



Metodo ATLAS – Fase B (Funzione) /Akapana e Tempio Semisotterraneo

Premessa paleoidrologia e paleoclimatologia della piana di Titicaca:

- Il Lago Titicaca ha conosciuto cicli di livelli molto diversi nel Quaternario, con regressioni profonde e lacustrazioni più ampie del presente.
- Episodi di paleo-lago Ballivián (~3860 m) o livelli intermedi pongono la piana di Tiahuanaco in un contesto di regime idrico significativamente diverso nel profondo passato.
- Queste variazioni sono legate a grandi cambiamenti climatici, non a costruzioni antropiche, ma offrono un quadro principale per comprendere possibili condizioni di saturazione o drenaggio naturale prima dell'insediamento umano.

1. Fluttuazioni dei livelli del Lago Titicaca nel Quaternario:

Oscillazioni significative del livello:

Gli studi geologici documentano notevoli fluttuazioni del livello del Lago Titicaca nel Quaternario, con fasi in cui il lago era molto più basso o più alto di oggi. Gli eventi chiave includono:

- livelli del lago fino a ~240 m più bassi dell'attuale in un periodo molto antico (probabilmente >90.000 anni fa).
- livelli fino a ~90 m al di sotto dell'attuale tra circa 8.000 e 3.600 anni fa. Queste variazioni sono legate a cambiamenti climatici, non a interventi umani.

Questi dati mostrano che la piana del Titicaca ha sperimentato ampie oscillazioni idriche naturali, con periodi di regressione lacustre e lacustrazione maggiore rispetto al presente. Questi cambiamenti hanno inevitabilmente influito sui sistemi fluviali secondari e sulle linee di drenaggio collegate.

2. Paleolivelli e variazioni nel lungo periodo:

Episodi di paleo-lago:

Ricerca geomorfologica indica ambienti lacustri diversi con nomi specifici associati alla storia del lago nell'Altopiano settentrionale (attorno a Titicaca):

- Paleolago Mataro a circa 3.950 m s.l.m.
- Paleolago Cabana a circa 3.900 m s.l.m.
- Paleolago Ballivián a circa 3.860 m s.l.m.
- Paleolago Minchín a circa 3.825 m s.l.m.
- Paleolago Tauca a circa 3.815 m s.l.m.
-

Questi livelli sono stati associati a fasi di lacustrazione tra circa 25.000 e oltre 10.000 anni fa, con paleolivelli spesso molto più alti o più bassi dell'attuale.

La posizione della Piana di Tiahuanaco (~3.840-3.870 m s.l.m.) rientra in alcune di queste fasce paleolacustri più elevate (Ballivián o Minchín/Tauca) nei periodi antecedenti all'Olocene.

3. Cause dei cambiamenti di livello Relazione con il clima:

Le variazioni del livello non sono state stabili ma rispondono a cambiamenti climatici regionali, in particolare a mutamenti del bilancio tra precipitazione e evaporazione nel grande bacino endoreico dell'Altopiano. Con un bacino quasi chiuso come quello di Titicaca, anche piccole variazioni climatiche potevano causare grandi oscillazioni di livello.

Le evidenze paleoclimatiche indicano fasi di aridità e umidità variabile durante l'Olocene, con alti livelli del lago nei periodi umidi e regressioni negli intervalli più aridi.

Contestualizzazione geomorfologica

Queste ricostruzioni suggeriscono che:

- La Piana di Tiahuanaco, nel suo sviluppo più antico, si trovava entro un bacino lacustre molto più ampio di oggi, forse con livelli dell'acqua molto diversi.
- Con l'abbassamento progressivo dei livelli nel tempo, le aree marginali della piana potrebbero essere state zone di drenaggio naturale, paludose o con ricorrenti periodi di saturazione.
- In contesti di regressione lacustre, i rami fluviali come il Tiwanaku avrebbero potuto contribuire a formare zone di piana alluvionale con rami incrociati e canali secondari a regime variabile.

Questa dinamica supporta l'idea che la piana non fosse staticamente asciutta e uniforme, ma soggetta a variazioni idrologiche importanti nel profilo geomorfologico.

1. Tabella Comparativa Morfo-Funzionale

| Parametro | Akapana | Tempio Semisotterraneo | Distanza (m) | Azimut h (°) | Δh (m) | Pendenza media (%) | Osservazioni Funzionali |
|----------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------|--------------|----------------|--------------------|--|
| Quota centro (m s.l.m.) | 3866 | 3857.09 | 150.47 | 13.98 | ≈ 9 | $\approx 6\%$ | Gradiente coerente con deflusso gravitazionale |
| Escursione interna (m) | — | 0.664 | — | — | — | $\approx 2.6\%$ | Superficie con micropendenza rilevata |
| Gerarchia altimetrica | Nodo dominante | Nodo altimetrico subordinato | — | — | — | — | Sistema a gradiente discendente |
| Relazione con canali M/P/Q | Canale L, connessioni P/Q | Possibile ricezione/deflusso | — | — | — | — | Integrazione nel sistema idraulico urbano |

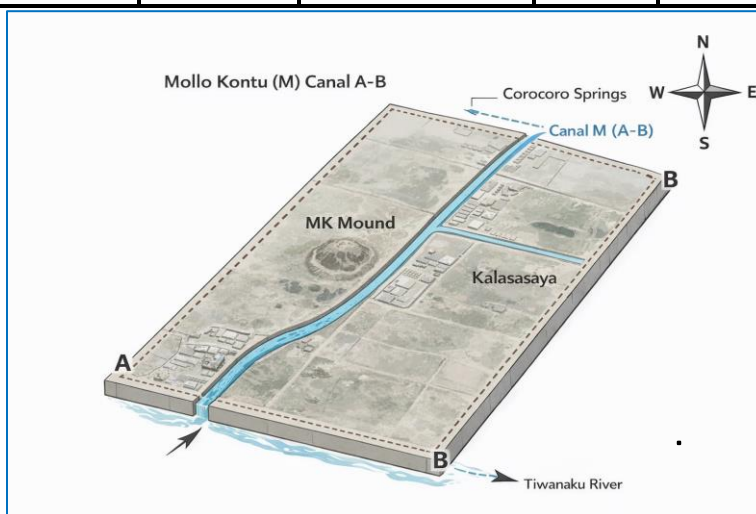


Figura 1 Sistema idraulico territoriale (canale M e contesto generale)

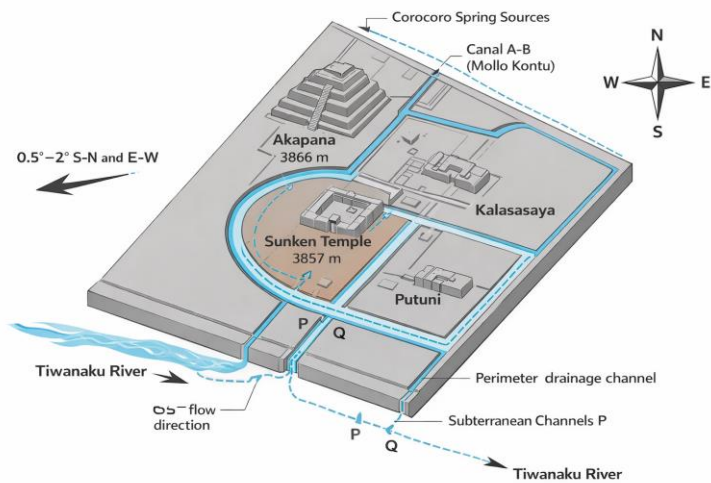


Figura 2 – Schema morfofunzionale Akapana–Semisotterraneo

Schema tecnico del canale M

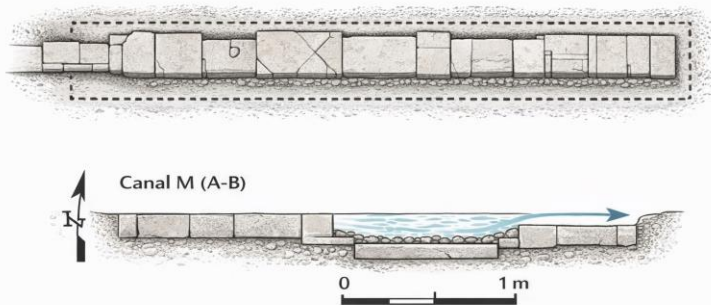


Figura 3 – Schema tecnico del canale M (sezione)

Dati altimetrici territoriali: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM 30 m), NASA / USGS, elaborazione DEM.

- **Planimetrie Akapana (≈ 257 × 197 m):**

Dimensioni planimetriche Akapana: da letteratura archeologica standard (Kolata 1993; Janusek 2008; Ponce Sanginés). Misurazioni georeferenziate dirette Tempio Semisotterraneo e Kantatallita: rilievi satellitari (Google Earth Pro) con verifica altimetrica SRTM.

- **Schema canali M–P–Q:**

rielaborazione grafica originale dell'autore su base di studi idraulici pubblicati (Water Journal, MDPI, studio idraulico urbano di Tiwanaku).

Sistema Akapana – Tempio Semisotterraneo

Analisi geometrica, altimetrica e relazionale:

L'analisi funzionale del sistema Akapana–Tempio Semisotterraneo è stata condotta integrando:

- i dati altimetrici derivati dalla Fase A (DEM SRTM 30 m), le misurazioni georeferenziate dirette del Tempio Semisotterraneo, le dimensioni planimetriche accademiche della piramide di Akapana ($\approx 257 \times 197$ m). L'obiettivo è verificare la coerenza geometrica e altimetrica tra le due strutture e valutarne la relazione sistemica rispetto ai gradienti naturali del territorio.

1. Gerarchia altimetrica:

Le quote medie registrate sono:

- Akapana: ~ 3866 m s.l.m.
- Tempio Semisotterraneo: ~ 3857 m s.l.m.

La differenza altimetrica media (Δh) è di circa 9 metri.

Il Tempio Semisotterraneo si colloca quindi in posizione altimetricamente subordinata rispetto alla piramide. Questo dato conferma la gerarchia verticale già individuata nella Fase A:

- Akapana costituisce il nodo dominante della dorsale strutturale, mentre il Tempio Semisotterraneo occupa una quota più bassa ma non depressa rispetto al sistema territoriale.

Non si osservano inversioni di gradiente né configurazioni compatibili con bacini chiusi.

2. Orientamento planimetrico:

Le planimetrie accademiche indicano che Akapana è orientata in prossimità dei punti cardinali, con deviazione stimata compresa tra 1° e 2° rispetto al Nord geografico.

Le misurazioni dirette del Tempio Semisotterraneo restituiscono:

- Lato Nord–Sud: azimuth $183,26^\circ$
- Lato Est–Ovest: azimuth $273,76^\circ$

Il Tempio risulta quindi ruotato di circa 3° rispetto all'asse cardinale perfetto. La differenza di orientamento tra le due strutture è pari a circa 2° . Questo scarto è contenuto, sistematico e coerente con un adattamento a micro-pendenze locali o a direttrici funzionali secondarie del sistema.

Non si osservano disallineamenti incompatibili con una pianificazione intenzionale

3. Pendenze interne e comportamento superficiale:

Le misurazioni delle superfici lavorate indicano:

- Tempio Semisotterraneo
- Pendenza N-S $\approx 0^\circ$
- Pendenza E-W mediana $\approx 1,7^\circ$
- Akapana
- Pendenza N-S mediana $\approx 0,9^\circ$
- Pendenza E-W mediana $\approx 2,7^\circ$

La piramide presenta declivi più marcati rispetto alla struttura incassata.

Questa configurazione è coerente con:

- struttura sopraelevata a maggiore capacità drenante,
- struttura ribassata a minore inclinazione,
- distribuzione gravitazionale progressiva

Le pendenze rientrano nell'intervallo compatibile con deflusso lento e controllato.

4. Relazione spaziale diretta:

La distanza misurata tra il centro di Akapana e l'ingresso del Tempio Semisotterraneo è pari a:

- 150,47 metri

L'asse di collegamento presenta orientamento:

- $13,98^\circ$

Tale direttrice non coincide con un asse cardinale puro e introduce una componente angolare secondaria nel sistema monumentale.

La presenza di questa direttrice suggerisce un'organizzazione non casuale dello spazio, in cui la relazione tra le strutture non è solo prossimale ma vettoriale.

5. Definizione funzionale preliminare:

L'analisi combinata di:

- quota,
- orientamento,
- pendenza,
- distanza e asse di collegamento

evidenzia un sistema gerarchico coerente con la morfologia naturale della dorsale. Akapana opera come nodo altimetrico dominante; il Tempio Semisotterraneo si colloca su una quota inferiore ma stabile, senza configurazione di conca né isolamento altimetrico. La distribuzione delle pendenze e l'assenza di inversioni sono compatibili con dinamiche di drenaggio gravitazionale controllato. La configurazione planimetrica e altimetrica non mostra elementi di casualità né incongruenze rispetto ai gradienti naturali individuati nella Fase A. Il sistema Akapana-Tempio Semisotterraneo si presenta come struttura relazionale integrata, coerente con una logica progettuale adattata alla morfologia del territorio. La determinazione specifica della funzione verrà approfondita nelle sezioni successive mediante confronto con le altre strutture principali del complesso.

Akapana – Kantalitta:

La distanza centro-centro tra Akapana e Kantatallita è pari a 239,54 m, con orientamento azimutale 72,92°. Il dislivello stimato tra il nodo sommitale di Akapana (3866 m s.l.m.) e la quota mediana di Kantatallita (3860,3 m s.l.m.) risulta pari a circa 5,7 m. La pendenza media calcolata (~2-3%) rientra nella fascia compatibile con deflusso gravitazionale lento e continuo. A differenza della relazione Akapana-Tempio Semisotterraneo, caratterizzata da un Δh più marcato (~9 m), il collegamento verso Kantatallita presenta un gradiente più dolce, compatibile con una funzione di redistribuzione o transito idraulico.

Analisi geometrica, altimetrica e relazionale:

La relazione tra il nodo sommitale di Akapana e la struttura di Kantatallita è stata analizzata mediante confronto centro-centro, verificando coerenza altimetrica, direzione azimutale e orientamento planimetrico della struttura secondaria.

1. Relazione altimetrica:

La quota mediana di Akapana è pari a circa 3866 m s.l.m., mentre la quota mediana di Kantatallita risulta pari a circa 3860,3 m s.l.m. Il dislivello stimato (Δh) tra le due strutture è pertanto di circa:

- 5,7 metri

La distanza lineare centro-centro misurata è pari a:

- 241,27 metri

La pendenza reale lungo l'asse di collegamento risulta:

- $5,7 / 241,27 = 0,0236 \rightarrow \approx 2,36\%$

(corrispondente a circa $1,35^\circ$)

Tale valore rientra nell'intervallo compatibile con deflusso gravitazionale lento e continuo, privo di condizioni di ristagno o di erosione accelerata.

La relazione altimetrica conferma una gerarchia discendente coerente con la morfologia naturale della dorsale monumentale.

2. Direzione del collegamento:

L'asse Akapana → Kantatallita presenta orientamento azimutale: $73,06^\circ$ Considerando il vettore opposto ($253,06^\circ$), l'asse risulta coerente con la direzione generale di deflusso territoriale individuata nella Fase A, orientata verso Ovest-Sud-Ovest. Questo dato indica che il collegamento tra le due strutture si dispone lungo una direttrice compatibile con il gradiente naturale della piana.

3. Orientamento planimetrico di Kantatallita:

Le misurazioni dirette della planimetria restituiscono: Lato Nord-Sud: 18,42 m – azimuth $180,72^\circ$ Lato Est-Ovest: 14,06 m – azimuth $269,95^\circ$ La struttura risulta quindi quasi perfettamente allineata ai punti cardinali, con scarti inferiori al grado. L'asse di collegamento Akapana → Kantatallita ($73,06^\circ$) non risulta né parallelo né ortogonale ai lati della struttura: Differenza rispetto al lato Est-Ovest: $\approx 17^\circ$ Differenza rispetto al lato Nord-Sud: $\approx 72^\circ$ Ne consegue che Kantatallita non è orientata verso Akapana, ma mantiene un impianto cardinale indipendente rispetto alla direttrice di collegamento.

4. Interpretazione relazionale:

La configurazione complessiva evidenzia: Nodo altimetrico dominante (Akapana) Nodo subordinato su gradiente dolce (Kantatallita) Collegamento diagonale coerente con la morfologia naturale Struttura planimetricamente cardinale attraversata da asse obliquo A differenza della relazione Akapana-Tempio Semisotterraneo ($\Delta h \approx 9$ m), caratterizzata da gradiente più marcato, il collegamento verso Kantatallita presenta pendenza più moderata

- ($\approx 2,36\%$),

compatibile con dinamiche di redistribuzione o transito idraulico secondario lungo gradiente dolce.

5. Sintesi:

L'analisi altimetrica, vettoriale e planimetrica non evidenzia disposizione casuale delle strutture. La relazione tra Akapana e Kantatallita risulta coerente con: gerarchia altimetrica discendente, compatibilità con drenaggio gravitazionale, inserimento lungo direttrice conforme al gradiente territoriale. La definizione funzionale verrà ulteriormente verificata mediante confronto con le altre strutture principali del complesso.

Akapana – Kalasasaya:

Analisi geometrica, altimetrica e relazionale:

La relazione tra il nodo sommitale di Akapana e la piattaforma monumentale di Kalasasaya è stata analizzata mediante confronto centro-centro, verifica altimetrica lungo asse vettoriale e controllo dell'orientamento planimetrico della struttura.

1. Relazione altimetrica:

Le quote medie di riferimento risultano:

- Akapana: ~3866 m s.l.m.

Kalasasaya (quota mediana planimetrica):

- ~3858,9 m s.l.m.

Il dislivello stimato (Δh) tra le due strutture è pari a circa:

- 7,1 metri

La distanza lineare centro-centro misurata è pari a:

- 178,24 metri

La pendenza reale lungo l'asse di collegamento risulta:

- $7,1 / 178,24 = 0,0398 \rightarrow \approx 3,98\%$

(corrispondente a circa $2,28^\circ$)

Il valore rientra nella fascia compatibile con deflusso gravitazionale lento e controllato, coerente con quanto già rilevato nella relazione Akapana-Tempio Semisotterraneo.

Non si osservano inversioni di gradiente né discontinuità altimetriche.

2. Direzione del collegamento:

L'asse Akapana → Kalasasaya presenta orientamento azimutale:

- $337,61^\circ$

L'asse risulta quindi inclinato di circa 22° rispetto al Nord geografico, configurandosi come direttrice Nord-Ovest / Sud-Est. Tale asse non coincide con un orientamento cardinale puro.

3. Orientamento planimetrico di Kalasasaya:

Le misurazioni dirette della planimetria restituiscono: Lato Nord-Sud: 119,1 m – azimuth $359,68^\circ$ Lato Est-Ovest: 143,83 m – azimuth $89,76^\circ$ La struttura risulta quindi quasi perfettamente allineata ai punti cardinali, con scarti inferiori a mezzo grado. Il confronto angolare tra asse di collegamento e orientamento planimetrico evidenzia: Differenza rispetto all'asse Nord-Sud: $\approx 22^\circ$ Nessuna parallelità né ortogonalità diretta. Ne consegue che Kalasasaya mantiene un impianto cardinale indipendente rispetto alla direttrice di collegamento con Akapana.

4. Superficie e comportamento altimetrico:

La superficie interna di Kalasasaya presenta pendenza mediana prossima a 0° lungo entrambi gli assi principali. La piattaforma risulta quindi livellata artificialmente, con comportamento planare più marcato rispetto alla morfologia naturale circostante. I punti misurati lungo il settore sud-occidentale mostrano: continuità altimetrica, gradiente progressivo, assenza di bruschi salti di quota. Questo suggerisce raccordo graduale tra piattaforma e territorio esterno.

5. Inquadramento sistemico

La relazione Akapana–Kalasasaya evidenzia: Nodo altimetrico dominante (Akapana) Piattaforma cardinale subordinata (Kalasasaya) Collegamento diagonale coerente con il gradiente naturale territoriale Pendenza compatibile con dinamica gravitazionale controllata. La configurazione complessiva risulta coerente con la gerarchia altimetrica individuata nella Fase A e non mostra elementi di casualità planimetrica o disallineamento incoerente rispetto alla morfologia della dorsale. La determinazione funzionale specifica verrà ulteriormente verificata mediante analisi delle strutture intermedie e confronto con le altre componenti del complesso monumentale. La differenza tra asse cardinale della piattaforma e asse obliquo di collegamento conferma una distinzione tra orientamento architettonico e vettorialità relazionale del sistema.

Akapana – Putuni:

Analisi geometrica, altimetrica e relazionale:

La relazione tra il nodo sommitale di Akapana e la struttura di Putuni è stata analizzata mediante verifica centro–centro e controllo della progressione altimetrica lungo il fronte nord-ovest della piramide.

1. Progressione altimetrica del fronte nord-ovest:

Le misurazioni degli angoli interni ed esterni della muraglia nord-occidentale evidenziano quote medie comprese tra 3864,07 m e 3865,24 m s.l.m., con dislivelli rispetto al summit di Akapana (≈ 3866 m) compresi tra 0,7 e 2 m. La configurazione non mostra salti altimetrici né inversioni di gradiente, ma un raccordo progressivo e coerente con declivio controllato. Il fronte nord-ovest si configura pertanto come livello intermedio artificiale tra nodo dominante e piattaforme subordinate.

2. Relazione centro–centro:

La distanza lineare tra il centro di Akapana e il centro di Putuni è pari a 224,33 m, con orientamento azimutale $308,32^\circ$. La quota mediana di Putuni risulta pari a circa 3861,8 m s.l.m. Il dislivello stimato (Δh) è pertanto di circa 4,2 m. La pendenza reale lungo l'asse di collegamento risulta: $4,2 / 224,33 = 0,0187 \rightarrow \approx 1,87\%$ ($\approx 1,07^\circ$) Il valore rientra nell'intervallo compatibile con deflusso gravitazionale lento e controllato, risultando inferiore alle pendenze registrate nelle direttrici Akapana–Tempio e Akapana–Kalasasaya.

3. Orientamento planimetrico di Putuni:

La planimetria di Putuni risulta quasi perfettamente cardinale: Lato N–S: azimut $0,75^\circ$ Lato E–W: azimut $88,18^\circ$ L'asse di collegamento Akapana \rightarrow Putuni ($308,32^\circ$) non risulta né parallelo né ortogonale agli assi planimetrici della struttura, configurandosi come direttrice obliqua indipendente.

4. Inquadramento sistemico:

La sequenza altimetrica 3866 → 3865 → 3864 → 3861 evidenzia progressione discendente coerente lungo la dorsale monumentale nord-occidentale. Putuni si colloca su gradiente più dolce rispetto alle altre strutture radiali, suggerendo funzione subordinata di transito o redistribuzione secondaria nel sistema complessivo. L'insieme dei dati non evidenzia disposizione casuale, ma gerarchia altimetrica scalare coerente con morfologia naturale e possibile logica progettuale adattativa.

Akapana – Pumapunku:

Analisi geometrica, altimetrica e relazionale:

La relazione tra il nodo sommitale di Akapana (≈ 3866 m s.l.m.) e la piattaforma monumentale di Pumapunku è stata verificata mediante confronto centro-centro, controllo altimetrico e analisi della pendenza reale lungo l'asse vettoriale di collegamento.

1. Relazione altimetrica:

La quota mediana della piattaforma di Pumapunku risulta pari a circa 3863,65 m s.l.m., con escursione interna compresa tra 3860,04 m e 3865 m. Il dislivello reale (Δh) rispetto al nodo dominante di Akapana è pari a circa:

- $\Delta h \approx 2,35$ m

a distanza lineare centro-centro misurata è pari a:

- ≈ 980 m

La pendenza reale lungo l'asse di collegamento risulta:

- $2,35 / 980 = 0,00239 \rightarrow \approx 0,24\%$

(corrispondente a circa $0,14^\circ$)

Il valore evidenzia un gradiente estremamente debole, incompatibile con configurazione di drenaggio principale o gerarchia altimetrica marcata. A differenza delle relazioni Akapana-Tempio Semisotterraneo ($\approx 6\%$) e Akapana-Kalasitasaya ($\approx 4\%$), il collegamento verso Pumapunku non presenta declivio significativo.

2. Direzione del collegamento:

L'asse Akapana → Pumapunku presenta orientamento azimutale:

- $\approx 233^\circ$

La direttrice si dispone lungo asse Sud-Ovest / Nord-Est, coerente con la morfologia generale della piana ma non configurabile come asse discendente dominante.

3. Inquadramento funzionale preliminare:

I dati altimetrici indicano che Pumapunku:

- non si configura come nodo terminale subordinato;
- non rappresenta punto di accumulo gravitazionale rispetto ad Akapana;
- non costituisce punto di scarico principale del sistema radiale settentrionale.

La piattaforma risulta quasi co-planare rispetto al livello dominante della dorsale monumentale, suggerendo funzione distinta rispetto ai circuiti discendenti individuati nelle altre relazioni analizzate. La relazione Akapana–Pumapunku evidenzia pertanto configurazione laterale su piano alto, compatibile con organizzazione territoriale multipolare piuttosto che con sistema lineare di drenaggio unidirezionale.

Sintesi funzionale del sistema radiale:

L'analisi delle relazioni altimetriche e vettoriali tra Akapana e le principali strutture del complesso evidenzia:

- gerarchia altimetrica marcata verso Tempio Semisotterraneo e Kalasasaya;
- gradiente discendente scalare verso Putuni;
- configurazione quasi co-planare verso Pumapunku;
- assenza di inversioni di gradiente o bacini chiusi non coerenti.

Il sistema non si configura come semplice schema di drenaggio lineare, ma come organizzazione gerarchica su più livelli altimetrici, con nodi dominanti, piattaforme subordinate e comparti laterali su piano alto. Le pendenze registrate rientrano nell'intervallo compatibile con deflusso gravitazionale lento e controllato, senza evidenza di erosione accelerata o accumulo stagnante. La configurazione complessiva risulta coerente con logica progettuale adattata ai gradienti naturali del territorio, senza elementi di casualità geometrica. La determinazione specifica della funzione verrà ulteriormente verificata nella fase successiva mediante analisi morfologica dettagliata delle singole strutture (Fase C – Forma).



- Modello concettuale di sintesi funzionale (Fase B), elaborazione grafica originale dell'autore su base di dati DEM SRTM 30 m, misurazioni satellitari e calcoli altimetrici centro-centro.

Limiti e ricerche future:

Sintesi e grado di certezza (Fase B — funzione):

L'analisi morfo-altimetrica e la comparazione delle pendenze reali fra nodi (Akapana, tempio semisotterraneo, Calasasaya, Putuni, Pumapunku e reti di canali) mostrano una configurazione coerente con reti di drenaggio gravitazionale lente e diffuse: i gradienti medi (1-5%) e le relazioni di quota centro-centro sono compatibili con deflussi controllati verso i rami del Río Tiwanaku. Queste evidenze planimetriche e topografiche sono coerenti con i modelli idraulici e con precedenti analisi ingegneristiche pubblicate per il bacino. Tuttavia, per trasformare questa compatibilità in prova diretta di funzione idraulica occorrono dati sedimentologici e cronologici puntuali (carotaggi, analisi micromorfologica e datazioni $^{14}\text{C}/\text{OSL}$ dei riempimenti). In assenza di questi dati la nostra interpretazione rimane la ipotesi funzionale più coerente con le evidenze disponibili, ma con margine di incertezza che richiede i test stratigrafici raccomandati. Azioni consigliate (prioritarie): carotaggi mirati ai riempimenti dei canali, analisi micromorfologica e datazioni dirette; prospezione GPR per mappare continuità strutturali; modellazione idraulica integrata con scenari paleoclimatici.

Fonti:

- Ortloff, C. R. & Kolata, A. L. — Hydraulic analysis of Tiwanaku aqueduct structures at Lukurmata and Pajchiri, Bolivia. (analisi ingegneristica dei canali/strutture)
- Janusek, J. W. — studi sul paesaggio, infrastrutture idrauliche e raised fields nella regione andina; analisi dell'ingegneria dell'acqua come pratica sociale.
- Rassegna paleoidrologica / livelli del Lago Titicaca (review papers su paleolivelli e dinamiche Holocene) — vedi gli articoli di sintesi sul paleoclima e paleolimnologia del bacino; questi lavori documentano la grande variabilità idrica che rende plausibile la necessità di gestione.
- Documento tecnico / modello) — studi recenti di modellizzazione idraulica di sezioni e flussi nei canali del sito (Dott, Kaillachuro) Accademia.edu