

# El arte de las obras hidráulicas prehispánicas

Cesar Gonzalez Linares<sup>1</sup>, Carla Insua Sharps<sup>2</sup>

## Resumen

*El artículo contiene una rápida visión de algunas obras hidráulicas realizadas por los pueblos andinos americanos que aún perduran. Alerta su conservación y el estudio como una obligación de los herederos culturales.*

## Palabras Claves

*hidráulica andina*

## Abstract

*This article contains a short review of some hydraulic works made by american andean villages. So that still remain. It alerting his conservation and study as obligation of the cultural heirs.*

## Keywords

*hydraulic andean*

## Introducción

Planteándose tres hipótesis, se analiza el arte de la ingeniería hidráulica andina prehispánica.

H1: Cualquier proyecto de edificación sea la ingeniería antigua, contemporánea o en la prehispánica, requiere como primer recurso, El agua.

H2: La utilización del recurso hídrico para cubrir la demanda de un proyecto requiere medios

- ✓ Localización de fuentes seguras para la captación
- ✓ Formas de conducción
- ✓ Singularidades de control y distribución.

H3: Los pueblos americanos prehispánicos conocían el manejo del recurso hídrico con equilibrio ambiental.

## **Sin agua no hay posibilidades de vida.**

Siendo escaso el recurso hídrico y difícil de obtenerla, los pueblos andinos conocieron como manejarla y cuidarla añadiéndole un carácter anímico, respetando las fuentes como dones recibidos en sus diferentes presentaciones en el suelo americano.

Las fuentes de agua del sistema hídrico, utilizados por los hidráulicos andinos fueron:

Directamente de la precipitación: Embalsamientos, para cultivos en tierra de secano y húmedales

De la escorrentía superficial: Canales de recuperación del deshielo, ríos, arroyos, manantiales.

Proveniente del agua subterránea: Galerías filtrantes, tierras hundidas, manantiales surgentes, Waru waru, camellones y otros, que denominaban trabajos de "cosecha del agua".

## **Testigos de tecnología hidráulica andina prehispánica**

### **Obras hidráulicas que perduran hasta la actualidad:**

Los sistemas hidráulicos que todavía subsisten demuestran un periodo de vida útil mayor a 2000 años, comparados con los proyectos actuales, huelgan los comentarios. A continuación se describen algunos próximos a nuestro quehacer.

#### **- Sistema de irrigación del valle bajo de lima:**

Cuando Pizarro decidió fundar la ciudad de de los Reyes en tierras del Curaca de Lima, la parte baja del valle estaba ocupada por los Señoríos,<sup>3</sup> con sus respectivos servicios de abastecimiento de agua mediante canales cuyas bocatomas de captación provenían de la margen izquierda del río Rimac.

- ✓ Señorío Lima
- ✓ Señorío Sulco
- ✓ Señorío Guatica
- ✓ Señorío Malanca

Se tiene vestigios sin confirmar por los historiadores de los siguientes Señoríos emplazados en la margen derecha del río Rimac:

- ✓ Señorío Callao
- ✓ Señorío Guala
- ✓ Señorío Amancaes

- El Canal Sulco (Surco) perteneciente a los Señoríos Lima y Sulco.- Era la divisoria entre el curacazgo Latí perteneciente al valle medio del río Rimac y el Señorío Sulco que se



La Achirana.- Constituido por su aductor principal, tiene en los primeros 5 km. una pendiente de  $0.54^\circ$  luego hasta el final  $1.2^\circ$  el ancho promedio es de 20 m. logra captar hasta  $35 \text{ m}^3/\text{s}$  en el registro histórico se cuenta que tenía 34 km hoy tiene 54 km.

La sección transversal es trapecial, en la parte inicial tiene una plantilla media de 10.5 m con profundidades desde 5 a 2.8 m. el canal se encuentra protegido en todos sus bordes por totora con doble propósito: estabilidad de las banquetas y el agregado de una rugosidad para el control de la erosión.

Schaedel afirma:

"... la verdadera tecnología de riego no es el canal ni el material con que se construye, sino el conocimiento de donde colocarlo, su grado de elevación, el ritmo de fluidez y los sistemas para arreglar el movimiento de los volúmenes de agua. ... Por eso cuando se habla de sistemas de riego por canales el énfasis se sitúa en el manejo del agua y no en el instrumento físico"<sup>5</sup>

La velocidad del agua y el movimiento y distribución de los caudales diseñado por los constructores han evitado la salinización de las tierras, esto revelan los conocimientos hidráulicos de los tecnólogos iniciales.

## - Sistema de irrigación del valle del rio moche

Empieza en la bocatoma sobre la margen derecha del rio Moche, construida por la cultura Mochica y posteriormente fue expandida hacia los valles de Chicama y Virú, por la civilización Chimú. La capital del Imperio fue Chan - Chan que era atendida por las aguas del rio Moche. El poderoso imperio Chimú se encontraba protegido por el Sur con la fortaleza Paramonga, pero fueron invadidos por los Incas por el Norte.

Los canales principales del sistema de irrigación fueron:

- ✓ El Vichansao con 45 km de longitud final, con sección transversal de 2m en la base y altura de cajeros de 1.5 m, el canal era alimentado desde una bocatoma por medio de una presa de mampostería de piedra de 20 m de longitud y 2 metros de altura sobre el rio Moche en una posición a 25 km de la desembocadura al mar. La sección de la presa era trapecial con la cara aguas arriba vertical 4 m de ancho en la base y 3m en la cresta.
- ✓ El canal Intervalle, construido para derivar las aguas del valle del río Chicama del valle contiguo y conectarlo al Vichansao. El canal inicial tenía 79 km de longitud fue aumentado a 139 km, con 7m de ancho, 2 m de profundidad y pendiente media  $S = 0.5^\circ$ <sup>6</sup>

### - Rasgos de tecnología andina

Similarmente a los procedimientos actuales de la hidráulica (análisis dimensional y secuencia experimental), se pueden encontrar modelos físicos de las obras andinas que todavía subsisten, que fueron utilizadas para ensayar obras hidráulicas con fines tecnológicos o quizá demostrativos de forma didáctica para los tecnólogos. Una maqueta que llama la atención por su funcionamiento y configuración es el denominado Monolito Sayhuite.

### Reproducción en modelación física en escala reducida

#### - Monolito sayhuite

El monolito Sayhuite o Piedra Conococha, se encuentra a 45 km de Abancay en la carretera que une Apurímac con el Cusco. La roca en que ha sido tallada de origen volcánico tiene 2.5 m de altura y 4 m de diámetro. En ella se han esculpido más de 200 figuras.

El Monolito representa una región con una divisoria principal que separa dos vertientes, en la primera existen tres grupos de tierras de cultivo construidas sobre andenerías. La vertiente posterior está constituida por dos cuencas, una de ellas que representa un río con cuatro afluentes, que desembocan por su margen izquierda y la otra cuenca, conformada por una llanura plana y pequeñas parcelas en terrazas. Están representadas diversas construcciones hidráulicas.

FOTO .- Monolito original en la carretera Abancay - Cusco



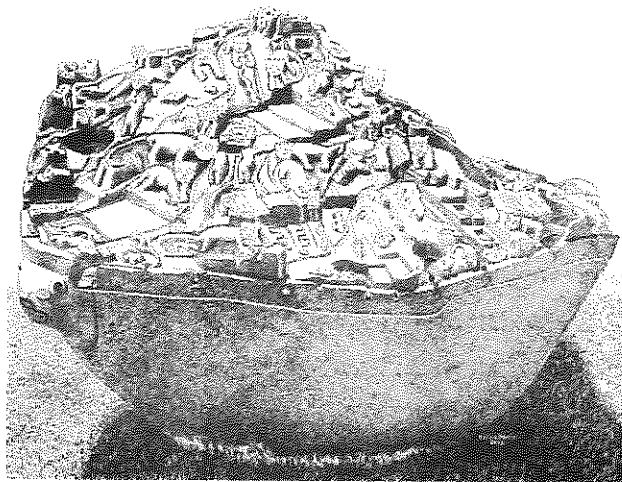
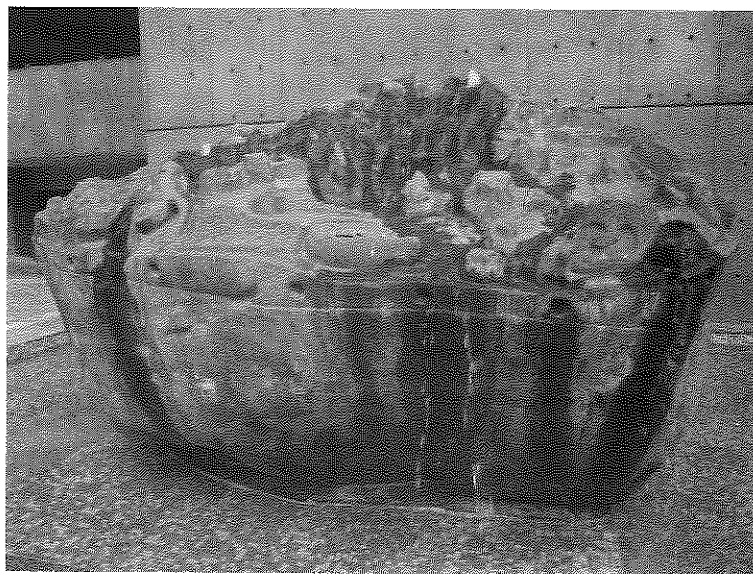


Lámina IV. Lado este de la "fuente simbólica" de Saywite, con ríos, cisternas, canales y seres míticos vinculados al agua (Reproducción y reconstrucción de Pedro Rojas Ponce).

**Ilustración .-** Esquema utilizado para la reproducción de tres maquetas a escala 1: 1 del original, que se encuentran en el Museo de la Nación, Parque de las Leyendas y Av. Camino Real.

**FOTO 2.-** Replica del monolito en el Museo de la Nación, ordenada por Belaunde (3)



**FOTO 3.-** Caídas y saltos de cascadas

FOTO 4.- Canalizaciones con cambios de dirección en 90°

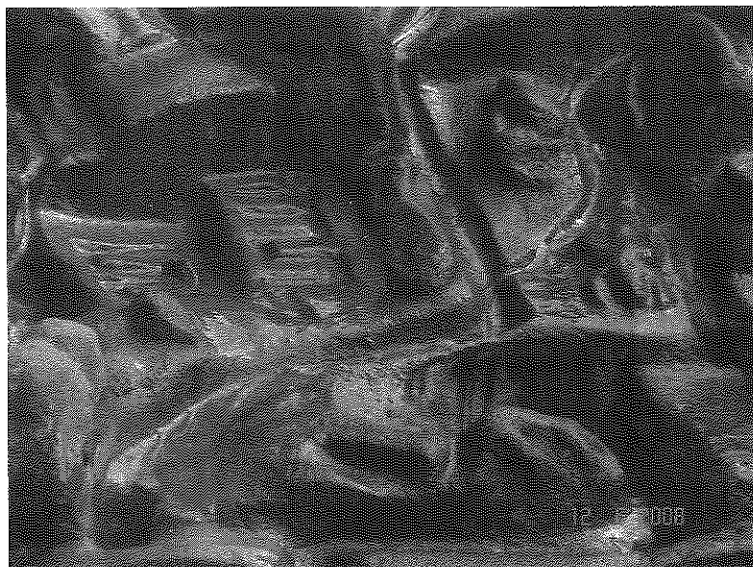
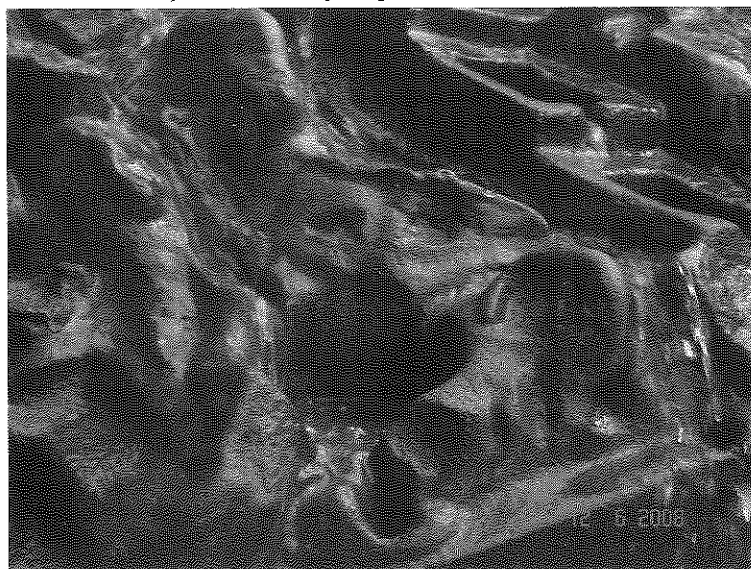


FOTO 5.- Recintos disipadores de energía al pie de caídas. rectangulares y semi cilíndricas



## Omisión Histórica de la Ingeniería Hidráulica Andina

Si revisamos las crónicas de los conquistadores, reportes arqueológicos, fichas de investigación, textos académicos, encontramos muy escasa información que explique cuestiones como las siguientes:

- Cómo los pueblos andinos resolvieron el problema de los alimentos?
- Cómo diseñaron los sistemas de riego?
- Cómo construyeron, en una topografía tan difícil cientos de kilómetros de canales?
- Cómo hicieron el control hidráulico del flujo en pendientes tan empinadas?
- Cómo alcanzaron el conocimiento?

Esa tarea debe ser asumida antes que se pierdan definitivamente, borrando con su destrucción valiosa tecnología apropiada al medio natural nuestro.

## Admirables Sistemas y Obras de Ingeniería

Son diversas las obras de la ingeniería que están dispersas por todo el territorio que fue dominio de los pueblos andinos, entre los más saltantes están:

El sistema de caminos que incluyen puentes, alcantarillas, drenes, empedrados y otros.

Andenerías (prácticamente en toda la cordillera andina)

Waru waru (Puno, junto al lado Titicaca)

Huanchaques (norte del Perú)

Chacras hundidas (Chilca y el norte del Perú)

Galerías filtrantes (Nasca)

Otros, ....

Que merecen el estudio y la investigación de diferentes grupos de especialistas.

## Estructuras Circulares

Conocían la rueda?

Si la conocían porqué no la utilizaron?



FOTO 6. Pilares de sección circular en la entrada del templo de Chavín



En diferentes obras se pueden apreciar las formas circulares como por ejemplo en Chavín, en Tipón, en Moray, la ciudadela MachuPicchu, ..

## Campo Experimental Tipón

FOTO 7.- Canal de sección rectangular enchapado en piedra con dos regímenes de flujo: Supercrítico y Subcrítico



FOTO 8.- Poza disipadora aguas abajo del salto del canal entre dos terrazas



02

FOTO 9.- Saltos de una terraza a otra con desnivel medio de 7 metros



FOTO 10.- cabecera del sistema Tipón: Poza de reunión, Aireadores y Vertedero de pantalla rectangular



## Canales De Cumbemayo

FOTO 11.- canal de sección rectangular construido en roca solida, sección media 0.4x 1.0m,  $S = 0.5^\circ$

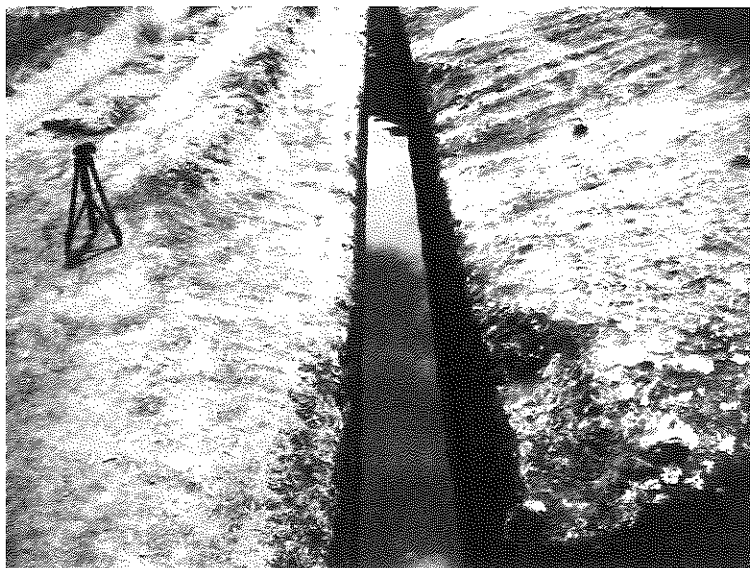
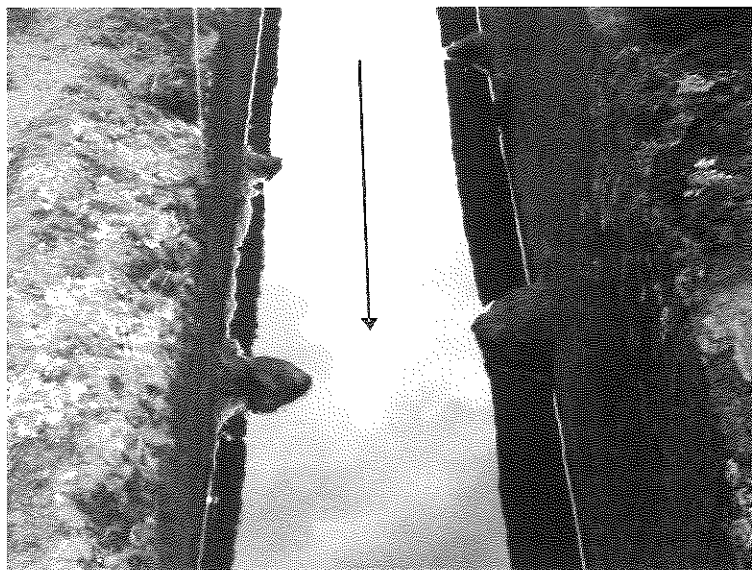


FOTO 12.- Canal tallado en roca viva con dos cambios de dirección en 90° para disipación de energía. Con salida mostrando rectificadores laterales de flujo

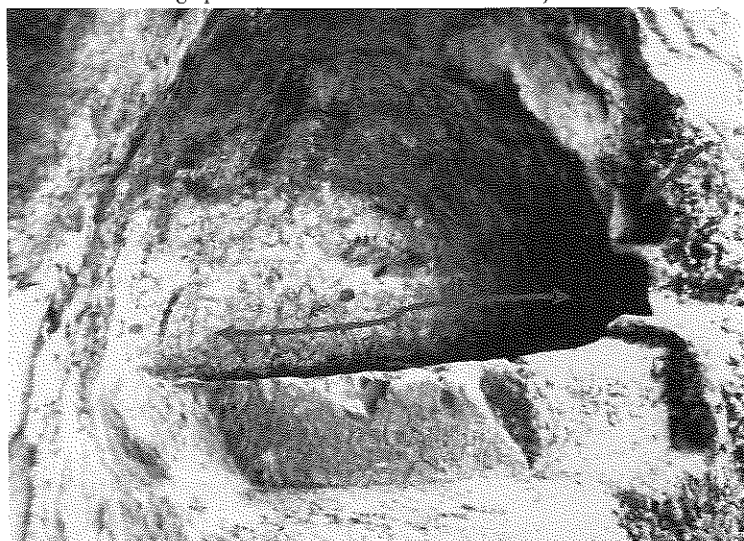


04

FOTO 13.- Elementos laterales de corrección de distribución de velocidades, aguas abajo de los elementos de disipación de energía con cambios de dirección de 90°



**FOTO 14.-** Ventana de canal en caverna con abertura al exterior para aliviadero en curva de excesos de caudales en vertimiento lateral, con sección de pared gruesa, que utiliza la aceleración centrífuga para dar eficiencia a la salida del flujo sobrante.



## Ciudadela Pachacamac

Hernando Pizarro vio que "... Este pueblo de la mezquita de muy grandes cercados y corrales; fuera de ella otro cercado grande, que por una puerta se sirve la mezquita.

En este cercado están las casas de las mujeres, que dicen ser mujeres del diablo y aquí están los silos, donde están guardados los depósitos de oro. Aquí no entra nadie donde estas mujeres están hacen sus sacrificios como las que en las otras casa del sol.... (Pizarro 1533),<sup>7, 8</sup>

... Y en ese valle de esta ciudad había y en Pachacamac cinco leguas de aquí, que era todo una cosa, más de 25 mil indios, y esta casi yerma, que apenas hay dos mil por la gran destrucción,....

... esta despoblación evidentemente, además de que los asentamientos prehispánicos ya no eran funcionales dentro del nuevo sistema socio-económico impuesto por los españoles en el país, motivó que los antiguos pueblos fueran lentamente abandonados y se convirtieran en ruinas.<sup>9</sup>

Una ciudadela tan grande evidentemente tenía un sistema de abastecimiento y saneamiento que sin embargo hasta la fecha no se ha investigado, en reciente pesquisa, se han encontrado galerías en piedra para conducción de agua muy similares a las de Nasca, que conducían agua limpia hasta la ciudadela, que estamos en proceso de investigación.

7 Cieza de León, Pedro. 1533. 1973 La Crónica del Perú. Edics. Peisa, Lima.

8 Valcarcel, L. Historia del antiguo Perú. Ed. Mejía Baca. Miraflores Perú. 1965. pp 567 ss.

9 Cristóbal de Castro y Diego Ortega Morejón (1558). 1934. Relación y declaración del modo de este valle ... Colección de libros

## Otros Elementos

Tanto los sistemas hidráulicos de los ingenieros andinos, como los de hoy en día, necesitaban de los denominados accesorios o singularidades, para el control, distribución, reducción o aumento de perdidas o simplemente para el transporte con cambios de secciones o de dirección, estos dispositivos también se encuentran en las antiguas obras andinas.

FOTO 15.- Segmentos de tuberías de sección circular  $d = 12$  cm, tiempo de vida útil  $> 2000$  años.



FOTO 16.- Accesorios de tuberías en expansión en curva, en sección encajonada rectangular, circular, en proceso constructivo. Restos en Huamanga - Ayacucho.

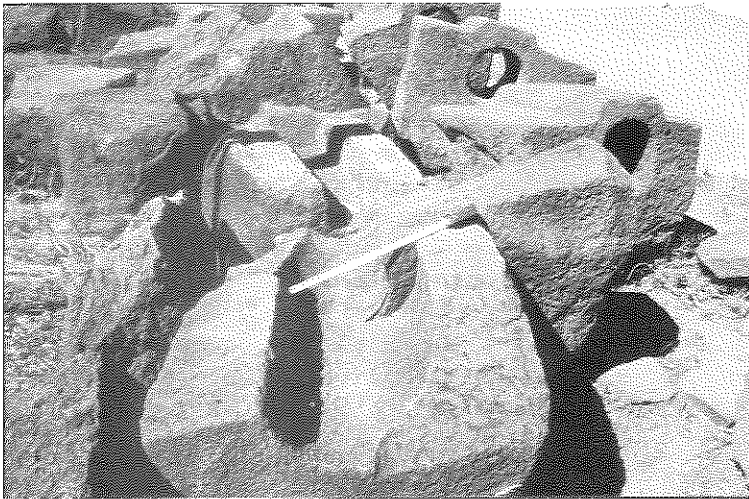
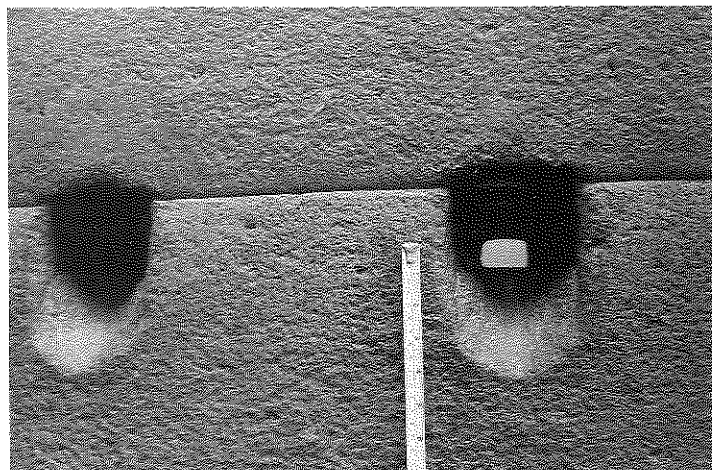


FOTO 17.- Tuberías de drenaje pluvial en el templo CCoricancha con ventilación vertical y salida abocinada



## CONCLUSIONES

Los restos de las obras hidráulicas existentes demuestran una calidad tecnológica admirable con adaptación al medio topográfico.

Entre las componentes hidráulicas de las obras hidráulicas destacan nítidamente las formas de disipación de energía como medio de control de los procesos de erosión debido a las velocidades del flujo desarrolladas al efecto de los desniveles pronunciados de la orografía andina.

Las conducciones eran diseñadas para flujos en régimen supercrítico contrariamente a la tendencia de la hidráulica moderna que busca el diseño en régimen subcrítico.

Los tecnólogos andinos conocían las aplicaciones del cambio de alineamiento brusco como elemento de disipación. También utilizaban expansiones laterales y de fondo como en las secciones previas a las caídas de los canales de Tipón, que hoy la ingeniería contemporánea denomina rápidas escalonadas.

Las pozas disipadoras de energía asociadas a los canales de Tipón que se encuentran aguas abajo de los saltos de agua son eficientes no emiten salpicaduras ni ondas de ningún tipo hacia aguas abajo.

Los elementos rectificadores de distribución de velocidades del flujo después del cruce de las secciones de dispositivos de control de turbulencia en los conductos andinos tienen la altura y la distribución espacial similar a las recomendadas para los rectificadores que se utilizan hoy en día, se han medido las alturas de los elementos rectificadores equivalentes al 0.2 de la profundidad media del régimen de agua y el espaciamiento equivalente a 10 veces la altura  $h$  de los elementos.

La hidráulica contemporánea se desarrolla con fuerte soporte del análisis dimensional, la observación en laboratorio y en obras existentes, debido a la complejidad de las propiedades del agua y los fenómenos del movimiento, similarmente los pueblos andinos utilizaban la observación experimental una prueba de éstos es el monolito Sayhuite que modela y representa diferentes tipos de formas de conducción de agua.

Respecto a la interrogante de que, si los pueblos andinos conocían la rueda, éstos conocían las formas cilíndricas, pero presumiblemente debido a la irregular topografía del medio geográfico sumado a la carencia de animales de tiro, hizo incompatible la rueda como elemento de transporte.