicos de la 4ª Fase se halló un fragmento de molino de tolva de basalto. Este tipo de molinos es conocido en Atenas desde el s. V a.C. (425-400 a.C.), y en Nysros, en el Egeo y en el pecio del Sec en Mallorca, se fechaban en el s. IV a.C. (Bueno Serrano, 2014).

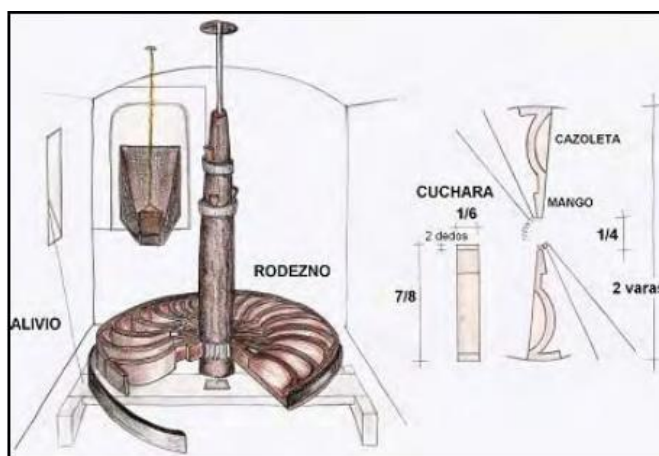
Tabla 1

Características del Molino del medio o de Soto

Bienes muebles Identificación	Medidas	Materiales	Contexto	Tipología/ Técnica
Piedra francesa	120 diámetro	cm Sílex y hierro (El nombre proviene de que el sílex de las primeras que se hicieron en la península, provenía de Francia)	Fuera de contexto, exterior del molino	Compuesta de corredera de solera con estrías y surcos en caras contrarias, con el fin de machacar el grano. La velocidad del grano era de unas 120 revoluciones por minuto

Nota El autor hace notas las características propias del molino donde muestra medidas, materiales tipología y técnica de construcción; fuente: (Fernández Zamora et al, 2000)

Para conocer estos molinos de regolfo, se debe comprender al menos los elementos que componían su estructura molinar para desempeñar su función, componentes que, sin lugar a dudas, iremos viendo en la Molina de Cabeza del Obispo. Estos molinos de regolfo se componen, a diferencia de las aceñas, de una rueda hidráulica horizontal, por ello son conocidos como molinos de rodezno o rodete como bien señala Nicolás García Tapia, ahora estamos ante una maquinaria que usa una rueda hidráulica horizontal teniendo, a diferencia de las aceñas, el eje en posición vertical (Rider, 2006). Del análisis de las múltiples infraestructuras presentes en este territorio, se deduce que se implantaron dos clases de molinos hidráulicos en el mismo, diferenciados en las tipologías siguientes dependiendo de la manera en la que era accionado su rodete: molinos de corriente (de rodezno o de rueda vertical) y molinos de cubo (Mentor, 2019)

Figura 1*Rodezno del Molino de San Agustín (Molino de en medio)***Fuente:** (Yolanda Dolores Terán Trillo, 2008)

El agua, elemento esencial en los molinos hidráulicos no proviene exclusivamente de estos cursos intermitentes, que provocarían largos períodos de inactividad estacional y rotura de molinos cuando se produjeran avenidas, sino más bien de manantiales y fuentes que permiten el uso, aunque moderado, de agua durante todo el año. Para su aprovechamiento, en estas áreas de aridez elevada y escasez de recursos hídricos, se aplica una tipología determinada: molino de rueda horizontal o rodezno, incluyendo el cubo en el sistema (Gómez Espín et al., 1995).

Molino implantado directamente sobre el cauce del agua. No existe ninguna estructura que dirija el agua hacia el molino, recibiendo éste el caudal de forma natural. Este es el caso más simple, naturalmente sólo existen molinos de este tipo en pequeños arroyos, como los de Gandul, Marchenilla (Alcalá de Guadaíra) (Sánchez Jiménez et al., 2010). El único dato que se conoce sobre esa torre, es un plato de Alcázar fechado en 1750 que se conserva en el Palacio Real de Madrid donde se le denomina específicamente “Torre del molino” y aparece representado con las mismas características que muestra en la actualidad. Nos encontrábamos, por lo tanto, ante

un molino construido a mediados del siglo XVIII, pero, del que desconocíamos sus sistema de funcionamiento, dependencias y producto objeto de molturación (Rodríguez, 2001).

De canal. Es el más primitivo. En ellos un canal (caz) se solía ensanchar a modo de embalse y desde su fondo unas tomas incidían en los rodeznos alojados en los cárcavos. En general, el desnivel (salto de agua) de estos molinos era muy pequeño, por lo que consumían mucha agua, con una muela de diámetro menor y, por tanto, con menor capacidad de molienda. En el rendimiento de los mismos influyen muchos factores, tales como el caudal y el ángulo de incidencia del agua, o el diseño de los álabes del rodezno. Este factor geométrico es clave, como muestran los dibujos de Ramelli (López García et al., 2012). Un comentario particular merece el caso de aquellos molinos o piezas de molino que han sido reutilizados, quizá una vez dañados, para funciones distintas al diseño original. Este es el caso de la pieza número 23, aparentemente utilizada como pie derecho. Se trata de una pieza pasiva (meta) encajada en el suelo de la habitación y cuya parte superior ha sido tallada (rebajada) para con ello crear una superficie horizontal donde reposar acaso una columna u otro objeto; además, en su centro aún se observa parte del orificio central destinado a acoger el eje del molino. (Quesada Sanz et al., 2014).

Art. 379.- Son parte del patrimonio cultural tangible e intangible relevante para la memoria e identidad de las personas y colectivos, y objeto de salvaguarda del Estado, entre otros: [...] 2. Las edificaciones, espacios y conjuntos urbanos, monumentos, sitios naturales, caminos, jardines y paisajes que constituyan referentes de identidad para los pueblos o que tengan valor histórico, artístico, arqueológico, etnográfico o paleontológico (Constitucion del Ecuador, 2020)

El funcionamiento de los molinos hidráulicos requería de una importante cantidad de personas para beneficiar los minerales. El ingenio contaba con una capilla con sus respectivas dependencias, viviendas tanto para los indígenas, los dueños como el maestro azoguero, depósitos para leña, sal y azogue, corrales para las acémilas, una cancha donde se almacenaba el mineral y existen vestigios de hornos utilizados para fundir plata. Así también en la superficie

se reconocen fragmentos de cerámica mayólica, recipientes de vidrio, botijas y artefactos de hierro. (Gómez, 2018).

En la actualidad Latacunga cuenta con un sector que es muy reconocido por los molinos artesanales en el Barrio San Felipe, es por eso que en las calles Simón Rodríguez e Iberoamericana se encuentra colocado el monumento al molinero en honor a todos los molineros del barrio. Las distintas harinas que se producen en el sector son comercializadas principalmente a Quito y Guayaquil. (Corrales & Farinango, 2009). Como vestigios de la cultura Jama al noroeste del Ecuador en la provincia de Manabí, se han encontrado restos de vasijas, joyas de oro y hornos metalúrgicos en donde se realizaron estos objetos. Es importante destacar que este desarrollo precolombino se produjo en toda Sudamérica y que en cada región había un procesamiento de minerales y metalurgia extractiva, como las culturas Inca, Aymara, etc. (Lozada, 2015).

Figura 2

Rueda de colocación vertical para molienda de material



Fuente: (Santos Manuel Samaniego Noles, et al, 2024)

Otro grupo de comunidades, más dispersas, ocupó los afluentes del Río Blanco, y pueden ser denominados colectivamente Yumbos meridionales. De ellos, la población más norteña fue Mindo. Yanbe, Nambe, Ianbe o Anbi, Topo o Tofo, y Tuza o Tuça se ubicaron en el sistema fluvial conformado por los ríos Tofo, Calapi, Juli, Yanbe y Coca (así designados por Pedro Vicente Maldonado). Más hacia la cordillera occidental se halló Cansacoto, Cançacoto, o Canzacoto (las ortografías Canchacoto, Canchacotto, y Cansacotog originan en el siglo XVIII). Alaqui, Alorqui, Alosqui, y Alurquin son variantes del nombre de la comunidad ancestral al moderno Aluriquín. Posiblemente Napa, y seguramente Sarapullo, Zarabullo, o Bilau Zarabullo, existieron hacia el Río Toachi en el extremo sur del país yumbo. (Salomon, 1997)

Figura 3

Tanques circulares construidos en piedra tallada



Fuente: Fotografía tomada en Sarapullo

Las ruedas talladas en piedra tal como lo muestra la figura 4, se colocaban sobre un arco construido con bloques de piedra tallada, luego, en esa época se armaron las ruedas de piedra giratorias, estas partes mecánicas fueron colocadas sobre el arco, por el orificio de la piedra, el

eje pasante fue ubicado desde el suelo, mismo que contenía la turbina, el arco tenía la capacidad de sostener el mecanismo por la parte superior.

Figura 4

Plato tallado en piedra con buje guía de ruedas



Fuente: Fotografía tomada en Sarapullo

Figura 5

Arco tallado en bloques de piedra con orificio para eje



Fuente: (Santos Manuel Samaniego Noles,

La figura 5 presenta los orificios tanto en el techo como en el piso, refleja verticalidad y coincidencias físicas para el montaje del eje que en el sistema de molienda, esta condición está enfocada al recurso hídrico, todo este complejo estaba ubicado en este sector estratégico de un río vital para el desarrollo de las actividades de molienda, el canal poseía una compuerta de apertura del potencial cinético del agua, con esta caída de agua a través de una compuerta se suministraba el caudal necesario para generar el movimiento de las ruedas por medio de la turbina en el asiento del eje por debajo del arco.

Figura 6

Canales para captación de agua con pendiente contruoidos en piedra tallada



Fuente: Fotografía tomada en Sarapullo

Se tomaron las medidas de los boquetes del techo del arco como del piso que son consideradas guías para el eje, al fondo se encontró un boquete que permitía el ingreso del caudal de agua después de abrir una compuerta en la parte superior del acueducto y por la parte interna hasta salir por el boquete, este con la fuerza permitía girar el eje de madera, la fuerza

cinética del agua se convertía en energía mecánica y permite el movimiento de las ruedas de piedra en la parte superior por encima del arco.

Tabla 2

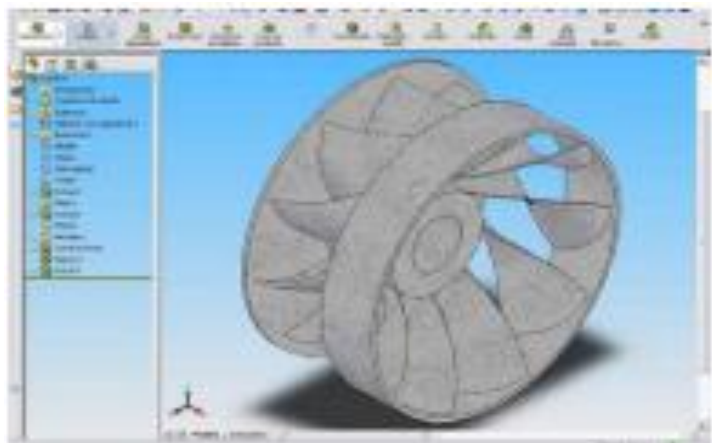
Estadística de la población Yumbo ubicada en el callejón Interandino, sector Sarapullo en épocas en la colonia

Llajta (reducción)	Tributarios	%	Personas	%
Gualla (Guailea)	357	20,4	1, 240	20,3
S. Juan Niguas	158	9	469	7,6
Llulluto	84	4,8	262	4,3
Alambi	95	5,4	337	5,7
Cachillacta	91	5,2	378	6,1
Carabullo	97	5,5	411	6,7
(Zarapullo)				
Napa	47	2,7	7,65	2,7
Alorqui	56	3,2	173	2,8
(Alluriquin)				
Canzacoto	36	2,1	156	2,5
(cansacoto)				
Topo, Mindo,	470	26,8	1,645	26,9
Tuza				
El ambo	55	3,1	192	3,1
Total	1750	100	6123	100

Fuente: Reeditado por (Santos Manuel Samaniego Noles, et al, 2024) y cita a (Salomon, 1997)

Figura 7

Aplicación de la herramienta del software para el diseño de la turbina



Fuente: (López García et al., 2012).

Métodos y Materiales

Los materiales utilizados se enfocaron en la aplicación del software para la transcripción de los dibujos obtenidos de las partes existentes del molino hidráulico, se asumió el dimensionamiento con cotas, de las partes faltantes que a su vez encajaron con el sistema del mecanismo. El método tiene similitudes con otras investigaciones de carácter arqueológico, como, por ejemplo: la prospección arqueológica, donde se realizó un muestreo y toma de datos dimensionales los objetos allí encontrados que reflejan la naturaleza de su construcción que en la actualidad allí se conservan, asimismo, simular a través del software los componentes hidráulicos existentes y el complemento de las piezas faltantes también detallada en el software

La investigación presenta un enfoque mixto, debido a que, al tratarse de restos arqueológicos contienen una característica única por la naturaleza de la construcción mecánica y sus componentes con diseños únicos, asimismo, contiene un alcance exploratorio debido al hallazgo como resto arqueológico, los procesos mecánicos son amplios y diversos, convino en primera instancia resaltar su naturaleza por las actividades relacionadas con la explotación de los recursos naturales.

Este artículo corresponde a un diseño no experimental, debido a que no se está comparando la funcionalidad con otros mecanismos similares, por otra parte, es importante recalcar que estos sistemas mecánicos ya no están en actividad.

Es importante aclarar que los aspectos técnicos citados en este apartado son de mucha importancia, debido a que en la actualidad se podría realizar réplicas de estas construcciones mecánicas a partir de materiales más resistentes como el acero. Los métodos y técnicas de la arqueología hidráulica se basan en una estrecha combinación de trabajos de campo (prospección arqueológica y reconstrucción de los sistemas hidráulicos) y la información documental y toponímica. Una serie de trabajos bajo la dirección de M. Barceló para zonas de

Zaragoza (S. Teixeira), Mallorca (H. Kirchner i M. Argemí), Castelló (S. Selma) y Albacete (C. Navarro) parten de un reconocimiento documental y toponímico de los asentamientos a los que se vinculan los perímetros irrigados que permite establecer el origen andalusí.(Kirchner & Navarro, 1989). El sistema hidráulico de Letur, de origen andalusí, se fundamenta en el aprovechamiento de dos importantes acuíferos conocidos como La fuente Mayor y la Fuente de la Mina que riegan dos perímetros separados la Huerta de Ricao y la Huerta de Andarazyn y que aparecen citados en las Visitas santiaguistas cuando pasan a ser cultivadas por los nuevos habitantes castellanos. Ambas fuentes cuentan con un canal regular y suficiente como para no ser necesaria la construcción de albercas que reservan agua. (Navarro, 1995).

El primer paso en todos los modelos simulados ha sido el ensamblaje de las piezas previamente compactadas. Después, al pasar a Cosmos Motion, como ya se ha comentado anteriormente, se han eliminado los pares creados de forma automática por el programa. El modo de operar ha sido lazo cinemático a lazo cinemático, esto es, mecanismo a mecanismo (Mecánico et al., 2014)

La información dimensional previa se realizó en Sarapullo Bajo ubicado en la vía Quito cordillera occidental a 1200 msnm, en el 2023 como parte del desarrollo de un proyecto Análisis de la Eficiencia Energética de los Sistemas Eléctricos y Mecánicos que estaba enfocado en realizar el estudio de los Sistemas mecánicos, un enfoque a la historia y a la arqueología en Ecuador en la reconstrucción y simulación a través del software del molino hidráulico, Sarapullo bajo, 2024, sin embargo, se desconocía que este sistema mecánico era funcional, debido a que estuvo abandonado por épocas desde la colonia, y al no existir actividad minera en ese sector, se encontró ruinas del molino hidráulico, que según se analizó en ese momento la inexistencia de partes faltantes, producto de la deformación ocurrida a través del tiempo.

En primer lugar, se conoció acerca de los mecanismos utilizados en el ámbito de la molienda y se sentó un precedente de que, de este tipo de máquinas dependió la dinámica económica local y que desde la colonia se llevó a cabo la actividad de molienda del campo, sin embargo, en la actualidad prima la necesidad de que, en base a estos mecanismos se pueda desarrollar máquinas más eficientes con materiales innovadores y tecnología de punta, porque sin dudar, existe un principio ya demostrado con la implementación de estas máquinas.

Se realizó el estudio de sus partes y se verificó la utilización de materiales pétreos entre otros como la madera, para estimular la conciencia del uso de energías limpias e incluso, con el uso de canales hidráulicos empleados en este sistema, en esa época resaltó el uso de las energías renovables como la hídrica, resaltó en aquella época la arquitectura y el tallado de piedra para el montaje del edificio que soportaba la estructura todo este proceso fue artesanal, en época de la colonia fue lo más avanzado que existía, sumado a esto el cuidado del medio ambiente que lejos de estar conscientes por el impacto el aprovechamiento de los ríos fue el recurso más adecuado y amigable.

Fue importante porque se recabó información al respecto, resultó difícil llegar hasta allí, debido al camino y la geografía, este apartado tuvo este fin, se conoció aspectos técnicos que se tomaron en esa época cuando se construyeron los molinos hidráulicos tomando en cuenta su principal recurso, el hídrico, que fue captado cientos de metros arriba del río para conseguir el objetivo de la molienda, este fue un hallazgo para el estudio científico las Instituciones de Educación Superior se basen a estos prototipos, se realicen maquetas y ensayos, por ejemplo, en algunas partes de Ecuador se puede tomar el cauce desde los ríos y a través de acueductos utilizar mecanismos y aprovechar la energía hidráulica, esta experiencia fue uno de los propósitos de pensar el por qué se realizó el estudio dimensional del molino hidráulico.

Se realizó en dos aspectos:

Primer aspecto, consistió en la interpretación del dibujo etapa primaria las partes y colocarle las cotas dimensionales de la construcción y las partes del mecanismo.

Segundo aspecto, consistió en tres pasos.

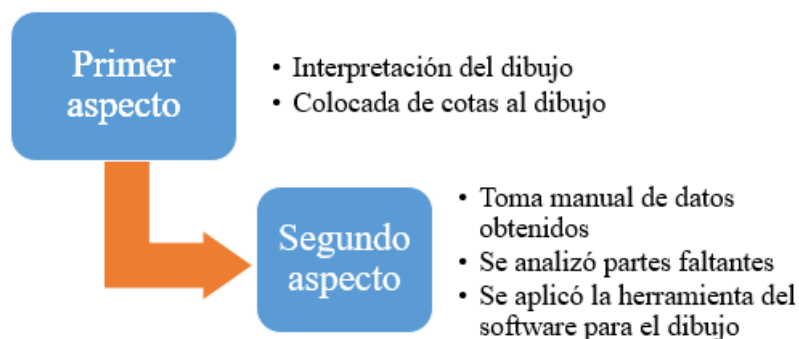
Se realizó la toma manual los datos obtenidos en el sitio a través de dispositivos de medición convencional. Se analizó las partes faltantes que comprometían el funcionamiento del sistema mecánico. Se utilizó la herramienta del software para hacer realidad el funcionamiento del sistema mecánico y realizar una simulación.

Análisis de los resultados

Esquema de la propuesta

Esta propuesta se realizó en dos aspectos que se describieron en este apartado y y tuvieron una repercusión en los resultados

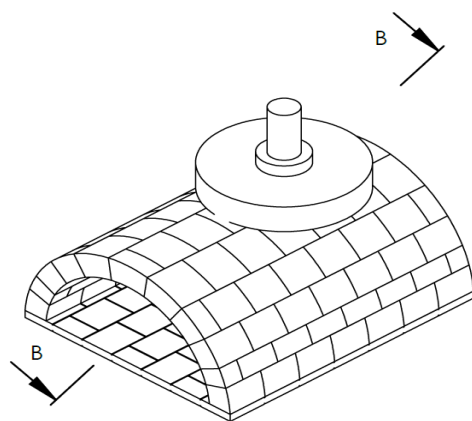
Figura 8
Proceso metodológico



Levantamiento dimensional, toma de datos y características del molino hidráulico

Los molinos hidráulicos se implementaron en Ecuador en épocas de la colonia y tuvieron su auge debido a que los reinados europeos que dominaron las jurisdicciones en América mestiza-colonial, centraron su atención en el metal precioso, el oro conseguido en el Reino de Quito a través de actividades artesanales, luego se llevó a la nobleza a Europa, las reservas que fueron quitadas a la fuerza a los principales caciques de esa época, no conformándose así, sino que continuaron con la actividad minera en los principales yacimientos ubicados en la cordillera del callejón interandino. Ecuador es un país rico en recursos naturales. en el callejón interandino los molinos hidráulicos se utilizaron para actividades de molienda, las ruedas de piedra tallada debían contener un tamaño y peso consistentes para dejar prácticamente molido todo el material que formaba parte del proceso. Otro aspecto importante dentro de esta actividad era que estas ruedas debían ser movidas por medio de fuerza hidráulica, para lo cual habían construido un canal de piedra tallada desde la captación en una ciénega cientos de metros arriba del río que pasa por ese sector.

Figura 1
Dibujo del edificio construido en forma de



Fuente: Arco soporte del molino hidráulico
(Santos Manuel Samaniego Noles, et al, 2024)

La figura 5 presenta un dibujo que es un edificio construido en piedra tallada en forma de arco, según el estudio dimensional este arco se construyó de un modelo de piedra tallada por fila, el dibujo presenta una estructura tal cual se encontró, un arco construido en bloques de piedra, cada fila de bloque posee una dimensión única, asimismo, el plato asentado sobre el arco, también fue construido y tallado en piedra, haciendo una excepción en el eje saliente, que es parte del dibujo que se asumió posteriormente y que se cree que fue construido con madera que debió existir en la zona de Sarapullo bajo.

Se encontró unos hornos en los alrededores de la edificación que se presume fue allí donde se realizaba la separación del material procesado, eran hornos hechos en el suelo, asimismo, armados con piedra tallada asegurando los contornos del armado, en las inmediaciones del molino se encontró tanques circulares y pasos de agua para entregar al canal que movía la turbina, según se analizó y que en el dibujo quedó plasmado el diseño de la turbina con álabes.

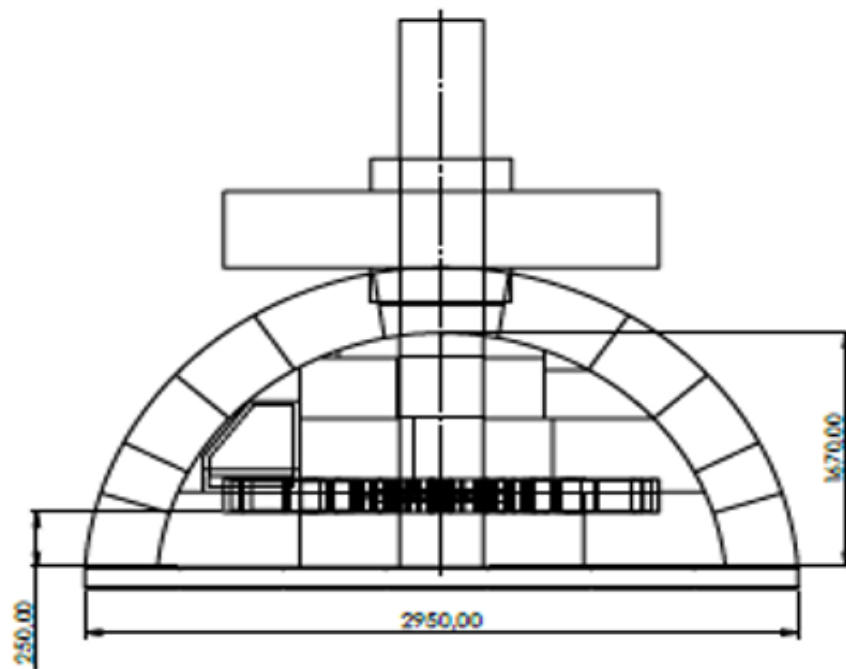
Hay aspectos que definen la forma en que se construyeron los molinos hidráulicos en el callejón interandino, fueron las ruedas talladas en piedra, dos ejes, uno vertical el más largo colocado desde el piso y que pasa por el arco, el otro eje es transversal que sostenían las ruedas por encima del arco, por debajo del arco, se encontraban la turbina construida en madera con álabes y el boquete por donde ingresaba el agua con fuerza.

Todas las partes móviles que generaban fricción, necesariamente debían contener algún tipo de grasa para evitar el desgaste producido por el movimiento y la fricción, se cree, que debió ser grasa animal o algún tipo de betún. El eje, la turbina y el eje-cruceta aspectos físicos, no constan en el levantamiento de la información, porque se asume que estas partes se construyeron en madera resistente conseguida en el sector en época de la colonia y que posiblemente se dio mantenimiento debido a la actividad, pero, por el paso del tiempo y la erosión se deformaron las piezas por estar a la intemperie.

La elaboración del dibujo mecánico del molino hidráulico se dio aplicando la herramienta del software donde se plasmaron el estudio dimensional tal cual se realizó en el sitio a través de la toma de datos y medidas.

Figura 10

Vista frontal de arco, consta cotas y partes, turbina eje vertical rueda-base

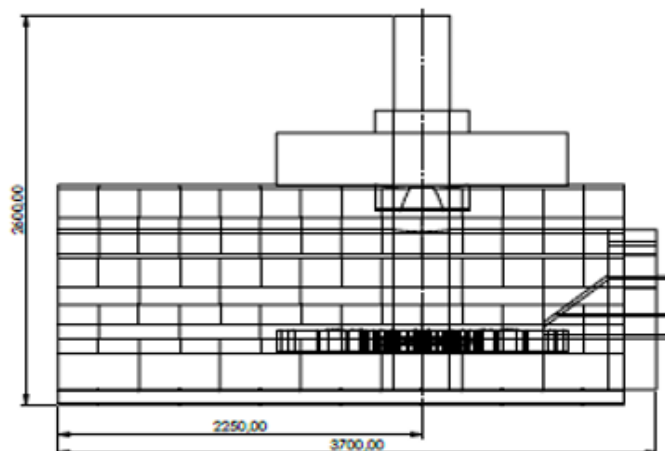


Fuente: (Santos Manuel Samaniego Noles, et al,

En la figura 9 se muestra como se realizó el montaje del eje en forma vertical saliendo del arco, y la turbina sujeta al eje, este elemento gira con la presencia de la fuerza del agua que impacta en los álabes, en el piso se sostiene el eje donde un cojinete permitía la estabilidad el cual servía como guía, el plato que está asentado sobre la armadura, es fijo, el arco soportaba todo el peso de los elementos que estaban por encima del arco, el plato asentado de forma fija, servía como pista donde rodaban las ruedas y se colocaba el material para tritararlo.

Figura 11

Vista lateral de la edificación construida en piedra tallada

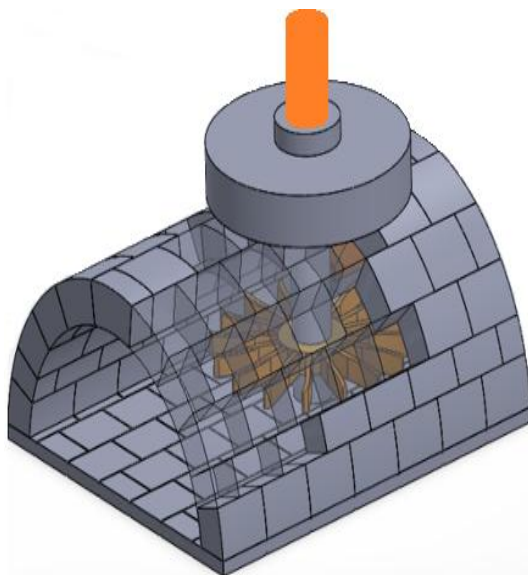


Fuente: (Santos Manuel Samaniego Noles, et al, 2024)

La figura 11 presenta de forma lateral el arco y los accesorios descritos en la figura 8, en la parte derecha se aprecia el ingreso del canal hidráulico, el cual permitirá llevar el caudal másivo para mover la turbina y que de esta manera accionar todo el molino.

Figura 2

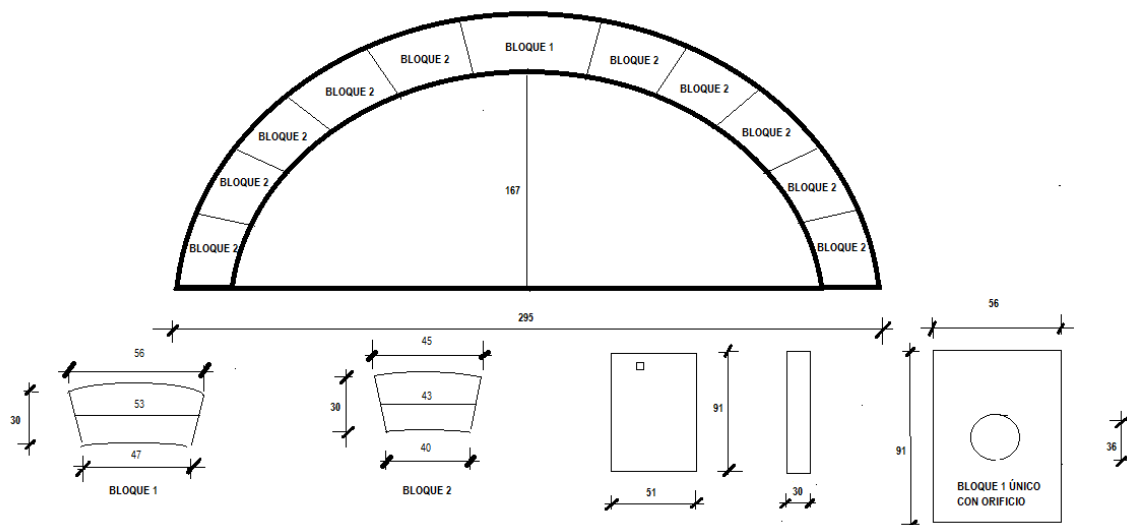
Corte en el simulador del molino con el eje



Fuente: (Santos Manuel Samaniego Noles, 2024)

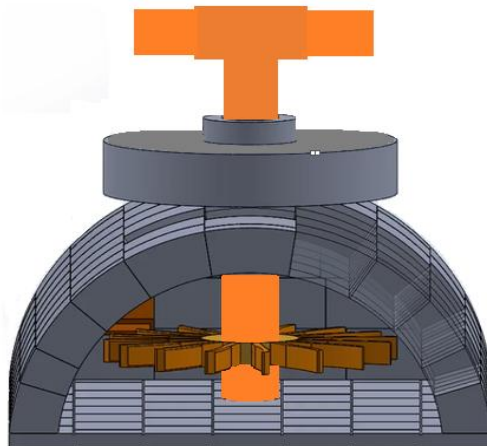
La figura 12 a través del efecto de sombra quedó plasmado el montaje del eje salido sobre el plato fijo de piedra, mismo, que se realizó el montaje de la cruceta donde se alojan las ruedas

Figura 13 Tipos de bloque y cotas para arco de molino hidráulico, registro de Sarapullo13 que giran sobre el plato fijo.



Fuente: De las dimensiones tomadas en Sarapullo

El dibujo del arco, es tal cual como se tomó los datos en Sarapullo, los bloques presentan una conicidad para acuñarse de afuera hacia adentro, estos bloques presentaban trabas a lo largo del arco, fila por fila, es impresionante la arquitectura y el tallado de la piedra, a este complejo debió declararse como patrimonio cultural debido a la riqueza arqueológica que presentan sus estructuras monumentales.

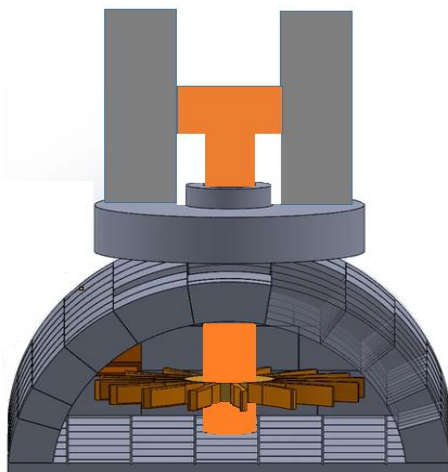
Figura 14*Montaje de eje transversal para sostén de ruedas***Fuente:** (Santos Manuel Samaniego Noles, et al, 2024)

La figura 15 muestra en el software el montaje de las ruedas de piedra colocadas sobre el plato fijo que sirve como pista donde giran las ruedas y que están ubicadas en los cojinetes al extremo del eje vertical, las trabas pasantes no permiten que las ruedas se salgan cuando giran sobre la pista, las piedras giran sobre el plato que está colocado de forma horizontal por encima del arco, este sirve de base, es decir, es una pista circular y área de molienda.

Se tuvo en cuenta, que el peso de las dos ruedas, descansan sobre el plato de piedra que está colocado de forma horizontal sobre el arco que fue construido con bloques de piedra tallada.

Figura 15

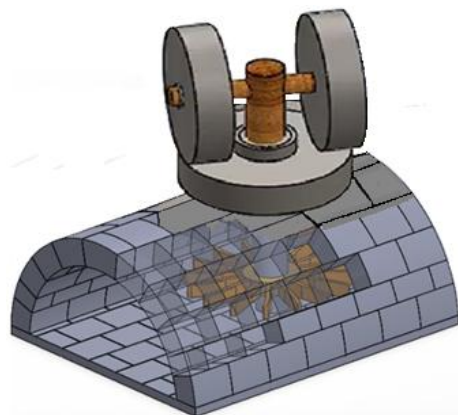
Rodillos de piedra sobre el plato fijo por encima del



Fuente: (Santos Manuel Samaniego Noles, et al, 2024)

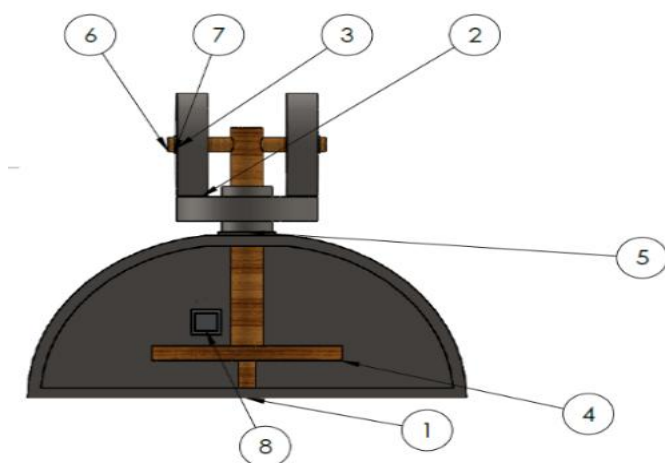
El diseño de la turbina fue lo que más resaltó, eso basado en investigaciones se colocó la parte dimensional de los elementos de la turbina y la forma de los álabes, según la arquitectura, los álabes fueron colocados en la base del eje, fue producto del criterio unificado en relación a la verticalidad del eje y del boquete por el ingreso de un acueducto, que era el potencial hidráulico que permitía el movimiento de las aspas y de esta manera romper el torque del eje que llevaba en la parte superior por encima del arco, las ruedas colocadas en paralelo y forma vertical para realizar la molienda.

Debido a que se encontró en el arco un orificio que cuadraba con una endidura cilíndrica en el piso, se dedujo, que el eje pudo estar provisto de aspas o álabes y que por la parte superior hacia el fondo en la pared del arco, presentaba un espacio para el ingreso de un acueducto.

Figura 16*Ruedas sobre la pista del plato fijo*

Fuente: (Santos Manuel Samaniego Noles, et al, 2024)

En la figura 16 se aprecia la disposición de las ruedas tritadoras tipo H construidas en piedra tallada, cuando funcionaban giraban sobre el plato horizontal ubicado por encima del arco, y se es accionaba por energía hidráulica donde se habría una compuerta para que pase el caudal de agua a la turbina y gire, esta estaba provista de álabes espaciadas entre sí, es así como la fuerza hidráulica rompía el torque de la turbina y giraba el molino.

Figura 17*Ubicación de puntos del molino hidráulico*

Fuente: (Santos Manuel Samaniego Noles, et al, 2024)

A continuación, en base a los ítems asignados para el diseño, se reedita la tabla que está producto del dibujo, donde se describió las partes que conforman en el sólido como elementos totales del dibujo.

Tabla 3

Descripción de los elementos del molino hidráulico

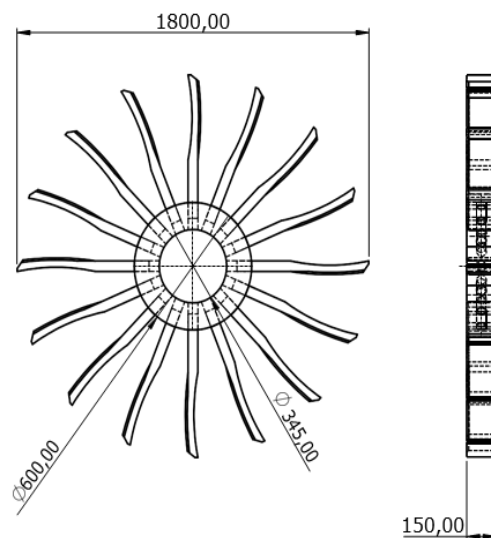
Nro de elemento	Tipo de pieza	Descripción	Cantidad
1	Suelo	Piedra compuesta	1
2	Buje 1	Piedra compuesta	1
3	Buje lateral	Piedra compuesta	2
4	Eje 1	Madera teca	1
5	Sub base	Piedra compuesta	1
6	Parte de eje	Madera teca	1
7	Seguro	Piedra compuesta	2
8	Cierre de puerta	Material de acero inoxidable	1

Fuente: Reeditado (Santos Manuel Samaniego Noles, et al, 2024)

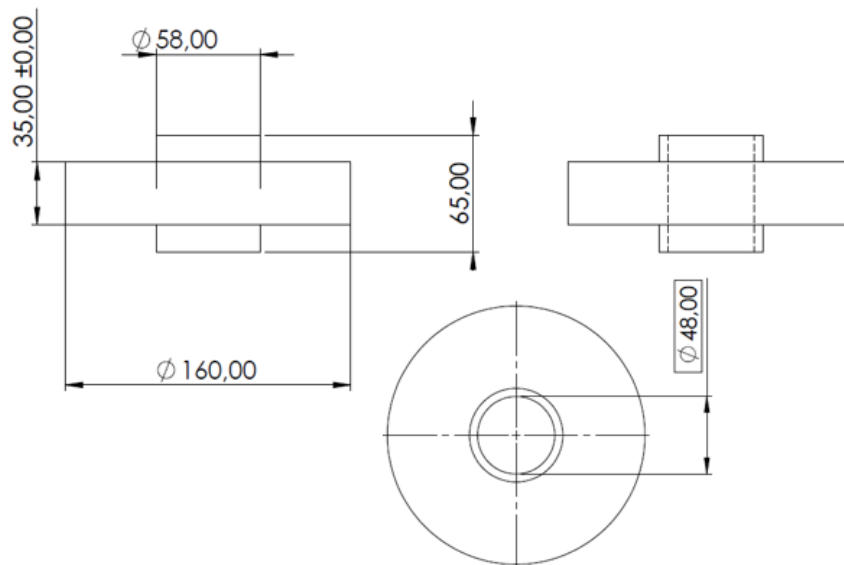
Aspectos dimensionales del molino hidráulico Sarapullo, 2024

Figura 18

Vista desde arriba de la turbina con los elementos componentes



Fuente: (Santos Manuel Samaniego Noles, et al, 2024)

Figura 3 Aspectos dimensionales de la piedra tipo plato con buje

Fuente: (Santos Manuel Samaniego Noles, et

Discusión

El estudio dimensional del molino hidráulico de Sarapullo bajo, tuvo dos aspectos contundentes, uno, que alcanzó la importancia de conocer acerca de máquinas y herramientas utilizadas en la antigüedad, siendo eficientes en su momento debido a la aplicación de la energía renovable como es la hidráulica, según la información que se realizó de sus partes en las que verificó la existencia de canales armados en piedra tallada que se tomó del río cientos de metros, hacia arriba, era captada desde un estanque construido en esa época, en la bibliografía se colocó referencias que enfoca a épocas de la colonia, que se utilizó proceso de molienda artesanal, en esa época se usó energías renovables que ha sido una clara muestra de mantener un ambiente sostenible en el tiempo, aunque en esa época no existía el desarrollo industrial.

Las partes completadas del molino del cual, no hay muestras de existencia, se realizó un ajuste dimensional para completar las partes, por ejemplo, el eje que va desde el piso hasta la terraza curva que construyeron en esa época con bloques en piedra tallada, asimismo, también

se complementó la turbina con 16 álabes ubicada en altura de 25 centímetros desde el nivel del piso, el espesor de turbina en dirección donde descarga el caudal masivo de agua también de 25 centímetros y la cruceta en el extremo superior del eje horizontal donde se colocan las ruedas talladas en piedra, cabe indicar, que estos componentes en su debido tiempo se construyeron con algún tipo de madera resistente al agua y a la fricción, las cuales, fueron torneadas y talladas dado que las ruedas giraban en eje y se presume que utilizaron grasa animal para reducir la fricción y el desgaste de los componentes mecánicos..

Conclusiones

Se realizó una recopilación bibliográfica en realidad afinidad con el tema por actores de relevancia investigativa, por tratarse de restos arqueológicos, de la parte europea, que es de donde procede los criterios para elevar las edificaciones estructurales se su similar de Sarapullo bajo. En el sitio, se realizaron toma de medidas de todos los componentes existentes tallados en piedra que es el objetivo de este estudio, más que todo, con la aplicación de la herramienta digital para el diseño de piezas aplicando el software, en estos aspectos se ha logrado complementar de manera acertada las piezas faltantes del molino hidráulico.

Los estudios realizados centraron las expectativas en mejorar en la actualidad los sistemas de molienda, por la existencia de materiales que podrían remplazar a los que se utilizaron en esa época por ejemplo, los ejes de madera por tubos de acero con célula 80, los álabes que contruidos en madera, se remplacen en acero inoxidable resistente a la fatiga mecánica, o sea, al impacto continuo del agua, las ruedas serían tipo cono se remplazaría de forma mixta, es decir, acero y concreto, la pista en la base del plato horizontal sería de forma inclinada uso 10° en forma de cono para que cuadre con las ruedas colocadas de forma horizontal. Asimismo, se mantendría el aporte de agua por acueducto tomada desde el sito a un nivel mayor para que llegue con fuerza el estado de quietud de la turbina del molino hidráulico.

Bibliografía bibliográfica

- Almeida, R. R. De, & García, Ernesto Agustí García, F. L. F. y F. S. H. (2007). *Val de la Viña. Un asentamiento agrario de época Imperial (S. I-II d. C.) en la Vega del Henares*.
- Álvarez Fernández, J., Sebastián Pérez, M. Á., & Sevilla Hurtado, L. (2021). Typological Analysis and Design Criteria of the Historical Windmills of La Mancha. *Proceedings from the International Congress on Project Management and Engineering, 2021-July(July)*, 615–628. <https://n9.cl/fxe21>
- Bueno Serrano, P. (2014). Un asentamiento del Bronce Final-Hierro I en el Cerro del Castillo, Chiclana (Cádiz). Nuevos datos para la interpretación de Gadeira. *Collezione Di Studi Fenici*, 46(January), 225–251. <https://n9.cl/4oj87>
- Constitucion del Ecuador. (2020). Constitucion del Ecuador (análisis) | Análisis de la Constitución de la República del Ecuador. *Iusrectusecart*, 449(449), 1–219. www.lexis.com.ec
- Corrales, D., & Farinango, J. (2009). *Documental sobre los molinos artesanales de Latacunga como símbolo de identidad cultural*. 118. <https://n9.cl/m8n6mk>
- Fernández Zamora, A., Ibáñez Torrero, M., & Cueto, M. D. (2000). Los molinos de rodezno de la Huerta de Pegalajar: inventario de inmuebles y sus bienes muebles. *Sumuntán*, 13(1), 97–112. https://www.cismamagina.es/app_sumuntan/pdf/13/13-97.pdf
- Gómez Espín, J., Rodríguez Pérez, M., Calero Sáez, M., Pérez Bolumar, M., Castillo Meseguer, M., & Palao García, M. (1995). Molinos hidráulicos en la cuenca de Fortuna-Abanilla (Murcia): los aprovechamientos de la red del río Chícamo y el manantial de Los Baños. *Papeles de Geografía*, 0(22), 33–51. <https://n9.cl/95uybl>
- Gómez, M. (2018). *Las piedras en la gastronomía arqueológicaLa cadena operativa de la qalaphurk'a*. <http://www.musef.org.bo/pdf/anales/RAE2018.pdf#page=103>
-

- Kirchner, H., & Navarro, C. (1989). *Kirchner, Navarro - 1989 - Objetivos , métodos y práctica de la Arqueología hidráulica*. <https://n9.cl/urxex>
- López García, R., Dorado Vicente, R., Vasco Olmo, J., & López Alba, E. (2012). Las herramientas de Ingeniería Asistida aplicadas a la Historia de las Máquinas y Mecanismos. Recuperación virtual de un Molino Hidráulico. *Anales de Ingeniería Mecánica*, 19, 1–8. <https://n9.cl/0l67f>
- Lozada, D. (2015). *La conminución en la minería pequeña y artesanal en Ecuador*. August 2015, 1–6. <https://www.researchgate.net/publication/292983759>
- Mecánico, D., Carlos, J., Guillén, B., Luis, J., & Herrero, O. (2014). *Virtual y simulación cinemática en solidwords de los modelos LEGO © TECHNIC : VLTM 8480-2 , VLTM 8436 , VLTM 8458-1 y*. <https://n9.cl/2w8yg>
- Mentor, K. P. (2019). *El agua a lo largo de la historia en la Región de Murcia* (Asociación). https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/91852/3/Castejon_Molinos-hidraulicos-de-cubo-Campo-de-Cartagena.pdf
- Navarro, C. (1995). El tamaño de los sistemas hidráulicos de origen andalusí: la documentación escrita y la arqueología hidráulica. In *Agricultura y Regadío en al-Andalus. II Coloquio Historia y Medio Físico* (pp. 177–189). <https://n9.cl/rf74t>
- Palomo Palomo, J., & Fernández Uriel, M. P. (2007). Los molinos hidráulicos en la Antigüedad. *Espacio Tiempo y Forma. Serie II, Historia Antigua*, 0(19), 2006–2007. <https://doi.org/10.5944/etfii.19.2006.4465>
- Quesada Sanz, F., Kavanagh de Prado, E., & Lanz Domínguez, M. (2014). Los molinos del yacimiento del Cerro de la Cruz (Almedinilla, Córdoba): clasificación y análisis de los
-

- ejemplares de época ibérica y emiral. *Spal Revista de Prehistoria y Arqueología de La Universidad de Sevilla*, 23, 83–118. <https://doi.org/10.12795/spal.2014.i23.05>
- Rider, J. L. (2006). *La Molina de Cabeza del Obispo*. 2002, 1–8. <https://n9.cl/cfqim>
- Rioja, A. (2002). *Nuevas Canteras De Piedras De Molino Y Trujal . Valle Del Cidacos .* 53, 1–3. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/285956.pdf>
- Rodríguez, R. G. (2001). *Molinos de aceite del siglo XVIII en Jeréz. Últimos testigos de una ciudad económica olvidada en nuestra ciudad*. (pp. 137–151). <https://n9.cl/8446q>
- Salomon, F. (1997). *Los Yumbos, Niguas Y Tsatchila O “Colorados” Durante La Colonia Española*.
- Sánchez Jiménez, F. J., Fernández de la Puente Sarriá, A., & Llorente Geniz, J. (2010). Estudio Histórico-Técnico De Los Molinos Hidráulicos De Alcalá De Guadaíra. Introducción. / *Jornadas Andaluzas de Patrimonio Industrial y de La Obra Pública*, 9. <https://n9.cl/wtpjg>
- Santos Manuel Samaniego Noles, R. V. E. M. (2024). *Historical memory , dimensional study and complement of parts of the hydraulic*. 9(2), 1967–2001. <https://n9.cl/qm5i3>
- Yolanda Dolores Terán Trillo. (2008). El castillo de la fama. Antiguo molino de trigo y fábrica de hilados y tejidos en Tlalpan, México DF, 1612-1936. *Director*, 1–133. <https://n9.cl/2dhrv5>
-