

# LA PROTECCIÓN DE MUROS ARQUEOLÓGICOS CON TIERRA ESTABILIZADA CON CAL EN INGAPIRCA, ECUADOR

Mónica Pesantes Rivera<sup>1</sup>, Luis Fernando Guerrero Baca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, mona9599@yahoo.com

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México, México, luisfg1960@yahoo.es

**Palabras clave:** identidad, tierra compactada, protección de muros, puzolanas, mantenimiento.

## Resumen

El Complejo Arqueológico de Ingapirca en Ecuador presenta serias afecciones en sus muros conformados por piedra y tierra, afecciones que exigen intervenciones sustentadas en estudios rigurosos que justifiquen sus acciones. La falta de esta condición indispensable en los planteamientos puede derivar en mayores daños al bien. La ponencia se enfoca en abordar no sólo el problema tecnológico en el uso de sistemas constructivos y materiales tradicionales, también en los problemas generados por la existencia de vacíos en la investigación o la falta de un sustento adecuado de la propuesta planteada. También se presentan los resultados de un trabajo de intervención en la plataforma y muros de la estructura conocida como “La Elipse” en el complejo arqueológico, que consistieron en aplicar la tierra local (quillucaca), estabilizada con cal para su posterior compactación y curado. La efectividad de la estabilización de la quillucaca, rompe planteamientos oficiales basados en el empleo de morteros de cal, luego de la investigación sobre las causas de deterioro y afecciones que presentaba el sitio.

## 1 INTRODUCCIÓN

Contar con estudios e investigaciones rigurosas para sustentar la intervención en bienes del patrimonio cultural es fundamental; en el caso del tema a investigar, la propia Carta Internacional para la Gestión del Patrimonio Arqueológico en su Artículo 4 establece “La protección del patrimonio arqueológico debe basarse en el más completo conocimiento posible de su existencia, de su amplitud y de su naturaleza.” Esto implica incluso la revisión de documentación-registro de acciones ya ejecutadas, pues son parte integrante de la construcción de la integridad y autenticidad del bien.

La falta o poca claridad en esas acciones, puede derivar en contratiempos y afecciones en los procesos de conservación al bien que se pretende proteger. El presente documento, aborda esa situación y las acciones emergentes necesarias que se emprendieron y derivaron en una investigación que rompe con más de 40 años de una “determinante” equivocada que definía procesos de intervención en el Complejo Arqueológico de Ingapirca (CAI).

Ingapirca constituye el complejo arqueológico más importante del Ecuador, ubicado a la altitud de 3.160 m de origen Cañari (500 d.C.) sobre la que se levantó un conjunto de edificios de piedra, que representa el símbolo del poder de la civilización Inca en Ecuador. Sitio asociado al Qhapac Ñan, camino ancestral andino declarado Patrimonio Mundial de la Humanidad, y conforme deterioro, por lo que, en el 2019, técnicos del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC), fue objeto de diferentes intervenciones que llegaron a modificar la técnica constructiva de La Elipse y el sistema de drenaje de su superficie.

La Elipse del CAI está conformada por sillares finamente trabajados y la superficie de su plataforma, el piso, está construido por capas de tierra con presencia de arcillas expansivas propias del sitio, (quillucaca), por lo que el mantenimiento continuo para garantizar su conservación se vuelve indispensable. Lamentablemente la falta de recursos hizo que se acumularan los problemas y técnicos del INPC elaboran el “Proyecto de conservación de La

Elipse y barranco del Complejo Arqueológico de Ingapirca" con el objetivo de solventar los problemas emergentes señalados.

Los trabajos que se contratan se centran en:

1. Correcciones de declives e impermeabilización de la superficie de La Elipse.
2. Reemplazo del material de los lomillos sobre los restos de muros y mortero.
3. Implementación del sistema de conducción de aguas de La Elipse y su entorno inmediato.

Había una determinante que marcaba y definía acciones para cualquier propuesta de intervención, era la presencia de una losa de concreto construida en 1975 (Díaz, 2013, p.45) y, conforme el proyecto de "Conservación de La Elipse y Barranco de Complejo Arqueológico de Ingapirca"<sup>1</sup>, tenía un espesor promedio de 12 cm, cubría la superficie de La Elipse y estaba recubierta por una lámina de impermeabilizante asfáltico. En el proyecto se partía de la premisa de que dichos componentes agregados no podían ser expuestos a humedad alguna debido a que esto generaría la producción de grandes cantidades de sales (especialmente sulfatos y carbonatos de calcio) que, al disolverse y fluir hacia el exterior, ya sea entre los formatos pétreos o a través de la roca, ocasionaría graves daños por efecto de su recristalización.

Ese flujo además arrastraba arcillas de los morteros existentes, carbonatos y cuarzo libre, entre otros minerales, infiltrándose en las caras expuestas de los sillares que, por los cambios de temperatura, humectación y desecación, provocarían presiones de expansión y contracción con posteriores rupturas micro y macroscópicas. Bajo estas consideraciones, la propuesta de protección a la losa de concreto exigía la substitución de la lámina asfáltica para garantizar el equilibrio estructural y físico químico de La Elipse.

Al revisar los documentos oficiales de apoyo para la ejecución, surgen inquietudes ante planteamientos poco claros o contradictorios como el uso de la cal viva con alta pureza en lomillos y plataforma de La Elipse, que provocarían cambios de color y por lo tanto alteración en la imagen del complejo. A más de generar contradicciones con normas y conceptos técnicos, se violentaría la autenticidad del bien.

Todo esto detiene el inicio de la ejecución de las obras contratadas, y para superar esos inconvenientes, se decide llevar a cabo una revisión de las propuestas a partir de la ampliación del número de especialistas y la colaboración de colegas de México.

Con el objetivo de actualizar la información sobre la situación de la membrana asfáltica y la losa, se dispone desde la dirección nacional de arqueología del INPC, que dos técnicos de esta dependencia realicen dos calas en la plataforma de La Elipse. Como resultado, se observó que una de las calas realizadas no evidenciaba la presencia de losa, lo que conduce a la Comisión Técnica a un replanteamiento del proceso previsto y a la revisión de objetivos y de actividades determinadas en el contrato.

Se hacía necesario comenzar por identificar a detalle la situación y estado de conservación de la "losa" y la lámina de impermeabilización de La Elipse; la información que sustentaba las acciones contratadas era inconsistente, y esto generaría efectos incidentes en el valor simbólico del principal referente de la cultura Cañari e Inca en el Ecuador y el más importante centro arqueológico del país.

## 2 MARCO TEÓRICO

El interés por los hechos pretéritos siempre ha sido una constante en la humanidad; el relato y el encuentro histórico es una búsqueda continua para conocer ese tiempo ya culminado (y quizá olvidado), y tratar de entender el presente y platear escenarios futuros; sin embargo, es el acercamiento a los objetos del pasado, que actúan como vehículos transmisores de percepciones y significados, lo que permite aprender, construir y fortalecer lazos afectivos

<sup>1</sup> <https://paqu.patrimoniocultural.gob.ec/investigacion/fondo-embajador-usa/>

entre ayer y hoy “porque están presentes ante nuestros ojos y se pueden tocar” (Ballart, 2002, p. 29).

La presencia y contacto con un sitio o complejo arqueológicos, activa la memoria por la experiencia que se vive y se siente, pero, sobre todo, ese contacto es lo que permite reconocer culturas remotas, que, a través de esas huellas físicas, pueden trascender. Ya no son objetos, son bienes con significados, enlaces y raíces que atraen, atrapan y se poseionan en el imaginario y donde la memoria traída y en diálogo con el presente, le actualiza y resignifica. Allí, en ese momento, el bien se ha convertido en símbolo, y es cuando los pueblos del presente imbuidos por lo sentido definen su camino con orgullo o con indiferencia.

Los sitios arqueológicos son lugares donde la evidencia física tiene limitaciones, sin embargo los elementos que lo conforman, deben tener capacidad de comunicar, sobre todo a las nuevas generaciones, para consolidar el valor del sitio como símbolo de una identidad que ha sido asimilado por largo tiempo (Robles, 2005); por lo tanto, el significado se vuelve el desafío fundamental de la arqueología (Binford, 1991), y constituye, sin lugar a duda, el determinante en toda acción encaminada a la conservación y gestión de cualquier sitio arqueológico.

Bajo esta necesidad, el trabajo del arqueólogo consiste en comprender y develar el pasado, conservar y proyectar el significado y la capacidad como símbolo que tiene el sitio para representar los valores propios de su herencia indígena (ICOMOS, 1995); por lo tanto, es una responsabilidad no sólo social, sino también ética, de todas las personas que intervienen en esos procesos de consolidar y proyectar la carga histórica que tiene el sitio.

Allí es donde la autenticidad, como condición del carácter patrimonial de un bien, va a depender de la capacidad que tengan las fuentes de información para transmitir el significado del bien y que sea entendido como símbolo (UNESCO, 2006, p.56). Y en un sitio arqueológico las formas, texturas, color, materiales constitutivos, saberes, entre otros factores que se reflejan en el mismo, constituyen las fuentes de información inmediatas al observador.

Este es el objetivo rector que debe guiar cualquier proceso de intervención, a fin de identificar, mantener, consolidar e incrementar el significado, el valor simbólico del bien patrimonial. La Carta de Burra (ICOMOS, 1999, p.3) establece que “El objetivo de la conservación es preservar la significación cultural”.

De allí la preocupación por investigar técnicas de intervención que no alteren la expresividad y valor cultural de un sitio arqueológico, usando materiales y formas constructivas tradicionales y locales. Todo esto exige una documentación y estudios rigurosos, traducidos en fotografías, planos, dibujos, fichas, análisis, etc. Material que permita proponer formas coherentes de intervención en respuesta a los problemas presentados en el sitio arqueológico, porque su falta puede derivar en acciones que pongan en riesgo al bien o que afecte a su significado y capacidad simbólica.

Teniendo presente la necesidad de generar acciones de mantenimiento tanto preventivo como correctivo en los complejos arqueológicos, desde hace más de 20 años se han venido desarrollando y aplicando intervenciones con materiales y técnicas tradicionales que han demostrado su efectividad por su presencia en estructuras arqueológicas milenarias, en este caso de manera específica la cal.

El uso de la cal como material constructivo data de las civilizaciones más antiguas (Delatte, 2001; Garate, 2002; Malathy et al., 2003). Construcciones que han perdurado hasta la actualidad evidencian su empleo tanto en acabados como en su estructura, como lo evidencia la ciudad de Jericó (9.600 a.C.), las pirámides de Egipto (2550-2527 a.C. aproximadamente), la Gran Muralla China (445-220 a.C.), sin olvidar el uso en la antigua Grecia.

Sin embargo, es la civilización romana la que desarrolla procesos de mejoramiento y perfección tanto en su fabricación como técnica constructiva (Carrillo, 1992; Garate, 2002; Galván; Velázquez-Castillo, 2011). Ya en América, las culturas mesoamericanas evidencian su uso aproximadamente hace unos 3000 años (Alonso; Barba, 2012, p. 13) pero como tecnología desarrollada dentro de la construcción alrededor del 250 d.C. (Barba; Córdova,

1999, p.3; Palma, 2010, Barba, 2013). Sin embargo, en las culturas de América del Sur no se ha podido registrar su presencia antes del período colonial.

Este conocimiento ha permitido establecer un camino para la recuperación y protección de su patrimonio arqueológico (Punzo et al., 2015). Investigaciones más recientes permiten conocer el trabajo de la cal y tierra compactada como recurso de consolidación de muros arqueológicos en otros países de Latinoamérica, técnica aplicada por más de 15 años con éxito y efectividad para proteger muros de piedra o tierra (Kanan, 2021; Guerrero et al., 2010; Guerrero; Camacho, 2015)

Los complejos arqueológicos, por su propia naturaleza y estado incompleto, son vulnerables a deterioros producidos por su exposición a la intemperie y a la inexistencia de mantenimiento continuo; el uso de la cal, que ha evidenciado su efectividad en procesos de protección aplicados en la actualidad, se convierte en un camino alternativo.

En este marco de actuación, se desarrolla el presente documento que aborda la intervención al mayor complejo arqueológico del Ecuador, Ingapirca, el cual tuvo que cambiar su objetivo inicial para convertirse en una investigación generadora de la información necesaria para las acciones de correcciones al sistema de protección de la plataforma y los muros de La Elipse, a partir de la actualización de procesos institucionalizados de intervención que, por más de 40 años, habían estado sustentados en la aplicación de componentes constructivos ajenos al CAI.

### 3 REDEFINIENDO OBJETIVOS Y PROCESO

La intervención se hizo en La Elipse del CAI, estructura construida en piedra tallada al estilo Inca, a 3160 m de altitud, con temperaturas que en un mismo día pueden variar entre 5°C y 28°C, y menores a 0°C en la noche (Swieciochowski; Ponce, 2014, p.18). La construcción representa el símbolo del poder de la civilización Inca en Ecuador (figura 1).



Figura 1. Elipse a intervenir del Complejo Arqueológico de Ingapirca (Proyecto Restauración y conservación de La Elipse y el barranco de Ingapirca, 2022)

Las diferentes intervenciones realizadas en el sitio, dirigidas a su recuperación, también han llegado a modificar la técnica constructiva de La Elipse, sin embargo su valor simbólico se ha ido posesionando en la conciencia nacional. Por lo tanto, cualquier intervención sobre este bien tiene importancia e interés considerable a nivel técnico y de su comunidad local, principalmente por la alerta sostenida por décadas, en ambos grupos, referente a la presencia de una losa de concreto que cubría la plataforma de La Elipse que no debería ser humedecida.

En ese entorno técnico y social, con las inquietudes identificadas, se organiza el trabajo conjunto entre asesoría, técnicos del INPC y equipo contratado; se revisa la información existente en archivos y se concretan los problemas en dos campos:

1. El uso de la cal en el proyecto, por las altas proporciones establecidas en las especificaciones técnicas, cambiaría el color de los lomillos de los muros hacia tonalidades blancas, además de que su comportamiento sería similar a la del cemento; en el primer caso se estaría alterando la imagen y autenticidad del bien patrimonial, y en el segundo, al estar conformados los muros con piedra asentada con la tierra denominada quillucaca, que es un material dúctil y tendría una evapotranspiración del agua interna diferente a los morteros de cal y arena. Esto provocaría el encapsulamiento del agua al interior de los sustratos.
2. El sistema de impermeabilización de la plataforma de La Elipse planteado, debe ser analizado detenidamente debido a que no se cuenta con información sobre si la lámina asfáltica que se colocó hace más de 25 años ha cumplido su objetivo, proteger de la humedad a la losa; se sabe que en otros sitios impermeabilizados, se han tenido resultados adversos debido a que todo suelo necesita transpirar para evacuar la humedad propia que posee y al tener un elemento asfáltico que lo impide, la humedad retenida empieza a acumularse en su interior, afectando a la losa; adicionalmente, la humedad buscará salir por lugares más fáciles como las juntas entre las piedras o incluso a través de éstas, lo que en realidad sí podría estar afectando al monumento.

Para el primer caso se tenía el conocimiento de que los morteros de las juntas de los muros de piedra al estar compuestos por con altos porcentajes de arcillas montmorilloníticas, desarrollarían una adecuada reacción de estabilización siempre y cuando se emplearan muy pequeñas dosificaciones de hidróxido de calcio. Para definir las proporciones se tomó en cuenta la norma internacional que regula la proporción suelo-cal la ASTM D6276 (2019).

Este método limita radicalmente las cantidades de cal empleadas y no exige altos niveles de su pureza, que, si se requiriera, como se había previsto en el proyecto original hubiera generado complicaciones y costos elevados, por las limitaciones del material en el mercado ecuatoriano. La estabilización de la quillucaca con cal es relativamente sencilla y sólo requiere de análisis de campo de los componentes *in situ* y la capacitación a técnicos y personal vinculado.

Sin embargo, para la segunda observación no se contaba con documentación o datos registrados que evidenciaran el nivel de protección contra la humedad, por lo que la Comisión Técnica definió que se investigaran las condiciones presentes en el material al interior del bien. Esta decisión fue tomada luego de observar los niveles de humedad en el interior de las dos calas realizadas, tanto en la losa como en el quillucaca ubicado bajo la misma.

#### **4 LA INVESTIGACIÓN EN EL SITIO**

Una vez que fueron definidos los nuevos objetivos, nuevos a cumplir, se ingresó en una etapa de investigación técnica que sustentara las acciones a realizar en La Elipse del CAI. La investigación se concreta en:

- a. Caracterizar los diferentes tipos de tierra presentes en el monumento, así como a determinar los rangos de cal que se requerirán para estabilizarlos.
- b. Definir la situación de la lámina asfáltica y conocer el nivel de humedad de la losa, sus características, profundidad y la humedad al interior.

Estos objetivos correspondían lógicamente con el respeto a la integridad y autenticidad del bien a intervenir y a su valor simbólico.

##### **4.1 Metodología de trabajo**

Luego de una primera reunión donde se habló sobre el problema de las arcillas expansivas y formas de control, se toma la decisión colectiva de trabajar con el material propio del lugar, toda vez que es el mismo que fue utilizado para las juntas en los muros de piedra, necesitando estabilizar con bajas dosificaciones de cal. Con esta información de origen se dio paso a la

realización de un taller de capacitación para el personal técnico y personal vinculado con el mantenimiento del CAI.

Culminada la capacitación se procedió a la segunda actividad investigativa que consistía en definir la situación de la lámina asfáltica y el nivel de humedad de la losa, actividad que por sus características requería definir la secuencia de actividades destinadas a la conservación de la integridad del bien. Así se plantearon las siguientes consideraciones y limitantes por parte del equipo técnico a cargo.

Limitantes para precautelar el monumento:

- La excavación de las calas habrá de frenarse al momento de alcanzar el nivel del monolito que constituye el núcleo de La Elipse y que se conoce con el nombre de “Pacarina”,
- Cuando se desarrolla la excavación por varias capas y no se encuentren evidencias de presencia de la losa de concreto, se termina la misma a una profundidad no mayor a 60 cm desde el nivel superficial,
- Para casos con presencia de grandes rocas, esas serían el límite, se entiende que bajo eso no es posible la presencia de losa alguna, por lo que su retiro no tendría sentido, más bien sería perjudicial.
- Toda cala deberá quedar protegida del ingreso de agua.

Secuencia del trabajo en calas:

1. Retiro del quillucaca de la capa superficial, primeros 5 cm.
2. Retiro de quillucaca de la capa previa a la lámina asfáltica
3. Primera medición de humedad de la segunda capa retirada
4. Retiro de lámina asfáltica
5. Retiro de la capa de quillucaca (no mayor de 15 cm, según realidad encontrada)
6. Segunda medición de humedad, (bajo la lámina asfáltica)
7. Retiro de capa de quillucaca, (conforme se encuentre en cada estrato)
8. Tercera medición de humedad de la capa retirada
9. Retiro del hormigón encontrado
10. Retiro de capa de quillucaca
11. Cuarta medición de humedad de la capa retirada

Las calas se realizarían en base a la disposición de ubicación y dimensiones establecidas por la Dirección Nacional de Arqueología del INPC representada en la figura 2.

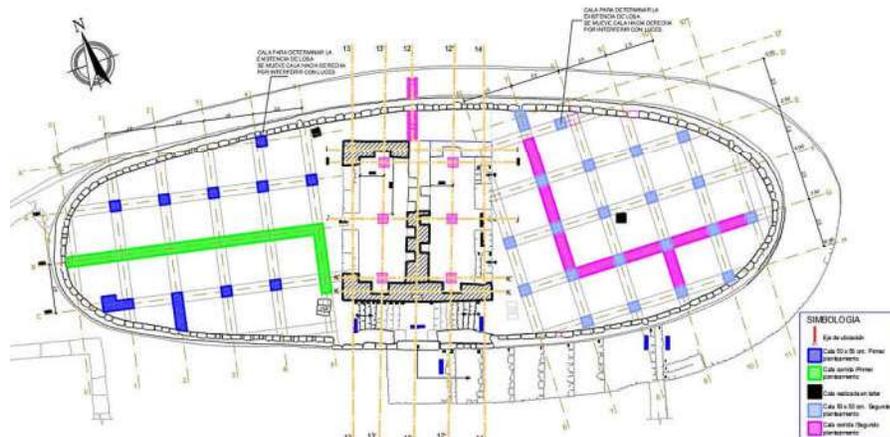


Figura 2. Ubicación de calas en La Elipse (Equipo Técnico Ejecutor, 2022)

## 4.2 Desarrollo de la investigación

Como se mencionó líneas arriba, la generación de conocimientos inició propiamente con el Taller de Capacitación que se enfocó en conocer cómo caracterizar la tierra para definir la que se emplearía en la etapa de ejecución de los trabajos contratados. Luego de esta etapa se abordó la investigación tendiente a definir la situación de la losa y la lámina asfáltica, a partir de la ejecución de las calas previstas.

### a. Caracterización y estabilización de los diferentes tipos de tierra

Se definió la tierra más idónea a emplear para la protección a los muros de La Elipse, recogiendo muestras del entorno al complejo y de la región cercana, a partir de la definición de su abundancia y de la reacción de sus arcillas, observada mediante la caracterización de su cohesividad y retracción:

- Se realizaron pruebas de sedimentación para observar comparativamente porcentajes aproximados de presencia de arcilla, arena, limo y grava.
- Mediante las pruebas de cohesividad que identificó la actividad de las arcillas y la posible necesidad de compensar al material en caso necesario, antes de estabilizarlo (figura 3).

Para estabilizar la tierra del lugar (quillucaca), se tomó como referencia la serie de procedimientos desarrollados en otros complejos arqueológicos conforme lo referido en el punto dos (Guerrero; Camacho, 2015). Se incorporó hidróxido de calcio en seco, en dosificaciones entre el 2 y el 5% a la tierra también en seco, elaborando pequeñas muestras con diferentes dosificaciones en base a la aplicación de la Norma ASTM D 6276 (2019); se definió por la muestra que más se aproximó al pH de 12,34, definiéndose así la composición del material estabilizado a utilizar en la protección de lomillos y plataforma de La Elipse (figura 3).



Figura 3. Prueba de cohesividad y medición de pH  
(Equipo Técnico Ejecutor, 2022)

### b. Definición de la situación de la lámina asfáltica y el nivel de humedad de la losa

La realización de calas en La Elipse permitió poner en evidencia la sorpresiva inexistencia de la losa que se suponía que cubría la plataforma por completo, y que por más de dos décadas había justificado la presencia de una lámina asfáltica en toda la superficie, así como la planificación de su posible reemplazo. Se pudo documentar que la supuesta losa en realidad era sólo una capa de mortero de cemento de grosor irregular que se había colocado a manera de banda perimetral en una longitud aproximada equivalente a dos terceras partes del límite del monumento (figura 4). Sus dimensiones variaban tanto en espesor (entre 2 y 12 cm) como en ancho (entre 70 y 180 cm) y se circunscribía a las alas oeste, norte y este, sin haber llegado a la zona sur en la que se encuentra el acceso a la plataforma.

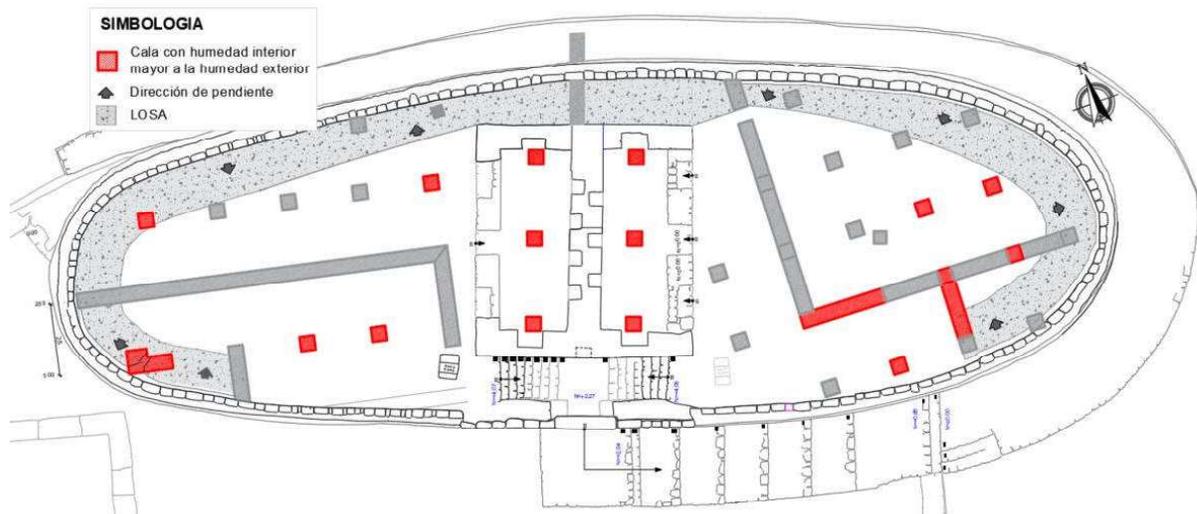


Figura 4. Ubicación de calas con humedad interior mayor a la exterior y la franja de la supuesta “losa”. (Equipo Técnico Ejecutor, 2022)

Para conocer la situación de la humedad y la efectividad de la presencia de la lámina asfáltica, la medición se hizo en cada cala y por capas; obteniendo los resultados registrados en la figura 4. Es necesario señalar que las mediciones se hicieron en tiempo de verano.

### c. Conclusiones de las investigaciones realizadas

- No existe losa que cubra la superficie de La Elipse, sino una banda de mortero de cemento que presenta pendientes hacia el interior y exterior de manera irregular.
- La lámina asfáltica colocada sobre toda la plataforma producía efectos contrarios a los que justificaba su implementación, el proteger a la “losa de cemento” para evitar la generación de sulfatos y sales que migrarían a la piedra, conforme lo refieren los documentos institucionales.
- Los índices de humedad en la tierra bajo la losa y de la misma losa, evidencian que la lámina asfáltica había roto la capacidad de evapotranspiración que pudo tener el bien y la acumulación de humedad en la roca era evidente a través de la facilidad de disgregación del material cuando se realizaba un pequeño raspado sin mayor fuerza.

De toda la información a la que se tuvo acceso, no se encontró gráfico o descripción alguna de losa, excepto en el informe de Díaz (2013, p. 45) que al referirse al informe de la Segunda Temporada de investigaciones arqueológicas (Misión española en 1975), Alcina manifiesta que en el Muro Norte producto de las lluvias del invierno algunas piedras evidenciaban un leve desplome y para “evitar nuevos deterioros se ha procedido a refaccionar parte de esta obra, cubriendo el relleno con una capa de cemento, la cual convenientemente recubierta con quillucaca permitirá que las aguas discurran por fuera de esa zona.”

Esta información coincide con la capa de mezcla de hormigón que no constituye una losa, y que se instaló a fin de consolidar una sección, quizá equivocadamente se pensaba que el material podría proteger para que el agua no afectara o incidiera en la pérdida de verticalidad del muro perimetral que conforma La Elipse. Se debe tener presente que la Pacarina, monolito sobre el que se construyó la obra Inca, no posee una cima horizontal, sino que su cresta más alta se encuentra en la parte central de la actual plataforma y sobre la cual los incas colocaron un adoratorio al que se le conoce con el singular nombre de Cuerpo de Guardia, debido a que durante siglos se pensaba que La Elipse era una fortaleza.

Una vez obtenida esta información, era evidente que el cambio de la lámina asfáltica no era recomendable ni procedente, lo que condujo nuevamente a la consideración de cambios en los procesos y materiales a emplear.

## d. Resoluciones

Teniendo claridad sobre el estado de conservación de la plataforma de La Elipse y sobre la humedad acumulada en su interior, la Comisión de Seguimiento junto con la asesoría definió:

Plataforma de La Elipse:

- Eliminar la lámina asfáltica existente y no reemplazarla.
- Teniendo presente que la lámina asfáltica se ubica debajo de los sillares perimetrales de La Elipse, no retirar sino cortar en sus extremos por el trabajo que eso implicaría y sus costos respectivos.
- Mantener el sistema de recolección de agua lluvia como se venía dando.
- Trabajar la superficie de la plataforma con el mismo material (quillucaca) es decir tierra estabilizada pero compactada en capas, permitiendo la evacuación del agua lluvia.
- Terminar con una capa de gravilla suelta, como protección, para facilitar la evacuación de las aguas de lluvia y con las pendientes necesarias para su correcto desalojo.

Lomillos:

- Los lomillos de los muros de La Elipse deben utilizar el material propio del lugar, pudiendo reutilizarse el material del piso y lomillos existente toda vez que luego de los análisis demostraba que podía recuperar su capacidad de trabajo con adición de cal.
- La tierra nueva a emplearse, quillucaca, requerida de manera adicional, fue definida por el análisis de tierras realizado, y se obtuvo de un sitio cercano llamado Chuguín Grande.
- La estabilización de la tierra se realizó con hidróxido de calcio en polvo, con dosificaciones definidas en las pruebas respectivas iniciales realizadas en el taller de capacitación.
- Se desarrollan pruebas de calidad de la cal cada vez que se compra una nueva remesa de abastecimiento, así como del porcentaje de aplicación.

## 5. EJECUCIÓN

### 5.1 Reemplazo y elaboración de lomillos

Se inició eliminando la pátina vegetal de los lomillos existentes, usando cepillos plásticos para poder retirar y reutilizar el material libre de contaminantes. Se comprobó que el material del lomillo estaba suelto y conforme las pruebas se pudo definir que con un 3 a 5% en volumen de cal, el material reciclado se volvía óptimo para su uso. Se vio la necesidad de incorporar a las mezclas un árido con grano grueso para aumentar su resistencia, se agregó del 15% al 25% en función de la carga que ya tenía la tierra. El control es continuo principalmente en cada preparada tanto de tierra, cal y agua a utilizar, teniendo presente que esta última varía conforme el clima del sitio, por lo tanto, el control debe ser riguroso por parte de los técnicos de la obra.

Se trabaja la mezcla en seco, una vez homogenizada se agrega el agua de manera paulatina hasta conseguir un material suelto que bajo presión manual se cohesione permitiendo conformar esferas para compactar. Esa cualidad permite que en los intersticios entre las piedras resulte más fácil conformar un solo cuerpo. Se incorporó piedra pequeña, entre 3 cm y 10 cm dependiendo de la altura que debía alcanzarse para conseguir un flujo adecuado del agua. Las esferas se colocan en las primeras capas que deben ser lanzadas para permitir que se cohesionen y ganar densidad en la mezcla.

Se trabajó por capas, debiendo las primeras ser compactadas de manera irregular para permitir la unión con la siguiente capa. Para la compactación se usan tiras de madera de 4 cm x 2 cm o 4 cm x 5 cm, y los golpes deben ser uniformes. El proceso de secado genera fisuras y grietas que se solucionan humedeciendo de manera continua para luego seguir con

la compactación que elimina las grietas hasta que se seque. Por lo tanto, el proceso de humectación debe ser constante durante la primera semana.



Figura 5. a) Elaboración de lomillos; b) Elaboración del piso de La Elipse (Equipo Técnico Ejecutor, 2022)

## 5.2 Plataforma de La Elipse

El material empleado y su forma de preparar la mezcla es el mismo de los lomillos, con la diferencia que se trabaja con esferas y también con material dosificado con escasa agua inicialmente, del 8% al 10% (en volumen), permitiendo mayor facilidad de compactación con pisones metálicos (10 cm x15 cm) y en casos donde la presencia de piedras de mayor tamaño no posibilitaba esas herramientas, se utiliza elementos como cabos de picos.

Se trabaja por secciones cuidando que las capas y su compactación respondan a las pendientes establecidas para facilitar el desalojo del agua lluvia, para controlar la humectación y secado de las secciones trabajadas, se mantienen cubiertas con plástico negro y con la hidratación de 3 a 7 días. Como protección final a la superficie se recubrió con una capa de gravilla de río, canto redondo para evitar que filos y puntas puedan dañar el piso compactado.

## 6 CONSIDERACIONES FINALES

Las intervenciones en el Complejo Arqueológico de Ingapirca, a pesar de que han afectado sus sistemas constructivos originales, han contribuido de manera decisiva a develar un bien cultural que hoy constituye un referente territorial. El sitio no sólo tiene un valor simbólico para la comunidad regional, sino que es un hito de identidad para el país. Y es precisamente ese develamiento lo que ha permitido construir el diálogo entre el pasado y el presente, reflejado en la materia del bien como proyección simbólica, por lo que su imagen debe ser protegida y enriquecida.

Las diferentes actuaciones a lo largo del tiempo han enfrentado desafíos por la falta no sólo de recursos económicos, sino también de guías procedimentales propias para este tipo de bienes, entre las que destacan los métodos para documentar históricamente las intervenciones *in situ*. Estas pequeñas acciones pueden derivar en el éxito o fracaso de una actuación.

Lamentablemente, la falta de esa información ha provocado que una mala interpretación de términos derive en la construcción de solicitudes de actuación sin un sustento real, y que hasta hoy haya generado planteamientos que pudieron haber culminado en alguna afección no reversible, a un bien que es patrimonio cultural de la humanidad. La documentación no sólo del bien sino de los procesos de intervención a los que ha sido sometido, registrada de manera rigurosa, son parte constitutiva de las fuentes de información para la conservación de la autenticidad, la integridad y el valor universal del bien.

Un factor fundamental que posibilitó superar los vacíos y contradicciones en los procesos contratados fue la conciencia clara de la necesidad de un cambio de orientación al proceso de intervención por parte de las máximas autoridades; el entendimiento de errores en pasados procesos de documentación, y la incorporación de una etapa decisiva de investigación permitió abordar la intervención de manera coherente con normas, principios y conceptos propios para la conservación de un sitio arqueológico, patrimonio cultural.

En el campo tecnológico y de bajo impacto ambiental, es importante el trabajo realizado con el material propio del lugar, consiguiendo estabilizar la tierra amarilla local (quillucaca) utilizando pequeños volúmenes de hidróxido de calcio en polvo, incrementándose su resistencia y durabilidad, mediante compactación manual, pero conservando la permeabilidad necesaria para mantener el equilibrio de humedad que exige la plataforma de La Elipse y de manera puntual la roca central sobre la que se levantó, la Pacarina.

Este hecho no ha sido medido en su verdadera magnitud por quedar cubierto completamente la roca, sin embargo, los resultados visibles en el proceso de implementación permiten considerar que se trata de una solución sencilla a un problema que siendo complejo se volvió totalmente manejable cuando se contó con la información correcta del origen de la humedad existente.

La estabilización de la quillucaca con cal generó un impacto visual y ambiental prácticamente nulo. Y la sencillez en la aplicación permite que el conocimiento pueda ser absorbido por miembros de la misma comunidad para continuar con su mantenimiento e incluso sea trasladado para aplicar en otro tipo de edificaciones. Esta es una labor que se realizó al abrir un taller de capacitación a comunidad y profesionales que tuviesen interés en la técnica, taller impartido durante el desarrollo de las obras en Ingapirca.

Uno de los problemas que puede surgir si no hay un control riguroso en la aplicación de la técnica, es la pérdida de resistencia y cohesividad interna que pueden darse al no mantener la humectación continua durante los primeros días, como se refirió en el desarrollo del tema. Esto se pudo comprobar en Ingapirca una vez terminados los trabajos, la primera sección de los lomillos en su capa superficial evidenciaba disgregaciones, no así el resto de los lomillos que tuvieron un mayor control. Se está planteando el uso de una capa de protección construida con la misma quillucaca a manera de pintura que bajo una prueba que se ha dejado in situ, evidencia su efectividad a seis meses de haber culminado la obra.

Otro factor que debe ser considerado y analizado para un monitoreo e investigación puntual a futuro, es la incidencia del cambio brusco de temperatura del lugar; como se refirió pueden darse momentos que en menos de 30 minutos hay un cambio de hasta 11 °C. Este contraste hace que los filos de la capa de mezcla ya seca tienda a desprenderse si no es lo suficientemente gruesa para absorber esa diferencia.

A pesar de esto, el uso del material del sitio y de la técnica empleada constituye una alternativa altamente viable por el uso adecuado de los recursos del lugar, el bajo costo y la facilidad de implementación, y va a permitir que la continuidad de aplicación en el resto de la estructura muraria del sitio, acción que con el tiempo y la decisión política podrá desarrollarse.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, I. V.; Barba, L. (2012). Los orígenes tecnológicos de la cal. Cuilcuilco, 55, 31. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cuicui/v19n55/v19n55a2.pdf>

ASTM D6276 (2019). Standard test method for using pH to estimate the soil-lime proportion requirement for soil stabilization. USA: ASTM International

Ballart, J. (2002). El patrimonio histórico y arqueológico: valor y uso. Barcelona: Editorial Ariel.

Barba, L. (2013). El uso de la cal en el mundo prehispánico mesoamericano. En L. Barba y I. Villaseñor (Eds.), La cal. Historia, propiedades y usos. Universidad Nacional Autónoma de México, p.19-46. [https://www.academia.edu/10460845/La\\_Cal\\_Historia\\_Propiedades\\_y\\_Usos](https://www.academia.edu/10460845/La_Cal_Historia_Propiedades_y_Usos)

- Barba, L.; Córdova, L. (1999). Estudios energeticos de la produccion de cal en tiempos teotihuacanos y sus implicaciones. *Latin América Antiquity*, 10(2), 168-179. <http://www.jstor.org/stable/972201?origin=JSTOR-pdf>
- Binford, L. R. (1991). *En busca del pasado. Descifrando el registro arqueológico*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Carrillo Díaz Pines, J. R. (1992). Técnicas constructivas en las villas romanas de Andalucía. *Anales de Arqueología Cordobesa*, 309-339. <https://doi.org/10.21071/aac.v0i.11397>
- Delatte, N. J. (2001). Lessons from roman cement and concrete. *Journal of Professional Issues in Engineering, Education and Practice*, 127(3), 109-115. [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(2001\)127:3\(109\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)1052-3928(2001)127:3(109))
- Díaz, R. (2013). Línea base de los diversos estudios, proyectos de investigación y trabajos de conservación y restauración practicados en el paramento arqueológico de Ingapirca. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador.
- Galván, M.; Velázquez-Castillo, R. (2011). Cal, antiguo material como una renovada opción para la construcción. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 1, 93-102. <https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v12n1/v12n1a10.pdf>
- Garate, I. (2002). *Artes de la cal*. Madrid: Munillalera.
- Guerrero, L. F.; Camacho, O. (2015). Recubrimientos de tierra compactada para la conservación del patrimonio arqueológico de México y El Salvador. 15° SIACOT Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca, p. 233-244. Disponible en: <https://redproterra.org/wp-content/uploads/2020/07/15-SIACOT-Ecuador-2015.pdf>
- Guerrero, L. F.; Soria, J.; García, B. (2010). La cal en el diseño y conservación. En Universidad de Valladolid (Ed.), *La arquitectura construida en tierra*, Catedra Ju, p. 177-186. [http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2010/2010\\_9788469345542\\_p177-%0A186\\_guerrero.pdf%0D](http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2010/2010_9788469345542_p177-%0A186_guerrero.pdf%0D)
- ICOMOS (1995). Carta de Brasilia. <https://culturapedia.com/wp-content/uploads/2020/09/1995-carta-brasil.pdf>
- ICOMOS (1999). Carta de Burra. [https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/01/burra1999\\_spa.pdf](https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/01/burra1999_spa.pdf)
- Kanan, M. I. (2021). Argamasas de cal en la restauración de fortificaciones. *Apuntes*, 19(1), 8-21. [https://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2017/12XIIICIATTI2016\\_Soria.pdf](https://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2017/12XIIICIATTI2016_Soria.pdf)
- Malathy, R.; Shanmugam, R.; Dhamocharan, D.; Kamaraj, D.; Prabakaran, M.; Kim, J. (2023). Lime based concrete and mortar enhanced with pozzolanic materials – State of art. *Construction and Building Materials*, 390. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131415>
- Palma L, V. (2010). Historia de la producción de cal en el norte de la cuenca de México. *Ciencia ergo sum -Universidad Autónoma del Estado de México-Toluca*, 16(3), 227-234. <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/7083>
- Punzo, J.; Rangel, D.; Ibarra, E.; Zarco, J. (2015). Primeros datos sobre el uso de adobe y cal en épocas prehispánicas en la región Michoacana del Río Balsas Medio, México. 15° SIACOT Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca, p. 270-283. Disponible en: <https://redproterra.org/wp-content/uploads/2020/07/15-SIACOT-Ecuador-2015.pdf>
- Robles G., N. (2005). Autenticidad y otros valores en la arqueología de México. En F. J. López Morales (Ed.), *Nuevas miradas sobre la autenticidad e integridad en el Patrimonio Mundial de las Américas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH. <https://issuu.foundtt.com/en/print/3494069199/>
- Swieciochowski, S.; Ponce, M. (2014). Vigías, imágenes de la Ingapirca desconocida. INPC
- UNESCO (2006). *Textos básicos de la convención del patrimonio mundial de 1972*. Centro del Patrimonio Mundial. <http://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-562-2.pdf>

## **AUTORES**

Mónica Pesantes Rivera, magister en conservación de monumentos y sitios del patrimonio cultural, arquitecta, exdocente universitaria en el área de conservación del patrimonio edificado, consultora e investigadora en temas del patrimonio cultural inmueble y su gestión, [linkedin.com/in/mónica-pesantes-a5695911](https://www.linkedin.com/in/mónica-pesantes-a5695911), Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Luis Fernando Guerrero Baca, doctor en diseño con especialidad en conservación del patrimonio edificado, maestro en restauración, arquitecto, profesor investigador de tiempo completo en la UAM-Xochimilco, Coordinador del Cuerpo Académico en Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y de la Cátedra UNESCO “Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible” de CRAterre.