

La rehabilitación de la ciudad más antigua del mundo: la Ciudadela de Erbil (Irak)



José Antonio Martín-Caro

Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

INES Ingenieros



Illán Paniagua

Doctor en Geología

INES Ingenieros

Resumen

INES Ingenieros ha desarrollado una serie de estudios para la UNESCO relacionados con la conservación y restauración de la Ciudadela de Erbil, IRAK. Los ocho grupos edificatorios analizados representan en su conjunto a las diferentes tipologías edificatorias y problemáticas de este conjunto monumental propuesto para integrar la lista de Patrimonio Mundial.

Para la consecución de estos objetivos, se han realizado una serie de estudios específicos: históricos, de análisis arquitectónico, geotécnicos, de materiales y técnicas constructivas, evaluación del estado de deterioro y evaluación estructural de cada edificio, que finalizaron con la redacción de un proyecto de conservación/restauración y de un manual de intervención de aplicación general en la ciudadela.

Palabras clave

Erbil, ingeniería, rehabilitación, patrimonio

Abstract

INES Ingenieros has developed a series of studies for UNESCO, concerning the conservation and restoration of the Erbil Citadel in Iraq. The eight building groups included in the analysis were representative of the different building types as well as of their problems among this whole monument which is being proposed to integrate the World Heritage List.

To achieve the project objectives, a series of specific studies: Historical, Architectural analysis, Geotechnical survey and assessment, material and construction techniques analysis, Decay and State of Deterioration analysis as well as Structural assessment has been performed. These studies were performed in each building, leading to the drafting of a Conservation/Restoration Project as well as of an Intervention Manual to be followed along the whole Citadel.

Keywords

Erbil, citadel, UNESCO, rehabilitation

1. El contexto

La localidad de Erbil se sitúa al norte-noreste de Irak. Erbil es la capital de la Región Autónoma Kurda o Kurdistan iraquí y la sede del gobierno regional kurdo. Es la tercera ciudad más grande de Irak, después de Bagdad y Mosul, y es considerada la ciudad continuamente habitada más antigua de la humanidad.

Ubicada a 80 kilómetros al este de Mosul, Erbil se localiza entre los ríos Zab y Zab Menor, tributarios del río Tigris. La provincia de Erbil limita al norte con Turquía y al este con Irán. Es la ciudad antesala de la cordillera alpina Taurus-Zagros.

La ciudad histórica de Erbil está constituida por un montículo circular de 30 metros de altura, de superficie cercana a 150.000 m² y taludes entre 35 y 45 ° (denominado arqueológicamente Tell) resultado de la acumulación de restos históricos. Esta elevación artificial de riqueza arqueológica incalculable está coronada por una ciudadela (Qelay o Qala't, que significa castillo, ciudadela), donde se albergan 322 conjuntos de edificaciones, varios palacios, cuatro mezquitas y baños, que datan del siglo XVIII a la actualidad (Fig. 1).

El paso del tiempo, los conflictos bélicos, la falta de mantenimiento y el abandono determinaron que, a finales de 2007, después de un periodo de 8.000 años de historia continuada, las autoridades locales desalojaran a las últimas familias kurdas, 830, que vivían en la ciudadela, creando el Alto Comisionado para la Restauración de la Ciudadela (HCERC) con la UNESCO como socio asesor.

Desde entonces se han estado desarrollando proyectos para la rehabilitación integral del conjunto monumental que permitan su habitabilidad y la conservación de este bien. En este contexto, se han desarrollado los estudios

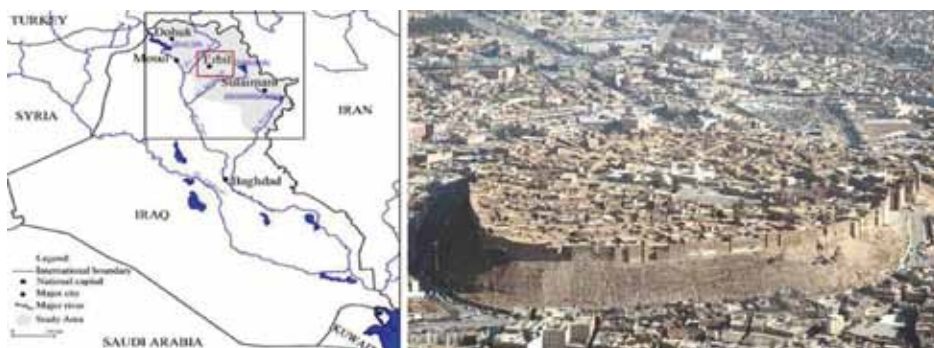


Fig. 1. Izquierda: localización de Erbil en mapa hidrogeológico (Stevanovic; Iurkiewicz, 2009). Derecha: foto aérea de la ciudadela del año 1933 (UNESCO, 2012)

integrales que han permitido abordar la conservación y restauración de ocho grupos edificatorios de la ciudadela de Erbil. Estos grupos fueron elegidos en función de su representatividad de las diferentes tipologías edificatorias y problemáticas existentes en la ciudadela de Erbil y son el objeto del presente artículo.

2. 8.000 años de historia en 1.800 caracteres

El asentamiento humano en Erbil se considera de una antigüedad que supera los 8.000 años. La ciudad ha estado bajo el dominio de distintos pueblos a lo largo de toda su historia, siendo conocida como la ciudad más antigua habitada permanentemente. Las civilizaciones presentes en Erbil han sido todas: sumerios, acadios, asirios, hititas, babilonios, aqueménidas, griegos, partos, romanos, sasánidas, musulmanes, timurids, mongoles, otomanos y, más recientemente, la influencia contemporánea de occidente.

Erbil (Arba'ilu) era un centro de comunicación en el imperio asirio y, durante siglos, un punto de encuentro de la encrucijada de rutas que seguían las caravanas que unían oriente y occidente.

Sin ánimo de querer relatar la vasta historia de la ciudad, se han querido recoger algunos de los hitos que reflejan el papel de Erbil y su entorno en la historia:

- Batalla de Gaugamela, también conocida como la Batalla de Arbela, otro de los nombres que la ciudad ha tenido durante su historia. Alejandro Magno luchó en las afueras de la ciudad en el año 331 aC y derrotó decisivamente a Darío III, abriendo el camino para la conquista de Persia.
- Durante el siglo I aC hasta el siglo III dC, el Reino de Adiabene tuvo a Erbil como capital.
- Los musulmanes la conquistaron en el siglo VII; Muzaffar al-Din hizo de Erbil una ciudad importante desde 1190 hasta 1232. Después de 1233, la ciudad cayó en manos de los abasíes.
- Durante el siglo XIII dC, Erbil cedió su importancia a Mosul pero siguió siendo una ciudad líder en la región. Mongoles, sasánidas y los otomanos gobernaron la zona, aportando sus ideas de estilo y técnicas propias de la construcción.
- En 1397, Tamerlán invadió la ciudad y la destruyó.
- Desde el siglo XVI dC, los otomanos gobernaron Erbil y se convirtió en parte de Mosul Vilayet (Estado).
- En 1734, Nadir Shah, rey de Persia, sitió la ciudad y la tomó.

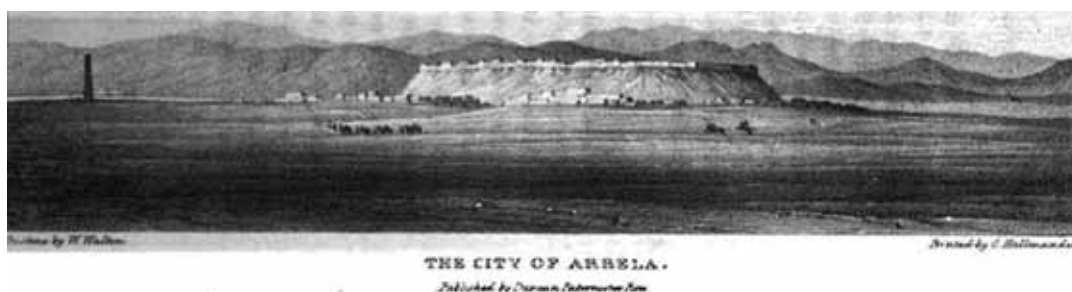


Fig. 2. Representación de la ciudadela en 1820 (C.J. Rich, 1820)

- En 1831, comienza el gobierno otomano de la ciudad.
- En 1918, el Imperio otomano es derrotado. Le siguieron tres de años de protectorado británico.
- Desde 1921 hasta la actualidad se han sucedido una serie de reinos, repúblicas, las federaciones y gobiernos autónomos en el complejo contexto político de Irak.

3. Identificación de los condicionantes. Descubriendo la problemática

El primer paso a dar en un proyecto de este tipo es llegar a averiguar qué es lo que se debe hacer realmente. Para ello, se debe ser especialmente cuidadoso con los diferentes estudios a realizar ya que deben dar información suficiente no solo para dictaminar el problema o problemas existentes, sino también para proyectar y dimensionar las actuaciones necesarias.

En este caso, se llevaron a cabo una extensa serie de estudios e investigaciones, entre los que destacan: un levantamiento de la geometría actual de todas las edificaciones, una investigación histórica, un análisis arquitectónico de las diferentes etapas histórico-constructivas, un estudio geotécnico y estudios de evaluación estructural, que permitieron redactar un proyecto de conservación/restauración y de un manual de intervención de aplicación general en la ciudadela.

La necesidad de abordar una problemática realmente compleja que requiere atender a distintos puntos de vista (identidad arquitectónica, histórica, intervención sobre un yacimiento arqueológico, geotecnia singular, estructuras de prestaciones mínimas, mecánica de los materiales de construcción muy limitada) ha requerido un análisis minucioso de todos los factores y ser sensible a la coyuntura actual del norte Irak. Se recogen a continuación los condicionantes más importantes que gobernaron el proyecto de rehabilitación.

3.1. El análisis arquitectónico

Uno de los aspectos más importantes y que generó más discusión en el proyecto fue definir la imagen y fisonomía que se quería recuperar en cada edificio, en definitiva, qué momento histórico y constructivo se quería recuperar en cada caso.

Para ello, se llevó a cabo una investigación arquitectónica que se centró en evaluar las pruebas restantes de su arquitectura original y la comprensión del desarrollo de los edificios y de los cambios a través del tiempo. Esto ha permitido comprender qué es original y por qué y, a su vez, conocer los volúmenes y distribución de 'las piezas' que faltan (Fig. 3).

Esta investigación se basó en las diferentes fotografías aéreas existentes, grabados, textos antiguos, etc. Además, otros estudios realizados, como la caracterización de ma-

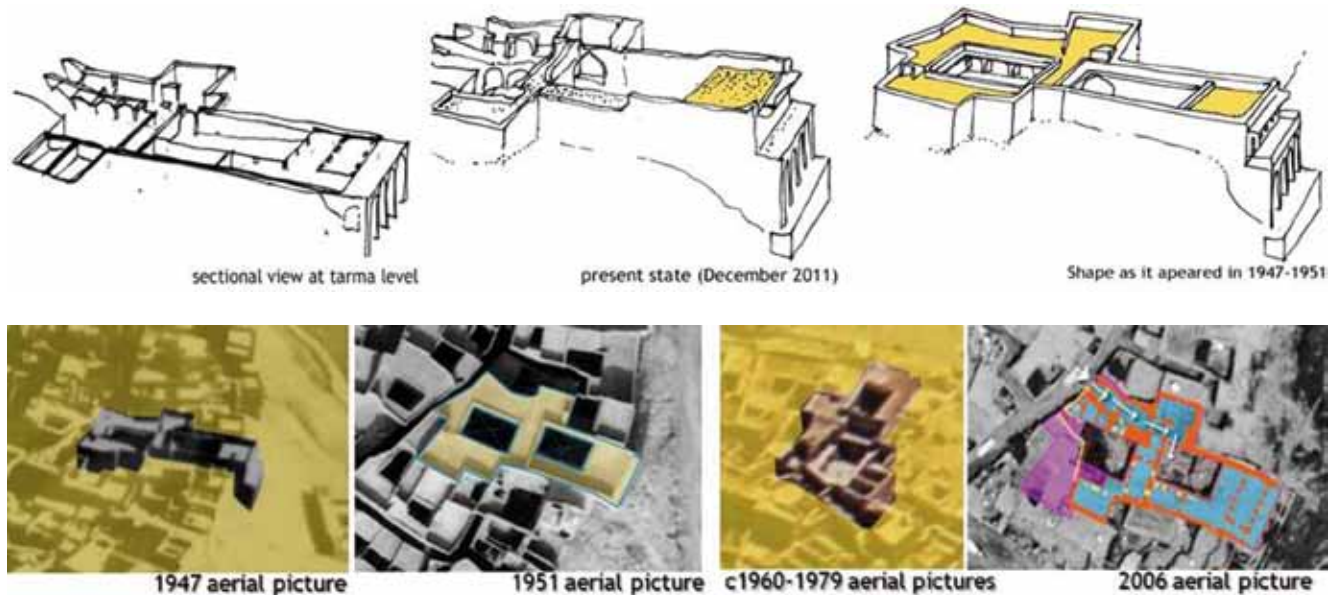


Fig. 3. Modelos para la reconstrucción del grupo 1 (INES, 2012)



Fig. 4. Imágenes de diferentes tipos de materiales grupos 1 y 8 e imagen de un análisis de identificación al microscopio de una policromía (INES, 2012)

teriales y el estudio de las diferentes técnicas constructivas, ayudaron a datar los elementos de los edificios, identificar la importancia de cada uno de ellos y las diferentes etapas que conviven en un mismo conjunto edificatorio.

3.2. Los materiales y técnicas de construcción. El problema de la compatibilidad y el respeto al patrimonio

Los materiales presentes en los edificios representativos del conjunto de la ciudadela abarcan una cantidad ingente de tipos en estado y condición diversa. La importancia patrimonial y la peculiaridad de muchos de sus materiales (de fabricación artesanal con distinta calidad) en un medio discontinuo hicieron necesario llevar a cabo una primera identificación de visu y así poder establecer una clasificación a priori; para, posteriormente, diseñar y realizar una campaña de caracterización específica de sus propiedades mecánicas y durables que permitiesen definir el estado y los daños presentes, diagnosticar procesos y prescribir, en cada caso, las medidas correctoras necesarias y compatibles con su comportamiento, respetando su tipología constructiva.

La campaña realizada permitió definir las propiedades físicas, químicas y petrológicas de los materiales de construcción existentes por diversas técnicas (estudio petrológico, XRD, XRF, SEM, análisis químicos, etc.). El objetivo era doble: por una parte, y como ya se ha dicho, determinar la naturaleza y propiedades de los materiales que condicionan su comportamiento (petrofísica), y, por otra, identificar y datar los materiales de construcción utilizados en cada casa, especificando su origen y las técnicas utilizadas para su confección. A este respecto, tuvieron especial importancia los análisis llevados a cabo sobre pigmentos y recubrimientos, que sirvieron, en muchos casos, para datar diferentes capas y policromías. En este caso, se consideró fundamental garantizar que los materiales recomendados para la restauración, ya sea para el tratamiento de consolidación o para la

sustitución de los ladrillos y el mortero, fueran compatibles con los existentes, asegurando su integridad, conservación, restauración y mantenimiento (Fig. 4).

3.3. La geotecnia, cimentar sobre siglos de relleno

Los problemas geotécnicos que rodeaban al proyecto eran variados e importantes. Por una parte, existía un riesgo real de estabilidad del propio talud del Tell en su perímetro, acrecentado por el efecto de las cargas que transmiten las construcciones emplazadas a borde de talud y, por otra, la naturaleza del Tell: un relleno antrópico, heterogéneo, no compactado, especialmente sensible ante la presencia de agua, de baja capacidad portante, sobre el que se sucedían procesos locales de asiento. Y, por último, el propio emplazamiento: una zona de actividad sísmica, cercana a la cordillera del Zagros, cuyo efecto se incrementaba sustancialmente en la ciudadela al estar sobre el Tell.

Ante este panorama, y con el condicionante adicional de que no se podían llevar a cabo ciertos ensayos destructivos en el Tell (yacimiento arqueológico), se plantearon una serie de estudios específicos encaminados tanto a comprobar el comportamiento de los cimientos ante las cargas transmitidas como a conocer el comportamiento general del Tell y el terreno soporte. Teniendo en cuenta los daños detectados y el riesgo sísmico de la zona, se diseñó una campaña de prospección que permitiera cuantificar, la capacidad portante y los asientos esperables ante las cargas gravitatorias, colapsabilidad y el comportamiento hidrogeológico. La campaña, por otra parte, también estuvo orientada a parametrizar los problemas de estabilidad de ladera y a la cuantificación de la acción sísmica comentada.

En cuanto a la cimentación empleada, se pudo comprobar que los edificios objeto de estudio se habían cimentado mediante zapatas corridas bajo muros y zapatas asiladas bajo pilares, de profundidad variable, sin conexión entre alineacio-

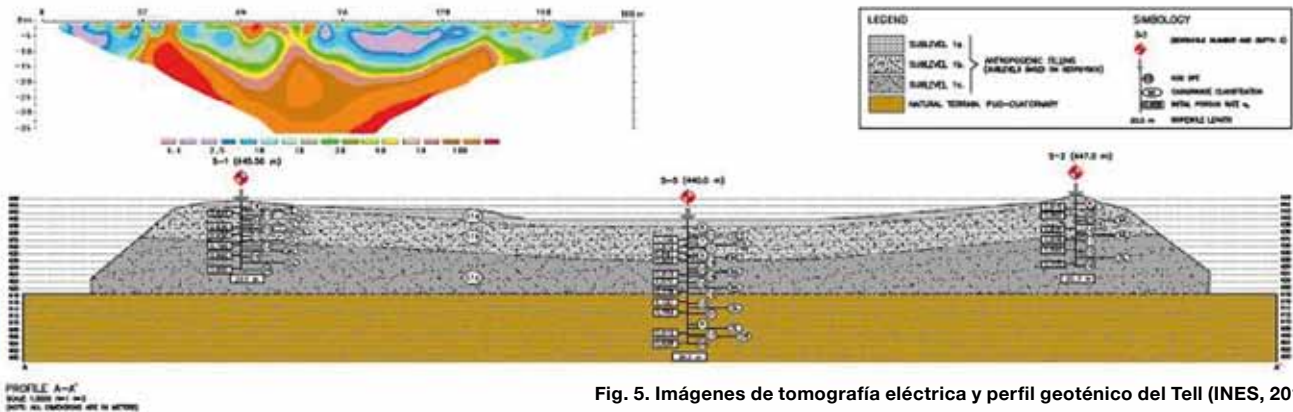


Fig. 5. Imágenes de tomografía eléctrica y perfil geotécnico del Tell (INES, 2012)

nes y dispuestas sobre un estrato de prestaciones mínimas y potencialmente colapsable. Estas deficientes condiciones de cimentación habían derivado en la aparición de grandes grietas de compatibilidad en todos los muros por asientos diferenciales y que eran comunes a todos los edificios de la ciudadela.

El problema a la hora de plantear soluciones viables para corregir los daños detectados, residía en que no era posible proyectar recalces o mejoras del terreno debido al el tipo de construcción a recalzar, a la longitud que supondría el recalce (debía a travesar todo el Tell) y al daño arqueológico que se podía derivar. Por todo ello, se decidió convivir con estos condicionantes, por lo que se estimaron los asientos máximos bajo cargas verticales y se limitó el peso y altura de las construcciones, se ataron y monolitizaron las cimentaciones, se le añadió ductilidad a las estructuras (ver epígrafe siguiente) y se prescribieron medidas específicas, por edificación, orientadas a evitar la entrada de agua en el terreno; prohibiéndose los pozos de saneamiento y canalizando las aguas de escorrentía en superficie (Fig. 5).

3.4. El comportamiento resistente de las estructuras de tierra. Caracterizando el medio discontinuo

La evaluación de las condiciones de servicio y seguridad de este tipo de estructuras debe de hacerse bajo una perspectiva diferente a la que el técnico actual está acostumbrado. En primer lugar, no debemos atenernos al cumplimiento de normativas, primero porque no las hay y segundo porque no parece lógico hacer cumplir a este tipo de estructuras pertenecientes al patrimonio histórico constructivo las mismas condiciones reguladas que a edificaciones normales.

En segundo lugar, las hipótesis que generalmente se hacen dentro de la mecánica de los medios continuos no son aplicables a muchos de los elementos de este tipo de construcciones (especialmente los de fábrica). Esto es especialmente relevante a la hora de analizar la respuesta ante los esfuerzos horizontales en general y sísmicos en particular.

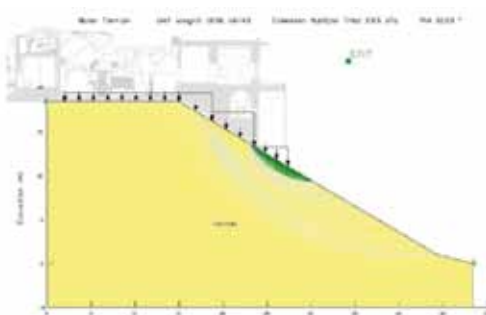


Fig. 6. Análisis de la estabilidad del talud y fotografía del estado del edificio (INES, 2012)



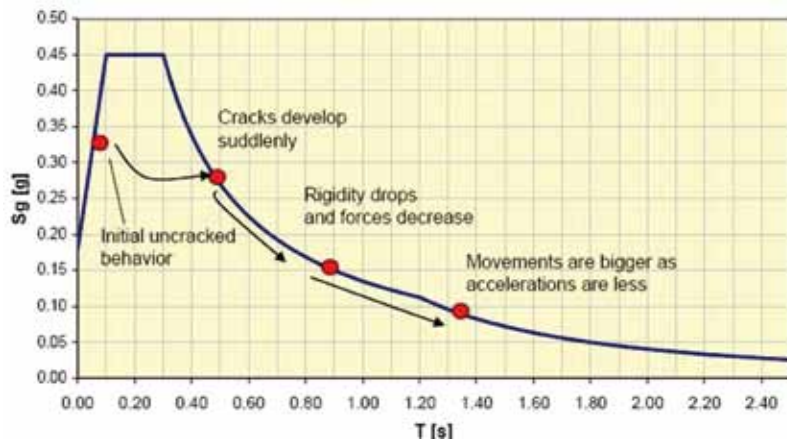


Fig. 7. Esquema de la estrategia sísmica seguida en el diseño del refuerzo

En tercer lugar, los problemas que se habían detectado tenían un origen geotécnico estructural complejo, por lo que no parecía que se pudieran desacoplar ambos análisis.

Por tanto, el acercamiento llevado a cabo pretendía inicialmente, entender y diagnosticar los daños detectados para pasar después a prescribir medidas que pudieran mejorar el comportamiento estructural del conjunto, pero sin una necesidad de cumplir un nivel de seguridad marcado por la normativa. La idea que rigió la intervención fue la de conseguir un comportamiento adecuado bajo cargas habituales (definiendo adecuado como la no aparición de daños controlando valores límite de variables) y dotando al conjunto de mecanismos resistentes adicionales para acciones accidentales (sismo).

- *El problema de las edificaciones en el perímetro del Tell.* Como ya se ha adelantado, los taludes que conforman el perímetro del Tell se encontraban en equilibrio estricto. Los diferentes análisis llevados a cabo, avisaban de coeficientes de seguridad en el entorno de 1 para deslizamientos generales.

La necesidad de espacio a lo largo de los últimos tres siglos en la ciudadela había provocado que en ocasiones se construyeran nuevos edificios en el borde mismo del talud, e incluso aprovechando la muralla exterior de la misma como muro interior. Esto había llevado a nuevas construcciones fuera del perímetro original de la ciudadela y gravitando directamente sobre el talud.

Esta nueva configuración de carga alteraba el ya precario equilibrio del talud, ha generado nuevos deslizamientos su-

perficiales en la zona de carga directa y ha disminuido más aún, si cabe, la seguridad de los deslizamientos generales. En la figura 6 se muestran algunos de los análisis realizados. En ella se puede ver la aparición de deslizamiento locales que han generado la separación de los cuerpos delanteros de estos edificios, aspecto que se pudo corroborar durante la inspección de estos edificios.

- *El problema del sismo y las construcciones de tierra.* La estrategia a seguir para mejorar el comportamiento resistente de estas estructuras fue la siguiente: mejorar sustancialmente la resistencia a cortante de los muros de fábrica y dotar al conjunto de una mayor ductilidad (Fig. 7). Otras posibles mejoras como dotar a las edificaciones de una cierta simetría en planta eran del todo implantables por motivos arquitectónicos.

Se pactó con la UNESCO la posibilidad de introducir nuevos materiales en las construcciones, por lo que finalmente se prescribieron unas vigas de madera en coronación de muros a modo de marco de rigidez que permitía atar los diferentes muros entre sí; que a su vez se conectaban con la cimentación corrida mediante elementos verticales. Estos elementos verticales de fibra de vidrio se alojaban en el relleno interior de los muros de tipología (sándwich, sin elementos de atado) y se anclaban en la cimentación y en el marco de madera superior. Finalmente, para mejorar la resistencia a corte de los muros se decidió pretensar ligeramente los elementos verticales. En la figura 8 se muestra un detalle del sistema.

La viabilidad de la propuesta fue testada en obra, definiéndose sus especificaciones para su implantación con distinta intensidad en los conjuntos edificatorios objeto.

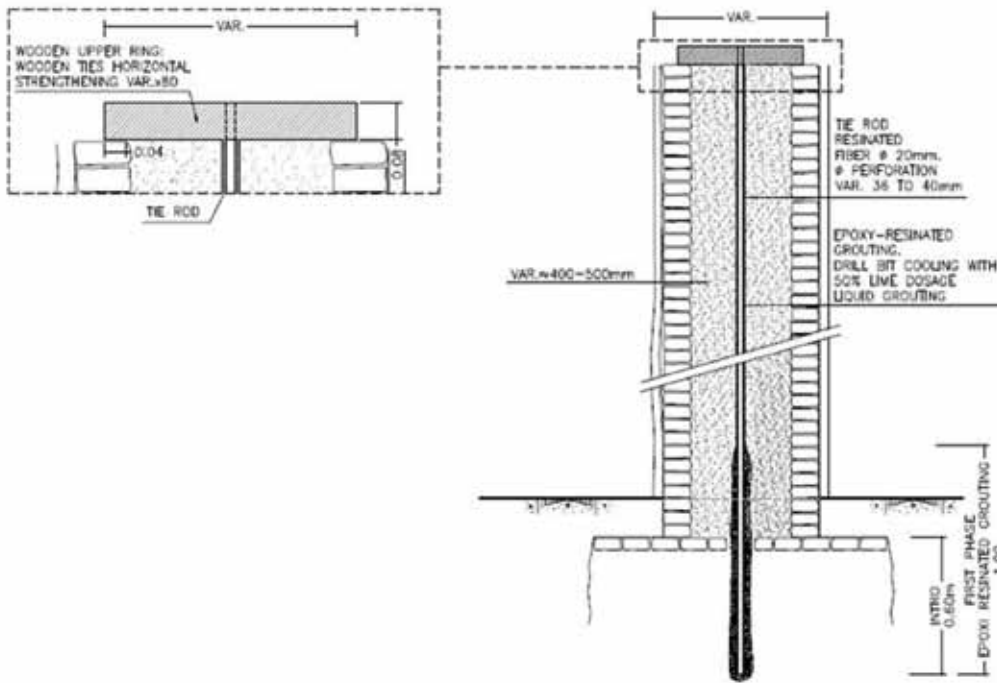
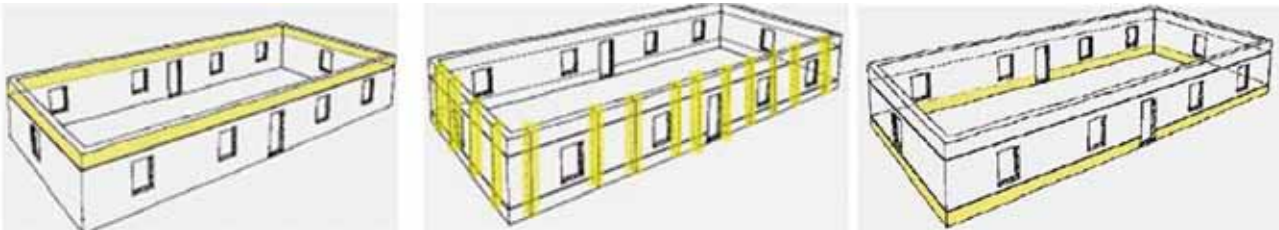


Fig. 8. Detalle del refuerzo sísmico y esquema previsto



4. Consideraciones finales

Las edificaciones de la ciudadela se encuentran en un estado crítico de conservación. Todas presentan daños importantes, habiéndose producido el colapso total o parcial de las diferentes estancias que conforman cada grupo edificatorio. A modo de síntesis, para entender la problemática, se esbozan las siguientes conclusiones:

- La geometría y fisonomía actual de las edificaciones son una mezcla de diferentes momentos constructivos. Es necesario profundizar, conocer y evaluar la historia arquitectónica para poder fijar la imagen a recuperar.
- Los elementos estructurales que conforman estas estructuras no pueden ser considerados como elementos convencionales de resistencia. El esqueleto estructural de estos edificios está hecho con muros de adobe cubiertos

por hiladas de ladrillo sin elementos de atado o conexiones entre paños.

- Todos los elementos que constituyen las estructuras, debido a sus pobres características y a la falta de mantenimiento, presentan un estado de conservación crítico. Los ladrillos son de escasa resistencia por falta de cocción, los morteros de relleno entre hiladas son de arcilla poco compactada muy sensible al levigado. El mortero de rejuntado es de la misma composición. Los forjados son generalmente de madera, dispuestos sin un patrón definido y con desigual estado de conservación. Las cubiertas son planas de arcilla (adobe) compactado manualmente y sin tratamiento de impermeabilización.

- Condiciones de cimentación. Las edificaciones se apoyan sobre 30 metros de relleno, no compactado, caótico en su

composición, que confiere al conjunto una capacidad portante baja (apenas lo suficiente para soportar las cargas de un edificio de dos pisos) a lo que hay que sumar su susceptibilidad al colapso por cambios de humedad, disolución y al efecto de la licuefacción por la acción sísmica. Estas condiciones de cimentación inadecuadas han llevado a problemas generales asociados con el asentamiento diferencial en todos los grupos de edificios, especialmente manifiesta en las paredes (elementos muy rígidos) y en los arcos y bóvedas (muy sensibles a los movimientos y deformaciones impuestas). Estos problemas causan rotura por incompatibilidad entre los elementos, dislocaciones y vuelco, especialmente en las zonas con rigidez diferenciada.

- Fenómenos de inestabilidad detectados en los edificios situados en la ladera. La ladera está en un equilibrio estricto que se ve comprometido por el estado de saturación de los rellenos y por la acción adicional y puntual de las cargas de los edificios existentes en la misma.

- Procesos constructivos y detalles de construcción. Muchos de los detalles y disposiciones constructivos favorecen la aparición de grietas verticales en caso de asentamiento diferencial o sismo. Reparaciones y ampliaciones han hecho perder su plan de simetría haciendo más sensibles a cualquier modificación de contorno.

- Por todo ello, las intervenciones necesarias para reparar y adaptar estas edificaciones con el fin de recuperar la identidad de los edificios (geometría original y valores históricos) intentando a su vez lograr una seguridad aceptable para su puesta en servicio, ha requerido la sustitución de elementos (cubiertas), el diseño de refuerzos dúctiles coherentes con la estructura y con las acciones que están sometidos (elementos de atado, disposición de forjados, etc.), el diseño de técnicas que mejoren el comportamiento de los materiales tradicionalmente utilizados, así como mejoras en la definición de drenajes. Todo ello en base a los convenios internacionales de aplicación. Por último, indicar que también se diseñaron tratamientos específicos para la conservación de elementos arquitectónicos singulares como artesonados, ornamentación y policromías.

En la actualidad los proyectos realizados por INES y por otros equipos internacionales se encuentran en fase de ejecución bajo el control de la UNESCO, esperamos que en unos años pueda ser un hecho la recuperación de este conjunto monumental. **ROP**



Referencias

- Stevanovic, Z. and Iurkiewicz, A., A. (2009), Groundwater management in northern Iraq. *Hydrogeology Journal*. 17: 367–378.
- UNESCO, (2012) Foto aérea de la ciudadela del año 1933.
- C.J. Rich, (1820) ed. by his widow, *Narrative of a residence in Koordistan, and on the site of ancient Nineveh; with journal of a voyage down the Tigris to Bagdad, and an account of a visit to Shirauz and Persepolis*
- INES, (2012). *Studies for the conservation and restoration of eight building groups at the Erbil Citadel*. Inédito.