A photograph of a stone structure, likely a dam or spillway, with water flowing over it. The structure is made of dark, rectangular stone blocks. The water is a thin, clear stream falling from the top edge. The background is dark and out of focus.

Un estudio de ingeniería  
hidráulica de Incamisana,  
Ollantaytambo, Perú

---

Richard Miksad, Kenneth Wright, Luke Wildfire, Arminda Gibaja Oviedo, Jenna Sollner, Ben Doran

## Objetivos del Proyecto Incamisana

- Determinar las características hidráulicas actuales de las fuentes prehispánicas y canales ceremoniales de la Incamisana.
- Determinar las fuentes de agua actuales y prehispánicas de Incamisana.
- Realizar una exploración hidrológica de los canales prehispánicos en las cuencas de los ríos Patakancha y Yuraqmayo.

# Un estudio de ingeniería hidráulica de Incamisana, Ollantaytambo, Perú

1. Descripción general del Incamisana en Ollantaytambo
2. Hidráulica de las Fuentes Incamisana
3. Hidrología de las fuentes de agua de Incamisana
4. Resumen

# Ollantaytambo–Incamisana



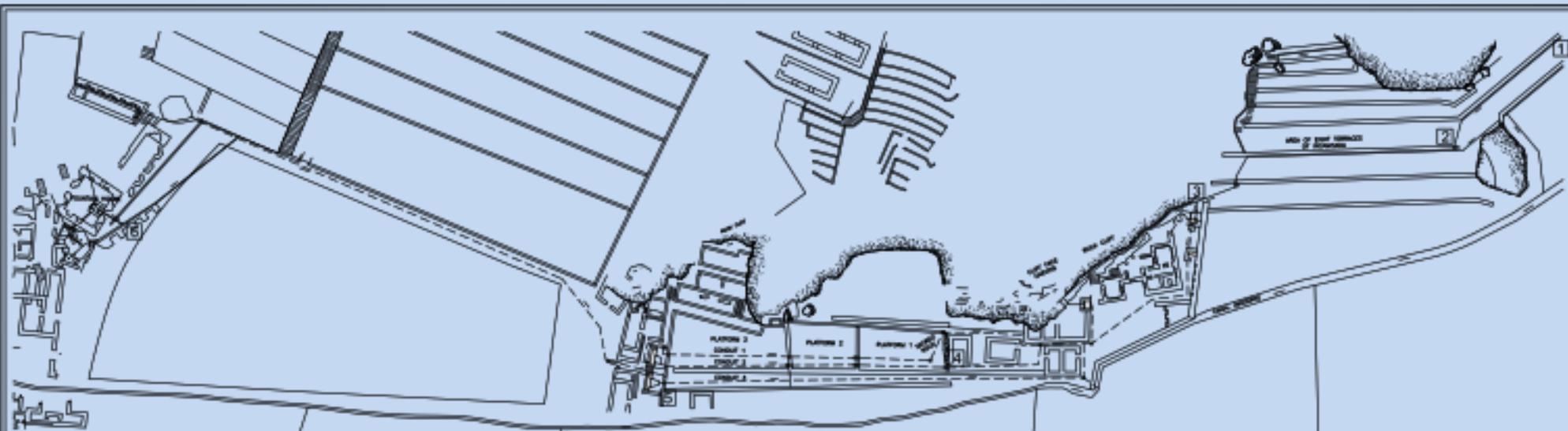
# Incamisana

El Incamisana está ubicado al norte del Manyaraki y consiste en un conjunto de habitaciones, espacios abiertos y fuentes ornamentales, conectados por canales superficiales y enterrados.

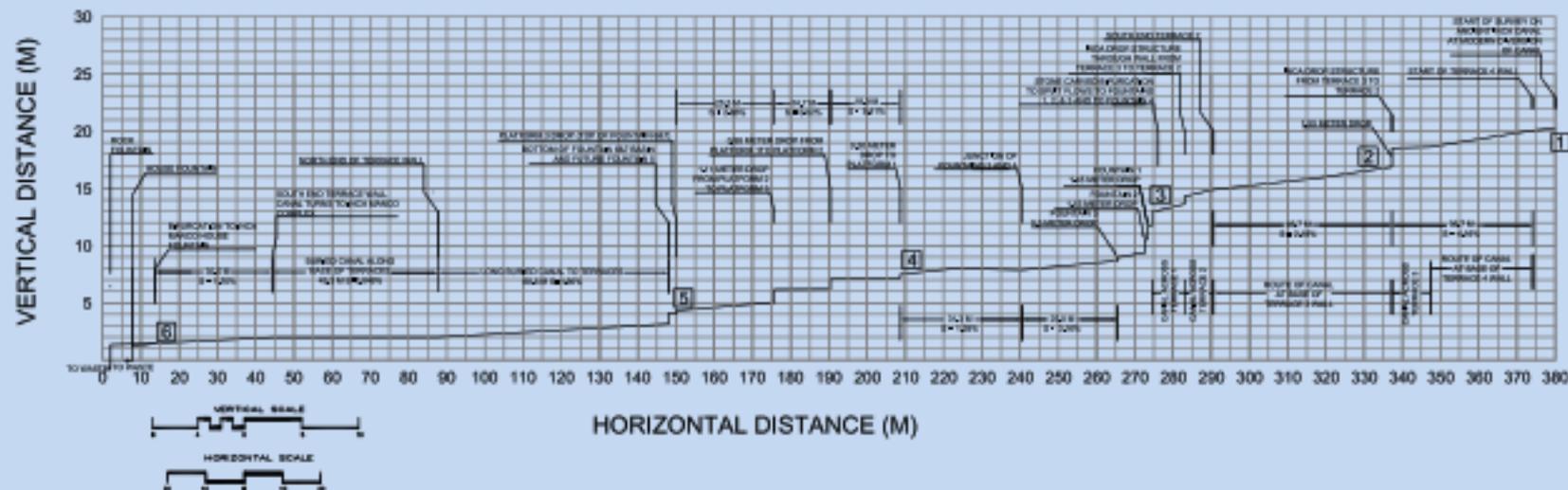




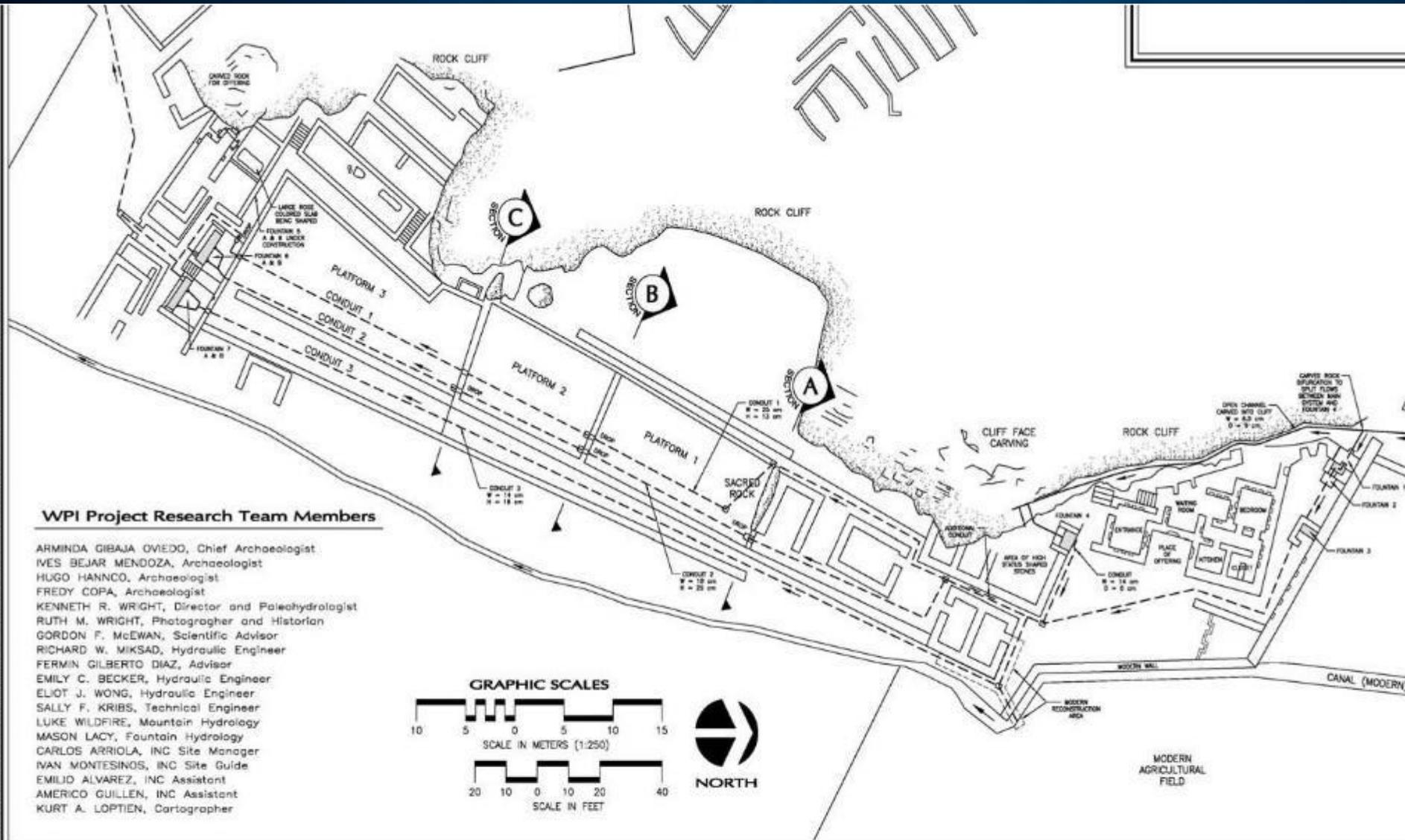
"Fuentes bellamente elaboradas alimentan aguas en cascada a través de canales exquisitamente tallados, uno a continuación de otro" -Protzen



PLAN VIEW

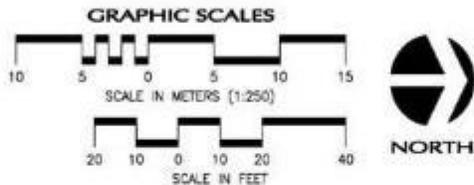


El sistema hidráulico de Incamisana opera por gravedad con un cambio de elevación total de 25 metros sobre los 380 metros de longitud del templo.



**WPI Project Research Team Members**

- ARMINDA GIBAJA OVIEDO, Chief Archaeologist
- IVES BEJAR MENDOZA, Archaeologist
- HUGO HANCO, Archaeologist
- FREDY COPA, Archaeologist
- KENNETH R. WRIGHT, Director and Paleohydrologist
- RUTH M. WRIGHT, Photographer and Historian
- GORDON F. McEWAN, Scientific Advisor
- RICHARD W. MIKSAD, Hydraulic Engineer
- FERMIN GILBERTO DIAZ, Advisor
- EMILY C. BECKER, Hydraulic Engineer
- ELIOT J. WONG, Hydraulic Engineer
- SALLY F. KRIBS, Technical Engineer
- LUKE WILDFIRE, Mountain Hydrology
- MASON LACY, Fountain Hydrology
- CARLOS ARRIOLA, INC Site Manager
- IVAN MONTESINOS, INC Site Guide
- EMILIO ALVAREZ, INC Assistant
- AMERICO GUILLEN, INC Assistant
- KURT A. LOPTIEN, Cartographer

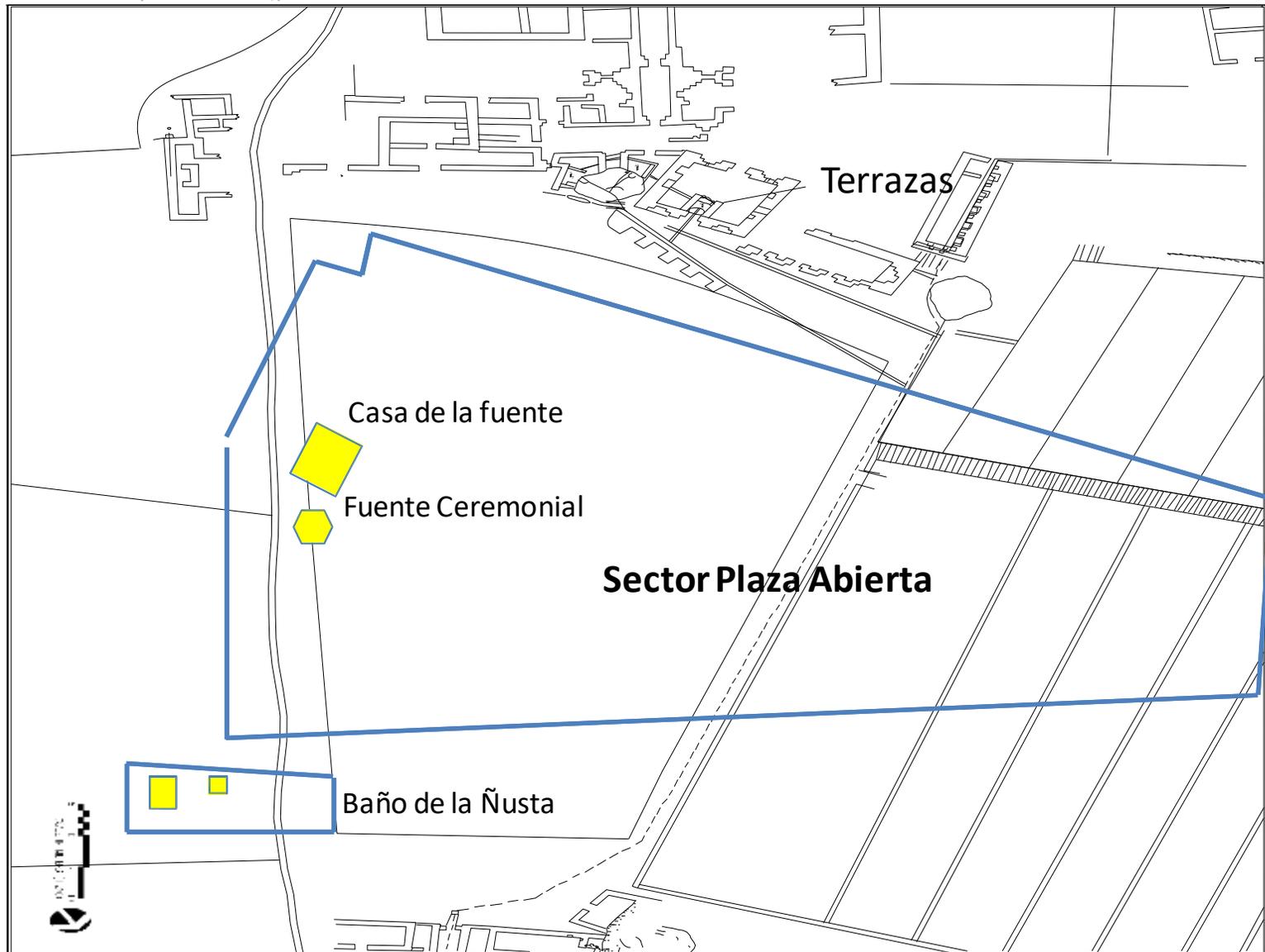


EL Incamisana tiene dos secciones diferenciadas. Un sector religioso de alto estatus al norte de la Roca Sagrada y un sector ceremonial al sur de la Roca Sagrada.

**WPI**  
WRIGHT PALEOHYDROLOGICAL INSTITUTE

2490 W. 26TH AVENUE SUITE 100A  
DENVER, CO 80211 303.480.1700

OLLANTAYTAMBO, PERU  
PALEOHYDROLOGY  
INCA HYDRAULIC SYSTEM OF INCAMISANA

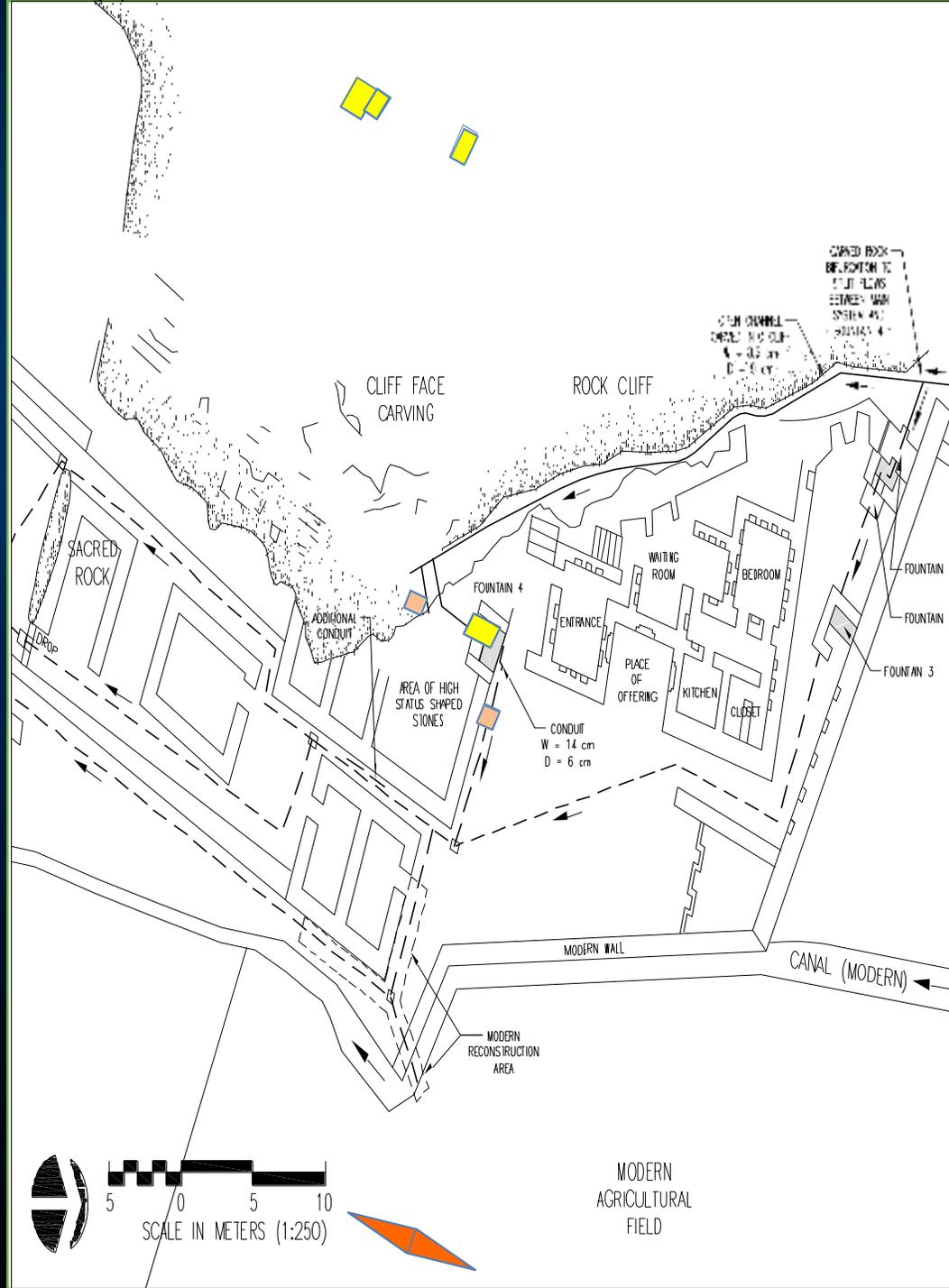


Entre el Templo Inkamisana y el Manyaraki, hay un extenso complejo de terrazas y un vasto Sector de Plaza Abierta. La plaza es el resultado de deposiciones de inundaciones de 3 metros de limo.

Se desconoce la infraestructura de la época Inca. La plaza termina en la Casa de la Fuente y la Fuente Ceremonial. El Baño de La Ñusta se encuentra en el lado este del canal Manyaraki.

# Un estudio de ingeniería hidráulica de Incamisana, Ollantaytambo, Perú

1. Descripción general del Incamisana en Ollantaytambo
2. **Hidráulica de las Fuentes Incamisana**
3. Hidrología de las fuentes de agua de Incamisana
4. Resumen



Sector religioso de alto estatus: las fuentes 1, 2 y 3 reciben agua de una rama de un canal abierto bifurcado excavado en la pared del acantilado. El otro ramal del canal corre 35 metros adicionales hasta una caída tallada que alimenta a la Fuente 4.



Hay cuatro fuentes operativas y dos fuentes sin terminar en el sector de alto estatus religioso al norte de la Roca Sagrada. Esta es una zona del templo donde se revocaron los muros del edificio y donde hay varias salas y muchos nichos. Tres de los nichos son extraordinarios; son nichos de triple jamba.



Las fuentes 1, 2, 3 y 4 son abastecidas por un canal abierto bifurcado de 6 l/s de capacidad cortado en el lecho de roca cerca del extremo norte del templo. La rama del canal izquierdo alimenta a las Fuentes 1, 2, 3. La rama derecha alimenta a la Fuente 4 a través de un canal del lado del acantilado tallado de forma única.



La fuente 4 se abastece de agua a través de un canal de 42 metros de largo excavado en el acantilado. El canal representa una planificación magistral, un corte de piedra de alto nivel y un control de grado hidráulico.

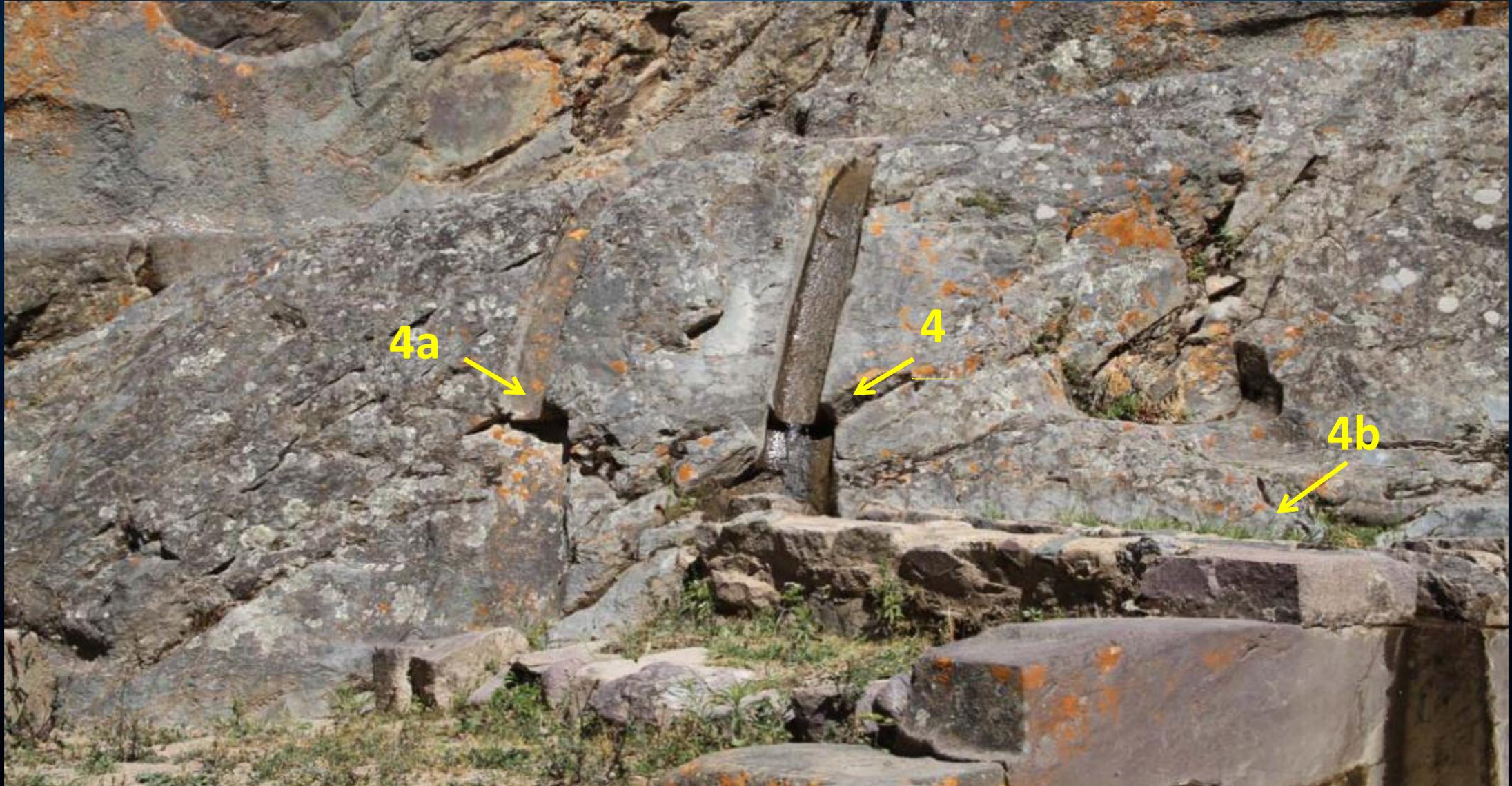


**Fuente 4**

Muros de piedra de alto estatus que bordean el complejo  
Fuente 4, 4a, 4b



# Fuente 4 y Fuentes sin terminar 4a y 4b





Caídas de agua tallados en la roca para fuentes 4 y 4a

# Salida de agua para fuente sin terminar 4a



El punto de salida de la Fuente Inacabada 4a estaba destinado a descargar en un conducto de doble ancho, que se divide en los Conductos 1 y 2 en la Fuente Sagrada 15 metros después.



Revestimiento de “piedra verde” del piso del conducto diseñado para manejar la descarga de la Fuente 4ª, sin terminar.

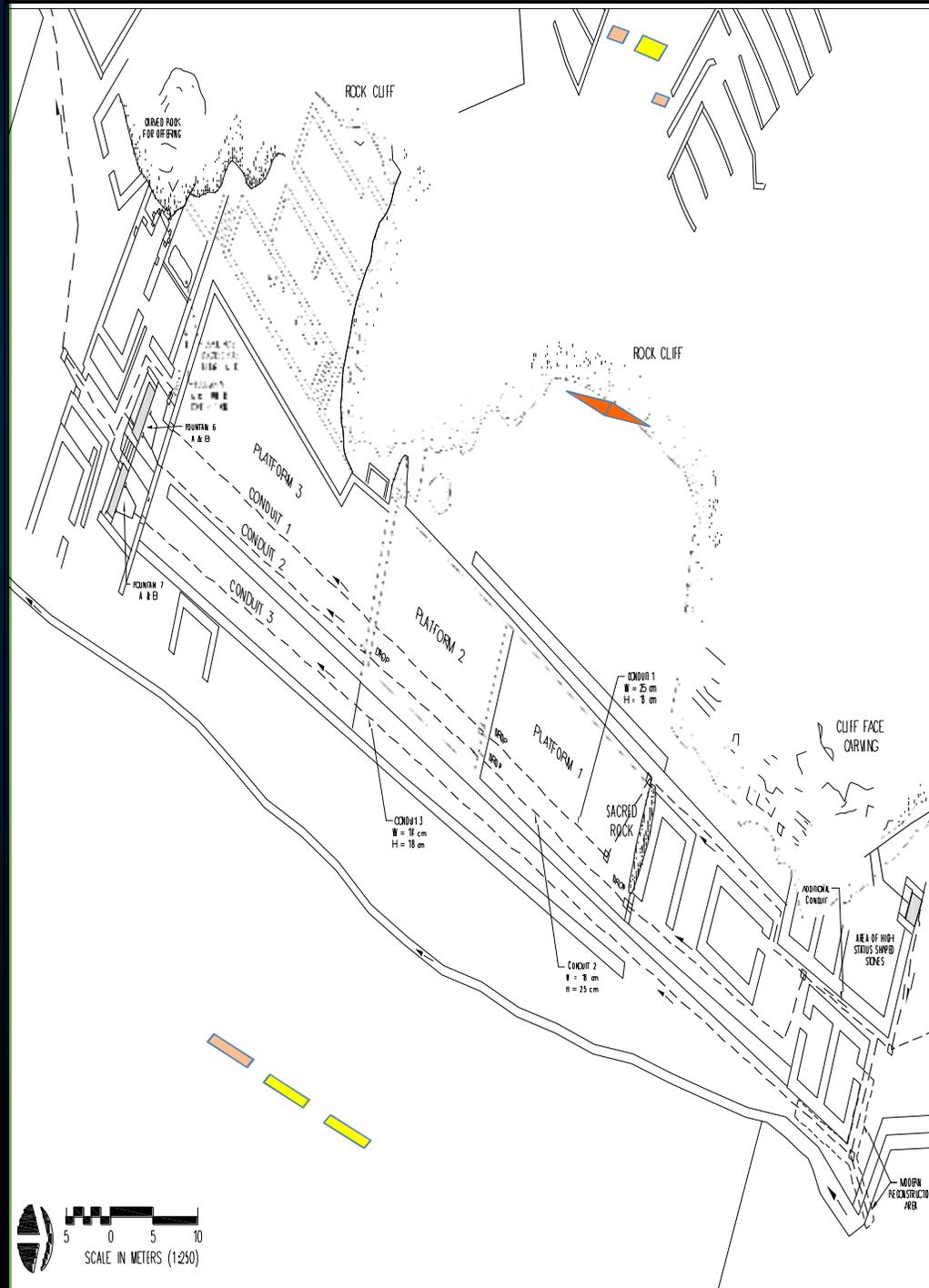


“Murmurador” en el conducto diseñado para recibir agua de la Fuente 4a, sin terminar



# Fuente inacabada 4b





Hidráulica del sector ceremonial: Las fuentes 5, 6a / 6b y 7a / 7b se abastecen de agua mediante tres conductos subterráneos de 60 metros de largo. Los conductos reciben agua de la salida del sector Religioso y de un desvío de toma del canal Manyaraki.



La plataforma 1  
“cae” a la  
plataforma 2 a  
través de los  
conductos  
subterráneos 1  
y 2. La Roca  
Sagrada está al  
fondo

La plataforma 2 “baja” a la plataforma 3 a través del conducto 2. El conducto 3 tiene una caída debajo de la superficie. El canal 1 pasa por debajo del camino

Conducto 1

Conducto 2

Conducto 3



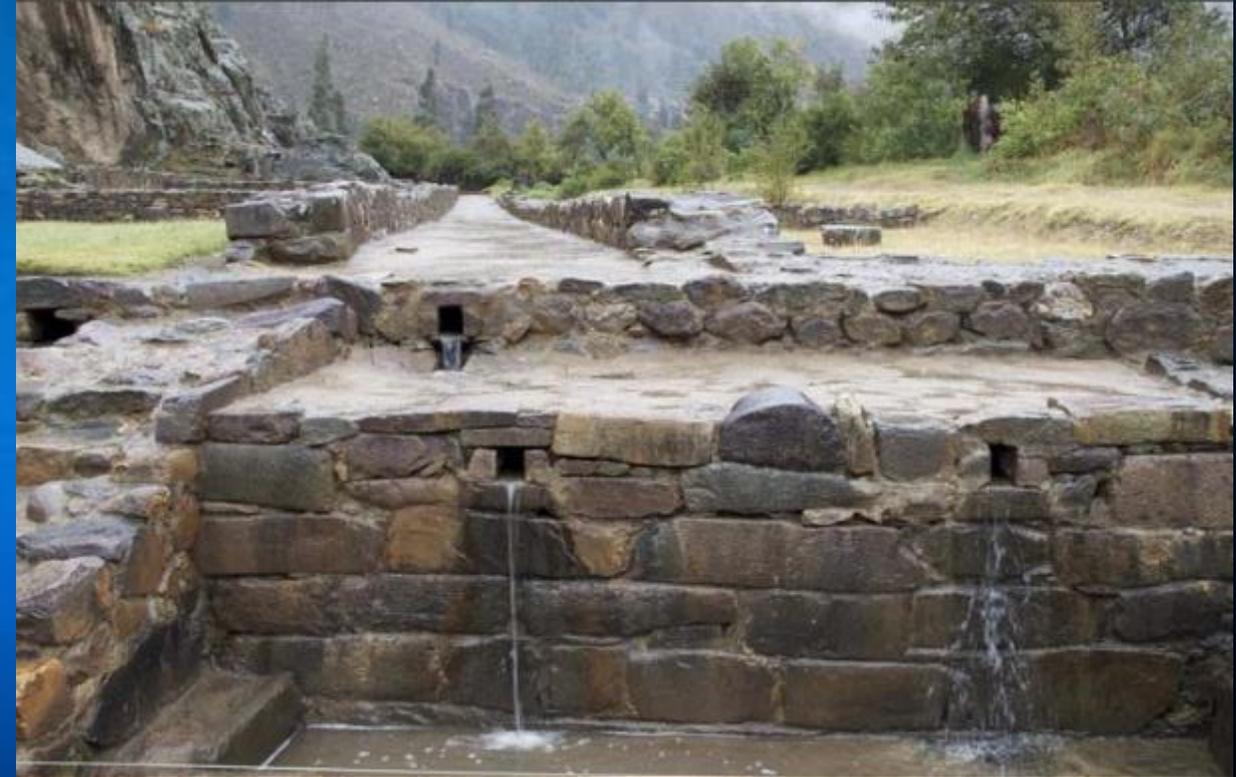
# Sector ceremonial: Fuentes 5, 6a / 6b, 7a / 7b



Fuente 6a y 6b



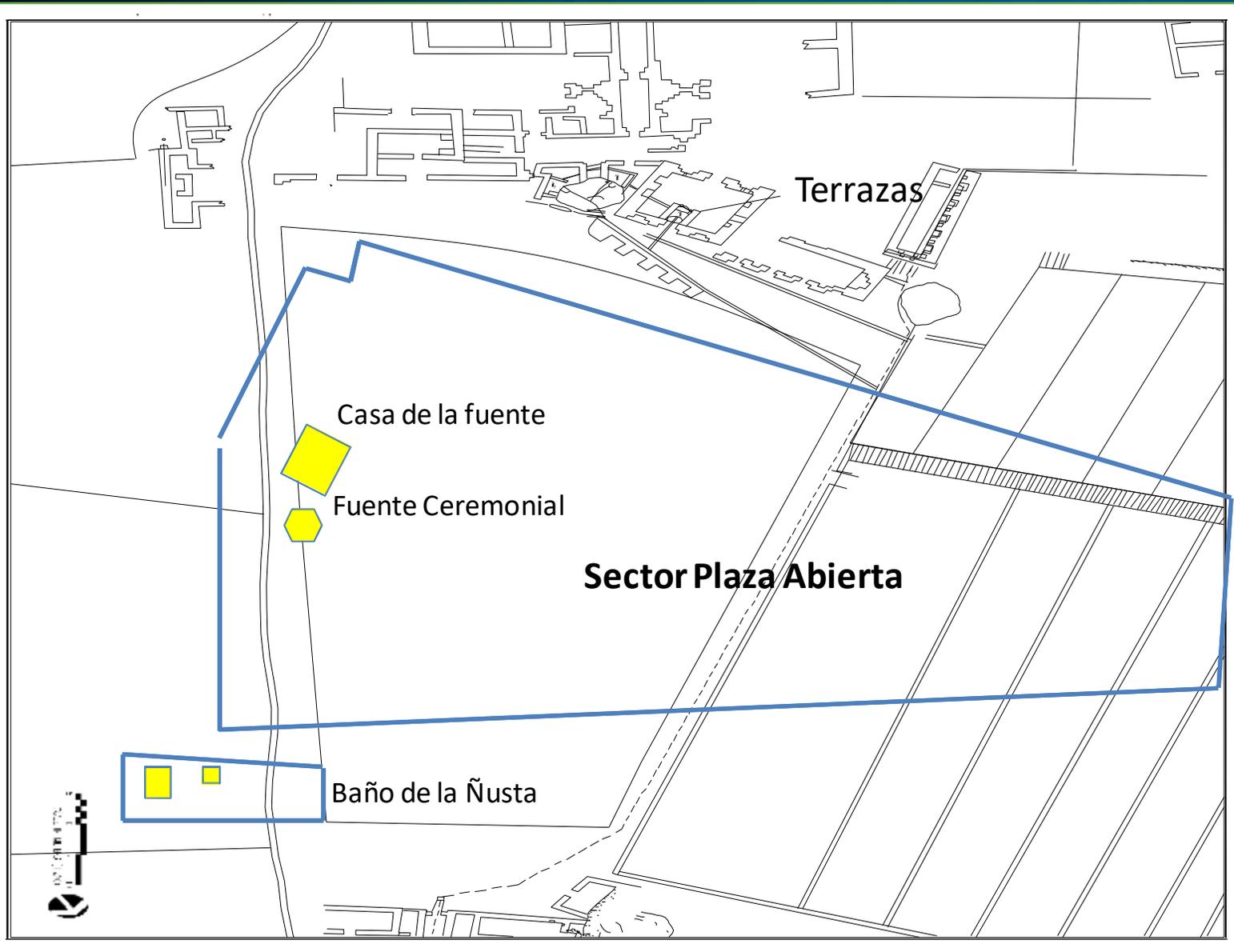
Fuente 7a y 7b



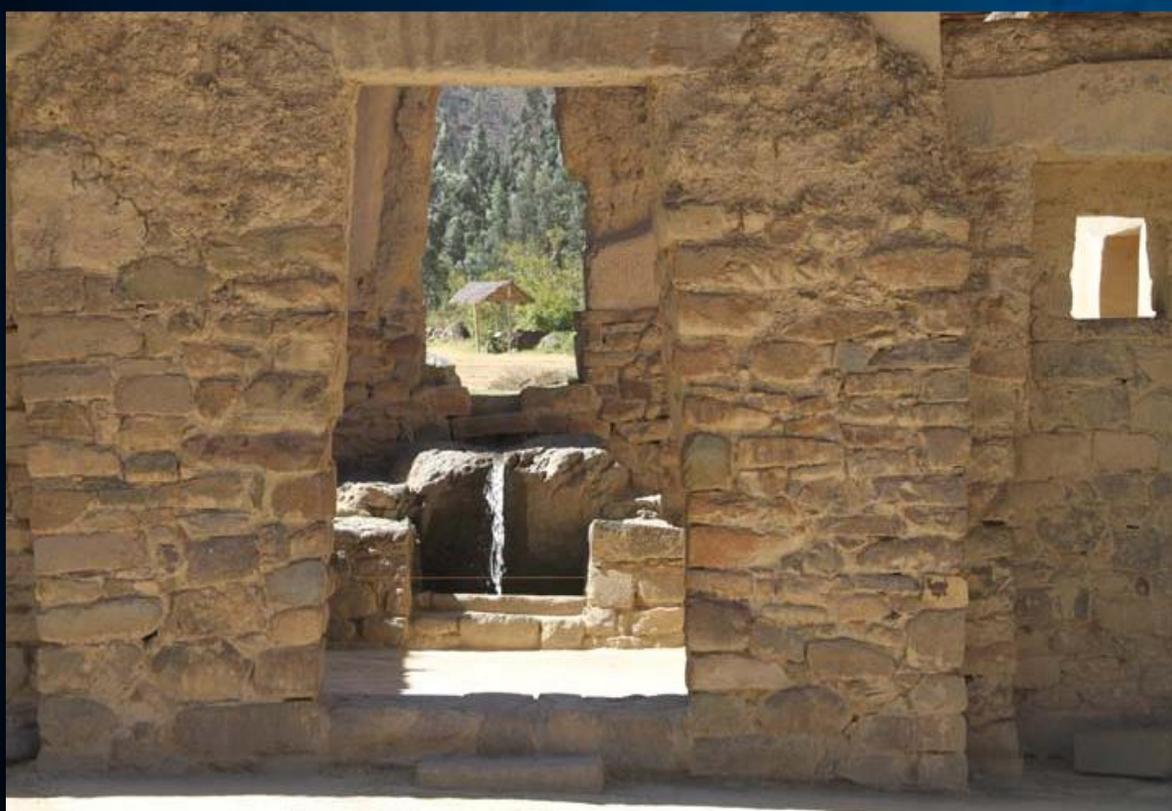
Las cuatro fuentes operables del Sector Ceremonial están diseñadas hidráulicamente para utilizar un flujo mayor que el de las Fuentes del sector norte (1, 2, 3 y 4) pueden suministrar.  
Se toma un suministro adicional de aproximadamente 13 l/sg del canal Manyaraki.



El flujo del conducto 1 sale por un desnivel en el lado este de la Fuente 6b. El agua del conducto 1 aparentemente tenía la intención de abastecer una fuente sin terminar con dos presas anchas. Nos referimos a esta fuente como "Fuentes sin terminar 5a y 5b".



Sistema hidráulico del sector Plaza Abierta: Casa de la Fuente y Fuente de Roca, en la entrada de Manyaraki. El Baño de la Ñusta está ubicado al otro lado del canal de riego Manyaraki.

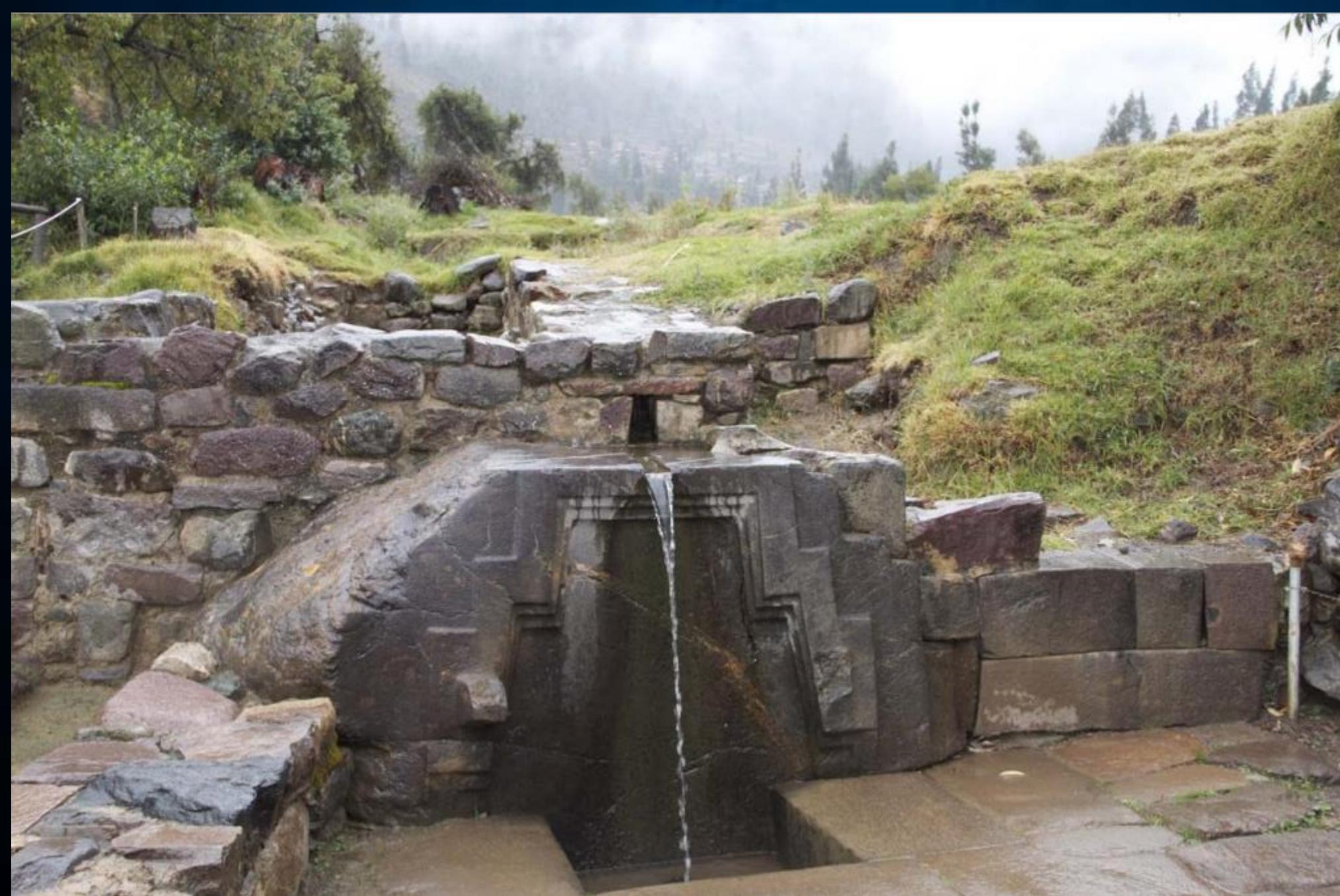


**La casa de la Fuente**



**Fuente Ceremonial**

**El Baño de  
la Ñusta y  
fuente  
superior**



## Cálculos de caudal de fuente

$$Q = A \times V$$

"Fórmula de Woodward"

### STANDARD ORIFICE COEFFICIENTS

124

$y$  represent the coordinates of any other point in the jet. Neglecting air resistance, the horizontal component of the jet velocity is constant with the time  $t$ , from which

$$x = Vt$$

The jet has a downward acceleration which conforms to the law of falling bodies, and therefore

$$y = \frac{1}{2}gt^2$$

Eliminating  $t$  between the two equations

$$x^2 = \frac{2V^2}{g}y$$

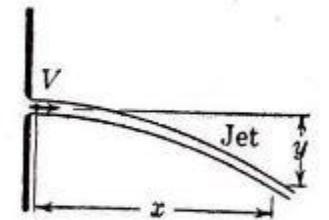


FIG. 60

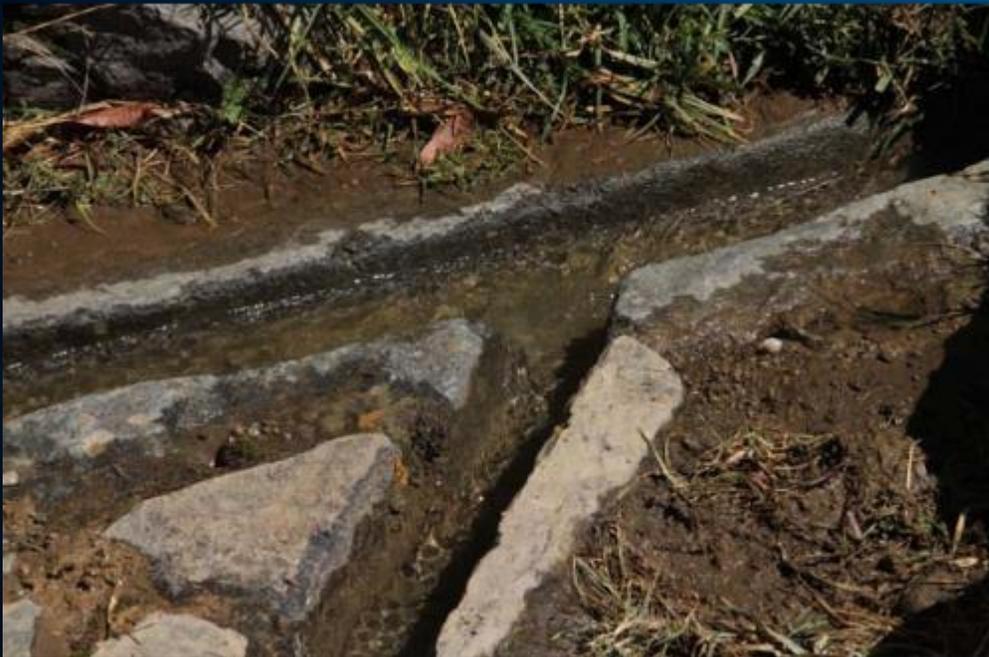
which is the equation of a parabola with its vertex at the vena contracta. Solving for  $V$ ,

$$V = \frac{4.01x}{\sqrt{y}}$$

(18)



# Cálculos de sección de canal y caudal



is a common form of the discharge equation for uniform flow in open channels for SI units, referred to as the Manning equation:

$$Q = \frac{1.49}{n} AR_b^{2/3} S_b^{1/2} \quad (15.15)$$

Table 15.1 gives values of  $n$  for various types of boundary surfaces. The major limitation of this approach is that the viscous or relative-roughness effects are not present in the design formula. Hence, application outside the range of normal-sized channels carrying water is not recommended.

## Manning Equation—Traditional System of Units

The form of the Manning equation depends on the system of units because Manning's equation is not dimensionally homogeneous. In Eq. (15.15), notice that the primary dimensions on the left side of the equation are  $L^3/T$  and the primary dimensions on the right side are  $L^{8/3}$ .

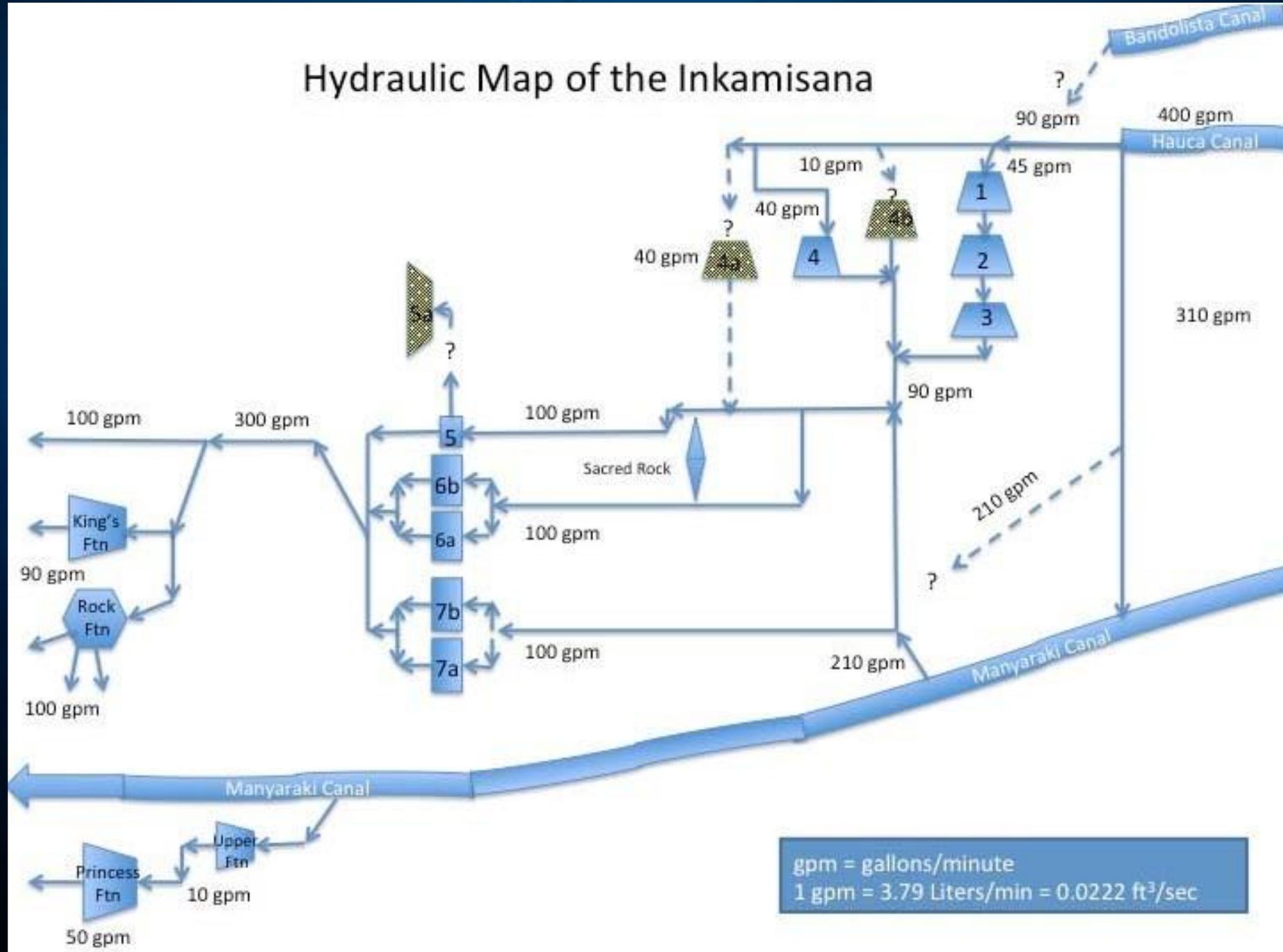
To convert the Manning equation from SI to traditional units, one must apply a factor equal to 1.49 if the same value of  $n$  is used in the two systems. Thus in the traditional system the discharge equation using Manning's  $n$  is

$$Q = \frac{1.49}{n} AR_b^{2/3} S_b^{1/2} \quad (15.16)$$

**TABLE 15.1** Typical Values of Roughness Coefficient, Manning's  $n$

Lined Canals	$n$
Cement plaster	0.011
Untreated granite	0.016
Wood, planed	0.012
Wood, unplanned	0.013
Concrete, troweled	0.012
Concrete, wood forms, unfinished	0.015
Rubble in cement	0.020
Asphalt, smooth	0.013
Asphalt, rough	0.016
Corrugated metal	0.024
<b>Unlined Canals</b>	
Earth, straight and uniform	0.023
Earth, winding and weedy banks	0.035
Cut in rock, straight and uniform	0.030
Cut in rock, jagged and irregular	0.045
<b>Natural Channels</b>	
Gravel beds, straight	0.025
Gravel beds plus large boulders	0.040
Earth, straight, with some grass	0.026
Earth, winding, no vegetation	0.030
Earth, winding, weedy banks	0.050
Earth, very weedy and overgrown	0.080

# Hydraulic Map of the Inkamisana



# Un estudio de ingeniería hidráulica de Incamisana, Ollantaytambo, Perú

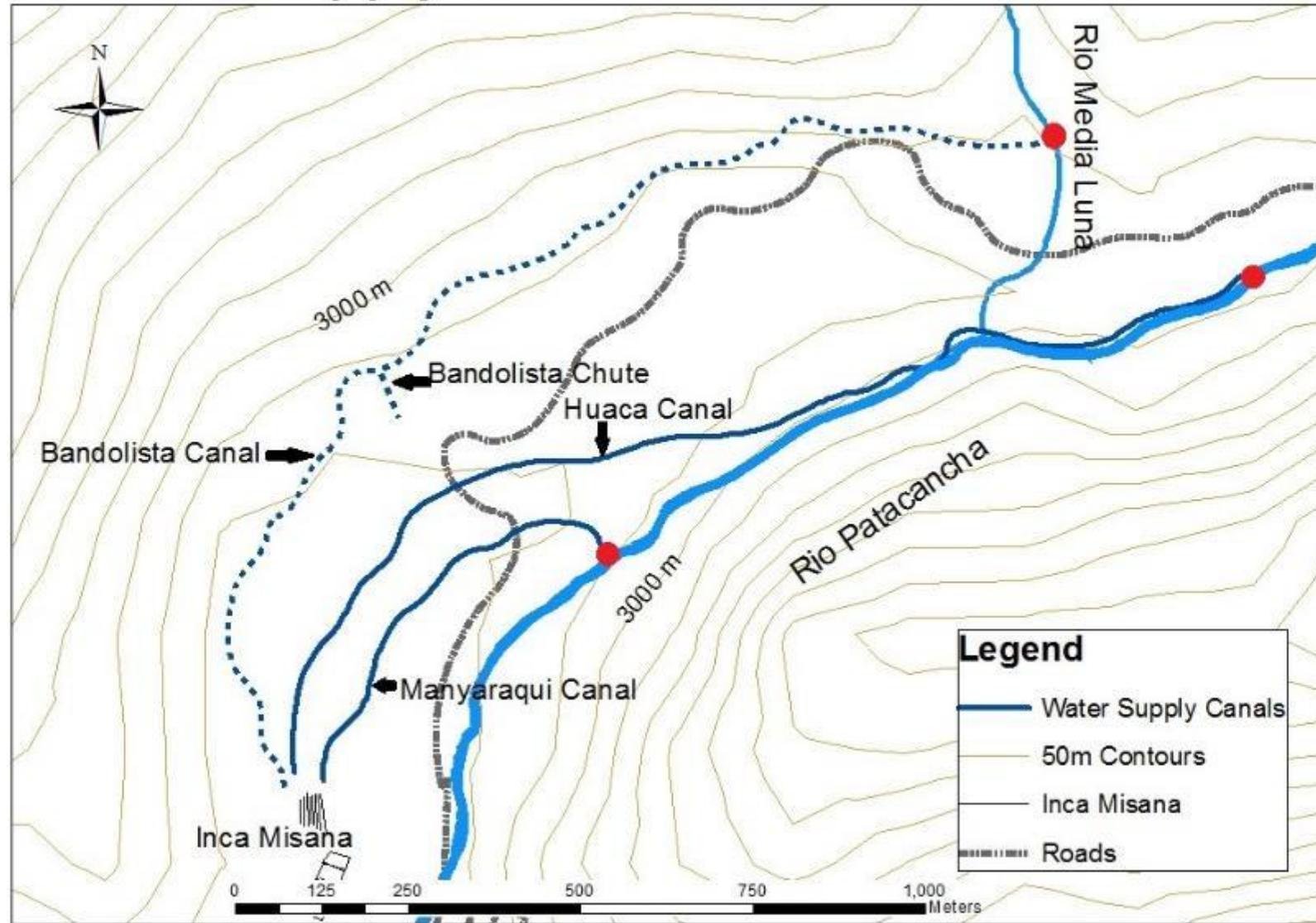
1. Descripción general del Incamisana en Ollantaytambo
2. Hidráulica de las Fuentes Incamisana
3. **Hidrología de las fuentes de agua de Incamisana**
4. Resumen



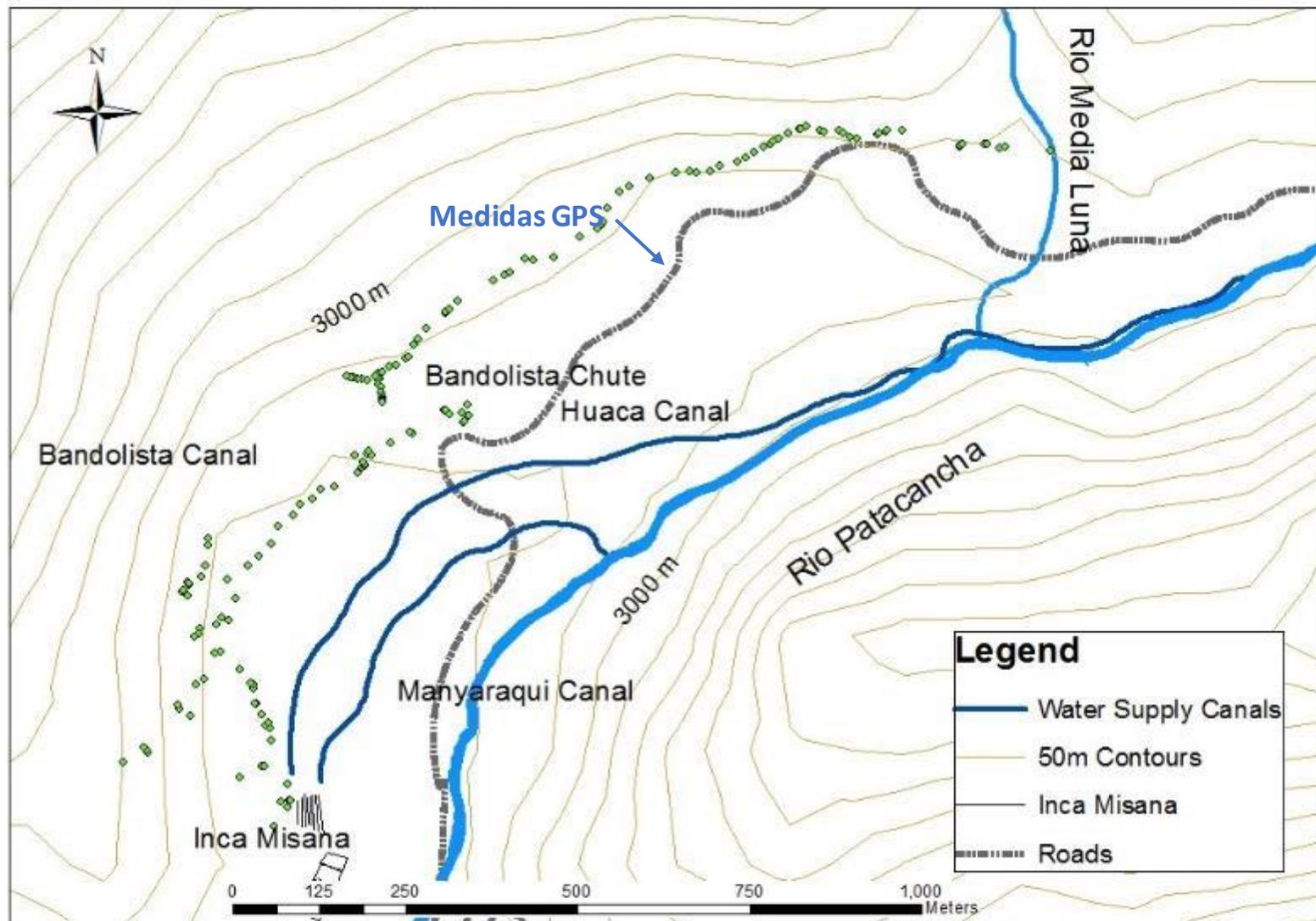


Abastecimiento de agua actual y prehispánico para el Templo al Agua Incamisana

# Suministro de canales a Incamisana



# Suministro de canales a Incamisana



Canal Bandolista

Huaca canal

Canal Manyaraki

Los canales de suministro de agua Bandolista, Huaca y Manyaraki al ingresar al Inkamisana



Origen



El suministro de agua para las fuentes Inkamisana 1, 2, 3 y 4 se realiza a través de un antiguo canal en el borde occidental de la llanura aluvial del río Patakancha.

A este canal, que ha sido mantenido por los agricultores modernos, lo llamamos "Huaca Canal".



Incamisana



Origen



Incamisana



**Canal Manyaraki**  
Proporciona una segunda fuente actual de agua para Incamisana para la Fuente de la Ñusta, y fluye a través del sector Manyaraki.

# Canal Bandolista



El Canal Bandolista tiene una estructura de desvío (boca toma) bien conservada en el Río Puma Paqcha. Este desvío, directamente del arroyo, es la fuente del agua en este canal. Este canal no es alimentado directamente por un manantial.





La mayor parte de la evidencia del Canal Bandolista, valle abajo de Media Luna, se conserva, como las paredes del canal. Las piezas de canal son pocas y distantes entre sí. Este canal se pierde en un deslizamiento de tierra sobre el pueblo de Bandolista, pero continúa por encima de las casas valle abajo del pueblo.

Valle abajo hay alguna evidencia del Canal Bandolista, pero las piezas que quedan indican que este canal es pre-Inca (Killke) y habría continuado en una ruta de flujo por gravedad a las 8 terrazas de Inkamisana.

# Un estudio de ingeniería hidráulica de Incamisana, Ollantaytambo, Perú

1. Descripción general del Incamisana en Ollantaytambo
2. Hidráulica de las Fuentes Incamisana
3. Hidrología de las fuentes de agua de Incamisana
4. **Resumen**



**El templo al agua Incamisana** representa una obra maestra de la ingeniería Inca de planificación y construcción para ceremonias y ofrendas religiosas enfocadas en el agua.

La arquitectura y las obras hidráulicas definen un templo de alto estatus para el culto al agua