

# NOTAS HISTÓRICAS Y GEOGRÁFICAS

## **Artículos**

## INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA HIDRÁULICA EN LA COSTA NORTE DEL PERÚ DURANTE EL PERÍODO PREHISPÁNICO

### INTRODUCTION TO HYDRAULIC ENGINEERING IN THE NORTH COAST OF PERU DURING THE PRE-HISPANIC PERIOD

**Javier Erison Ruiz Romero**  
Universidad Nacional de Trujillo  
*ruizromerojavier758@gmail.com*

Recibido el 10 de febrero de 2019

Aceptado el 11 de abril de 2019

#### RESUMEN

#### ABSTRACT

El presente trabajo de investigación analiza los principales restos arqueológicos relacionados con la conducción de agua en la costa norte del Perú, para determinar el nivel de desarrollo de la tecnología hidráulica de los antiguos peruanos. Las principales evidencias arqueológicas comprenden canales y acueductos, los cuales provienen de las culturas mochicas y chimú. Concluyendo que estas sociedades utilizaba las mismas nociones de ingeniería hidráulica que se aplican en nuestros días, siguiendo un diseño geométrico determinado para sus canales, controlando las diferentes variables para la aceleración y desaceleración del agua (número de Froude), evitando asimismo su desborde o sedimentación.

The present investigation analyzes the main archaeological remains related to the water conduction in the north coast of Peru, to determine the level of development of the hydraulic technology of the ancient Peruvians. The main archaeological evidences include channels and aqueducts, which come from the Mochica and Chimu cultures. Concluding that these societies used the same notions of hydraulic engineering applied today, following a specific geometric design for their channels, controlling the different variables for the acceleration and deceleration of water (Froude number), also avoiding its overflow or sedimentation.

**PALABRAS CLAVE:** Canales de irrigación - Ingeniería hidráulica - Conducción de agua,- Acueductos.

**KEY WORDS:** Irrigation channels, Hydraulic engineer - Water conduction - Aqueducts

Para citar este artículo:

**Ruiz Romero, Javier Erison** "Introducción a la ingeniería hidráulica en la costa norte del Perú durante el período prehispánico.". *Revista Notas Históricas y Geográficas*, 22, enero - junio, 2019: pp. 137 - 157

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los temas más interesantes en arqueología es conocer el nivel de desarrollo tecnológico alcanzado las sociedades prehispánicas. Este conocimiento permitió al hombre andino obtener tierras fértiles para la agricultura, la cual era la base de su economía. Para conseguir robarle tierras al desierto, los pueblos de los Andes centrales desarrollaron importantes obras de irrigación como canales o acueductos. Estas construcciones fueron eficaces en la tarea que debieron cumplir, el de conducir el líquido vital a sus campos de cultivo venciendo una geografía desfavorable, retando al desierto de la costa norte del Perú. Se necesitó de conocimientos de ingeniería hidráulica para poder romper dichos obstáculos naturales. La aplicación de estos principios de ingeniería queda evidenciada en los diferentes, diseños, estructuras y materiales que utilizaron.

Fueron los pueblos mochicas y chimús, quienes dominaron magistralmente estos conocimientos de tecnología hidráulica, diseñando para ello canales con una forma geométrica específica, lo que permitió conducir adecuadamente el fluido de los canales, desde su nacimiento en las bocatomas, en la parte alta del valle, hasta los terrenos de cultivo en las zonas medias y bajas. En la actualidad se realizan canales abiertos con diseños trapezoidales para facilitar la conducción del agua, estos diseños también lo encontramos en los canales prehispánicos de la costa norte, como es el canal de La Cumbre o el de Moro en el departamento de La Libertad.

Tan importante fue la construcción de obras de irrigación, que las autoridades y/o dirigentes de estas construcciones, al parecer fueron reverenciados y adorados incluso décadas después de su muerte.

Una investigación muy interesante es realizada por Ramírez, quien al estudiar el siglo XVI en la costa norte del Perú nos habla lo siguiente sobre las comunidades campesinas:

*“Los nativos veneraban a sus antepasados, incluso los que estaban demasiado atrás como para ser recordados por su nombre, porque habían colonizado la tierra y supervisado la construcción gradual de la infraestructura de los canales de regadío (...) los antepasado habían hecho esto y heredado las tierras mejoradas a los*

*vivos. Por este y otros legados, ellos bien merecían cantos, alabanzas, ofrendas y sacrificios<sup>m</sup>*

Los logros hidráulicos fueron de gran importancia para la consolidación y sostenimiento de las sociedades pasadas, cuyos dirigentes fueron vistos como seres superiores y con autoridad por las grandes obras que realizaron. Buscaron mejorar cada vez más sus sistemas de riego no solo para sustentar y ampliar sus tierras agrícolas, sino también para ganar prestigio y reconocimiento de su pueblo, perdurando su recuerdo para siglos futuros.

## **2. MEDIO GEOGRÁFICO DE LA COSTA PERUANA**

El escenario geográfico donde se desarrollaron las sociedades en la costa norte, plantearon un verdadero reto para estos pueblos, el de dominar su difícil geografía, asegurando de este modo su supervivencia. Presentaremos a continuación las principales características de este territorio. La costa peruana, comprende desde el litoral hasta los 500 m.s.n.m. Está formada por cuatro ambientes naturales, el desierto costero, las lomas, los valles fluviales y los ecosistemas acuáticos. El desierto costero o desierto del Pacífico, tiene un promedio de 20 km de ancho, siendo cortado por ríos que nacen de la Cordillera Occidental de los Andes, formando importantes valles, en los cuales se asentaron los primeros grupos humanos. Estos ríos, en su curso superior forman valles angostos y en su curso medio e inferior valles abiertos<sup>2</sup>. Las pampas, ubicadas entre los valles, son llanuras conformadas por material aluvial, eso hace que su suelo presente potencial agrícola, lo único que falta para ser producidas es agua, lo que sí supieron aprovechar los antiguos peruanos con sus sistemas de irrigación. Estas pampas inicialmente fueron valles, lo que ocurre es que los ríos que circulaban por ellos se desviaron o extinguieron con el paso de los años.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Susan Ramírez. El mundo al revés, contactos y conflictos transculturales en el Perú en el siglo XVI (Lima: Fondo Editorial de la PUCP, 2002), 100.

<sup>2</sup> Antonio Brack. Ecología (Lima: Editorial el Comercio, 2004), 36.

<sup>3</sup> Walter Alva. Geografía general del Perú (Lima: Editorial San Marcos, 2005), 89-96.

### **3. LAS EVIDENCIAS MÁS ANTIGUAS DE LOS CANALES DE IRRIGACIÓN EN LOS ANDES**

Un punto importante de estudio, es conocer en qué momento el hombre pudo adquirir los conocimientos necesarios para manejar y controlar el agua de los ríos para su beneficio. Estas primeras obras de irrigación en el Perú y el mundo debieron ser a pequeña escala, trasladando el agua de los ríos hacia sus pequeños cultivos o aldeas, sustentando una agricultura insipiente. En el Perú, este proceso debió haber comenzado en el periodo que conocemos como Arcaico o Pre-cerámico con agricultura que va del 5000 al 1800 a.C.<sup>4</sup>

Actualmente contamos con las evidencias más antiguas para un canal prehispánico. Estos restos se ubican al sur-oeste del departamento de Cajamarca, en la provincia de San Miguel, próximas al río Nancho (norte del Perú). Estos canales se encuentran paralelos a la rivera izquierda del río Nancho, construidos en la pendiente natural del terreno, los cuales se extienden por casi 4 km entre 390 y 400 m.s.n.m. Las investigaciones fueron realizadas por Tom Dillehay<sup>5</sup>, quien identificó la antigüedad de tres canales por el método de carbono 14, demostrando que habían sido utilizados para irrigar las tierras cultivadas hace miles de años. El fechado más antiguo del canal de irrigación número 3 arrojó una antigüedad de 4,251- 4,047 años a. C. Este canal mide unos 70 cm. de ancho y 30 cm. de profundidad y fue cavado sobre una superficie de arena y limo. Sin embargo, un canal denominado número 4 (por debajo del canal 3), ha proporcionado una fecha sorprendente de 5,633 - 5,516 años a. C. Este cuarto canal tiene tan solo unos 50 cm de ancho y 20 cm de profundidad. Este canal cuenta con un solo fechado y de ser acertados dichos resultados, sería de la misma época que los construidos en Mesopotamia o Egipto, mostrándonos procesos civilizatorios contemporáneos<sup>6</sup>. Por su corte transversal, los canales tienen una forma de U, y sobre sus bases se colocaron una serie de guijarros, cuidadosamente seleccionados, sirviendo de refuerzo a los canales,

---

<sup>4</sup> Guillermo Lumbreras. *Arqueología de la América Andina* (Lima: Editorial Milla Batres, 1981), 71.

<sup>5</sup> Dillehay, Thon; Elling, H. y J. Rossen. "Pre-ceramic Irrigation Canals in the Peruvian Andes". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Noviembre 2005, 17241-17244.

<sup>6</sup> Elmo León Canales. *Orígenes humanos en los Andes del Perú* (Lima: Universidad Nacional San Martín de Porres, 2007), 89.

para evitar la erosión de los mismos. El grupo también halló evidencia de que se había cultivado algodón, granos, calabazas e instrumentos cerca de los yacimientos. En general todo esto demuestra que el poblador andino siempre buscó vivir y desarrollarse en su entorno, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles. La antigüedad de estos primeros canales de irrigación, nos enseña que el hombre andino tenía muchos siglos experimentando y aprendiendo en este proceso de desarrollo hidráulico para crear áreas agrícolas, siendo así no debe sorprendernos que a partir de los primeros siglos de nuestra era, se logren un aumento en el uso de canales de irrigación por las altas culturas del norte del Perú.

#### **4. PRINCIPALES CANALES DE IRRIGACIÓN EN LA COSTA NORTE DEL PERÚ**

Al llegar el periodo conocido como Intermedio Temprano (200 a.C-800 d.C) surgieron importantes civilizaciones en la costa norte y centro del Perú, las cuales evidencian un desarrollo urbano del tipo teocrático. Estas sociedades tienen un patrón de asentamiento más amplio que en las épocas anteriores, ya que muestran un mayor grado del manejo agrícola, tanto en las zonas medias y bajas del valle, gracias al desarrollo de grandes canales de irrigación en ambas márgenes<sup>7</sup>. Una de estas sociedades complejas, que pudieron optimizar al máximo los recursos naturales como el factor hídrico, fue la civilización Mochica (200-800 d.C), esta cultura desarrolló importantes proyectos de irrigación destinados a ampliar su frontera agrícola, sustentando a una creciente población.

Los canales más importantes que se encontraban bajo el territorio mochica desde Piura hasta Huarmey son: Tambo Real, Raca Rumi, El Taymi, Pampa Grande y Sipán en el valle de Lambayeque; Cumbenique y Zaña, en el valle de Zaña; Chepén, San Pedro y Talambo, en el valle de Jequetepeque; San José y Facalá, en el valle Chicama; la Mochica y Vichanzao, en el valle de Moche; Santa Elena y el Carmelo en el valle de Virú; Tambo Real, en el valle del Santa. Debemos recordar que muchos de los canales mochicas serían reutilizados o ampliados por la civilización Chimú.

---

<sup>7</sup> José Canziani. Ciudad y territorio en los Andes (Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009), 179-182.

A continuación, describiremos brevemente algunos de los canales prehispánicos más importantes en la costa norte del Perú.

#### **4.1. Los canales de Taymi y Raca Rumi**

El canal de Taymi transporta agua desde el río Chancay hacia las pampas de Túcume (río la Leche) y Ferreñafe. Este antiguo canal habría sido realizado por los mochicas y ampliado posteriormente por los lambayeques. Posee una extensión aproximada de 50 km de longitud, y gran tramo de este canal se encuentra abandonado y en desuso en la actualidad. Hoy en día, solo se emplea un sector del canal, alrededor de 2 km, en este sector el canal tiene un ancho aproximado de 8 m y una profundidad alrededor de 3 m. El tramo que se encuentra habilitado, abarca desde la Puntilla hasta Desaguadero y se puede observar la forma trapezoidal del canal<sup>8</sup>. Los canales intervalles Raca Rumi I y Raca Rumi II, con 60 km de longitud en promedio cada uno, derivaban las agua de los ríos Chancay o Lambayeque para irrigar tierras del valle La Leche o Jayanca<sup>9</sup>.

#### **4.2. El canal de Talambo**

El antiguo canal de Talambo sacaba agua de la toma que ahora es Gallito Ciego, regando las pampas de La Calera y Talambo, margen derecha del río Jequetepeque, cruza el pequeño río Chamán y luego se dirige hacia las pampas de Las Sandías, Cerro Colorado y Chérrepe. Este canal termina a 4 km del río Zaña, haciendo un recorrido promedio de 60 km<sup>10</sup>.

#### **4.3. El canal de La Cumbre**

Otra obra importante es el canal de La Cumbre, que se alimentaba de las aguas del río Chicama. Este canal muestra diques sucesivos hasta de 15 metros de profundidad. Sus bordes fueron construidos mediante el tachonado de miles de piedras menudas. Se extiende a lo largo de 113 km, cuya bocatoma se encuentra frente al pueblo de Sausal (260 m.s.n.m). Distribuye el agua por las partes altas de la margen izquierda del valle Chicama, luego se dirige a Pampas Lescano, corre hacia

---

<sup>8</sup> Juan Bracamonte. "El canal de Taymi y terrazas de cultivo en el cerro Chumillan". (tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo. Perú, 2008), 44-45.

<sup>9</sup> Jaime Deza. El agua de los incas (Lima: Universidad Alas Peruanas, 2010), 104.

<sup>10</sup> Jaime Deza, op. cit., 106.

los cerros de La Cumbre y Campana. Cerca de Chan Chan, abre un canal secundario hacia las pampas de Río Seco y La Esperanza. El principal, bordea Cerro Cabras, uniéndose con el canal Vichanza que viene del río Moche<sup>11</sup>.

La Cumbre, junto con Taymi, Raca Rumi I y II, son considerados canales intervalles, grandes obras hidráulicas que tenían por finalidad el traslado de aguas de un valle a otro. En la costa norte, los canales intervalles más destacados fueron realizados por los lambayeques y chimús, los cuales estuvieron en actividad hasta la llegada de los conquistadores españoles.

#### **4.4. Canal La Mochica**

Se trata de un canal principal<sup>12</sup>, cuya construcción debió ser iniciada por la sociedad Cupisnique durante el Periodo Inicial (1600-1000 a.C.). En su primer tramo el canal permitía la irrigación de los sectores de Caballo Muerto y huaca Sacachique. Durante la época Mochica, el canal fue ampliado hasta pampas La Esperanza, alcanzando una longitud de 31 km hasta el cauce del río Seco próximo al cerro La Virgen y pampa La Cruz de Huanchaco<sup>13</sup>.

#### **4.5. Canal Moro**

El Moro tiene una longitud total de 12,77 km, posee una sección trapezoidal e irriga la zona noroeste de Laredo (Trujillo). Actualmente el canal tiene algunos tramos revestidos con concreto y otros tramos revestidos con mampostería, quedando algunos sectores sin revestimiento, como probablemente funciono en la época mochica. La sección más temprana del Moro sirvió inicialmente para cultivar las tierras al norte del canal La Mochica, extendiéndose hasta el actual límite ente los distritos de El Porvenir y Laredo<sup>14</sup>.

---

<sup>11</sup> Lisbeth Pimentel. "Estudio de la infraestructura hidráulica de las culturas moche y chimú" (tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería. Perú, 2012), 109-112.

<sup>12</sup> Los canales por su función se clasifican en: canal de primer orden, llamado también canal principal, normalmente es usado por un solo lado ya que por el otro lado da con terrenos altos (cerros). Canal de segundo orden o laterales, son aquellos que salen del canal principal. Canal de tercer orden o sub-laterales, nacen de los canales laterales, el gasto que ingresa a ellos es repartido hacia las parcelas individuales.

<sup>13</sup> Jorge Gamboa y Nesbitt Jason. "La ocupación moche en la margen norte del valle bajo de Moche, costa norte". *Arqueología y Sociedad*. 2012, 118.

<sup>14</sup> Jorge Gamboa y Nesbitt Jason. op. cit., 118.

#### **4.6. Canal Vichanzao**

El canal Vichanzao data posiblemente entre los años 400 y 500 d.C. Alcanza una longitud de 30 km desde su nacimiento, en la bocatoma ubicada en el río Moche, hasta las planicies de El Porvenir y Florencia de Mora, pasando por el lado noreste de Pampas La Esperanza y la margen sur de la quebrada de río Seco. La construcción del canal Vichanzao parece haber sido producto de una serie de elevaciones progresivas del curso de canales más antiguos.

### **5. CONOCIMIENTOS PREVIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CANALES DE IRRIGACIÓN**

Antes de realizar cualquier obra de irrigación, las sociedades prehispánicas debieron conocer todos los aspectos previos para la realización de los canales, acueductos, embalses, etc. Para la construcción de canales debemos determinar cuál es el volumen necesario de agua a transportar. El nivel de agua debe ser el adecuado para tener un equilibrio en el transporte y evitar los desbordes o caso contrario, impedir que el agua no llegue en cantidades mínimas a los puntos de distribución por efecto de las filtraciones u otros.

Es muy importante que se tenga en cuenta las variaciones en las pendientes a lo largo del recorrido del canal, debemos recordar que una excesiva pendiente, aumenta la velocidad del agua y erosionaría el fondo del canal, mientras que la poca pendiente, disminuye la velocidad del agua y se acumulan rocas y tierra en el fondo. Especialmente para la construcción de canales principales (madres) y secundarios se debía tener en cuenta este factor, conocer cuáles eran las zonas que más se adaptaban al recorrido, y que posibles desniveles en el terreno, requerirían la construcción de obras complementarias para el traspase del agua como son los acueductos o terraplenes. Conociendo las características del terreno, como los tipos de suelo, si son terrenos llanos o de ladera, se podrá determinar las posibles filtraciones de agua o cómo puede afectar el terreno o naturaleza del suelo en la aceleración o desaceleración de fluido. Otro de los elementos necesarios es conocer

el clima de la zona, saber cuáles son las épocas de lluvia, sequía, la dirección de los vientos dominantes y si estos acarrear arena que pueda acumularse alrededor de los canales produciendo su arenamiento. Se debe evitar en lo posible que los canales, especialmente los principales se construyan por zonas inundables y por antiguas escorrentías o quebradas que al activarse destruirían el canal.

Se debe considerar la mano de obra necesaria para la construcción y mantenimiento de los canales. Ante todo trabajo de esta magnitud se debe planificar si se cuenta con la fuerza de trabajo requerida para cumplir con el proyecto en el tiempo establecido y la cantidad de recursos alimenticios para sustentar a los trabajadores. Respecto al mantenimiento del canal, este no es un hecho menor, de no hacerse en forma adecuada, se puede alterar la forma y la pendiente del canal, afectando el flujo de agua. Se necesitaba eliminar, piedras, raíces, troncos, arbustos y malezas ya que aumentan las filtraciones en el canal.

## **6. ASPECTOS TÉCNICOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CANALES:**

El poblador prehispánico aprendió a usar la topografía del terreno en la elaboración de sus canales, siguiendo ingeniosamente las curvas de nivel de las diferentes elevaciones, permitiendo una inclinación pequeña y constante en el canal para conducir al agua hacia las zonas más bajas. Recordemos que el punto de captación de agua se encontraba en el cuello del valle. Entre más alto se encuentre el punto de captación (bocatoma), mayor era la zona de tierras en pendiente que podían ser regadas. De este punto de captación se aprovechaba las curvas de nivel de los cerros y las pendientes, hasta llegar a los territorios más bajos y llanos, donde podrían existir canales secundarios que a su vez deriven las aguas a las acequias o surcos de los campos agrícolas en la parte baja del valle.

### **6.1. Geometría del canal**

Así como lo hicieron pueblos de otros continentes, el hombre andino logró desarrollar diseños geométricos determinados para sus canales, estos diseños

buscaron adaptarse al terreno y a su vez cumplían una determinada función. Tanto Chow<sup>15</sup> como Materón<sup>16</sup> clasifican los canales según su diseño de sección en: trapezoidales, rectangulares, triangulares y parabólicos. El tipo de canal más empleado por el hombre prehispánico fue el de sección trapezoidal (Fig.4). Es importante no confundir un canal artificial con uno natural. La sección transversal de un canal natural (quebradas, ríos pequeños y grandes, arroyos, etc.) es generalmente de forma muy irregular y varía de un tramo a otro, mientras que el artificial tiene una sección transversal relativamente continua y uniforme.

Las formas geométricas en los canales fueron desarrolladas por los hombres del Perú antiguo y no eran hechas al azar, sino que respondían a una adecuada planificación y función determinada, su forma trapezoidal asegura su estabilidad. Al tener un canal una sección trapezoidal, esta puede ampliarse o reducirse a lo largo de tramo del canal, facilitando y controlando la velocidad del fluido, es decir el caudal de agua. Damiani<sup>17</sup> realizó una investigación sobre los cortes de sección de los canales prehispánicos en el norte de Argentina, identificando los diseños explicados anteriormente demostrando que sí existió un manejo adecuado de ingeniería en los canales, ya que estos eran elaborados con diseños diferentes según la necesidad y terreno por donde deberían transcurrir (Fig.4). En el norte del Perú, alguno de los canales que siguen este diseño trapezoidal son el de Taymi, La Cumbre, y el de Moro.

## 6.2. Velocidad en los canales y su medio de control

Uno de los grandes desafíos en el desarrollo de los canales de irrigación fue controlar adecuadamente el flujo de agua que corre por ellos. La velocidad de flujo de agua no debe ser ni muy lenta ni muy rápida. Si el flujo de agua es demasiado lento, los canales se sedimentarían rápidamente y simplemente no servirían. De ser más veloz de lo necesario el agua ocasionaría la erosión del canal o su desborde en las curvas o en los cambios de pendiente. Es sabido que la pendiente de un canal

---

<sup>15</sup> Ven Te Chow. Hidráulica de los canales abiertos (México: Mc Graw-Hill, 1994), 19-28

<sup>16</sup> Hernán Materón. Obras hidráulicas rurales (Santiago de Cali: Editorial Universidad del Valle, 1997), 205-210

<sup>17</sup> Oscar Damiani. Sistemas de riego prehispánico en el valle de Iglesia, San Juan, Argentina. Multequina. 2002, 01-38.

debe tener un rango de 1 a 7 x 1000, es decir, de uno a siete metros de desnivel o bajada por un kilómetro de longitud. Este desnivel permite que la velocidad también se mantenga en un rango aproximado de 0,3 a 3 metros por segundo ( $0,3 \text{ m/s} < V < 3 \text{ m/s}$ ). La velocidad no puede ser menor de 0,3 m/s porque ocasionaría sedimentación y colmatación en los canales, y tampoco puede ser mayor a 3 m/s porque ocasionaría erosión en la base del canal<sup>18</sup>. Sabemos de canales prehispánicos que se encuentran activos en la actualidad, los cuales son una muestra que efectivamente el hombre andino, sí conoció y controló estos factores para el funcionamiento de sus obras hidráulicas. Otra forma de manejar la velocidad del fluido y por ende la erosión del canal y evitar su desborde, fue la realización de distintas variaciones en el segmento del canal. Así lo demuestra la investigación realizada por Ortloff, Moseley y Feldman en el canal de La Cumbre<sup>19</sup>. Las altas velocidades fueron controladas, construyendo segmentos del canal con variaciones en la geometría de la sección transversal. Para este canal, se amplió en algunos tramos su ancho con el propósito de disminuir la velocidad y disipar energía por efectos de cambio de sección hidráulica (Fig.5). Otras opciones para controlar las velocidades, fue hacer terrazas o rellenos para mantener uniforme la pendiente del canal.

### 6.3. **Aceleración y desaceleración de los fluidos, la aplicación del Número de Froude**

Otro aspecto muy interesante que demuestra los conocimientos en tecnología hidráulica por los antiguos peruanos, fue utilizar los principios de la fuerza de gravedad para regular los fluidos de los canales. El hombre andino se dio cuenta que si el flujo de un canal entraba en un canal más ancho podía desacelerar la velocidad de flujo, es decir combinado intersecciones entre los canales, controlaba la velocidad del flujo y por lo tanto disminuiría las posibilidades de erosión. Cuando un canal con flujo subcrítico<sup>20</sup> ( $F < 1$ ) entra en un canal más ancho, se expande y desacelera. Un

---

<sup>18</sup> Jaime Deza. op. cit., 87.

<sup>19</sup> Ortloff, C.; Moseley, M. y R. Feldman. "Hydraulic Engineering Aspects of The Chimú Chicama-Moche Inter-valley Canals". *American Antiquity*. 1982, 512-595.

<sup>20</sup> El flujo subcrítico o tranquilo, tiene una velocidad relativa baja y la profundidad es relativamente grande. Corresponde a un régimen de llanura.

canal supercrítico<sup>21</sup> ( $F > 1$ ), en cambio, acelera su velocidad cuando el fondo del canal aumenta bruscamente en pendiente negativa, y el tirante o profundidad disminuye. En otras palabras, esta técnica de acelerar o frenar el flujo, se explica con la fórmula de Froude<sup>22</sup>, que fue conocida y muy bien empleada por los constructores andinos. Estas técnicas se emplearon para evitar la erosión, y cuando era difícil modificar las pendientes debido a la dureza del terreno<sup>23</sup>. Vemos que existe todo un conjunto de técnicas y principios de ingeniería hidráulica que fueron aplicados magistralmente por los antiguos habitantes de la costa norte del Perú, por supuesto para llegar a tal nivel de conocimiento, se tuvo que pasar por un largo proceso de ensayo y error a lo largo de varios siglos.

## 7. OTRAS FORMAS EN LA CONDUCCIÓN DE AGUA, LOS ACUEDUCTOS

Junto a los canales, se necesitaron de otras obras hidráulicas complementarias que aseguraran la conducción del agua hacia su destino final. Nos referimos a los acueductos, dichas estructuras, conformadas por terraplenes, se encuentran principalmente en los cruces de quebradas o en zonas donde no se podía mantener la pendiente del canal<sup>24</sup>. En la costa norte encontramos muchos acueductos, entre los más importantes tenemos al de Ascope y Licapa en el Valle Chicama; el de Mampuesto en el valle de Santa Catalina; y el de Tambo Real, en el valle de Santa.

El acueducto de Ascope se encuentra al norte del valle medio de Chicama, en el distrito de Ascope, departamento de La Libertad, ubicado entre los cerros San Bartolo y el cerro Alto de la Pichona, extendiéndose por 1400 m (Fig. 3). En su construcción fueron empleados 785 000 metros cúbicos de material. Este acueducto forma parte de un canal de irrigación prehispánico llamado San Antonio, el cual capta las aguas de la margen derecha del río Chicama, siendo construido para irrigar las tierras que forman parte de San José Alto, Bajo y Paiján. La construcción

---

<sup>21</sup> El flujo supercrítico o rápido, tiene una velocidad relativamente alta y poca profundidad. Es propio de cauces de gran pendiente.

<sup>22</sup> El mecanismo principal que sostiene flujo en un canal abierto es la fuerza de gravitación. El parámetro que representa este efecto gravitacional es el Número de Froude.

<sup>23</sup> Jaime Deza. op. cit., 90.

<sup>24</sup> Lisbeth Pimentel. . op. cit., 59.

del acueducto de Ascope fue una solución adoptada posiblemente por los chimús, para el tramo del canal San Antonio que no podía ser construido por la ladera que tenía un talud inestable.

La zona central del terraplén (acueducto) está construida con dos tipos de suelo arcillosos (Fig. 6), colocados en capas horizontales de 15 cm de espesor aproximadamente, estas capas de arcilla forman estructuralmente el cuerpo del terraplén sobre el que se colocan las paredes laterales del canal, este material por ser de baja permeabilidad ha permitido que el terraplén no tenga filtraciones de agua cuando estaba en uso.

Otro acueducto, menos conocido, pero igualmente interesante por su diseño, es el que se encuentra en el complejo arqueológico la Carbonera Quirihua II (Laredo-Trujillo), asociada a la cultura Chimú. Llama la atención la presencia de un orificio de forma trapezoidal, en la parte inferior de acueducto (Fig. 07), el cual respondió a una tarea determinada, esta podría ser la de tener una función de drenaje. Las aguas de la quebrada se precipitarían hacia la construcción, y esta para no colapsar o inundarse contaría con este tipo de “alcantarilla” que evitaba la acumulación de agua, facilitando el escape de esta y manteniendo estable el acueducto. Esto demuestra una vez más el ingenio del poblador andino que con diseños prácticos y acaso sencillos, pudo superar en lo posible las adversidades que le presentaba su medio geográfico.

## 8. CONCLUSIONES

Los principales restos arqueológicos, relacionados con la conducción de agua como canales y acueductos, muestran diseños y principios de ingeniería hidráulica que permitió la realización y buen funcionamiento de estas obras. Estas construcciones no fueron producto de la improvisación, sino que respondían a criterios técnicos especializados, que le permitieron el transporte de agua de un valle a otro. Empleando adecuadamente principios de la fuerza de gravedad para regular los fluidos de los canales, como se hace también en la actualidad, pudieron acelerar o desacelerar el agua, evitando su desborde o la sedimentación del canal. Conducir el agua aprovechando las curvas de nivel de las montañas hacia las zonas más bajas, nos habla igualmente de un gran conocimiento topográfico que supieron

aprovechar adecuadamente estos pueblos. Para la conducción de agua en algunos canales u acueductos como el de Ascope, emplearon tierras arcillosas dispuestas en capas, para evitar que el agua se filtre cuando era conducida por estas estructuras. Es importante reconocer el hecho de que en la actualidad aún se siguen empleando algunos de estos canales de irrigación, demostrándonos la eficiencia de estas construcciones y su resistencia ante el paso de los siglos.

Todos estos conocimientos técnicos de irrigación fueron producto del ensayo y error de varias generaciones, proceso que inició probablemente décadas antes del año 5000 a.C. y que alcanzó su máximo esplendor en el periodo conocido como Intermedio Tardío, ampliando significativamente la frontera agrícola de estas sociedades de la costa norte. Siendo así, debemos reconocer la presencia de especialistas, verdaderos maestros en la elaboración de este tipo construcciones, que formarían parte de la elite gobernante o que tendrían gran prestigio en su sociedad. El reconocimiento de estos logros pone a las civilizaciones de esta parte del Perú, en igualdad con las sociedades del Viejo Mundo o incluso a niveles más avanzados, quedando esto demostrado, en la gran producción agrícola sustentada en sus sistemas de irrigación. Gracias a estos conocimientos el hombre pudo actuar modificando su entorno y como consecuencia contamos en la actualidad con fértiles valles, ya que estos son producto de la aplicación de conocimientos y técnicas ancestrales del hombre hacia la naturaleza, debiendo reconocer a muchos de los valles costeros como un producto cultural.

Si bien es cierto, la razón principal para la realización de estas obras de irrigación fue proporcionar agua a los campos de cultivo ampliando la frontera agrícola, se propone que paralelamente a lo anterior, los gobernantes o dirigentes de estas obras, buscaron ganar prestigio y denostar poder ante pueblo, asegurando respeto y obediencia del resto de la población. Al morir la persona que ejecutó o dirigió estas obras, ganaría el honor de ser recordado por sus descendientes, al punto de ser venerado, dedicándole cantos, alabanzas, ofrendas e incluso sacrificios, alcanzando así la inmortalidad.

Los investigadores que estudian el origen de la civilización en los Andes centrales, deben tener en cuenta a aquellos grupos culturales que evidencien un desarrollo importante en sus sistemas de irrigación, porque entorno a ellos, se muestra no solo un factor que sustenta a la población del Estado, se observa también

la emergencia de una clase dirigente, capaz de gestionar obras de esta magnitud, construcciones complejas que necesitaría de líderes que puedan controlar y administrar todos los recursos disponibles, lo cual pensamos es uno de los indicadores para identificar el surgimiento del Estado.

Finalmente, la arqueología peruana tiene un importante campo de estudio, el de investigar aquellos restos materiales que nos ayuden a conocer el nivel tecnológico alcanzado por los antiguos peruanos, respecto a sus sistemas de irrigación y desarrollo agrícola, para así poder llegar a una adecuada interpretación y valoración de nuestras culturas prehispánicas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Alva Miguel, Walter. 2005. Geografía general del Perú. Lima: Editorial San Marcos.
- Bracamonte, Juan. 2008. El canal de Taymi y terrazas de cultivo en el cerro Chumillan. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Brack Egg, Antonio. 2004 . Ecología. Lima: Editorial el Comercio.
- Canziani, José. 2009. Ciudad y territorio en los Andes. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chow, Ven Te. 1994. Hidráulica de los canales abiertos. México: Mc Graw-Hill.
- Damiani, Oscar. 2002. Sistemas de riego prehispánico en el valle de Iglesia, San Juan, Argentina. *Multequina* 11, pp 01-38. Argentina.
- Dillehay, Thon; Elling, H. Y J. Rossen. 2005. Preceramic Irrigation Canals in the Peruvian Andes. *Proceedings of*

the National Academy of Sciences 22 (Noviembre): 17241-17244.

Deza, Jaime. 2010. El agua de los incas. 2da edición. Lima: Universidad Alas Peruanas.

Gamboa, Jorge y Jason Nesbitt. 2012. La ocupación moche en la margen norte del valle bajo de Moche, costa norte del Perú". *Arqueología y Sociedad* 25: 115-142.

Kosok, Paul. 1965. *Life, land and water in ancient Peru*. New York: Long Island University Press.

León, Elmo. 2007. Orígenes humanos en los Andes del Perú. Lima: Universidad Nacional San Martín de Porres.

Lumbreras, Luis. 1981. *Arqueología de la América Andina*. Lima: Editorial Milla Batres S.A.

Materón, Hernán. 1997. *Obras hidráulicas rurales*. Santiago de Cali: Editorial Universidad del Valle.

Ortloff, C.; Moseley, M. y R Feldman. 1982. Hydraulic Engineering Aspects of The Chimu Chicama-Moche Intervalley Canaf. *American Antiquity*, 47: 512-595

Pimentel, Lisbeth. 2012. Estudio de la infraestructura hidráulica de las culturas moche y chimú. Tesis para optar el título de ingeniero civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.

Ramírez, Susan. 2002. El mundo al revés, contactos y conflictos transculturales en el Perú en el siglo XVI. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Régulo Franco, Jordán. 2012. Chan Chan y el Chimor, un enigma por resolver. En: Vergara, Enrique y Luis Valle (Editores). *Chan-Chan, ayer y hoy*. Lima: Ediciones SIAN.



## 10. ANEXOS



*Fig.1. Surcos antiguos en forma de “caracol” encontrados en el palacio Tshudi, Chan-Chan, cultura Chimú (1300 d.C). Régulo 2012.*



*Fig.2. Levantamiento de terrazas escalonadas para la construcción del acueducto del Cerro Tres Cruces, canal inter valle Chicama – Moche (Foto: J. Deza 2010).*



*Fig.3. Fotografía de Paul Kosok (1965) que muestra el acueducto de Ascope. Obsérvese la monumentalidad de la obra.*

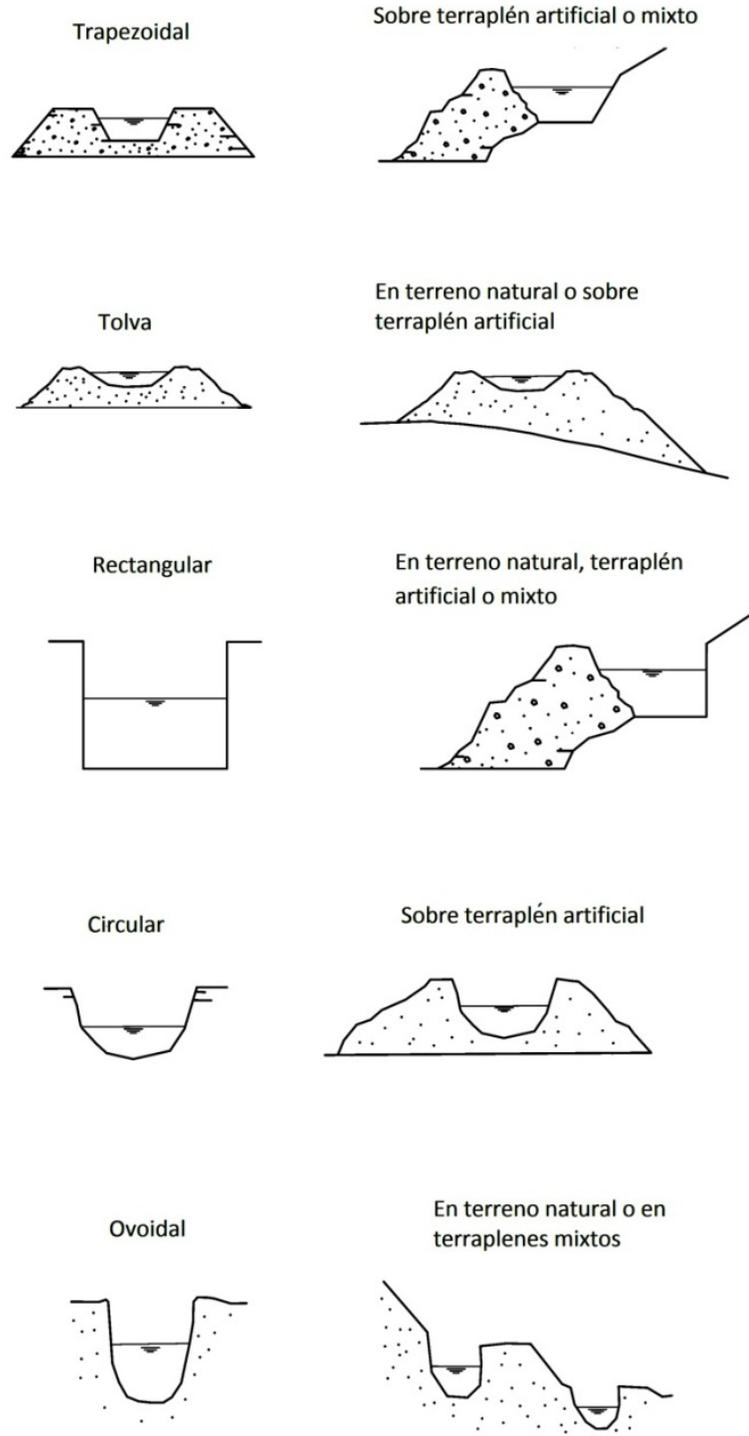


Fig.4. Diferentes formas en los diseños de canales prehispánicos identificados por Oscar Damiani (Damiani 2002).

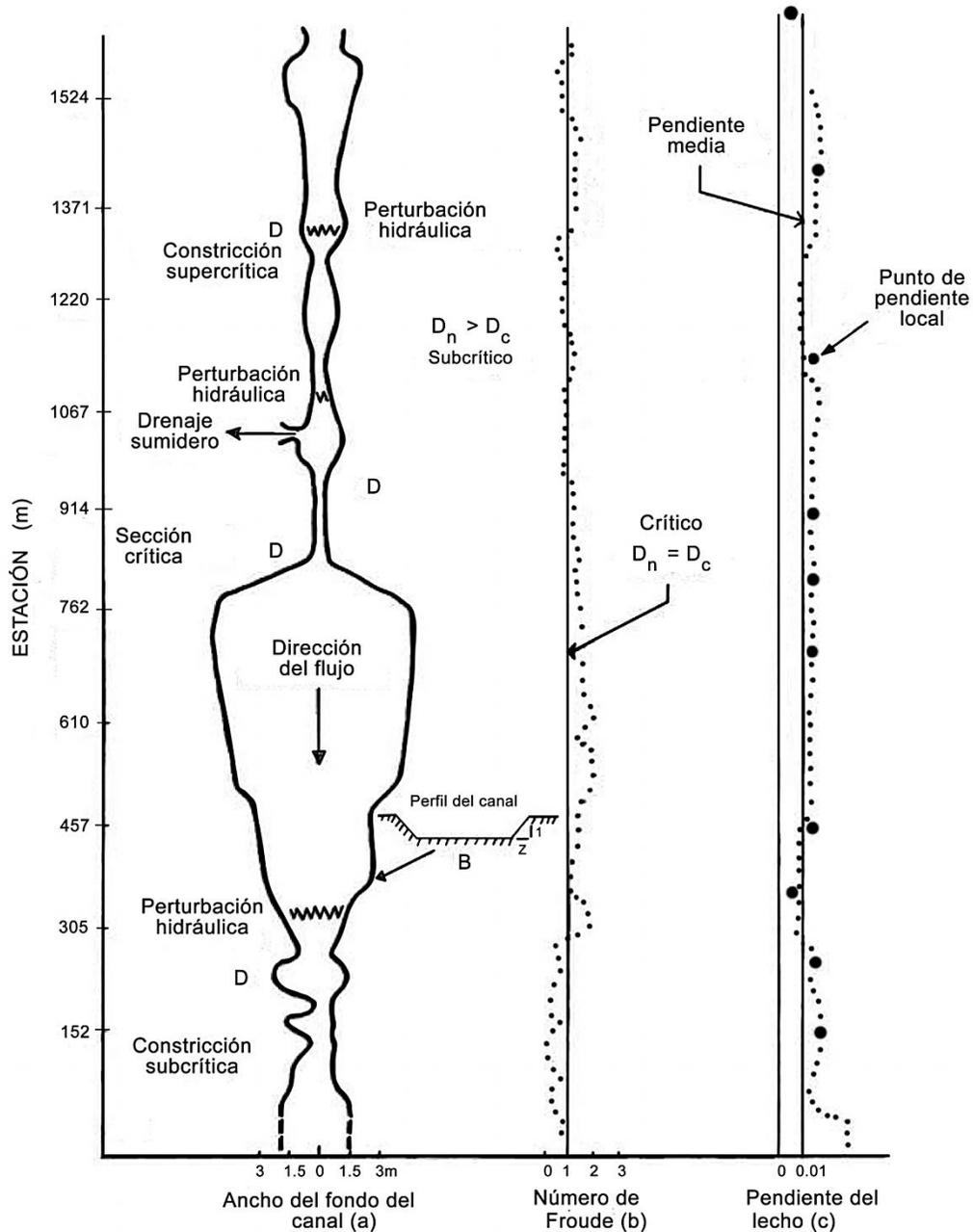


Fig.5. En el lado izquierdo de la imagen se representa las variaciones en la geometría transversal del canal de La Cumbre, en sector de la quebrada del Oso. Este diseño fue elaborado para poder controlar las velocidades del flujo de agua (Ortloff 1982).

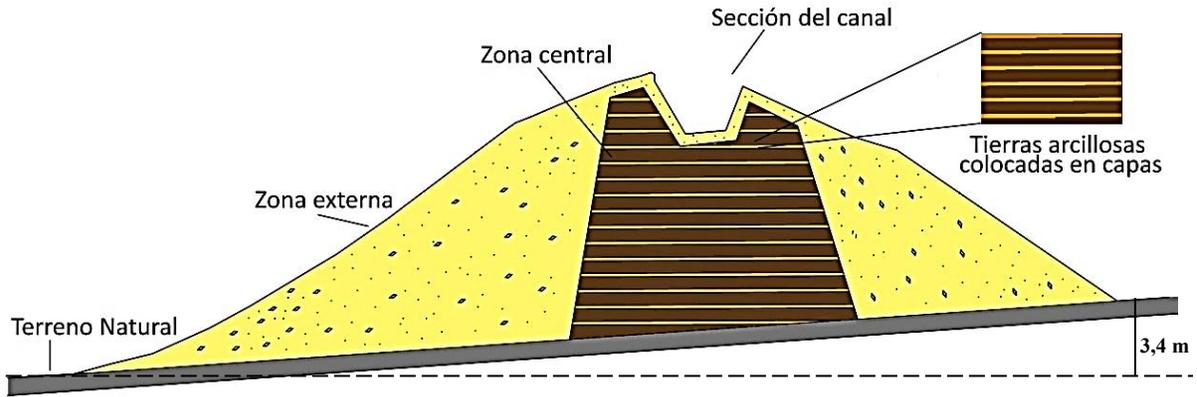


Fig.06. Estructura del acueducto de Ascope. Véase en la parte superior derecha las capas de arcilla que evitaron que se filtre el agua en el acueducto (redibujado de

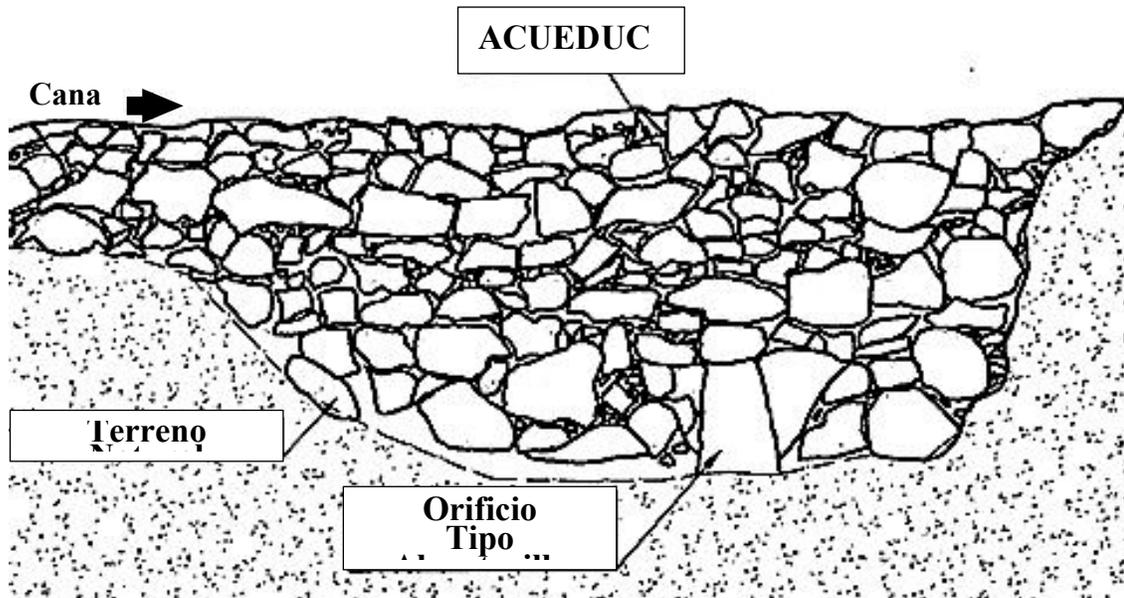


Fig.07. Acueducto del Complejo arqueológico la Carbonera Quirihua II. Obsérvese el orificio de tipo alcantarilla en la parte inferior. Manrique 1990.

