

REPÚBLICA DEL PERÚ

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
(INGEMMET)

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
(UNSAAC)

PRIMER INFORME

**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEODINÁMICO DE
LOS BALUARTES EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO
DE SAQSAYWAMAN-CUSCO**

Por:

José Cárdenas

Víctor Carlotto

Vilma Cano

Tomasa Flores

Martin Oviedo



 **INGEMMET**

Enero, 2009
CUSCO - PERÚ

I. ASPECTOS GENERALES

UBICACIÓN

La zona de estudio se ubica en el sitio arqueológico de Saqsaywaman, al norte de la ciudad del Cusco (Fig. 1). Para llegar a la zona se utiliza la carretera asfaltada Cusco-Saqsaywaman-Pisac.

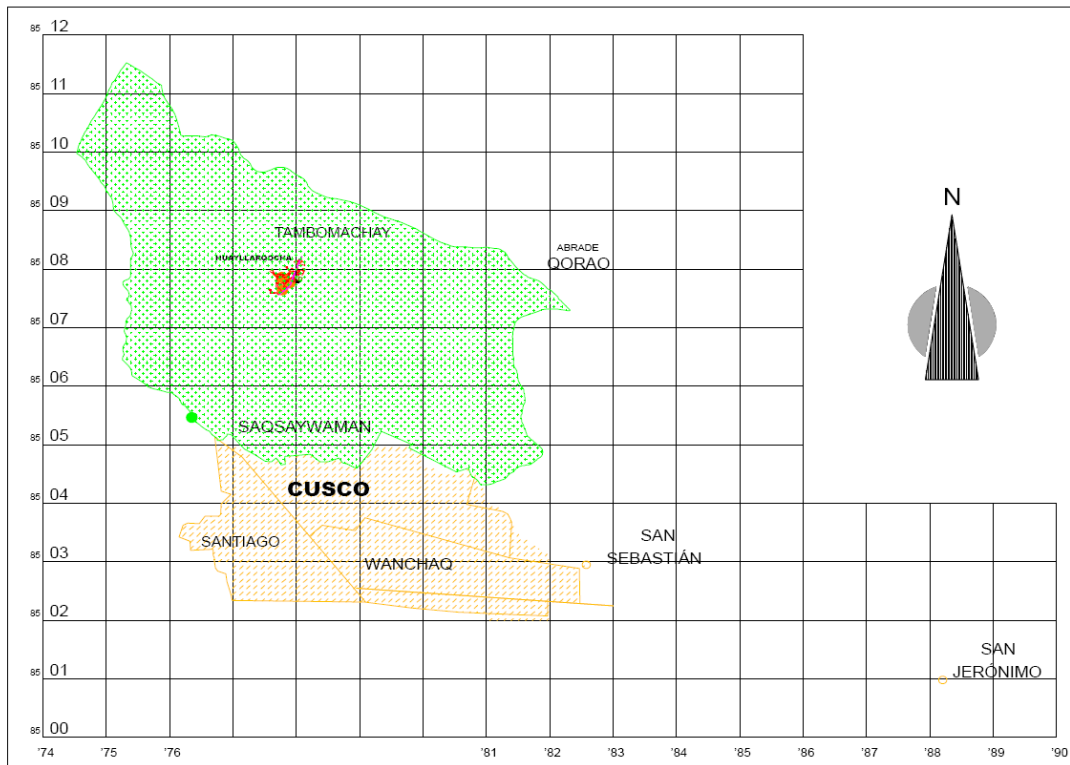


Fig. 1. Mapa de ubicación del sitio arqueológico de Saqsaywaman.

OBJETIVO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

El objetivo del presente trabajo ha sido de evaluar los daños que viene ocurriendo en los muros incas que hacen parte de los baluartes del sitio arqueológico de Saqsaywaman. La metodología ha consistido en un levantamiento geológico de toda la zona de los baluartes a escala 1:750 y el mapa de daños a escala 1:500. A partir de estos se plantea las primeras recomendaciones de un estudio más integral que deberá realizarse urgentemente.

CLIMA

El clima es típico de un valle interandino alto, con clima frío y altas precipitaciones concentradas en unos pocos meses, de octubre a marzo. La temperatura media promedio es de 11.6 C° y la precipitación acumulada anual promedio es de 734.80 mm/año. El promedio de precipitaciones mensuales para los meses de lluvia es de 105 mm/mes.

II. GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio se encuentra dentro de la unidad geomorfológica regional denominada Altiplano que se caracteriza por ser una altiplanicie con altitudes que varían entre los 3600 y 4000 msnm. Esta unidad está cortada por numerosos ríos y quebradas, que le dan una configuración agreste.

La zona de Saqsaywaman se encuentra dentro de la unidad local denominada Meseta de Saqsaywaman (Fig. 2). Esta unidad morfológica se halla entre los 3600 y 3800 msnm. Limita al sur con la depresión del Cusco y al norte con las Montañas del Cusco mediante la falla Tambomachay. Se presenta como una planicie con una serie de pequeñas colinas con pendientes ligeramente a fuertemente inclinada (2-15%). Estas planicies onduladas están cortadas por quebradas que son el producto de la erosión de las aguas superficiales y subterráneas que se presentan en la zona particularmente en época de lluvias. El sitio arqueológico de Saqsaywaman y particularmente la zona de estudio, fue construido en la cresta de una colina (Foto 1), cerca al límite de esta unidad con la depresión de Cusco, el que está caracterizado por una ladera empinada.

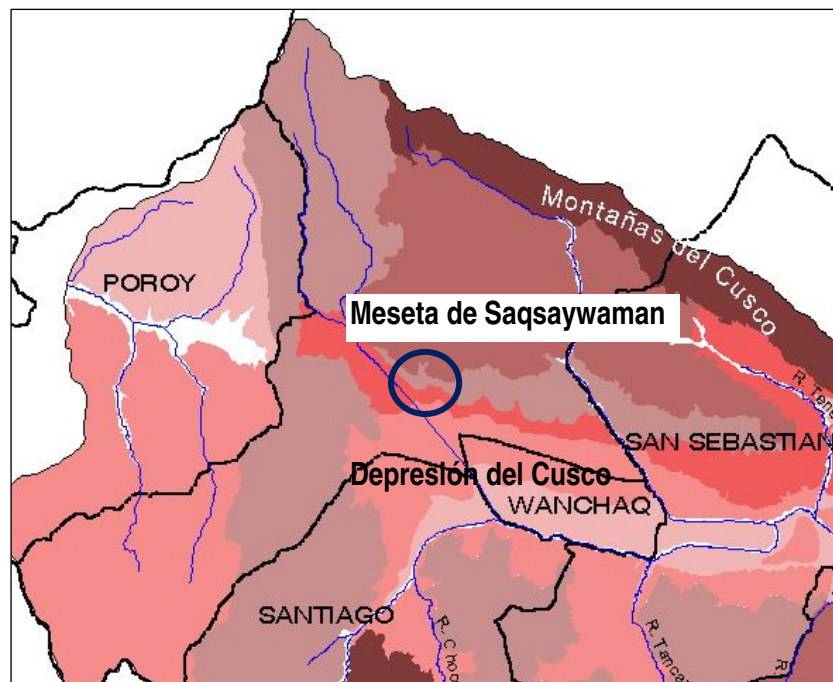


Fig. 2. Mapa geomorfológico local.

En general, en la meseta afloran lutitas y caliza pertenecientes al Grupo Yuncaypata; mientras que en las partes bajas o alrededor de las cumbres se han desarrollado depósitos coluviales. En el sitio arqueológico y alrededores se presentan rocas intrusivas dioríticas y calizas, formando dos colinas una al norte, donde está el Rodadero y otra al sur donde están los Baluartes, ambas separadas por la explanada que es una zona plana.



Foto 1. Vista panorámica de la Meseta de Saqsaywaman y el sitio inca.

III. GEOLOGÍA

En la Meseta de Saqsaywaman afloran rocas sedimentarias clásticas (lutitas, limolitas y areniscas) y en menor proporción rocas calcáreas (calizas) pertenecientes al Grupo Yuncaypata de edad Cretácica medio-superior (Formaciones Paucarbamba y Calizas Yuncaypata, Fig. 3). Sobre estas rocas se han desarrollado sedimentos coluviales de edad cuaternaria reciente.

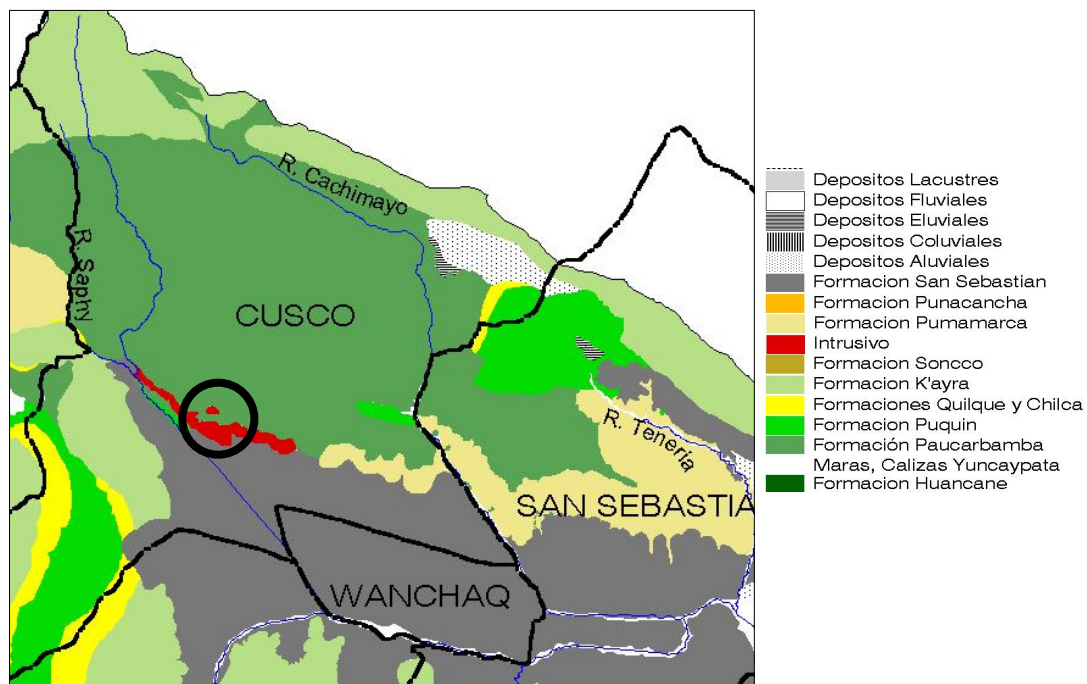


Fig. 3. Mapa geológico regional, en círculo rojo la ubicación de la zona de estudio.

Las calizas afloran como pequeños cuerpos aislados que resaltan en las superficies planas. Se trata de calizas grises oscuras, muy fracturadas (Foto 2). Sin embargo, lo que predomina en la zona de estudio son rocas intrusivas: dioritas y brechas de dioritas del denominado stock de Saqsaywaman (Figs. 3 y 5).



Foto 2. Contacto de calizas y el intrusivo diorítico.

El Stock de Saqsaywaman está constituido por dos apófisis dioríticas denominados Saqsaywaman y El Rodadero (Foto 3). Este último tiene aproximadamente 200 m de diámetro, muestra superficies pulidas y acanaladas que cubren casi todo el afloramiento de diorita y constituyen una serie de resbaladeros en forma de tobogan naturales, de donde deriva su nombre; estas estrías tienen una dirección Norte-Sur. Litológicamente, es una roca maciza densa de grano fino y textura granular, distinguiéndose cristales de coloración oscura de augita y pequeños agregados de epidota. Las dioritas están compuestas de plagioclasa, ortosa, augita, titanita, apatita, illmenita, epidota, calcita, clorita. La roca puede ser clasificada como un pórfido diorítico con augita. El origen de las estrías de El Rodadero es muy discutido, existiendo varias hipótesis, predominando las que estiman un fenómeno de fricción entre las calizas y el borde del intrusivo. Respecto a la edad, por cortar a rocas de las Formaciones Paucarbamba y Ayavacas del Cretácico, se estima del Terciario sin más precisión.



Foto 3. Vista panorámica del sitio arqueológico de Saqsaywaman, mostrando El Rodadero y la explanada.

En la zona de los Baluartes y particularmente entre Sayaqmarka y Muyuqmarka afloran cuerpos de dioritas (Foto 4) y brechas dioríticas con estrías Norte-Sur, las que están rodeadas por las construcciones incas. En estas zonas también afloran las calizas a manera de bloques aislados.



Foto 4. Afloramiento de diorita con estrías al oeste de Muyuqmarka.

Sin embargo, lo que predomina en la zona de estudio son los depósitos coluviales y de relleno antrópico (Fig. 5). Los depósitos coluviales son producto del intemperismo, acumulados por la erosión de las pequeñas lomadas y luego depositados por gravedad en sus laderas. Están conformados por una mezcla de gravas en una matriz areno limo-arcilloso (Foto 5). El relleno antrópico es variable en composición y granulometría, ocupan gran parte del sitio y se consideran los materiales que de una u otra forma han sido utilizados como rellenos durante y posteriormente a la ocupación inca, en las plataformas o terrazas y las construcciones en general.



Foto 5. Perfil de los depósitos coluviales y de relleno en la Zona 3.

IV. SITUACION ACTUAL DE LOS BALUARTES

Los Baluartes, se ubican en la ladera septentrional del cerro Saqsaywaman al límite con la explanada. Se trata de muros monumentales de rocas labradas de calizas, dispuestos en tres niveles, en forma de zigzag entre las cotas 3577 y 3587 msnm, con un ancho promedio de los muros de 2.5 metros. A cada nivel, por facilidad de descripción le denominaremos Primer Nivel, Segundo Nivel y Tercer Nivel. Cada nivel está conformado por su gran muro zigzag y por su plataforma (Foto 6). Cabe indicar que los bloques labrados de calizas de mayor tamaño se encuentran en la base de los muros, que luego van decreciendo en tamaño hacia la parte superior (Foto 7).



Foto 6. Muros y plataformas de los Baluartes occidentales, mostrando los 3 niveles.



Foto 7. Bloques labrados de caliza de gran tamaño hacia la base y de menor tamaño hacia la parte superior.

En la parte occidental de los Baluartes, el Primer Nivel, se encuentra aproximadamente entre 3577-3580 msnm de altitud y su plataforma tiene un ancho promedio de 5 m. El Segundo Nivel se halla entre los 3580 y 3585 msnm de altitud, su plataforma es de 2.5 m de ancho promedio. El Tercer Nivel se encuentra entre 3580 y 3587 msnm de altitud, su plataforma coincide con un

camino de acceso de 2.5 metros de ancho promedio. Encima del Tercer Nivel continua una ladera artificial haciendo parte de la ladera septentrional del cerro Saqsaywaman (Foto 6). Las dimensiones de los bloques labrados de roca caliza en la parte occidental, tiene las dimensiones promedio de 2.5x2.0x1.5 metros (Foto 8).



Foto 8. Dimensiones casi homogéneas de los bloques labrados de caliza y entre ellos un dren.

En la parte oriental de los Baluartes, la disposición de los niveles y sus plataformas, es idéntica a la parte occidental, sin embargo, se diferencian porque en la base del primer nivel oriental las construcciones tienen colosales dimensiones de roca caliza labrada y con dimensiones promedio de 3x4x5 metros (Foto 9).



Foto 9. Colosales bloques labrados de caliza en la parte oriental de los Baluartes.

Algunos bloques labrados de caliza presentan fracturas, que unas veces cortan parcial o totalmente los bloques, debido posiblemente al sobrepeso de los bloques de roca que se disponen, una encima de otra, ó debido a la disposición inestable de los bloques superiores, debido al empuje lateral de los suelos que separan los grandes bloques de caliza de los muros enchapados al material coluvial. La disposición movida o inestable de los bloques labrados de roca caliza, causa la distribución irregular de esfuerzos vertical y horizontal, generándose así las fracturas en los bloques labrados (Foto 10).



Foto 10. Bloque labrado de caliza fracturado.

DRENAJES

Los muros zigzag que componen los tres niveles de los baluartes, están caracterizados por la presencia de sistemas de drenajes, la mayoría de los cuales no funcionan actualmente, como ha podido ser durante la ocupación inca. Se han encontrado dos tipos de drenajes: principales y secundarios.

Los drenes principales se localizan en los muros del primer y segundo nivel. Durante la ocupación inca los drenes se hallaban al nivel de las plataformas, de tal forma que las aguas de lluvias podían entrar a estos y evacuar, evitando la infiltración. Constan de 2 orificios ubicados uno al medio y otro al extremo este, de cada tramo zigzag (Fig. 4), captando todas las aguas de las plataformas. Cabe destacar que estos orificios labrados solo se hallan en el primer y segundo nivel, no encontrándose en el Tercer Nivel, tal vez por estar destruidos. Sus dimensiones promedio son 12 x 8 cm y se encuentran entre los bloques labrados de calizas (Foto 8).

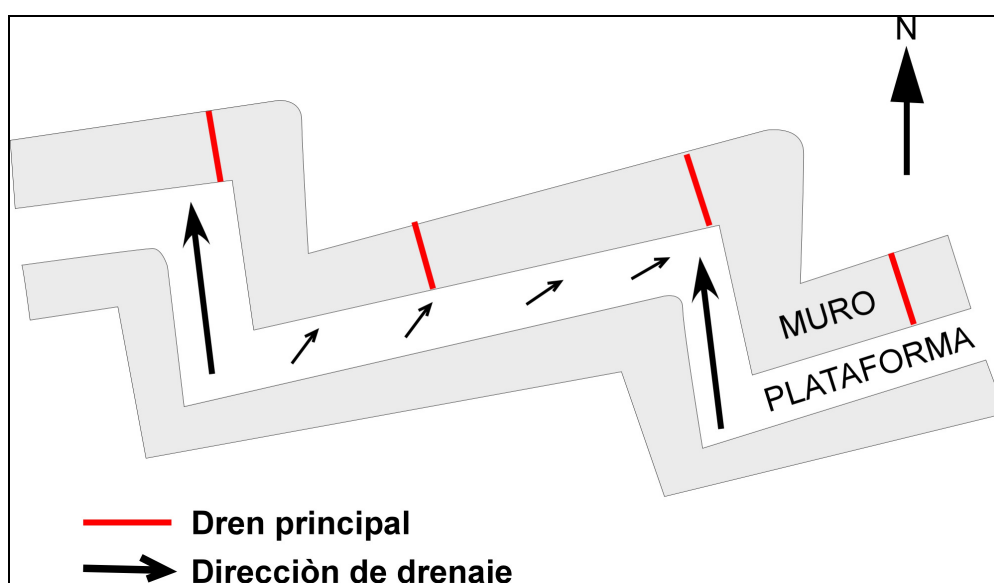


Fig. 4. Distribución de drenaje principal y dirección de flujo propuesto para las plataformas del Segundo Nivel.

Actualmente, la mayoría de los drenes principales observados, se hallan encima de las plataformas o piso actual, debido a excavaciones realizadas para mostrar los muros internos, llegando inclusive a 60 cm de diferencia (Foto 11). En otros casos, a veces en las esquinas de los zigzag, los drenes pueden concordar con el piso actual de plataforma (Foto 12), pero normalmente están por encima.



Foto 11. Drenaje en la esquina de un zigzag que se encuentra por encima del piso actual.



Foto 12. Drenaje en la esquina de un zigzag que coincide con el piso actual.

La disposición de los drenes principales a diferentes alturas del piso actual (Foto 13) nos hace pensar que los pisos originales de las plataformas se hallaban al nivel de los drenes. Estos eran planos inclinados hacia el este y al norte (Fig. 4).



Foto 13. Drenajes a diferentes alturas del piso actual.

Los drenes secundarios se localizan en cualquier parte del muro y servían evacuar las aguas saturadas del material coluvial y así evitar la presión lateral de estas hacia el muro (Fotos 14).



Foto 14. Dren secundario.

V. PROBLEMAS DE INESTABILIDAD DE LOS BALUARTES

Los Baluartes se construyeron principalmente sobre depósitos coluviales, de relleno y también sobre afloramientos de caliza, dioritas y brechas de dioritas (Fig. 5). Actualmente, se observan tres tipos de fenómenos geodinámicos que afectan los muros de los niveles (Figs. 5 y 6): empuje lateral por saturación de aguas (Foto 15), asentamientos (Foto 15) y erosión superficial (Foto 16).



Foto 15. Muro afectado por empuje lateral y asentamiento.



Foto 16. Erosión superficial.

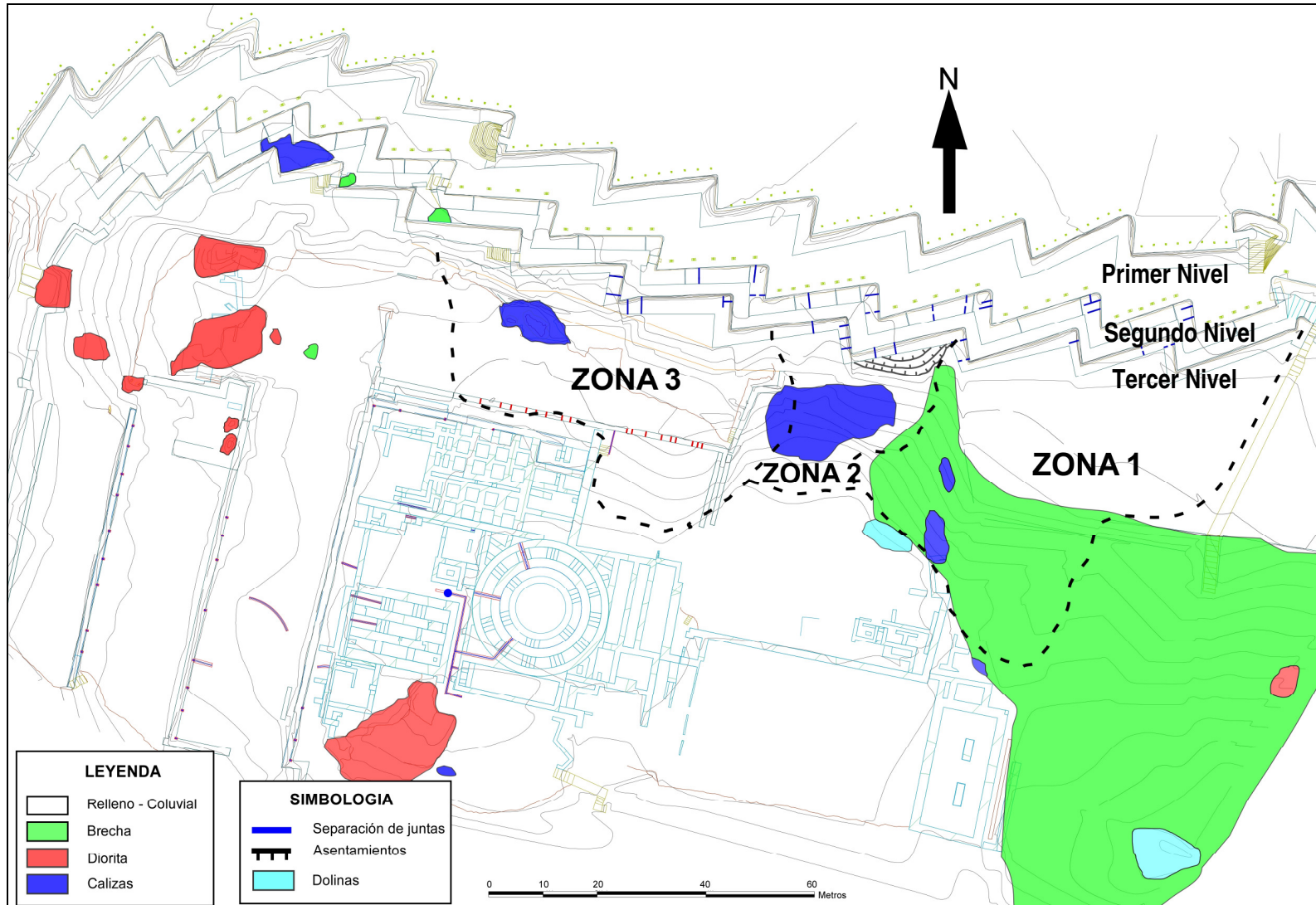


Fig. 5 Mapa Geológico y geodinámico de los Baluartes

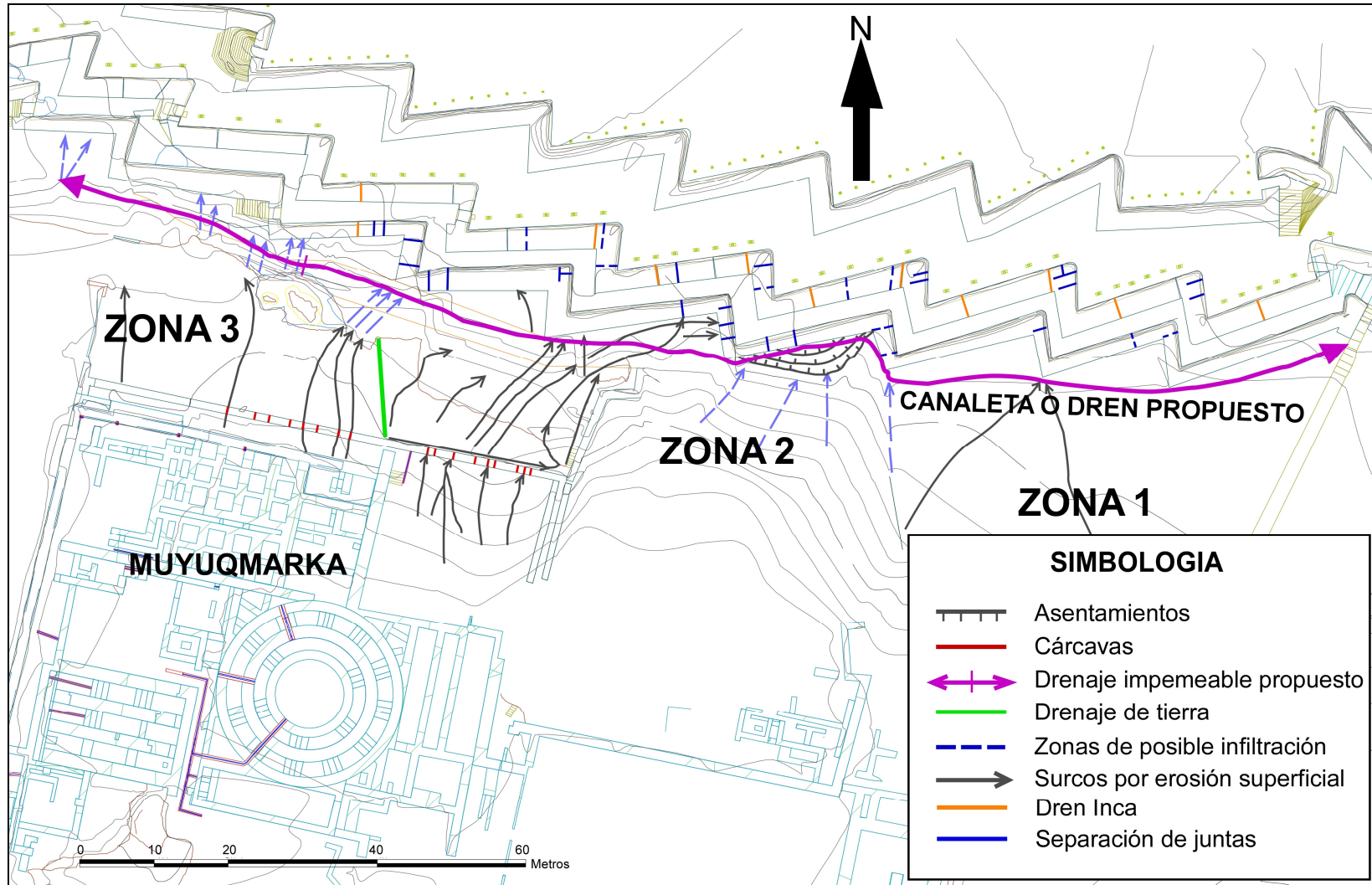


Fig. 5 Mapa geodinámico y propuesta de drenaje

El empuje lateral por saturación de aguas se debe, a que los materiales que se hallan junto al muro han sido saturados por las aguas, en este caso de lluvias, produciendo un esfuerzo horizontal-lateral sobre la cara libre del muro, ocasionado la separación de juntas y pandeamiento, con el consiguiente desprendimiento de los bloques labrados que hacen parte del muro (Foto 15).

Los asentamientos, en cambio, se deben a esfuerzos verticales por el peso o sobrecarga de las estructuras edificadas, en relación a la gravedad y pérdida de capacidad de carga del suelo, esto último por presencia de agua (Foto 15).

En el caso de los Baluartes estos fenómenos se presentan debido, por un lado a la falta de funcionamiento del sistema de drenaje inca y sobre todo, a una sobresaturación de aguas en el material coluvial y relleno, adyacente a los muros, por concentración de aguas de lluvias que vienen de las áreas donde se realizan los trabajos de excavaciones arqueológicas, es decir en la parte de Muyuqmarka.

La erosión superficial es causada por las aguas de lluvias, que erosionan el material ya sea fino o ligeramente grueso. En este caso, las aguas luego de formar los surcos erosivos se infiltran al subsuelo. Este fenómeno se presenta en las zonas de excavación al norte de Muyuqmarka formando algunas cárcavas centimétricas a métricas (Foto 17).



Foto 17. Erosión superficial de pisos y cárcavas asociadas.

Para una mejor descripción de los fenómenos de geodinámica externa que afectan la ladera y los Baluartes en estudio se ha dividido en 3 zonas (Foto 18 y Figs. 5 y 6).

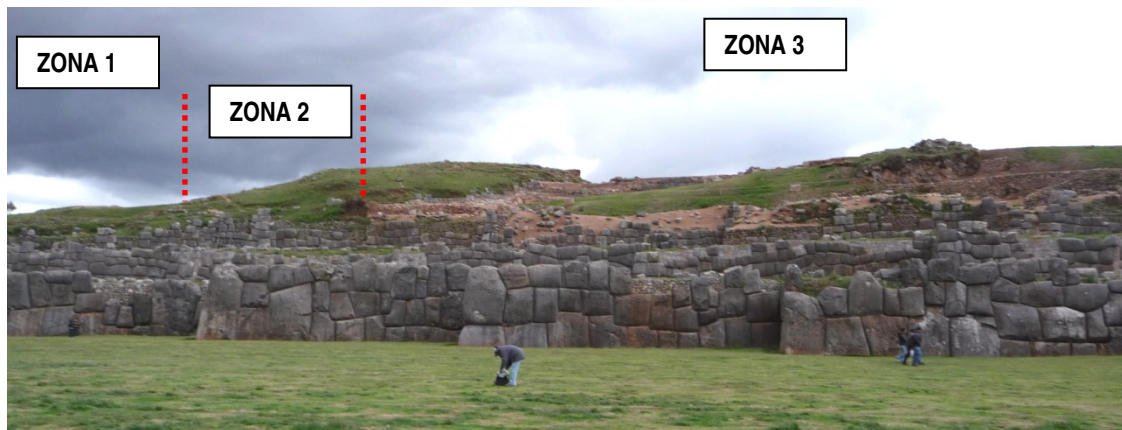


Foto 18. Vista panorámica de los Baluartes mostrando las zonas de estudio.

ZONA 1

Esta zona se ubica en el extremo oriental de los Baluartes (Foto 18). Uno de los grandes problemas es la inestabilidad de los muros, donde los bloques labrados de caliza presentan separación de juntas. La causa es la infiltración de las aguas pluviales que se acumulan en la parte superior de la Zona 1 (Fig. 6). En efecto, esta parte es algo plana y cóncava, con depósitos coluviales y de relleno que permite la infiltración de las aguas (Foto 19).



Foto 19. Zona 1, mostrando el área principal de infiltración.

En detalle, la planicie y la ladera por encima del Tercer Nivel tiene un área aproximada de 2895 m². Las aguas de lluvias que se concentran en esta área se dirigen pendiente abajo y se infiltran directamente hacia una parte de los muros del Tercer Nivel y también pasan a la plataforma y muro del Segundo Nivel, afectando las construcciones en estos sitios. Esto se agrava ya que los drenajes principales de las plataformas no funcionan por encontrarse encima del piso actual, o en otros casos debido a que no existen inclinaciones de los pisos con el fin de evacuar las aguas.

Además, en los otros niveles existen separación de juntas centimétricas entre los bloques labrados de caliza, que posiblemente tienen que ver con los problemas de infiltración antes descritos, sumados al sobrepeso de las estructuras.

Aquí las recomendaciones son, en primer lugar construir un drenaje que evite la filtración de las aguas de la zona plana hacia los muros (Fig. 6). Luego, en los tres niveles se debe realizar o restaurar el sistema de drenaje inca de las plataformas, considerando las inclinaciones para llevar el agua a los drenes principales (Fig. 4). Para este fin se tienen que realizar el relleno de materiales en las plataformas. Igualmente, se debe considerar la impermeabilización de la cabecera del muro del Tercer Nivel.

ZONA 2

Ubicada al oeste de la Zona 1 (Figs. 5 y 6, Foto 18). Está conformada por una pequeña lomada de pendiente empinada en cuyo borde norte se aprecia un plano semicircular de asentamiento (Fig. 6). Luego, más abajo se sitúan los muros de los tres niveles. Abarca un área de 774 m². La Zona 2 está cubierta por materiales coluviales y/o material de relleno, donde se han desarrollado escasos pastos y arbustos (Foto 20). Por las observaciones de campo, en esta zona, parece haber ocurrido un asentamiento relativamente antiguo y actualmente reactivado por la infiltración de las aguas de lluvias, afectando los muros del Tercer Nivel particularmente una esquina correspondiente a un zigzag, produciendo empuje lateral (pandeamiento), y asentamientos con la consiguiente separación de juntas. Parte del agua que se infiltra en esta zona parece provenir de las áreas excavadas en la Zona 3.



Foto 20. Zona de asentamiento donde hay acumulación de las aguas pluviales en relación a los daños en los muros.

Esta zona corresponde al lugar donde se observan los mayores problemas geodinámicos y corresponden al muro del Tercer Nivel (Foto 20), particularmente en una esquina del zigzag. Aquí, se aprecian separación de juntas centimétricas entre los bloques labrados de calizas (Foto 21), por presión lateral y asentamiento, asimismo se observa el pandeamiento de los muros que están por colapsar (Foto 22). Las causas son gran volumen de aguas pluviales que se están infiltrando en los depósitos coluviales y de relleno adyacentes a los muros, lo que origina una presión lateral y asentamientos, con la consiguiente inestabilidad del muro en conjunto (Foto 23).



Foto 21. Muro con bloques con separación de juntas por presión lateral y asentamiento.



Foto 22. Muro con separación de juntas por presión lateral, y pandeamiento.

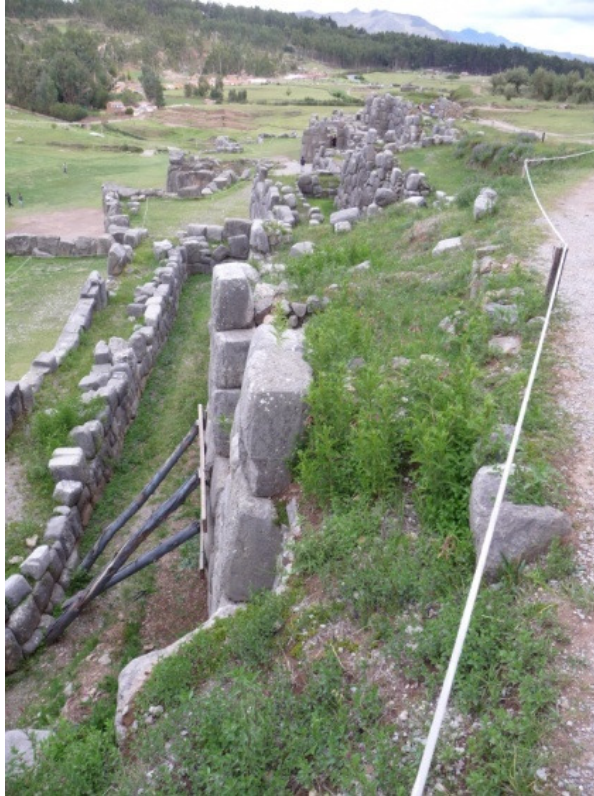


Foto 23. Pandeamiento de muro, en estado de colapso.

Actualmente este muro afectado, se encuentra apuntalado con troncos y está a punto de colapsar (Foto 23). En la parte superior, a nivel del camino de acceso se recomienda, realizar los trabajos de drenajes, construyendo una canaleta impermeabilizada. Esta canaleta debe recoger las aguas de escorrentía de la Zona 3, Zona 2 y Zona 1 (Fig. 6). Igualmente, en esta Zona 2, se debe impermeabilizar la cabecera de los muros.

Finalmente, en los muros del Primer Nivel y del Segundo Nivel existen también separación de juntas centimétricas entre los bloques labrados de caliza. Las causas de estos fenómenos son similares a los descritos para el Tercer Nivel, por lo que las recomendaciones son similares, es decir, incluye la recuperación de los sistemas de drenes y la impermeabilización de las cabeceras de los muros.

ZONA 3

Se ubica al oeste de la Zona 2 (Foto 24) y al norte del sitio denominado Muyuqmarka. Tiene una superficie de 2216m². Actualmente, en toda esta zona se están realizando excavaciones arqueológicas dejando al descubierto los depósitos coluviales y de relleno de grava y arena, sueltos (Foto 25). Este material movido se comporta como depósitos muy permeables haciendo que las aguas de lluvia se infiltren y erosionen el material fino de los depósitos coluviales, quedando solo los sedimentos gruesos de dimensión grava o gravilla. Las aguas que circulan producen también erosión superficial, formando pequeñas cárcavas entre las plataformas y además favorece la infiltración de las aguas de lluvias al llegar al muro y plataforma del Tercer Nivel (Fig. 6 y Foto 26). Todo el agua que se infiltra en esta parte, afecta los diferentes niveles de parte baja, principalmente en el Tercer Nivel y Segundo Nivel.



Foto 24. Vista panorámica de la zona 3.



Foto 25. Zona de excavaciones arqueológicas recientes, mostrando huellas de erosión superficial.



Foto 26. Desagüe de las aguas pluviales hacia el muro del Tercer Nivel.

En conclusión, los fenómenos de erosión superficial y la infiltración de aguas pluviales, saturan los suelos que están en contacto con los muros, lo que provoca la expansión lateral de suelos, y además asentamientos, originando la inestabilidad y por consiguiente la conservación de los muros de roca caliza labrada, especialmente en los muros del Tercer Nivel y en menor proporción de los muros de Segundo Nivel y Primer Nivel. En efecto, en los muros de los tres niveles se observan separación de juntas centimétricas entre los bloques labrados de caliza.

Las recomendaciones para este caso son: evacuar las aguas considerando el sistema de drenaje o canaleta propuesto para la parte superior (Fig. 6), en cambio para los tres niveles se debe recuperar el funcionamiento de los sistemas de drenes incas. Para esto, se debe recuperar los pisos de las plataformas hasta llegar al nivel de los drenes principales, dando las pendientes adecuadas para que funcionen eficientemente. Finalmente, se debe impermeabilizar las cabeceras de los muros.

Es necesario comentar que posiblemente esta zona, antes de las labores de excavación arqueológica, se comportaba como una ladera relativamente estable debido a la presencia de pastos y arbustos, que no permitían una fuerte infiltración de las aguas pluviales, ni la erosión superficial.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La principal causa de los problemas geodinámicos en la ladera septentrional del cerro Saqsaywaman es la circulación libre de las aguas pluviales, que se traducen en la acción de 3 fenómenos de geodinámica: erosión superficial, empuje lateral por saturación de aguas y asentamientos.

Los fenómenos de erosión superficial conducen las aguas a sitios donde se infiltran, saturando los suelos que están en contacto con los muros, lo que provoca la expansión lateral de suelos, y los asentamientos. Esto produce inestabilidad y destrucción de los muros inca de los Baluartes, especialmente en los muros del Tercer Nivel y en menor proporción de los muros de Segundo Nivel y Primer Nivel.

Las recomendaciones son, en primer lugar y de manera urgente, la construcción de una canaleta o dren impermeable sobre el camino de acceso encima del Tercer Nivel, la que captaría todas las aguas de lluvias y las que proceden de Muyuqmarka y las laderas de las zonas 1, 2 y 3. Esto evitaría las infiltraciones y se detendría en parte la causa principal del problema. Para los tres niveles de los Baluartes se debe recuperar los sistemas de drenaje inca, para lo cual se debe recuperar los pisos de las plataformas hasta llegar al nivel de los drenes principales, dando las pendientes adecuadas para que funcionen eficientemente. Finalmente, se debe impermeabilizar las laderas y cabeceras de los muros, principalmente del Tercer Nivel.

Evitar hacer cortes de taludes u obras de excavación arqueológicas u otras obras sin tener un estudio de la evacuación de las aguas pluviales, considerando los drenajes y flujo de evacuación de las aguas, así como la impermeabilización constante de la superficie con el fin de evitar la infiltración de las aguas.

La otra recomendación importante es de realizar los estudios de los problemas de daños a nivel de todo el conjunto de los Baluartes, incluyendo los sistemas de drenaje y la determinación de las dimensiones de longitud total de la canaleta propuesta, ya que las recomendaciones realizadas líneas arriba solo son para la zona estudiada. Por otro lado, se debe hacer un estudio comparativo de los registros fotográficos tomados hace años, con los daños actuales para determinar la antigüedad de la separación de juntas que existen en los muros de todos los niveles, y saber sus causas y poder tomar medidas de conservación más eficaces.

Cusco, 05 de Enero del 2009