

CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN-ATZOMPA

NELLY M. ROBLES GARCÍA (COORDINADORA), OSVALDO J. STERPONE C.,
JOSÉ HUCHIM HERRERA, LUIS GARCÍA LALO, CÉSAR DANTE GARCÍA R.,
EDUARDO GARCÍA WIGUERAS, YAZMÍN J. MARTÍNEZ M., MIGUEL A.
GALVÁN BENÍTEZ, JULIO MANLIO ZÚÑIGA, DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES





30

1450 EDICIONES
TODOS LOS LIBROS DE OAXACA

CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN-ATZOMPA



CULTURA
SECRETARÍA DE CULTURA



Instituto Nacional
de Antropología
e Historia



**WORLD
MONUMENTS
FUND**





SERIE: INVESTIGACIÓN

1450 EDICIONES dispone de las colecciones *Todos los libros de Oaxaca* para libros impresos y *eBook-Oaxaca* para sus libros digitales.

La colección *Todos los libros de Oaxaca* está compuesta por títulos que abordan las distintas expresiones culturales del estado de Oaxaca, en México, asimismo integra otros textos que si bien su tema central no es la cultura oaxaqueña, son autoría de escritores de esta entidad. Se clasifica en cinco series de acuerdo con sus contenidos: Literatura, Investigación, Arte, Infantil y Juvenil.

*Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017
en la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa*

D.R. © Nelly M. Robles García (Coordinadora), Osvaldo J. Sterpone C., José Huchim Herrera, Luis García Lalo, César Dante García R., Eduardo García Wigueras, Yazmín J. Martínez M., Miguel A. Galván Benítez, Julio Manlio Zúñiga, Damián Martínez Torres.

D.R. © World Monuments Fund (WMF)

D.R. © 1450 EDICIONES S.A. de C.V., 2022

D.R. © Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)

Macedonio Alcalá 305, Int. 3, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México, C.P. 68000

Teléfono: 01 951 50 10877

Correo electrónico: 1450ediciones@gmail.com

www.1450ediciones.com.mx

ISBN: 978-607-99903-4-3

Serie: Investigación

Cuidado de la edición: Cuauhtémoc Peña / Lis Hernández Peña; diseño: Mario Lugos [556] / Jeannette López; fotografías: como aparece en interiores, fotografía de portada: Archivo Técnico del Proyecto Atención a los Daños por los Sismos de 2017 a la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa.

Hecho en Oaxaca, México.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida parcial o totalmente, ni registrada o transmitida en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético o por cualquier otro, sin el permiso previo, por escrito, de 1450 EDICIONES.

ÍNDICE

7	PREFACIO	49	Segunda época: el Proyecto Monte Albán de Alfonso Caso
11	SOBRE ESTA PUBLICACIÓN	50	Tercera época: el Proyecto Especial de Monte Albán 1992-1994 (PEMA)
15	PRESENTACIÓN	51	Cuarta época: las intervenciones del Proyecto FONDEN en 1999
17	INTRODUCCIÓN	52	Proyecto Arqueológico Conjunto Monumental de Atzompa
23	AGRADECIMIENTOS	55	Antecedentes del Análisis Arquitectónico en Monte Albán
25	APOYOS INSTITUCIONALES		
27	1. EL EVENTO SÍSMICO	57	4. INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
29	Manejo de la crisis (Plan de Contingencia para el Manejo de Crisis ante un Evento Sísmico)	57	Planteamientos teóricos
29	Evaluación de daños. Consejo de Arqueología-ZAMA-Atzompa	59	Arqueología
31	Trabajos de emergencia: apuntalamientos, protecciones, acordonamientos y delimitación de espacios	61	Estudios geoarqueológicos
39	2. GESTIÓN INSTITUCIONAL	61	Resistividad eléctrica
39	Aseguradora del INAH (seguro institucional)	61	Tomografía eléctrica
40	Gestión de recursos para el proyecto específico: el World Monuments Fund	63	5. METODOLOGÍA
41	Recursos Humanos del INAH	64	Acciones emergentes posteriores al sismo
42	Integración del equipo interdisciplinario	64	Levantamiento de deterioros
43	Estrategias para la prevención del COVID-19 (SARS CoV-2)	68	Definición de las causas de los deterioros
45	Logística e infraestructura del Proyecto	72	Adquisición de equipos y capacitación en el uso de nuevas tecnologías
47	3. HISTORIA DE LAS INTERVENCIONES DE RESTAURACIÓN DE LOS EDIFICIOS SINIESTRADOS EN MONTE ALBÁN Y ATZOMPA	73	Documentación a través de métodos tradicionales y por medio del uso de nuevas tecnologías (<i>scanner</i> 3D y uso de dron)
49	Primera época: las exploraciones de Leopoldo Batres	75	Exploración arqueológica
		77	Caracterización del sistema constructivo y los materiales de fábrica
		79	Definición de especificaciones de intervención

81	Participación interdisciplinaria con la carrera de Ingeniería Civil del ITO y estudiantes del Instituto de Geofísica de la UNAM	313
83	6. LABORES DE DOCUMENTACIÓN CON TECNOLOGÍAS DIGITALES	313
83	Estudios de prospección geofísica con resistivímetro Syscal Pro	314
126	Documentación 3D de edificios siniestrados	315
159	7. EXPLORACIÓN ARQUEOLÓGICA	318
159	Edificio A	319
167	Juego de Pelota	321
174	Edificio P	321
203	8. INTERVENCIONES DE RESTAURACIÓN	321
204	Trabajos de restauración en los monumentos afectados en el Conjunto Monumental de Atzompa	323
235	Trabajos de restauración en los monumentos afectados en la Zona Arqueológica de Monte Albán	324
297	9. ANÁLISIS DE SUELOS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA LADERA ESTE DEL EDIFICIO P	325
298	Pruebas de sedimentación	326
300	Pruebas de inmersión	327
302	Pruebas de pH y alcalinidad	327
306	Muestreo experimental de apisonados	327
308	Análisis de mecánica de suelos	327
309	Propuesta de estructuración de la ladera este del Edificio P con base de gaviones	327
	10. COOPERACIÓN INTRA E INTERINSTITUCIONAL	
	Monitoreo e intercambio académico con Ingeniería Civil del ITO, el Instituto de Geofísica de la UNAM, el Consejo de Arqueología y la Coordinación Nacional de Arqueología	
	Visitas institucionales de seguimiento	
	Visitas académicas	
	Seguimiento. Reportes técnicos anuales al Consejo de Arqueología	
	Reportes al WMF	
	11. CAPACITACIÓN AL PERSONAL TÉCNICO	
	Cursos para el uso de tecnologías aplicadas en el registro, investigación y preservación arqueológica	
	Curso-taller para el uso de los equipos de geofísica y topografía. Uso y aplicaciones del <i>scanner 3D</i>	
	Curso-taller de topografía y geoposicionamiento de precisión: uso de GPS GRX2 marca Sokkia y uso de estación total marca Sokkia con plomada láser de 5 seg. de precisión, modelo IM-55	
	Talleres impartidos por personal técnico del Proyecto sobre el uso de los equipos tecnológicos adquiridos	
	Curso-taller de manejo de información geográfica (INEGI)	
	Curso para el manejo de dron (sistema de aeronave pilotada a distancia)	
	Cursos de prevención de desastres y seguridad estructural	
	Curso-taller de prevención y atención contra incendios	

328 Curso de capacitación de seguridad y protección
civil ante desastres naturales

331 **12. CAPACITACIÓN A ESTUDIANTES**

331 Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO)

332 Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca
(UABJO)

334 Servicio Social y Residencia Profesional

337 **13. DIVULGACIÓN**

337 Participación del ICCROM-WMF-INAH en el *Watch Day*

338 Exposición fotográfica "Monte Albán-Atzompa
después del sismo"

339 Participación de las comunidades

340 Ponencias y conferencias

351 Propuestas interpretativas

355 **14. CONCLUSIONES**

357 **15. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**



PREFACIO

En agosto y septiembre de 2017 múltiples huracanes y eventos sísmicos azotaron la zona del Caribe, el Golfo de México y la República Mexicana, devastando comunidades, destruyendo la infraestructura y dejando estragos en el paisaje. Así, lugares que representan la herencia de toda la región resultaron gravemente dañados, lo que llevó a que se les incluyera en la Lista de Vigilancia Mundial de Monumentos del año 2018, lo que produjo la movilización de apoyos para la conservación y la recuperación regional.

Los terremotos de septiembre de 2017 y febrero de 2018 causaron fuertes daños en once estados de México, tanto en su patrimonio urbano como cultural, y aunque hubo capacidad local y estatal para enfrentar las necesidades, la escasez de fondos obstaculizó los esfuerzos de respuesta y recuperación. El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) se movilizó rápidamente en los sitios coloniales, mientras que el World Monuments Fund (WMF) atendió sitios arqueológicos como Monte Albán, en Oaxaca, un lugar en el que había contribuido una década antes con un programa de conservación. En este caso el daño entre el área de la Plaza Principal de Monte Albán y la vecina Zona Monumental de Atzompa era enorme, incluyendo muros y espacios colapsados, edificios hundidos, fisuras estructurales y la pérdida por desprendimiento de la decoración de las superficies. Por lo menos quince estructuras quedaron severamente afectadas, necesitando urgentemente ser intervenidas.

El INAH de inmediato envió expertos para evaluar las afectaciones en estos sitios y determinar los fondos disponibles por medio de seguros, desafortunadamente los recursos de estos sólo bastaban para reparar las condiciones superficiales sin poder enfrentar las causas subyacentes ni reforzar las estructuras contra eventos sísmicos futuros. Es de notar que gran parte del daño ocurrió en los mismos lugares que resultaron deteriorados en los anteriores sismos de 1985 y 1999.

Por ello, el WMF trató de atender la estabilidad a largo plazo, tanto en Monte Albán como en Atzompa, sumándose al INAH en el *Proyecto de Estabilización y Conservación en Monte Albán y Atzompa*. Este proyecto consistía en un estudio inclusivo de los daños, integrando enfoques geo-arqueológicos para desarrollar una metodología de conservación que mejorara la resiliencia en caso de terremotos futuros. Era crítico evaluar las causas profundas de la afectación, no sólo para salvaguardar las estructuras históricas sino también para proteger de los derrumbes de las estructuras colapsadas a las comunidades que se habían establecido en las partes bajas.

Es importante mencionar que este proyecto ha servido como modelo para otros sitios arqueológicos de la región y ha facilitado el intercambio entre las personas encargadas de la rica herencia arqueológica de México.

Un aspecto clave del proyecto ha sido la colaboración de tres generaciones de conservadores laborando juntas. Los directores del proyecto eran especialistas con experiencia que reunieron un equipo multidisciplinario de profesionistas jóvenes, muchos de instituciones y centros de estudios de Oaxaca, quienes a su vez incluyeron a la siguiente generación con la ayuda de una serie de talleres de campo. El diálogo resultante y la transmisión de conocimientos, así como el involucramiento local directo, son esenciales para establecer un futuro más sustentable para lugares como Monte Albán y Atzompa.

La larga historia del FMM en más de 60 proyectos en México se ha dado gracias a los participantes locales y donantes generosos que incluyen American Express, el Wilson Charitable Trust y el Rockefeller Brothers Fund, Inc., que apoyaron el trabajo en Monte Albán y Atzompa. Nuestro compromiso con la herencia del país, que comenzó poco después del terremoto que devastó la Ciudad de México en 1985, se ha fortalecido constantemente desde entonces. El WMF espera que se mantenga nuestro aporte a la rica herencia de México y las comunidades que la sostienen.

PHD Jonathan S. Bell
Vice Presidente de Programas
World Monuments Fund

PREFACE

In August and September 2017, multiple hurricanes and seismic events across the Caribbean, Gulf, and Mexico devastated communities, destroyed infrastructure and otherwise marked the landscape. Heritage places throughout the region were also gravely damaged, leading to their inclusion on the 2018 World Monuments Watch as *Disaster Sites of the Caribbean, the Gulf, and Mexico* to mobilize conservation efforts and support regional recovery.

In Mexico, earthquakes in September 2017 and February 2018 caused extensive damage across 11 states rich in both urban and rural cultural heritage. While there was local professional capacity to address the need, insufficient financial support hampered response and recovery efforts. With the National Institute of Anthropology and History (INAH) quickly mobilizing on colonial heritage sites, World Monuments Fund (WMF) turned its attention to archaeological sites like Monte Albán, a former World Monuments Watch site in Oaxaca where WMF had supported a carved stone conservation program a decade before. In the area between Monte Albán's Main Plaza and the neighboring Atzompa Monumental Zone, damage was extensive, including collapsed walls and plazas, subsided buildings, structural cracks, and lost and detached surface decoration. At least fifteen structures were seriously affected and in dire need of intervention.

INAH immediately deployed experts to assess the damage at these sites and determine the funding available through insurance. Unfortunately, insurance funds were only sufficient to repair surface conditions without addressing underlying causes and strengthening the site against future seismic events. Notably, much of the damage occurred in the same locations as damage from the 1985 and 1999 earthquakes.

WMF therefore sought to address the long-term stability of both Monte Albán and Atzompa by partnering with INAH in *Earthquake Recovery, Stabilization, and Conservation at Monte Albán and Atzompa*. The project supported

a comprehensive study of the damage, integrating geoarchaeology approaches to develop a preservation methodology that would improve resilience to future earthquakes. Addressing underlying causes of the damage was critical not only to safeguard the historic structures on site, but also to protect downhill communities affected by landslides incorporating rubble from collapsed structures. The project has served as a model for other archaeological sites in the region and facilitated thoughtful exchange between the stewards of Mexico's rich archaeological heritage.

A key aspect of the project has been the intersection of three generations working together. The project directors were seasoned heritage specialists who assembled a multidisciplinary team of young professionals, many of them from within the state of Oaxaca, who in turn engaged the next generation of conservators through a series of field workshops. The resulting dialogue and transmission of knowledge, as well as direct local involvement, are essential to building a more sustainable future for heritage places like Monte Albán and Atzompa.

WMF's long history in over 60 projects in Mexico has been possible thanks to our local partners and generous donors, including American Express, the Wilson Charitable Trust, and Rockefeller Brothers Fund, Inc., who supported the work at Monte Albán and Atzompa. Our commitment to the country's heritage, which began shortly after the devastating earthquake of Mexico City in 1985, has strengthened continuously ever since. WMF looks forward to our continued support of Mexico's rich heritage and the communities that sustain it.



Jonathan S. Bell, PhD
Vice President of Programs
World Monuments Fund

SOBRE ESTA PUBLICACIÓN

Cada año, los desastres originados por causas naturales o inducidos por los seres humanos resultan en la destrucción de innumerables sitios históricos, museos y archivos que guardan la historia de la humanidad dentro de sus muros. Se destruyen paisajes y patrimonios culturales y naturales, y con ellos la riqueza que representan para la sociedad o los ecosistemas. Estos incluyen sitios del Patrimonio Mundial, afectando sus Valores Universales Excepcionales, por lo tanto, privando a las comunidades de sus bienes irremplazables. Estos riesgos pueden ser muy grandes, extendiéndose en países o regiones enteras, o pueden estar localizados, como en el caso de incendios, inundaciones o deslizamientos de tierras que dañan edificaciones históricas específicas. Los desastres a menudo afectan el conocimiento, las prácticas, habilidades y quehaceres tradicionales que mantienen la continuidad de la cultura y también los medios para su mantenimiento y conservación.

Muchos bienes del Patrimonio Mundial son altamente vulnerables a sismos. Han sucedido lamentables eventos donde estos han causado daños extensos a sitios valiosos. Por ejemplo, el sismo de Nepal, del año 2015, que afectó zonas de monumentos del Valle de Katmandú; el terremoto de Birmania de 2015 que dañó a Bagan; y el terremoto de 2017 en la zona central de México que causó grandes estragos en el Sitio Arqueológico de Monte Albán. Por lo anterior es crucial llevar a cabo una efectiva planeación para enfrentar estas contingencias, para la adecuada valoración de los riesgos, la mitigación, preparación, respuesta y recuperación, así como la instalación de procedimientos para el monitoreo y la revisión constantes.

Tras cualquier terremoto se necesita tomar medidas para recuperar y restaurar los sitios históricos que pueden haber sufrido un impacto negativo. Sin embargo, la recuperación debiera ser también una oportunidad para iniciar la toma de medidas para reducir los riesgos para posteriores terremotos y al mismo tiempo mejorar el manejo general a través de la participación

de las comunidades locales. Se ha dicho bastante, en teoría, pero necesitamos conocer los casos prácticos para poder aprender de ellos.

El *Proyecto para la Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en la Zona de Monte Albán y Atzompa*, apoyado por el World Monuments Fund (WMF), muy claramente demuestra que, a través del compromiso a largo plazo de profesionales muy dedicados que trabajan con equipos multidisciplinarios comprometidos y en colaboración con las comunidades, se logran resultados efectivos en tiempos relativamente cortos. Por un lado, el proyecto trabaja en las exhaustivas intervenciones de conservación que incluyen restauraciones arqueológicas con tecnologías de punta, y por el otro, aprovecha la participación de las partes interesadas, sobre todo las comunidades locales con presencia de muchas personas.

Esperamos que lo aprendido con este proyecto pueda ser diseminado dentro y fuera de esta región y que los profesionales e instituciones que manejan los patrimonios edificados puedan retomar este ejemplo y desarrollen otras prácticas innovadoras para la recuperación de su patrimonio cultural tras un desastre, construyendo así su resiliencia.

Rohit Jigyasu
Director de Proyectos, Patrimonio Urbano,
Cambio Climático y Manejo de Riesgos por Desastres
ICCROM, Roma, Italia

ABOUT THIS BOOK

Every year, disasters caused by natural and human-induced hazards result in the destruction of countless historic sites, museums and archives that hold the history of humanity within their walls. Cultural landscapes and natural heritage are being destroyed, and with them valued ecosystem services. These include World Heritage properties, affecting the Outstanding Universal Values, thereby depriving the communities of their irreplaceable assets. These risks may be extensive, spanning entire countries or regions, or they may be more localized, such as those posed by fires, floods or landslides where they regularly affect particular heritage properties. Often, disasters affect traditional knowledge, practices, skills and crafts that ensure continuity of heritage, as well as the means for its maintenance and conservation

Many World Heritage Properties are highly vulnerable to earthquakes. There have been many instances where earthquakes have caused extensive damage to these properties. For example, Nepal earthquake in 2015 damaged World Heritage Monument Zones of Kathmandu Valley, 2015 Myanmar earthquake damaged Bagan and 2017 Central Mexico earthquake caused extensive damage to the Archaeological Site of Monte Alban. It is therefore crucial that effective disaster risk management planning is undertaken for every World Heritage Property for adequate risk assessment, mitigation, preparedness, response and recovery and procedures are set up for regular monitoring and review.

After any earthquake, recovery measures are necessary to restore the values of the heritage property that might have been negatively impacted. However, recovery should also be as an opportunity to initiate measures for reducing risks to future earthquakes, while also improving overall management system through effective engagement of local communities. While enough has been said in theory, we need practical cases to inspire and learn from.

The «Project for the Conservation of the buildings damaged by the 2017 Earthquakes in the Archaeological Zone of Monte Albán-Atzompa» supported

by the World Monument Fund (WMF) very clearly demonstrates that through long term engagement of dedicated heritage professionals working with a committed multi-disciplinary team and engagement of local communities, effective results can be achieved in relatively short period of time. The project on one hand clearly demonstrates comprehensive conservation interventions that include archaeological and architectural restoration practices using state of the art technologies, and on the other hand participation of diverse stakeholders including local communities and capacity building of large number of participants.

I hope the learnings from this project can be disseminated far and wide so that heritage professionals and institutions can get inspired to develop and implement integrated and innovative approaches for post disaster recovery of cultural heritage to build their resilience.

Rohit Jigyasu
Project Manager, Urban Heritage, Climate Change
and Disaster Risk Management
ICCROM, Rome, Italy

PRESENTACIÓN

Varias regiones de México experimentan frecuentes movimientos sísmicos, particularmente aquellas localizadas en áreas con interacción de placas tectónicas, tal es el caso de los estados de Chiapas y Oaxaca como consecuencia del choque frecuente entre las placas de Norteamérica y de Cocos.

Estos fenómenos, que suelen traer aparejadas grandes tragedias por la pérdida de vidas humanas y la devastación de infraestructura de todo tipo, también alteran el patrimonio edificado en las zonas arqueológicas de México.

En este escenario, el caso de Oaxaca resulta significativo, en tanto su actividad sísmica es una de las mayores del país, lo mismo en frecuencia que en intensidad. No en vano dentro de la iconografía y la cosmovisión zapoteca se encuentra el Señor 8 Temblor formando parte del calendario ritual de esta cultura y, en el caso que nos ocupa, representado en una hermosa urna hallada en Atzompa por la doctora Nelly Robles y su equipo en 2012.

Los fuertes sismos ocurridos el 7 y el 19 de septiembre de 2017 dejaron su trágica impronta; su fuerza se vio reflejada en múltiples daños en varios estados de la República mexicana y la zona arqueológica de Monte Albán-Atzompa no fue la excepción.

El trabajo que aquí se presenta es resultado de una ejemplar respuesta ante los efectos que sobrevienen a estos inevitables e impredecibles eventos. Queda claro que la experiencia de la doctora Nelly Robles García, quien encabezó al grupo que desarrolló este proyecto de conservación, fue fundamental. La pericia adquirida al haber encabezado otras emergencias semejantes en el propio Monte Albán y otros sitios arqueológicos de la geografía oaxaqueña se vio reflejada en el modelo diseñado para enfrentar la contingencia de la que da cuenta este volumen.

La respuesta inmediata, las acciones emergentes, el registro detallado de los daños, los diagnósticos certeros, así como una intensa y exitosa gestión en distintos niveles y ámbitos, dentro y fuera de nuestra institución, hicieron posible plantear y llevar a cabo un proyecto que respondiera de forma integral a los daños ocasionados al patrimonio edificado de Monte Albán-Atzompa por los movimientos telúricos de septiembre de 2017.

Es digno reconocer la idoneidad del equipo multidisciplinario que se conformó para realizar este proyecto de conservación, al igual que el empleo de tecnología de última generación como herramientas fundamentales en la ejecución de los trabajos. Esta suma de factores dio como resultado la generación de una sólida y fundamentada metodología cuyas bondades ya se manifiestan en el estado físico de los edificios a medida que se han ido interviniendo.

No es menos importante que como un aspecto toral de este proyecto se haya dado la interacción con otras instituciones, tanto en aspectos de asesoramiento técnico para fundamentar intervenciones, como en tareas de capacitación de distintos actores sociales, creando una base de conocimiento amplia que servirá como simiente para trabajos semejantes en el corto, mediano y largo plazos.

Finalmente, el tema de la divulgación se ha enfatizado como parte esencial del proyecto, presentando los prolegómenos, fundamentos teóricos, metodología y resultados en distintos foros, lo que ha permitido no solo dar a conocer esta propuesta sino enriquecerla con base en los diversos comentarios y opiniones recibidos.

No hay duda que el proyecto *Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa*, que dio origen a esta obra, representa una intervención paradigmática que será referencia obligada para la atención en los casos, que aunque no deseados, inevitablemente se repetirán incidiendo, entre otros bienes, en los monumentos arqueológicos.

Dr. Pedro Francisco Sánchez Nava
Coordinador Nacional de Arqueología

Nota de los autores: Durante las revisiones finales de este trabajo, el 22 de febrero de 2022, lamentablemente falleció nuestro coordinador Nacional de Arqueología y entrañable amigo. Sirva este volumen que recibió todo su apoyo, para rendirle un sincero homenaje. QEPD.

INTRODUCCIÓN

El mes de septiembre del año 2017 será recordado en México como un aciago periodo de sismos. En particular el extremo sur del país sufrió el drama de una secuencia inesperada de terremotos que, una vez más, pusieron a prueba, no solo la solidez de las edificaciones públicas, monumentos, casas comunes e infraestructura urbana y rural, sino la capacidad de respuesta y organización de la población y el gobierno ante el desastre.

Los sismos de los años 1985 y 1999, similares en magnitud al de mayor intensidad en 2017, enseñaron a la población una serie de lecciones, lastimosas, derivadas de las enormes pérdidas. Tras el de 1985 surgieron organizaciones urbanas para la protección civil, en tanto que el de 1999 nos condujo hacia el quehacer para atender el patrimonio cultural que sufrió innumerables daños (Robles, 2009). Como consecuencia de este último, los monumentos de Monte Albán revelaron que su problemática de destrucción aparente era en realidad derivada del cúmulo de deterioros propiciados por intervenciones abusivas, fallidas y, sobre todo, por la falta de atención adecuada y mantenimiento nulo a lo largo de los años.

Ante la secuencia de sismos del año 2017, en las zonas arqueológicas de Monte Albán y Atzompa fue evidente la organización para atender la crisis y la preparación profesional que requería la problemática inmediata de los daños causados. Desafortunadamente, la fluidez y experiencia en la atención inicial se encontró, como siempre, con la insuficiencia de recursos para la atención profesional de los monumentos.

Este documento es el recuento de las acciones que se emprendieron y la forma en que se ejecutaron para atender el desastre propiciado por los sismos referidos, específicamente en las zonas arqueológicas de Monte Albán y Atzompa, en los Valles Centrales de Oaxaca. Una vez más, la alta sismicidad del territorio oaxaqueño puso a prueba la capacidad organizacional, económica, técnica y estructural de diversos ámbitos gubernamentales, civiles, gremiales y aun individuales, para

lidiar con los devastadores efectos de estos fenómenos sobre los inmuebles. Las afectaciones sobre las zonas arqueológicas en Oaxaca fueron graves, manifestándose en derrumbes de muros y núcleos constructivos, grietas estructurales, “socavones”, fisuras, desprendimiento de aplanados y capas pictóricas, entre muchos otros deterioros visibles. Los monumentos arqueológicos que sufrieron daños en los Valles Centrales fueron aquellas zonas arqueológicas abiertas al público: Monte Albán-Atzompa, Mitla, Yagul, Lambityeco, Dainzú, Huijazoo y San José Mogote.



Muros colapsados en el Juego de Pelota de Monte Albán / Foto: Fidel Ugarte INAH.



Recorrido de los monumentos de Atzompa para la evaluación de daños / Foto: Fidel Ugarte, INAH.

En el Istmo de Tehuantepec la zona arqueológica de Guiengola reportó gran cantidad de daños, en la Costa la Bocana del Río Copalita en Huatulco, y en la Cañada el emblemático sitio de Quiotepec.

Ante este panorama se implementó la acción del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), mediante sus lineamientos de prevención de desastres (PREVINAH) como respuesta inmediata para el manejo de la crisis, y la organización de recorridos especializados de evaluación por las áreas centrales del Instituto para dar cuenta de la magnitud de los daños que sufrieron las zonas arqueológicas de Oaxaca. El primer reporte de afectaciones fue emitido por la Coordinación Nacional de Arqueología, que envió a la doctora Nelly Robles y a Mario Córdova a evaluar las condiciones de las zonas arqueológicas, quienes entregaron un reporte y realizaron un rápido levantamiento de deterioros.

Los dictámenes resultantes de este y otros recorridos posteriores sirvieron de base para la gestión del apoyo financiero de la compañía aseguradora contratada por el INAH para estos percances. Desafortunadamente, como es constante en estos casos, los seguros de desastres están sujetos a las opiniones técnicas de peritos que no necesariamente acreditan la importancia de atender los deterioros desde sus verdaderas causas sino tratan de resarcir únicamente los efectos visibles en sus visitas; esto en obvia defensa de los intereses de la empresa y no del patrimonio afectado.

De esta manera, el presente libro aborda la metodología con que se trabajó el “Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa”, que se orientó al estudio integral de la problemática encontrada, y a las acciones de restauración arquitectónica necesarias para revertir los daños con todo el rigor científico y técnico, en las zonas con mayores deterioros en los Valles Centrales de Oaxaca: edificios 4, 6 y 16 de Atzompa, y los edificios Juego de Pelota, Edificio A, Edificio P y Sistema IV de Monte Albán. Por lo tanto, el proyecto fue estructurado sobre la base de los avances en la teoría y la práctica para la atención de daños por sismo, utilizando estándares de nivel internacional, atendiendo a la condición de sitios Patrimonio Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (1972).

En congruencia con las nuevas tendencias que definen la atención a los desastres que involucran patrimonio cultural que han sido propuestas durante años y actualizadas constantemente por los comités asesores de la UNESCO (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios [ICOMOS], Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [IUCN], Centro Internacional de Estudios de Conservación y Restauración de los Bienes Culturales [ICCROM], Consejo Internacional de Museos [ICOM]), por literatura especializada (Fielden, 1987; Stovell, 2003; Jigyasu, 2016) y los modernos documentos internacionales (Marco de Sendai-ONU) se aplicó una metodología tendiente a la recuperación y resiliencia

de sitios y personas ante los desastres, que contempla como base la interdisciplina y la participación, es decir, se trató de un programa de trabajo liderado por especialistas en el que intervinieron, desde sus capacidades técnicas, arqueólogos, arquitectos, ingenieros civiles, geofísicos y restauradores, así mismo se involucraron saberes tradicionales sobre la arquitectura de tierra y se emplearon todas las nuevas tecnologías al alcance en beneficio de los tiempos de trabajo y en la precisión de los cálculos, con el objetivo de optimizar los resultados.

En este sentido, se realizó la investigación histórica pertinente acerca de los proyectos arqueológicos previos que involucraron intervenciones arquitectónicas, así como un amplio estudio del comportamiento y propiedades de la arquitectura de tierra, una vez que se determinó la tierra como el material de fábrica más importante y por ende el más utilizado en la construcción y adecuación de los espacios originales de Monte Albán.

El proyecto conllevó además constante investigación arqueológica debido a que la zona arqueológica de Monte Albán no ha sido totalmente explorada. Los deterioros que implicaron exposición de materiales y capas de rellenos de tierra (como socavones, grietas y derrumbes), fueron tratados como grandes oportunidades para entender las secuencias cronológicas y los sistemas constructivos en el interior de los edificios; se investigaron adecuadamente mediante cuidadosas excavaciones para comprender sus causas y posibles soluciones.

El concepto de entorno, tan usado en la planeación de la conservación, adquirió en este proyecto una connotación especial, en tanto que no solo fue referido al ambiente inmediato de los monumentos o áreas monumentales; para este proyecto se refirió al conocimiento del comportamiento geológico de los suelos que soportan estas zonas monumentales, a su forma de trabajar naturalmente, a sus índices de vulnerabilidad y a sus factores de riesgo.

Es decir, se refirió a conocimientos que usualmente van más allá de las capacidades técnicas y científicas del arqueólogo y el restaurador, por lo que el trabajo interdisciplinario con las ingenierías y demás ciencias de la tierra se convirtió en un factor determinante.

La antigua ciudad de Monte Albán fue asentada sobre una secuencia de capas de rocas calizas, depositadas naturalmente de manera diagonal. En el paisaje inmediato, en las tres montañas bajas que componen la zona arqueológica (Monte Albán, Cerro del Gallo y Atzompa), se advierten las líneas que marcan estos estratos naturales que, en muchos casos, fueron modificados culturalmente para construir terrazas de cultivo. La diferencia de altura entre la Plaza Principal y el piso del Valle de Oaxaca es de 540 metros, lo que propició que se hayan formado al menos dos cañadas importantes, captadoras de agua para la agricultura; estos accidentes naturales son factores que determinan mayores riesgos frente a los sismos. Por lo tanto, documentar la configuración geológica del sitio para comprender el efecto de los movimientos telúricos en las estructuras arqueológicas, investigar el interior de las edificaciones pero

sobre todo la naturaleza de la modificación del suelo natural que se realizó en épocas tempranas en este sitio, se convirtió en uno de los objetivos de este proyecto.

Una condición determinante para la implementación de este proyecto fue el apoyo financiero de la agencia filantrópica World Monuments Fund (WMF), con sede en Nueva York, Estados Unidos de América, que contribuyó de una manera por demás importante proveyendo al proyecto de equipos tecnológicos de punta y con fondos para el grupo de técnicos y trabajadores semi-especializados (albañiles, peones) para la ejecución en campo y gabinete.

Este tomo comprende así, los diversos componentes de un proyecto que tiene como objetivo mostrar una manera incluyente e integral de lidiar con los daños ocasionados por un sismo en Monte Albán-Atzompa, construyendo al mismo tiempo una forma efectiva de transmitirlo a las generaciones presentes y futuras. Para ello, se conforma de varios apartados, como lo son la descripción del evento sísmico, la gestión institucional para asegurar recursos, la historia de las intervenciones de conservación de los monumentos en Monte Albán y Atzompa, la necesaria investigación científica llevada a cabo para asegurar la mejor toma de decisiones, la metodología incluyente e interdisciplinaria que distingue a este trabajo de aquellos que mecánicamente atienden los daños sin establecer vínculos con otras disciplinas o con los grupos de interés, los estudios geofísicos que por primera vez han sido potenciados a una dimensión que los convierte en herramientas indispensables para el estudio del subsuelo arqueológico y la exploración arqueológica como medio para determinar la historia subyacente en los monumentos siniestrados y puntualmente el calibre de las afectaciones aparentes.

De igual forma, comprende apartados para detallar las intervenciones de restauración arquitectónica, cuyos alcances fueron siempre cuidados y con base a la Carta del Restauo y las disposiciones nacionales en la materia, este aspecto fue apoyado por una propuesta estructural de estabilidad de los taludes. La capacitación en el uso de los instrumentos de precisión del grupo de trabajo por parte de expertos nacionales fue una actividad permanente para garantizar el buen uso de los equipos donados.

En los siguientes rubros se muestra también el aspecto de la interacción de este proyecto con la sociedad, desde la relación con grupos estudiantiles de las carreras de arquitectura e ingeniería, hasta la incorporación de estudiantes en servicio social. Así mismo, con la población que rodea Monte Albán, siendo el encuentro Watch Day el detonador de una convivencia formal entre los especialistas, los trabajadores y el público en general. En este básicamente se puso a disposición toda la información de los quehaceres del proyecto, sus avances y su importancia de cara a la conservación del patrimonio que representa Monte Albán. No menos importante fue la divulgación masiva del proyecto y sus resultados por parte del WMF mediante conferencias, boletines, redes sociales (*Facebook* y *Twitter*), blogs y videos.

Cabe mencionar por último que este proyecto tuvo una duración formal de dos años (2019 y 2020), periodo en el que se trabajó intensamente para establecer

una forma integral de atender los daños provocados por los sismos y en el que los participantes aprendimos que, con el concurso de todos los niveles y confiando en las bondades de las nuevas tecnologías, este reto no nos rebasaría porque teníamos cómo responder adecuadamente.

AGRADECIMIENTOS

El equipo técnico que se integró para realizar esta labor tuvo la premisa del trabajo conjunto e interdisciplinario, por ello, la Dirección del proyecto, a cargo de Nelly M. Robles García (Centro INAH Oaxaca) formalizó los planteamientos académicos, complementados por José Huchim Herrera (Centro INAH Yucatán) y Osvaldo Sterpone Canuto (Centro INAH Hidalgo), quienes hicieron los planteamientos técnicos esenciales. La coordinación general y la gestión presupuestal e institucional estuvo a cargo de Nelly M. Robles García.

El resto del equipo técnico estuvo integrado por: los arquitectos Luis García Lalo y Damián Martínez Torres; los arqueólogos Eduardo García Wigueras, Miguel Ángel Galván Benítez, Dante García Ríos, Yazmín Janet Martínez, el arquitecto Julio Manlio Zúñiga y la dibujante Isis Martorell. Este a su vez estuvo asistido por el ingeniero Yoshio Castelán y Vania Carrillo Bosch (DRPMZA), la arquitecta Xóchitl Martínez Martínez y la arqueóloga Karla I. Aguilar. Dr. Marius Ramírez Cardona (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo).

El equipo se complementó con estudiantes en servicio social: Héctor Díaz Pérez y Delfino Ortiz Ruiz (Ingeniería Civil, Instituto Tecnológico de Oaxaca); Soren Frykholm (Universidad Estatal de Michigan, Estados Unidos de América); Andrés Aceves (Universidad de Colorado, Estados Unidos de América); Aphizetl Lemus Medina (Universidad Estatal de Nueva York, Estados Unidos de América); S. Alejandra Márquez D. (Universidad de Guadalajara); Heidi R. Martínez Jiménez, Helenio González Vázquez e Imelda Sánchez García (Facultad de Arquitectura “5 de Mayo”, Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca) y Dulce A. Mejía Velasco (CECYTE Plantel 40, “Santa María Atzompa”), quienes a su vez se familiarizaron con el proyecto, sus objetivos, su terminología, y les permitió recibir de los especialistas algunas lecciones relacionadas con sus materias de estudio.

Agradecemos de manera muy especial la intervención y apoyo científico del Dr. Avto Gogichaishvili, del Departamento de Geofísica de la UNAM, Campus Morelia, quien se sumó al proyecto para la identificación de los Hornos de Cal encontrados por los arqueólogos en el contexto del Edificio P.

El equipo de apoyo administrativo estuvo conformado por los contadores Omar Pulido, Rosalino Galán y Rubí Robles, quienes estuvieron pendientes de los trámites para la obtención de recursos, así como el control de los recursos económicos, humanos y materiales.

APOYOS INSTITUCIONALES

Agradecemos los apoyos institucionales otorgados al Proyecto de parte del Director General del INAH, Diego Prieto Hernández; del Coordinador Nacional de Arqueología, Pedro Francisco Sánchez Nava; de Laura Ledesma Gallegos, Presidenta del Consejo de Arqueología; de Silvia Mesa Dávila, Directora de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas; del doctor David Andrade, Sub-director de la Zona Arqueológica de Monte Albán; así como del personal de la Zona Arqueológica de Monte Albán.

Expresamos un agradecimiento y reconocimiento especial para los trabajadores manuales (peones y maestros albañiles) procedentes de Santa María Atzompa y San Pedro Ixtlahuaca, quienes con gran experiencia y compromiso hacia los monumentos realizaron las complicadas tareas técnicas en cada monumento.

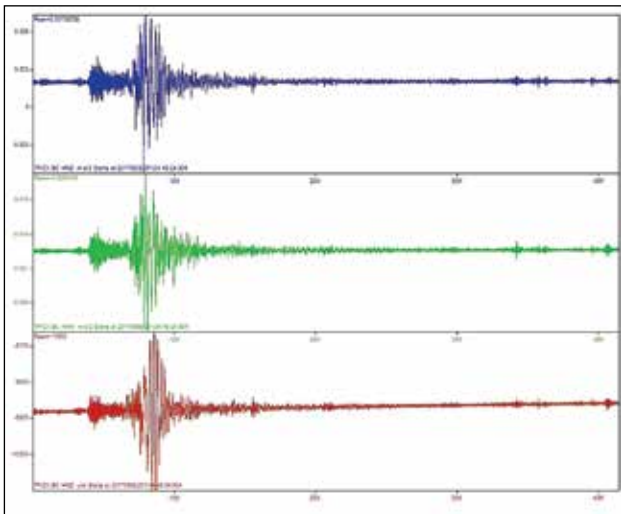
A Stephanie Ortiz, nuestro enlace permanente con el WMF, quien dio seguimiento puntual a todas las etapas del proyecto y se encargó diligentemente de los trámites necesarios para firmar el convenio que nos permitiría contar con los recursos económicos necesarios para la contratación de mano de obra y compra de tecnología. Estos recursos fueron donados por American Express, Roberto Hernández y Claudia Madrazo de Hernández, y otras personas a quienes mantuvo informadas periódicamente de los avances del proyecto, por lo que le expresamos nuestro amplio agradecimiento.

Stephanie también estableció un contacto con los miembros del proyecto, y realizó varias visitas de monitoreo para observar los avances del trabajo. En esa capacidad también presidió el programa Watch Day, que dio visibilidad al proyecto entre la sociedad civil, estudiantil y profesional de Oaxaca. Mientras que Javier Ors Ausín efectuó visitas de campo y estableció un blog desde el World Monuments Fund para dar difusión internacional al proyecto.

Nuestro agradecimiento también al Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO) que, en la persona de la ingeniera Raquel L. Celis, sin más interés que el de ayudar a Monte Albán, invirtió largas horas de discusión con otros docentes y el personal del proyecto para tomar las mejores decisiones en materia estructural.



1. EL EVENTO SÍSMICO

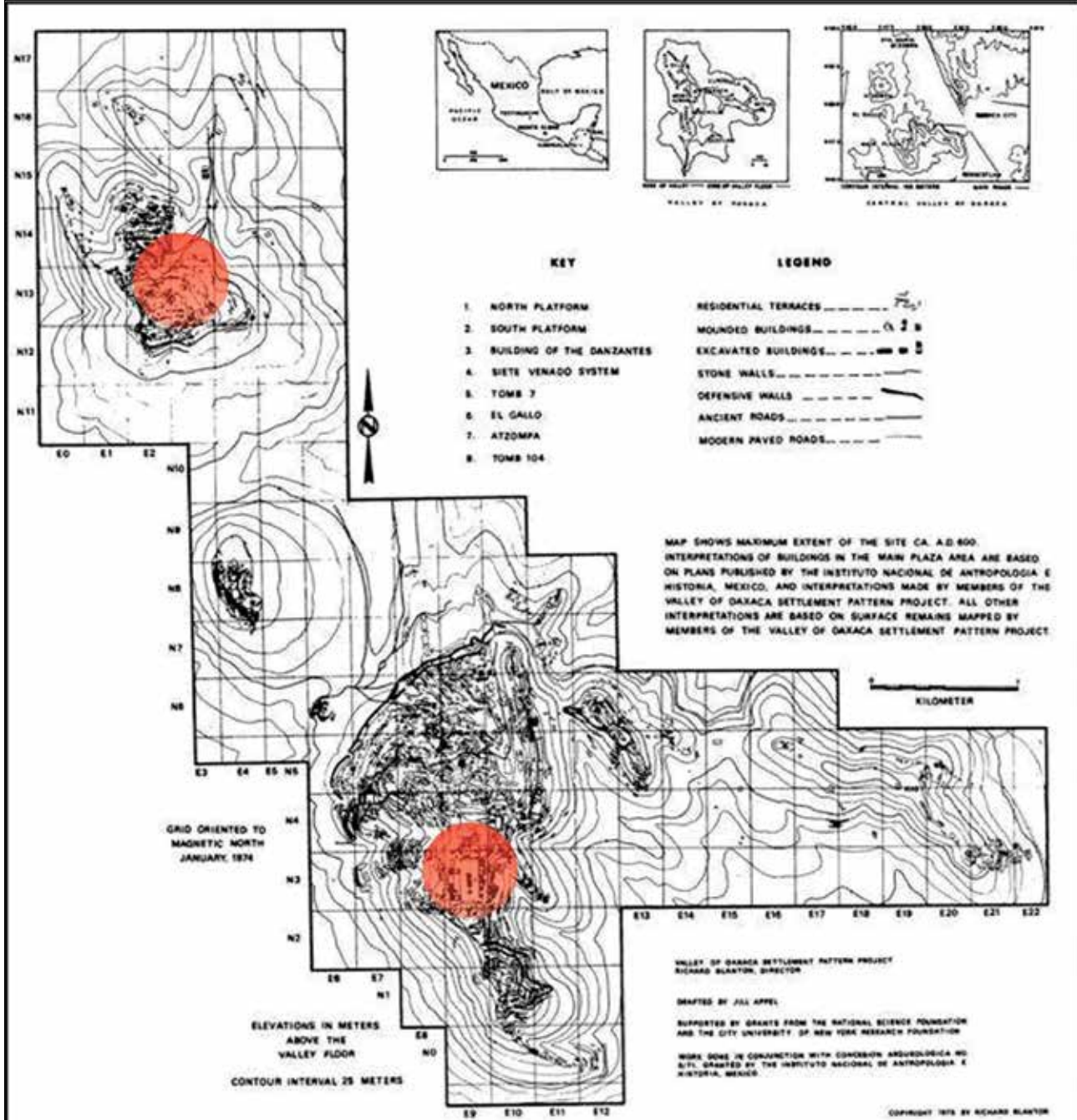


Reporte gráfico del sismo del 7 de septiembre de 2017 (8 de septiembre UTC). Magnitud Mw 8.2, Intensidad Instrumental \approx IX. / Imagen: Red Sísmica del CICESE, Ensenada, Baja California, 8 de septiembre de 2017.

En territorio mexicano se encuentra uno de los Espacios de mayor sismicidad en el mundo, un área situada entre cinco placas tectónicas que constantemente interactúan entre sí: la placa de Norteamérica, la placa de Cocos, la del Pacífico, la de Rivera y la del Caribe (Hernández, 2014).

Por su parte, Monte Albán se halla dentro de la subprovincia fisiográfica de los Valles Centrales, perteneciente a la Sierra Madre del Sur, que presenta una altitud desde los 1,600 hasta los 1,920 metros sobre el nivel del mar (msnm). Esta área también es de alta sismicidad por la fricción entre la placa de Cocos, la placa de Norteamérica y una falla transcurrente entre la Sierra Madre del Sur y la Sierra de Chiapas; una zona tectónicamente activa entre Norte y Centro América (Martínez, 2004, p. 18).

Cercana a la Zona de Monumentos Arqueológicos de Monte Albán, a cuatro kilómetros al norte, se registra una falla con una longitud de 5,300 kilómetros aproximadamente en dirección noreste-sureste. Así también, una fractura de aproximadamente un kilómetro al este de Monte Albán, con una longitud de cerca de cinco kilómetros en dirección norte-sur (INEGI, 1977-1989).



Concentración de daños en el plano arqueológico de Monte Albán (Blanton, 2004). En los puntos rojos se ubica la Plaza Principal de Monte Albán y el Conjunto Monumental de Atzompa (Macro localización).

Los días 7 y 19 de septiembre del año 2017 sucedieron varios sismos en el sur y centro de México considerados por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) como de intensidades moderadas a altas. El primero de ellos ocurrió a las 23:49:17 horas, de magnitud 8.2 Mw (Magnitud de momento), en el golfo de Tehuantepec a 133 kilómetros al suroeste de Pijijiapan, Chiapas. Este sismo pudo percibirse en el centro y sureste del país, y registró en los dos días consecutivos 482 réplicas, considerándose así como el de mayor magnitud

de México, a casi cien años desde el terremoto de 1932 en Jalisco-Colima. Doce días después de estos acontecimientos, el 19 de septiembre a las 13:14:40 horas tiempo del centro de México, se registró un nuevo movimiento telúrico de magnitud 7.1 Mw, con epicentro en los límites de los estados de Puebla y Morelos, a 12 kilómetros al sureste de Axochiapan, Morelos.

MANEJO DE LA CRISIS (PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL MANEJO DE CRISIS ANTE UN EVENTO SÍSMICO)

Los eventos sísmicos de septiembre del 2017 tuvieron un impacto infortunado en las zonas arqueológicas de Oaxaca. Entre ellas la de Monte Albán-Atzompa sufrió daños severos.

Como parte del manejo de la crisis, instantes después de terminado el sismo, se puso en marcha el programa de auxilio del plan de manejo de la Zona Arqueológica de Monte Albán y el programa institucional PrevINAH (Programa de prevención de desastres en materia de patrimonio cultural), dada la importancia que tiene como instrumento orientador de las acciones dirigidas a salvaguardar la integridad física de las personas y asegurar la permanencia de los bienes muebles e inmuebles considerados patrimonio cultural.

Las primeras tareas a realizar consistieron en garantizar que ningún visitante o personal que labora en la Zona Arqueológica se encontrara en riesgo y en caso de requerirlo prestar la ayuda y auxilios inmediatos, la fase de Auxilio y Asistencia es determinante; luego se dio paso a la revisión de los monumentos arqueológicos, la efectividad de estas acciones se logró gracias a la colaboración de las brigadas establecidas previamente como parte del PrevINAH. La siguiente fase fue de evaluación de los daños ocasionados por los sismos a los bienes muebles e inmuebles del área abierta al público: tumbas, túneles, museo de sitio, campamentos de investigación y áreas administrativas.

En general podemos resumir que el instrumento operativo de respuesta al fenómeno consta de tres funciones:

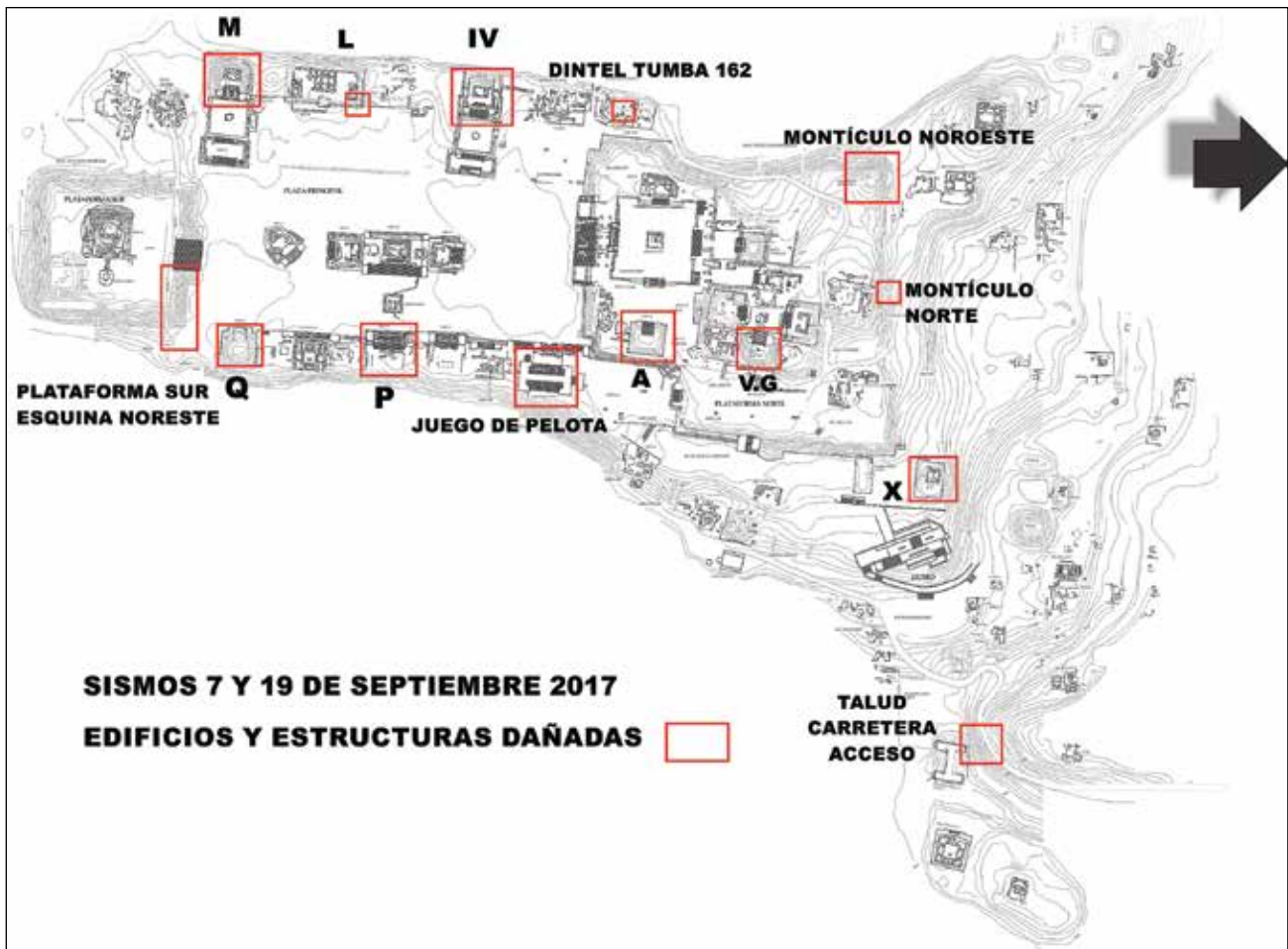
- Alertamiento y protección de bienes.
- Plan de emergencia.
- Evaluación de daños.

EVALUACIÓN DE DAÑOS. CONSEJO DE ARQUEOLOGÍA-ZAMA-ATZOMPA

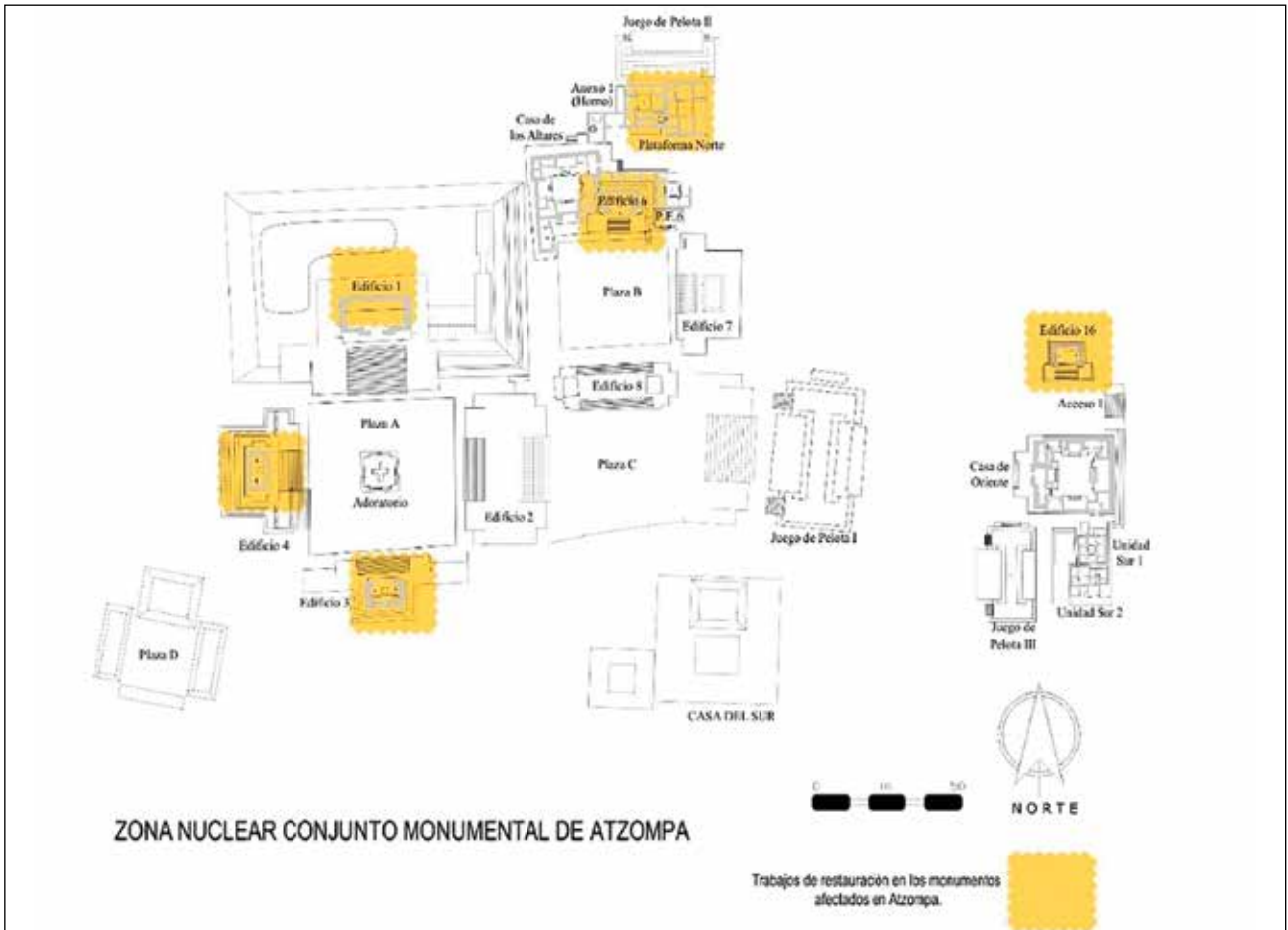
Inmediatamente después de la crisis por los sismos, se integró el Comité de Seguridad para realizar recorridos en la zona y verificar puntualmente cada uno de los edificios del área pública, revisando la integridad de los mismos y los daños que hubiesen sufrido. El Comité se integró por personal técnico y manual, eventual y de base de las áreas de Seguridad, Conservación y Mantenimiento. El recorrido de este Comité permitió reportar colapsos, derrumbes, grietas, desplazamientos, fracturas y fisuras en muros y elementos estructurales, particularmente en el Edificio A, Juego de Pelota, Edificio P, Sistema IV, Sistema M, Edificio L, Vértice Geodésico y Edificio X de Monte Albán, contabilizando 11 monumentos que presentaron daños en este complejo. Por otra parte, en el sector de Atzompa los daños fueron evidentes en el Edificio 16, Plaza A, Edificios 1, 2, 3 y 4, así como en el Edificio Funerario o Edificio 6, tanto en el exterior como el interior del recinto funerario, haciendo un total de siete inmuebles dañados.

En ambas áreas se activó el Protocolo de Sismo, plan de trabajo que se ejecuta como componente del Plan de Manejo de Monte Albán ante eventos catastróficos de este tipo. Este protocolo incluye una serie de tareas a fin de salvaguardar y proteger los monumentos en riesgo, entre estas, dos puntos fundamentales convenidos después del recorrido fueron:

- 1) Acondonamiento de las zonas de riesgo con cinta precautoria para seguridad de los visitantes y el personal operativo. Monitoreando si las réplicas causaban más daños a los monumentos y cómo se comportaban los mismos durante este periodo.
- 2) Registro de los daños sufridos en cada edificio e inicio del procedimiento de elaboración de cédulas de deterioros con apoyo de fotografías que permitieran dar seguimiento puntual a las



Concentración de daños, Zona Arqueológica de Monte Albán (micro localización).



Concentración de daños, Conjunto Monumental de Atzompa (micro localización).

labores a realizar en cada uno de los edificios. En el caso de la Zona Arqueológica de Atzompa el apoyo del Proyecto Arqueológico del Conjunto Monumental de Atzompa (PACMA) fue significativo en esta tarea.

TRABAJOS DE EMERGENCIA: APUNTALAMIENTOS, PROTECCIONES, ACORDONAMIENTOS Y DELIMITACIÓN DE ESPACIOS

En los días siguientes la Coordinación Nacional de Arqueología, atendiendo las necesidades apremiantes en la preservación patrimonial, comisionó a los arqueólogos Mario Córdova Tello y Nelly Robles García, quienes revisaron puntualmente cada uno de los edificios afectados, dictaminaron los daños severos que habían sufrido y emitieron recomendaciones para realizar acciones de atención inmediata, como apuntalamientos y colocación de testigos de yeso en los edificios que presentaban grietas más profundas.

Los apuntalamientos se hicieron principalmente en los edificios que presentaban riesgo de colapso, como fue el Juego de Pelota, Edificios A y P en Monte Albán y los Edificios 4 y 16 en Atzompa.

Posteriormente se procedió a la colocación de testigos de yeso en las grietas de los diferentes edificios para monitorear posibles movimientos en el Edificio A, Sistema IV, Sistema M, Vértice Geodésico, Edificio L y Edificio P, el cual presentaba una grieta que atravesaba el edificio en dirección norte-sur, poniendo en riesgo de deslizamiento y colapso parte de la fachada este.

El seguimiento de este procedimiento de atención a los edificios siniestrados permitió integrar a expertos en otras disciplinas, como arquitectos e ingenieros, para realizar visitas de inspección, evalua-

ción y diagnóstico antes, durante y después de las tareas y proyectos de trabajo que se desarrollaron para salvaguardar la integridad de los mismos.

Las visitas recibidas fueron principalmente por parte del personal del Consejo de Arqueología del INAH, especialistas del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ingenieros del Departamento de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO) y arquitectos de la Facultad “5 de Mayo” de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca (UABJO).

MONTE ALBÁN



Zona Arqueológica de Monte Albán. Acciones emergentes: apuntalamiento del Edificio A después del sismo del 7 de septiembre; con el sismo del 19 de septiembre el muro se asentó y recargó en el apuntalamiento / Foto: Eduardo García Wigueras Ibarra.



Zona Arqueológica de Monte Albán. Acciones emergentes: apuntalamiento de la fachada noreste del Edificio A después del sismo del 7 de septiembre; con el sismo del 19 de septiembre la fachada se recargó en el apuntalamiento / Foto: Julio Manlio Zúñiga Cruz.



Zona Arqueológica de Monte Albán. Acciones emergentes: acordonamientos, apuntalamientos y evaluación de daños al Edificio A después del sismo del 7 de septiembre / Foto: Fidel Ugarte, INAH.



Zona Arqueológica de Monte Albán. Acciones emergentes: apuntalamiento de la fachada este del Edificio A / Foto: Julio Manlio Zúñiga Cruz.

Conjunto Monumental de Atzompa. Acciones emergentes: apuntalamiento de la fachada este del Edificio 16, después del sismo / Foto: Archivo Proyecto Arqueológico Conjunto Monumental de Atzompa, 2017.

ATZOMPA



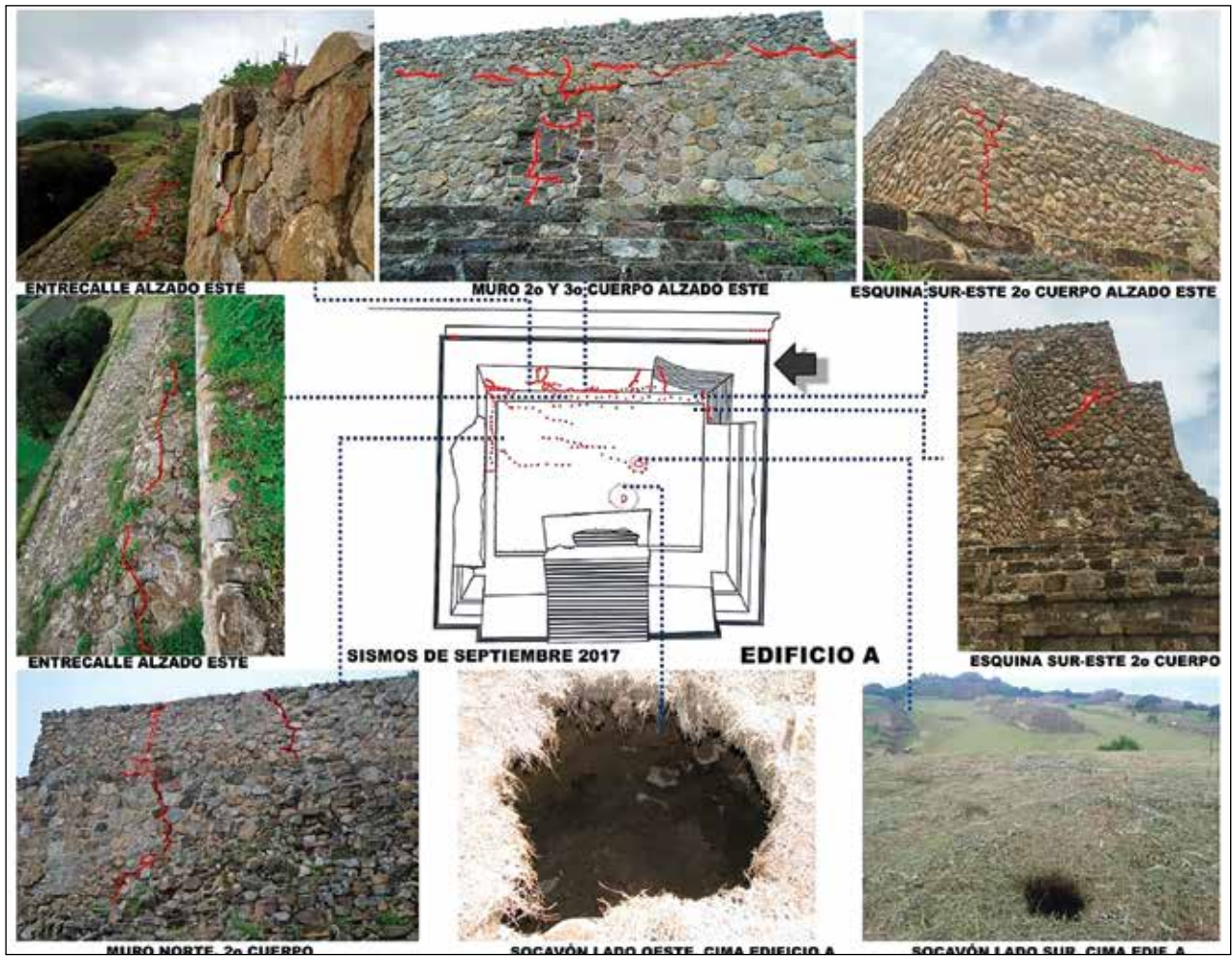
Conjunto Monumental de Atzompa. Acciones emergentes: apuntalamiento de la fachada Este del Edificio 16, después del sismo / Foto: Archivo Proyecto Arqueológico Conjunto Monumental de Atzompa, 2017.





Conjunto Monumental de Atzompa. Acciones emergentes: evaluación de daños en el Templo, Edificio 16 / Foto: Fidel Ugarte, INAH.

Conjunto Monumental de Atzompa. Acciones emergentes: apuntalamiento y acordonamiento de la fachada Este del Edificio 4 después del sismo / Foto: Archivo Proyecto Arqueológico Conjunto Monumental de Atzompa, 2017.



Zona Arqueologica de Monte Albán, Edificio A. Se realizó el registro de los daños sufridos en cada edificio mediante las cédulas de deterioros con apoyo de fotografías.



PROYECTO ARQUEOLÓGICO DEL CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA

Croquis de afectaciones por el sismo del 7 de septiembre de 2017.



Afectaciones muro lado oeste del templo, Edificio 4.



Banqueta del templo en su lado este.



Escalinata central, parte alta.



Muro lado sur del templo.



Pisos de estuco en el templo.



Alfarda sur, lado sur.

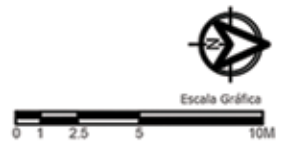
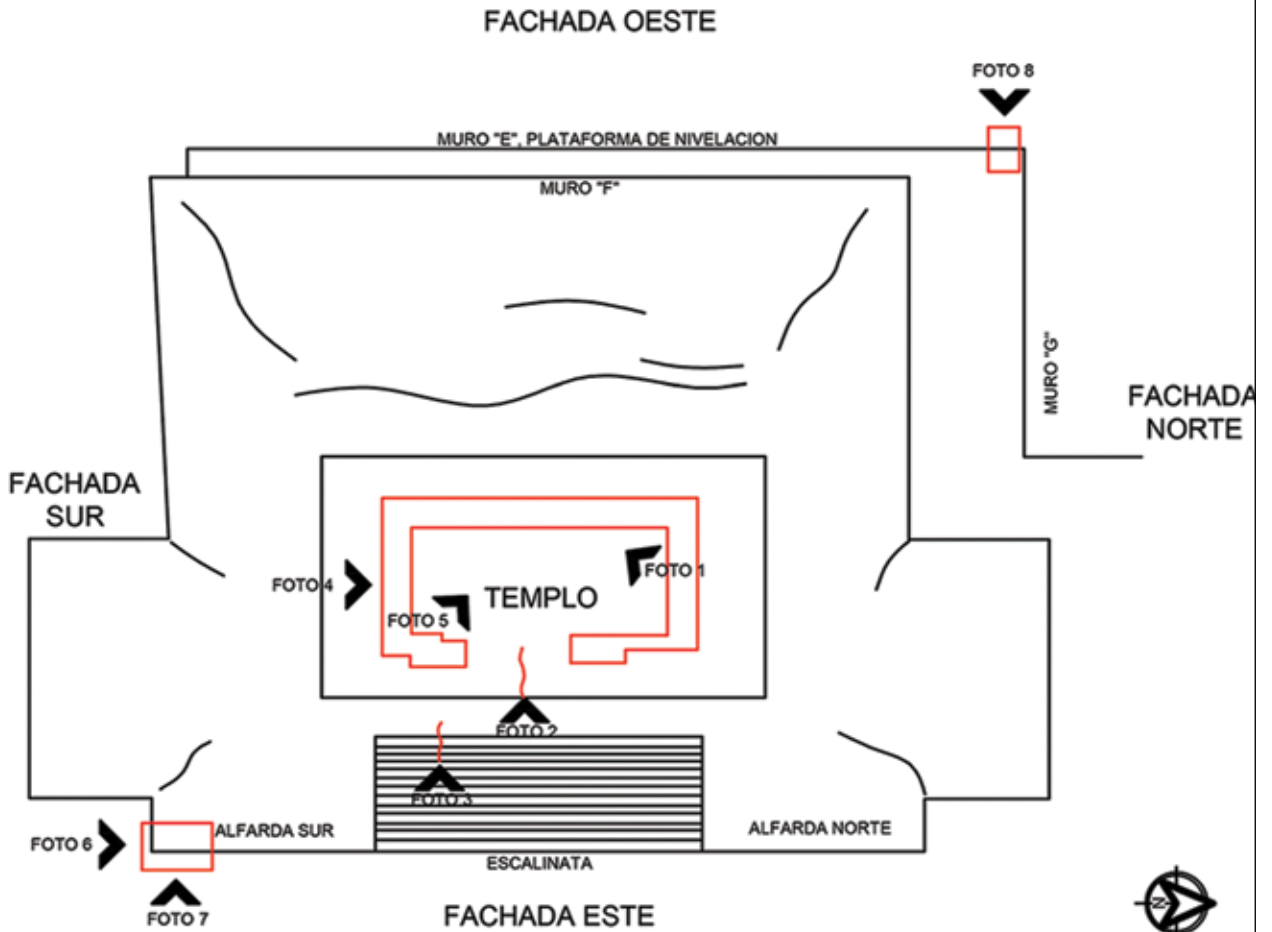


Alfarda sur, lado este.

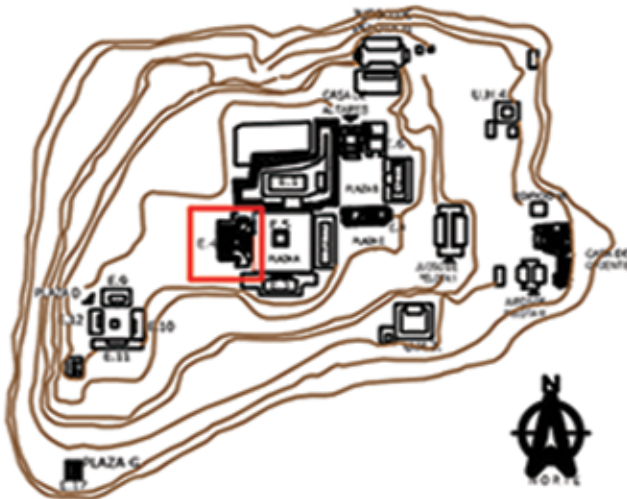


Esquina noroeste, plataforma de nivelación.

EDIFICIO 4



CROQUIS GENERAL



SIMBOLOGÍA

DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO:
DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA

CO-DIRECTOR:
ARQLGO. LEOBARDO D. PACHECO ARIAS

ELABORÓ:
ÁREA DE RESTAURACIÓN
P. A. C. M. A.

ESCALA: ESPECIFICADA
ELAB: SEPTIEMBRE 2017



PROYECTO ARQUEOLÓGICO DEL CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA

Croquis de afectaciones por el sismo del 7 de septiembre de 2017.



Afectación muro M, segundo cuerpo de fachada este. Edificio 16.



Vista dellate afectación muro M, segundo cuerpo de fachada este. Edificio 16.



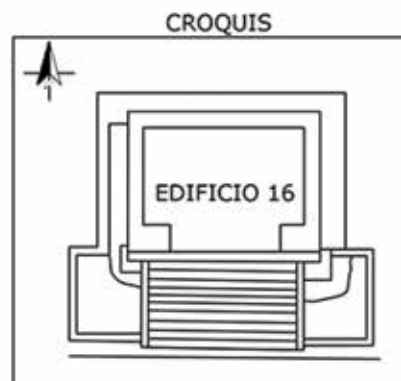
Afectación muro F, primer cuerpo esquina noreste. Edificio 16.



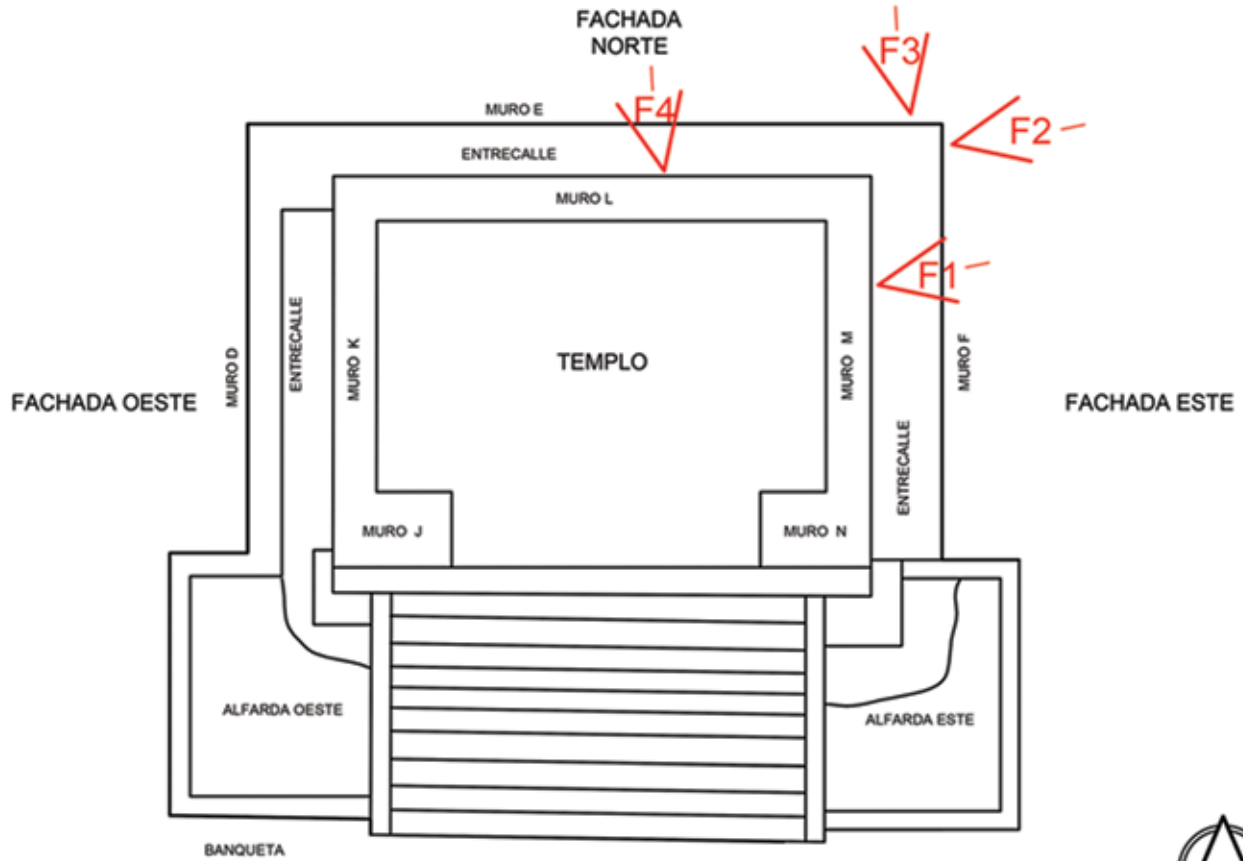
Afectación muro E, primer cuerpo esquina noreste. Edificio 16.



Afectación muro L, segundo cuerpo esquina noreste. Edificio 16.



EDIFICIO 16



SIMBOLOGÍA



UBICACIÓN FOTO PLANTA

DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO:
DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA

CO-DIRECTOR:
ARQLGO. LEOBARDO D. PACHECO ARIAS

ELABORÓ:
ÁREA DE RESTAURACIÓN
P. A. C. M. A.

ESCALA: ESPECIFICADA
ELAB: SEPTIEMBRE 2017





2. GESTIÓN INSTITUCIONAL



Revisión de los daños a las estructuras de Monte Albán por parte de personal especializado / Foto: Fidel Ugarte, INAH.

El sismo o sismos como los que devastaron el Sur de México en 2017 generan una problemática de destrucción para la cual pocas veces o nunca se cuenta con respuestas técnicas o políticas adecuadas, y menos con los escasos recursos humanos y financieros disponibles. A pesar de ser fenómenos recurrentes, la variedad de deterioros derivados del evento es siempre mayor a lo esperado, por lo que los presupuestos que se destinan normalmente son tardíos e insuficientes.

ASEGURADORA DEL INAH (SEGURO INSTITUCIONAL)

Una vez inspeccionados los monumentos de Monte Albán y Atzompa por el personal especializado y constatado que presentaban daños de diferente naturaleza debido a los sismos (agrietamientos, colapsos, fracturas, fisuras, huecos o socavones), la primera reacción institucional fue recurrir a los fondos del Programa de Aseguramiento Integral de Bienes Patrimoniales del INAH, atendido por la Coordinación Nacional de Recursos Materiales y Servicios establecida en la misma institución.

Para ello, se llevó a cabo el reconocimiento general entre el personal técnico y administrativo de las zonas arqueológicas, el personal de seguridad del Centro INAH Oaxaca y los representantes técnico y legal de la aseguradora York RSG International, para dar pie al proceso de conciliación que define los montos a los que se compromete la empresa para resarcir los daños respectivos.

Como es común en estos casos, las negociaciones llevaron al establecimiento de una cifra que

sólo permitiría efectuar los trabajos preliminares y superficiales en los daños. En estas gestiones no se consideran los trabajos de investigación necesarios para la comprensión integral de los deterioros aparentes, la revisión de los trabajos técnicos realizados anteriormente, y menos el establecimiento de estrategias de prevención de mayores daños o la sensibilización de los grupos sociales ante el suceso. Únicamente se atendió la reacción rápida y la obra puntual sobre los metros y centímetros aparentemente dañados. En una dinámica de “conciación”, que termina siendo un regateo, la empresa aseguradora establece el menor costo a pagarse. En este tenor, el monto asignado para los edificios dañados en Monte Albán fue de 2,619,473.19 pesos, mientras que para el Conjunto Monumental de Atzompa fue de 668,025.41 pesos.

Estos fondos fueron sujetos del manejo administrativo del Centro INAH Oaxaca, que decidió dinamizarlos a través de la figura de empresas constructoras que se harían cargo incluso de la ejecución de las obras, lo que dio pie a largas discusiones con los directivos, en el sentido de defender la restauración especializada de monumentos para su ejecución por parte del personal de investigación del Instituto. El resultado fue la aceptación de la dirección institucional de las obras y la administración por parte de las empresas asignadas por el Centro INAH Oaxaca.



Personal especializado durante el recorrido para la evaluación de daños a los monumentos de Atzompa. /Foto: Fidel Ugarte, INAH.

GESTIÓN DE RECURSOS PARA EL PROYECTO ESPECÍFICO: EL WORLD MONUMENTS FUND

Con la experiencia previa del manejo, gestión y ejecución del Proyecto FONDEN 1999 para la Atención a los Daños por Sismo en Monte Albán, y por lo tanto con la plena conciencia de que los tratamientos a estos daños al patrimonio edificado merecen una atención puntual que obedezca a una metodología de intervención de restauración profesional y académicamente impecables, que permita establecer soluciones de largo plazo, asumimos el evento de los sismos del año 2017 como una oportunidad para definir acciones y parámetros que estuvieran a la altura de los tratamientos de los daños y en general del precario estado de conservación de los monumentos afectados en Monte Albán y Atzompa. Por consiguiente, nos propusimos la búsqueda de recursos económicos adicionales para enfrentar dicha problemática.

La afortunada intervención del World Monuments Fund, a través de su programa World Monuments Watch 2018, proyecto Disaster Sites of the Caribbean, the Gulf, and Mexico, hizo posible la alianza entre esta agencia internacional y el Instituto Nacional de Antropología e Historia para la recuperación de daños por el sismo, estabilización y conservación de la Zona Arqueológica de Monte Albán y Atzompa.

El proyecto pactado incluiría la conservación física, documentación y evaluación geofísica, enfatizando en la capacitación del personal y en la construcción de conocimientos especializados; proveerá de técnicos locales, con las aptitudes necesarias para reparar efectivamente y preparar la Zona Arqueológica de Monte Albán y Atzompa para desastres naturales futuros (WME, 2018).

De esta manera, con la presencia del director general del INAH, Diego Prieto Hernández, el embajador Diego Gómez Pickering, cónsul General de

México en Nueva York, y la directora del Proyecto Nelly Robles García, en una gala invitada en Nueva York por el WMF en junio de 2018, se consolidó la recaudación de fondos destinados a estos sitios. En conjunto, American Express, Roberto Hernández Ramírez y Claudia Madrazo de Hernández, y el Fideicomiso The Robert W. Wilson, así como otros filántropos, otorgaron un donativo de un millón de dólares “para un proyecto en colaboración con el INAH, destinado a la estabilización de largo plazo de Monte Albán, mismo que incluirá conservación, documentación, evaluación geológica y construcción de capacidades técnicas” (WMF, 2018).

Estos recursos permitieron, por una parte, la adquisición de tecnología de punta para los estudios y documentación arqueológica y arquitectónica, así como los estudios geofísicos que nos permitieron visualizar el subsuelo, definiendo así las mejores estrategias de intervención en los monumentos dañados (Anexo 1), y por otra, la ejecución del proyecto específico titulado “Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en las Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa” (Anexo 2).

RECURSOS HUMANOS DEL INAH

Mediante las alianzas profesionales realizadas con base en intereses afines dentro del ejercicio de la conservación de los monumentos, se habían identificado en el mismo INAH a profesionales convencidos de la interdisciplina y la suma de capacidades para ejecutar este proyecto, cuya especialización en las temáticas tecnológicas propuestas y experiencia en la conservación de la arquitectura resultaba incuestionable. De esta manera, en un ejercicio casi inédito, la Coordinación Nacional de Arqueología propició las condiciones administrativas para que se reunieran la doctora Nelly Robles García, del Centro INAH Oaxaca; el

arqueólogo Osvaldo Sterpone, del Centro INAH Hidalgo, y el maestro José Huchim Herrera, del Centro INAH Yucatán.

La doctora Nelly Robles García es especialista por la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete” (ENCRYM), en materia de Restauración de Arquitectura Prehispánica, así como de Gestión de Recursos Arqueológicos y Arqueología Oaxaqueña. Ha dedicado su vida profesional a la conservación arquitectónica del patrimonio cultural presente en las zonas arqueológicas y tiene particular interés y experiencia amplia en el tratamiento de monumentos afectados por desastres, como lo son sismos e incendios.

Osvaldo Sterpone es arqueólogo especialista en el manejo de equipos técnicos de geología y geofísica. Experto en la aplicación de lecturas con el equipo de resistivimetría, topografía y GPS electrónico. Integró en el grupo de trabajo a especialistas de apoyo, con la colaboración oportuna y atinada de la Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas (DRPMZA) del INAH, cuya titular, la arqueóloga Silvia Mesa Dávila, tuvo a bien comisionar en diversas ocasiones, al ingeniero geólogo Yoshio Castelán, la arqueóloga Vania Bosch. Otros apoyos de asesores expertos fueron conseguidos por Sterpone en la Universidad de Hidalgo y la Universidad de Guadalajara.

El maestro José Huchim Herrera es especialista en la documentación arquitectónica 3D, por lo que se integró al equipo para capacitar y asesorar a los técnicos locales en el funcionamiento y potenciación de la documentación 3D, que fue hecha con el *scanner* láser FARO 3D FOCUS s 70. Igualmente capacitó a los técnicos en las estrategias de trabajo de campo para la captura de datos.

Dada su larga experiencia en materia de restauración arquitectónica, su presencia además propició largas horas de discusión acerca de tratamientos puntuales y el uso de la cal como único

material industrial aglutinante en las mezclas utilizadas en el proyecto.

De esta forma, el trabajo se enriqueció en capacidades técnicas con recursos humanos propios, como es el personal de investigación científica permanente del INAH, en una colaboración profesional que está destinada a ser de largo plazo y que marca un precedente importante de optimización de los recursos humanos del propio Instituto como estrategia para mejorar los proyectos como el que se reporta.

El equipo técnico se configuró por arqueólogos, arquitectos restauradores, ingenieros civiles, procesadores de datos, dibujantes, administrador, asistente de administración, asistente de laboratorio y técnicos en computación y fotografía.

Por su parte, los trabajadores manuales conformaron el grupo sólido de apoyo técnico. Este fue reunido a partir de los equipos humanos que se han capacitado por el Proyecto Arqueológico Conjunto Monumental de Atzompá, procedentes de las comunidades de Santa María Atzompá, San Pedro Ixtlahuaca y parte de la cuadrilla de mantenimiento de Monte Albán.

INTEGRACIÓN DEL EQUIPO INTERDISCIPLINARIO

De esta manera el proyecto se conformó por un equipo verdaderamente interdisciplinario, en el que, coordinados por arqueólogos especializados, los arquitectos, ingenieros, estudiantes y personas de las comunidades entrenadas durante años en técnicas de restauración, se articularon en torno al objetivo principal que fue la atención a los daños causados por los sismos, desde una perspectiva integral, participando con las diversas comunidades académicas, con las comunidades que rodean Monte Albán

y preparando el bien cultural para su conservación a largo plazo.

Este grupo tuvo acceso a los equipos tecnológicos de punta adquiridos por el WMF. Mediante la capacitación adecuada se formaron los grupos que atendieron, por un lado, la documentación 3D; por otro, las lecturas geoarqueológicas con los equipos de resistivimetría, de radar de penetración y de magnetometría, así como fotogrametría especializada; finalmente, toda la documentación obtenida sirvió a las cuadrillas de arqueología y restauración para ejecutar los tratamientos adecuados sobre los monumentos.

Los equipos de tecnología más modernos que se adquirieron para este proyecto, conjuntamente con sus periféricos, fueron:

- *Scanner* Láser FARO 3D FOCUS S70.
- GIGAPAN EPIC PRO.
- Cámara fotográfica digital.
- GPS GRX2 SOKKIA DIGITAL UHF II
- Nivel automático SOKKIA B40.
- Estación Total SOKKIA IM 55 c/ Tripié
- Resistímetro consola SYSCAL PRO Swith 48 105 13.
- Georadar MALA GPR con antena de 250 MHS.
- Drone DJI MATRICE RTK V2
- Work Station HP Z8 G4

La utilización de estos equipos permitió al proyecto realizar la documentación y diagnóstico del estado de conservación de manera confiable y expedita. Así mismo, confiar en la imagenología que proveen los mismos, en tanto los mejores aliados para las intervenciones, su seguimiento y monitoreo final, como es el caso de los modelos 3D que se han generado a partir del proyecto y las posibilidades de fotografía aérea y fotogrametría que ofrece el dron.

En el ámbito de la ingeniería, los especialistas en Ciencias de la Tierra del ITO, ingeniera Raquel L. Celis y el equipo de docentes, igual que los ingenieros Roberto Sánchez Ramírez y Efraín Ovando Shelley del Instituto de Ingeniería de la

UNAM, brindaron su constante asesoría para la toma de decisiones en los temas estructurales, particularmente en las problemáticas extremadamente complicadas presentadas por el Edificio A, el Edificio P y el Juego de Pelota de Monte Albán.

Los trabajos técnicos de este proyecto se iniciaron en el segundo semestre de 2019, toda vez que la integración del convenio específico correspondiente entre el INAH y el WMF llevó varios meses, dadas sus complicaciones logísticas por tratarse de un compromiso de orden internacional.

ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN DEL COVID 19 (SARS COV-2)

Al inicio del año 2020, como sabemos, el mundo entró en crisis por la aparición del virus SARS- COV-2, que ocasiona la contagiosa y letal enfermedad del COVID-19. Como todos los sitios arqueológicos del país, por mandato nacional, Monte Albán-Atzompa fue cerrado a la visita pública y a los trabajadores (excepto guardias) a partir de marzo de 2020.

Sobre todo, debido a la urgencia por enfrentar el maltrecho estado de conservación de los edificios dañados por los sismos y dado los compromisos adquiridos por el convenio de colaboración entre el INAH-WMF con la Coordinación Nacional de Arqueología, se tomó la decisión de mantener en marcha el proyecto. Esto nos llevó a establecer una logística y estrategias de priorización de la seguridad del personal para evitar al máximo posible la presencia del virus, mediante las siguientes acciones:

- Al estar cerrados los sitios, se diseñó con la dirección de Monte Albán-Atzompa una dinámica para controlar los ingresos y salidas de los integrantes del proyecto. Esto implicó su arribo a las 8:00 horas y su salida a las 17:00 horas.

- Para la entrada y salida de vehículos de provisión de materiales para las obras se implementó un protocolo de sanitización, por lo que fue necesario establecer horarios para su llegada a las zonas arqueológicas.
- Uso generalizado y obligatorio de cubrebocas entre el personal de toda índole.
- Uso constante de gel antibacterial.
- Uso colectivo de sanitizantes a la llegada a la jornada laboral.
- Colocación de estaciones de lavado de manos alrededor de las áreas de trabajo.
- Establecimiento de áreas separadas de trabajo y de consumo de alimentos al aire libre, para mantener el distanciamiento físico requerido entre las personas.
- Se apartó del grupo a las personas sospechosas de portar el virus en tanto se realizaban las pruebas clínicas correspondientes.
- Apoyo laboral a las personas que desafortunadamente llegaron a contagiarse de la enfermedad.

A pesar de estas medidas, en el equipo se registraron al menos tres casos de contagio, lo que obligó a redoblar las medidas de prevención a lo largo de todo el año 2020. Afortunadamente ninguno de los casos tuvo desenlaces fatales.

La adquisición de insumos para prevenir el SARS-COV-2, así como la realización de pruebas e





Laboratorio de Piedras Grabadas "Alfonso Caso" y campamento de investigación del Proyecto Conjunto Monumental de Atzompa / Fotos: Archivo Técnico del Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Trabajos de campo y gabinete bajo las medidas de seguridad pertinentes / Fotos: Archivo Técnico del Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

incapacitación de los enfermos implicó gastos adicionales no previstos en el proyecto, por lo que al final se tuvieron que hacer ajustes presupuestales.

LOGÍSTICA E INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO

La ejecución del proyecto, como ya se dijo, se llevó a cabo entre Monte Albán y Atzompa. Este aspecto estuvo constantemente limitado por la escasez de espacios para el necesario trabajo de gabinete y el cierre de los laboratorios para análisis de materiales arqueológicos en Monte Albán, por lo que todo tuvo que transportarse al laboratorio de Atzompa, así como por el manejo del proyecto en medio de la pandemia durante todo el año 2020.

Recursos materiales. Vehículos: se tuvo a disposición de este proyecto dos camionetas *pick up*, una Ford Lobo modelo 2009, de la Coordinación Nacional de Arqueología, y una Chevrolet Silverado modelo 2015, del sistema *leasing* del Centro INAH Oaxaca. En estas se movilizó al personal, se transportaron los materiales y se atendió todo tipo de eventualidades que las requirieran.

Oficinas. Las oficinas provisionales se habilitaron, por un lado, en el laboratorio de Piedras Grabadas “Alfonso Caso”, que se tiene dispuesto en Monte Albán. Sin embargo, fue el campamento-

laboratorio del Proyecto Conjunto Monumental de Atzompa el que se habilitó para el trabajo de gabinete-laboratorio; para oficinas administrativas y para las capacitaciones necesarias al personal técnico del proyecto.

Bodegas. En Monte Albán también se instaló una bodega provisional de lámina para resguardar las herramientas y otros insumos. De esta manera, el campamento y laboratorio principales se establecieron en Atzompa y desde ahí se desplegó la logística para trasladar al personal, equipos e insumos del proyecto.

Como se evidenció, para los trabajos de este proyecto nos encontramos con dificultades para el uso de espacios óptimos, sin embargo, decidimos adaptarnos a través de las infraestructuras del Proyecto Arqueológico Conjunto Monumental de Atzompa. Para ello fue necesario aumentar la capacidad de captación de energía solar a efecto de obtener la electricidad necesaria para la conexión de equipos, el recargo constante de pilas y las necesidades básicas para el funcionamiento normal del laboratorio de materiales arqueológicos.

De esta manera, el proyecto transitó de manera eficiente entre los dos sitios. Esta modalidad nos permitió probar tanto la capacidad de adaptación del proyecto como de los integrantes del equipo, para lidiar con las condiciones que se presentaron: daños por los sismos, aquellas impuestas por el COVID-19 y la adaptación de la infraestructura necesaria.

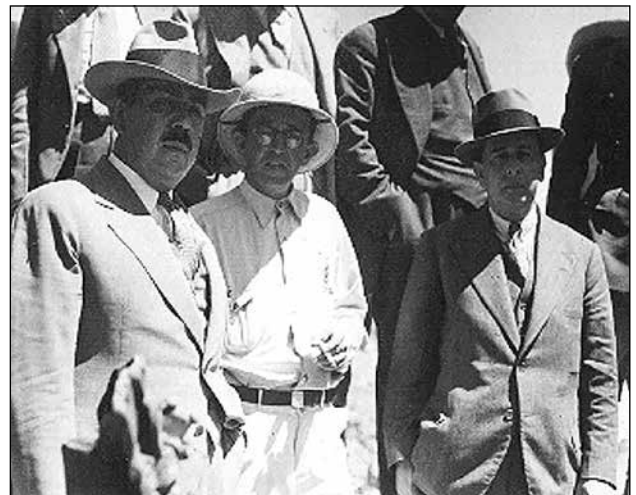


3. HISTORIA DE LAS INTERVENCIONES DE RESTAURACIÓN DE LOS EDIFICIOS SINIESTRADOS EN MONTE ALBÁN Y ATZOMPA

En el presente apartado se abordan los antecedentes de exploración de los edificios dañados por los sismos del año 2017 en Monte Albán y Atzompa. Los datos aquí recopilados nos permiten conocer la historia e intervenciones de los edificios siniestrados y entender las causas de sus afectaciones.

La serie de acciones que se ejercen en un edificio durante su exploración arqueológica y posterior consolidación/restauración dejan una impronta en cada uno de ellos; la mayoría han sido intervenidos en más de una ocasión por personal técnico de diferentes proyectos de investigación, quienes han tomado diversas decisiones para asegurar la estabilidad de los mismos. Sin embargo, es necesario asumir que estas no siempre fueron las mejores elecciones para su conservación integral, destacando que en muchos casos los procesos aumentaron el riesgo de pérdida e influenciaron en los daños que se presentaron durante y posterior a los sismos del 2017.

En ese sentido, conocer los antecedentes de intervención de cada uno de los edificios que se trataron con el Proyecto de Conservación de los Edificios dañados por los sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa, nos permitió no sólo saber el origen de los daños sino también idear una serie de ejercicios interdisciplinarios cuyos resultados fueron vitales en la toma de decisiones durante los procesos de consolidación.



El presidente Lázaro Cárdenas con Alfonso Caso / Foto: Mediateca INAH.

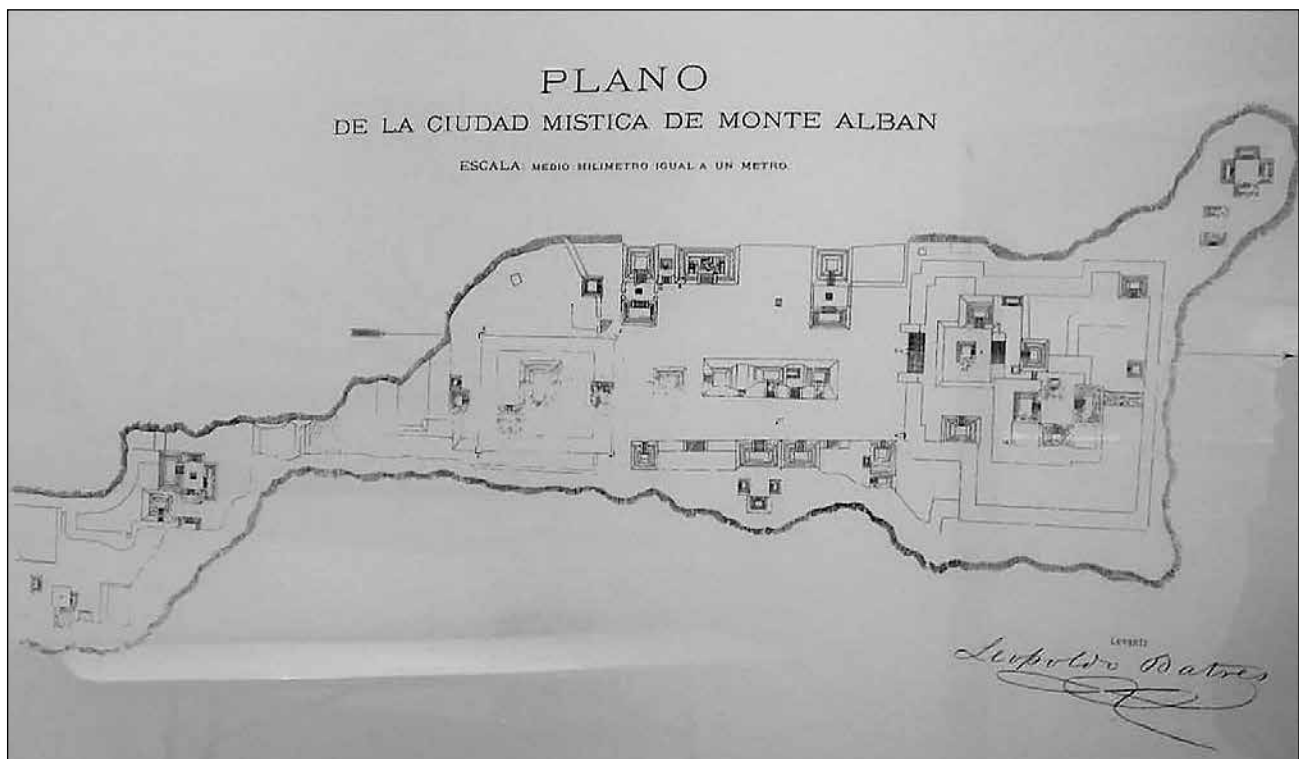
Las documentaciones pioneras realizadas en Monte Albán se remontan a principios del siglo XIX, con los viajeros y exploradores europeos que visitaron y realizaron relatos descriptivos y trabajos de registro, como dibujos muy precisos y bosquejos, destacando personajes como Gillaume Dupaix, Johann Von Müller, William Holmes, Marshal Saville, entre otros (Rivero, 2004, p. 3). Durante el periodo del Porfiriato surge la arqueología oficial en el país, permeada por una visión nacionalista, con la que resalta la figura de Leopoldo Batres, quien realizó una serie de exploraciones en sitios de gran monumentalidad, entre ellos Monte Albán y Mitla (Montaño, 2002, p. 51).

El pensamiento socialista consolidado por la Revolución mexicana y la implementación de un nuevo sistema de gobierno propició el surgimiento de eruditos mexicanos interesados en develar el glorioso pasado de las culturas originarias del país. Esto trajo consigo el desarrollo de nuevas teorías y metodologías de trabajo para la investigación arqueológica, así como la apertura

a un sistema que permite proteger, administrar y regular el patrimonio arqueológico. En este panorama resalta, a partir de finales de la década de 1920, la figura del doctor Alfonso Caso y Andrade, quien realizó exploraciones en Monte Albán (Matos, 2010, p. 256), proyecto de origen de la llamada Escuela Mexicana de Arqueología que desarrolló teorías y métodos científicos en este rubro.

Décadas después de las intervenciones de Caso y su equipo, en 1992 surge una tercera época de exploraciones en Monte Albán, siendo en ese momento una de las zonas seleccionadas para los Proyectos Especiales, programa estratégico del gobierno de Carlos Salinas de Gortari para consolidar la vocación turística del país. El llamado Proyecto Especial Monte Albán (PEMA), dirigido por Marcus Winter, duró dos años y los trabajos se centraron en la Plataforma Norte (Matos, 2010, p. 340).

Posteriormente, el año 1999 ve surgir una cuarta época de exploraciones originada por los movimientos telúricos que se suscitaron el 30 de



Plano de Monte Albán elaborado por Leopoldo Batres / Imagen: Archivo Casasola.

septiembre de ese año. Monte Albán es intervenido urgentemente con el objetivo de resarcir los daños provocados por el sismo; en esta ocasión el proyecto es dirigido por Nelly Robles García, haciéndolo verdaderamente interdisciplinario y marcando así una pauta en la historia de la restauración de los edificios arqueológicos de esta zona (Robles, 2009, p. 9).

Como quinta época de intervenciones tenemos el Proyecto Arqueológico Conjunto Monumental de Atzompa que inicia en el año 2007, enfocado en la exploración, restauración y protección de uno de los barrios de Monte Albán. Con este se abre una nueva ventana en la implementación de métodos científicos en los procesos de restauración que continúa hasta la fecha (Robles *et al.*, 2010, p. 354).

A continuación las características de los cinco proyectos que han marcado la historia de las intervenciones en la Zona Arqueológica de Monte Albán y el Conjunto Monumental de Atzompa, tomando su realización como antecedentes de cada edificio intervenido en el marco del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa.

PRIMERA ÉPOCA: LAS EXPLORACIONES DE LEOPOLDO BATRES

La primera etapa de exploraciones formales en Monte Albán está marcada por las intervenciones que realizó Leopoldo Batres, quien, siendo comisionado como inspector general y conservador de los monumentos arqueológicos durante el porfiriato, realizó excavaciones de los años 1885 a 1902, interviniendo en ese entonces las plataformas Norte y Sur de esta zona.

Con Leopoldo Batres comenzaron en México los primeros trabajos oficiales de restauración en

edificios arqueológicos, resaltando sitios como Mitla y Teotihuacán, en donde fueron hechas las primeras incursiones en este ejercicio. La restauración y las exploraciones arqueológicas que caracterizaron esta etapa fueron destructivas y no sistemáticas, generando mucha polémica en los periodos subsecuentes (Robles y Juárez, 2004, p. 66).

Al respecto, si bien hoy podemos hacer una crítica exhaustiva del trabajo de Batres, fue en su momento la mejor y única alternativa con la que se contaba, sin experiencia que le antecediera ni bibliografía que le respaldara (Schávelzon, 1990, p. 49).

SEGUNDA ÉPOCA: EL PROYECTO MONTE ALBÁN DE ALFONSO CASO

En los años treinta se da una nueva etapa de investigaciones en Monte Albán, encabezada por uno de los personajes más importante en el ámbito de la arqueología y de alto renombre para la época, Alfonso Caso y Andrade. Quien además fue el cerebro detrás de la creación de instituciones como la Sociedad Mexicana de Antropología en 1937, el INAH en 1939 y el Instituto Nacional Indigenista (INI) en 1949 (Matos, 2010, p. 256).

En Monte Albán, bajo la dirección de Caso, se realizaron dieciocho temporadas arqueológicas





Edificio A, foto histórica después de la excavación y restauración por parte del doctor Alfonso Caso durante los trabajos de los años treinta / Foto: Archivo técnico de Monte Albán, Mediateca del INAH.

de campo, entre 1931 y 1958, al lado de colaboradores que más adelante se convirtieron en importantes investigadores, como Ignacio Bernal, Jorge Acosta y Javier Romero, entre otros.

En esta nueva etapa de exploraciones se aprovecharon los aportes teóricos y prácticos de la estratigrafía, introducidos en México por Manuel Gamio, y se concibió a Monte Albán como una ciudad, centrando las investigaciones en conocer la secuencia cronológica del sitio y el sector ceremonial.

Durante la primera temporada de campo, entre los años 1931 y 1932, se llevaron a cabo las primeras intervenciones arqueológicas en el Edificio A. Fue realizada en la parte superior la excavación de un pozo con una profundidad cercana

a los nueve metros, llegando a un piso de estuco. También un túnel sobre la fachada este, a través del cual se encontró el muro de una subestructura.

En el Juego de Pelota, las primeras investigaciones se realizaron entre 1933 y 1935 durante la 4ª y 5ª temporadas; los trabajos se enfocaron en la exploración y reconstrucción del interior de la estructura, los cabezales, las escalinatas y una parte del desagüe.

Mientras que el Edificio P fue excavado durante la 16ª temporada en 1946, bajo la dirección de Jorge R. Acosta, quien realizó una cala de exploración en la que fueron localizadas las ofrendas número 1 y 2, debajo de un muro de la época II. Sobresalen entre los objetos encontrados algunas figurillas de jade con influencia teotihuacana pero de elaboración zapoteca, materiales diagnósticos del periodo de transición de la época II a la época IIIA de Monte Albán.

TERCERA ÉPOCA: EL PROYECTO ESPECIAL DE MONTE ALBÁN 1992-1994 (PEMA)

Entre 1992 y 1994 el INAH desarrolló los llamados Proyectos Especiales de Arqueología, para los cuales el Gobierno Federal destinó un gran presupuesto con el que se reanudarían intervenciones en diversos sitios arqueológicos del país, Monte Albán por supuesto fue una de las zonas elegidas, siendo Marcus Winter y posteriormente Arturo Oliveros los encargados de dirigirlo (Robles y Juárez, 2004, p. 154; Matos, 2010, p. 340).

En esta ocasión las exploraciones se concentraron en la Plataforma Norte en el área que ocupa el Conjunto Vértice Geodésico, en la Plataforma Sur y en las unidades habitacionales ubicadas en los extremos noroeste y suroeste de la Plaza Principal (Robles y Juárez, 2004, p. 194).

En el Juego de Pelota se exploró la ladera este en su sector sur; mediante la excavación de pozos se localizó el túnel de un gran desagüe y los arranques de sus muros de contención.

Mientras que en el Edificio P se realizaron principalmente trabajos de conservación y protección, restituyendo en el lado sur el muro de una subestructura, y en el lado norte un muro en talud. De la misma manera, en la escalinata principal, debajo del cubo del paso cenital, se hizo un drenaje para evitar inundaciones en su interior.

En el Edificio A se reconstruyeron los muros laterales norte y sur, se así mismo la escalinata central y se rellenó un túnel excavado por Alfonso Caso en los años treinta, que hasta ese momento permanecía abierto. Una de las acciones que llama la atención fue la modificación que sufrió este edificio, al adosar un cuerpo completo en el límite superior, este compuesto por muros modernos armados con varillas de acero que sirvieron como tensores o anclas (Robles *et al.*, 2009, p. 58), siendo este uno de los ejemplos de reconstrucción injustificada más agresiva que se haya realizado en la época moderna a la zona arqueológica.

En ese sentido, los trabajos de restauración arquitectónica que se realizaron en este Proyecto Especial ignoraron los criterios y lineamientos para la restauración vigentes en la época, omitiendo por completo las normas y recomendaciones que se habían expedido en las instancias nacionales —por el mismo INAH— e internacionales (Robles *et al.*, 2009, p. 50). De esta manera la reconstrucción injustificada se hizo presente nuevamente, aunada al abuso en el uso de cemento para las mezclas, que en la mayoría de los casos cubrieron los paramentos originales de muros y escalinatas propiciando una interpretación poco confiable de la arquitectura y faltando totalmente al principio de reversibilidad en los materiales (Robles y Juárez, 2004, p. 206; Robles *et al.*, 2009, p. 50).

CUARTA ÉPOCA: LAS INTERVENCIONES DEL PROYECTO FONDEN EN 1999



Juego de Pelota, al fondo se aprecia el Edificio A / Foto: Archivo Casasola.

Derivado de los movimientos telúricos del 30 de septiembre de 1999, que afectaron varios edificios de la Zona Arqueológica de Monte Albán, surgió un nuevo proyecto, dirigido por Nelly Robles García. Este estuvo encaminado a hacer frente a las múltiples afectaciones que sufrieron varios monumentos y consistió en restauraciones y consolidaciones de cada estructura arquitectónica afectada.

El proyecto contó con el apoyo financiero del Fideicomiso Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) y fue planteado como de restauración, en el cual la interdisciplinariedad ocupó un lugar importante, por ello las propuestas de intervención de cada edificio contaron con asesorías y opiniones de especialistas en geología, ingeniería, arqueología y restauración.

El edificio A fue intervenido nuevamente y esta vez los trabajos fueron realizados por el arqueólogo Jorge Bautista. Consistió en la restauración del muro sur del primer cuerpo, que había sufrido severos colapsos. El edificio presentaba fracturas en tres caras del paramento superior y fractura transversal en la cima del edificio de norte a sur, por lo que, para determinar la profundidad

de las grietas en la superficie, se hizo un pozo de sondeo ubicado en la cima noroeste, mediante el cual se observaron rellenos alterados. De igual forma, se exploró la grieta de manera longitudinal, trazando una cala. Al iniciar los trabajos se encontraron los muros internos hechos por el Proyecto Especial en 1992-1994.

Mediante los estudios del impacto se determinó que los muros modernos adosados, en lugar de ayudar a la estructura, perjudicaban el edificio completo al ejercer presiones laterales. En un principio se recomendó demoler los muros, no obstante, debido a la complejidad del trabajo se decidió seccionarlos. Otra medida en relación con los núcleos fue mejorar los rellenos mezclando la tierra con agua de cal, prescindiendo del uso de piedra para aligerarlos. Finalmente, se intervino la fachada este del tercer cuerpo consolidando las fisuras verticales y se trabajó la banqueta adosada al desplante del edificio, que presentó hundimientos leves (Robles et al., 1999, p. 66).

En el Juego de Pelota se detectaron problemas estructurales en los muros norte y oeste del cabezal norte que habían colapsado, motivo por el cual se hicieron trabajos de exploración y restauración en estas zonas. También se trabajaron los muros que delimitan la escalinata poniente del cabezal



Personal de cuadrilla y técnico durante el proceso de exploración del Proyecto FONDEN 1999 / Foto: Centro de Documentación Zona Arqueológica de Monte Albán.



Cuadrillas de trabajadores en el proceso de consolidación durante el proyecto del FONDEN 1999 / Foto: Centro de Documentación Zona Arqueológica de Monte Albán.

sur, donde se halló, liberó y consolidó parte del desagüe que comunica la Plaza Principal con el Juego de Pelota (desagüe oeste).

Durante el sismo de 1999 el Edificio P presentó algunas afectaciones menores. Se realizó el retiro de escombros, la restauración del área superior de la alfarda norte, el sellado de fracturas y la corrección de desplomes, así como el sellado de fisuras en el muro de mampostería pertenecientes a la subestructura y la restauración de la alfarda sur. También se atendieron las necesidades de restauración de la escalinata central y el enlajado asociado al templo y se consolidaron los estucos originales en la banqueta de la fachada (Robles et al., 2009, p. 160).

PROYECTO ARQUEOLÓGICO CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA

El Proyecto Arqueológico Conjunto Monumental de Atzompa (PACMA) surgió en el año 2007 como respuesta a la necesidad de conocer aspectos políticos, religiosos y sociales de un sector de la sociedad zapoteca albergada en uno de



Edificio 4 antes de las exploraciones, vista fachada este, Temporada 2008 / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conjunto Monumental de Atzompa.

los barrios más importantes que formaba parte de la gran ciudad de Monte Albán.

Las estrategias de restauración que se han implementado dentro del proyecto están fundamentadas en criterios y métodos que incluyen la identificación de elementos arquitectónicos originales, el análisis del sistema constructivo y la documentación, mismos que derivan en una propuesta para la integración o reintegración de elementos, todo ello con el propósito de lograr la estabilidad estructural y la conservación de los edificios.

En este apartado se presentan los antecedentes de las intervenciones que se han llevado a cabo en los edificios que se vieron afectados por los sismos del 2017 en Atzompa.

El Edificio 4 se localiza al oeste de la Plaza A, las exploraciones en este espacio iniciaron durante la segunda temporada del PACMA en el año 2008 y culminaron en 2012 y consistieron en trabajos de excavación intensivos y extensivos hasta definir y liberar por completo toda su estructura.

De esta manera se definieron dos cuerpos con alfardas y una escalinata principal en la fachada este, y dos más dispuestas a los costados que posiblemente funcionaron como accesos secundarios, mientras en la cima del edificio se

identificó un templo de forma rectangular delimitado por muros de piedra y adobe en donde se encontró una caja de ofrenda y dos fogones. Se reconocieron además dos etapas constructivas para el Edificio 4 que inicialmente tenía una planta rectangular y que posteriormente con las modificaciones hechas en la época prehispánica quedó en forma de “T”.

Por otra parte, los trabajos de consolidación y restauración, que mantuvieron los mismos criterios, se concentraron en estabilizar los elementos que conforman el edificio, caracterizado por estar compuesto de bloques careados de piedra arenisca y en menor proporción piedra caliza, con presencia de adobes. Se integran detalles arquitectónicos hechos con estuco, pisos, banquetas, taludes y un tablero con piedras remetidas formando una decoración en forma de “T” en bajo relieve y en forma de “T” invertida en alto relieve; cabe resaltar que este diseño se relaciona con el tablero de grecas escalonadas que simboliza el concepto de *ñuu* mixteco, que refiere lugar o pueblo.

Por su parte las exploraciones en el Edificio 6 localizado al norte de la Plaza B iniciaron durante



Edificio 4, conclusión de los trabajos de restauración, fachadas este y sur, temporada 2011 / Foto Archivo Técnico Proyecto Conjunto Monumental de Atzompa.



Edificio 6 antes de las exploraciones, vista de fachada este, temporada 2011 / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conjunto Monumental de Atzompa.

la quinta temporada del proyecto en el 2011 y culminaron en el 2012, la peculiaridad de este edificio radica en el complejo funerario hallado en su interior, compuesto por tres cámaras independientes que fueron utilizadas en distintos momentos. Durante la exploración del edificio se utilizó una metodología de acuerdo con el tipo de excavación que se requería, comenzando con calas y secciones de pozos. Para la excavación de la tumba primero se realizó un sondeo en la parte media del edificio y una vez confirmado el hallazgo se excavó para definir la forma, el tamaño, la orientación y los elementos que la conformaban.

El complejo arquitectónico del edificio 6 se compone de un templo en la parte superior al que se accede a través de una escalinata enmarcada por alfardas ubicadas en la fachada sur; mientras el interior de la tumba se compone de tres cámaras: en la cámara 1 algunos de los elementos arquitectónicos se encontraron desmantelados, la cámara 2 sobresale por sus paredes cubiertas con pintura mural y la cámara 3, la más antigua, es donde se encontraron restos humanos de dos individuos y dos grandes vasijas efigie que representan al Señor Ocho Temblor y a la Señora Agua.

Los trabajos de restauración en el Edificio 6 siempre tuvieron como objetivo estabilizar y evitar



Edificio 6 al término de los trabajos de restauración, temporada 2014, vista fachada sur / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conjunto Monumental de Atzompa.

el deterioro de los elementos encontrados, consolidando para ello los elementos originales, de esta manera y con la intención de propiciar la lectura del edificio se realizaron reintegraciones e integraciones de pisos y bloques de piedra en muros, incluyendo la recuperación de volumen a base de lodo.

El Edificio 16 también presentó afectaciones. Este se localiza al norte de la Plaza B y al sur de la Plaza A. Su exploración comenzó durante la sexta temporada del PACMA en el año 2012.

La excavación de este edificio fue de tipo extensiva comenzando en la parte superior, posteriormente se siguió un orden para descubrir las cuatro fachadas y, aprovechando una oquedad que se encontró en la parte central del templo, también se llevó a cabo un pozo de sondeo.

En general durante la exploración del Edificio 16 se lograron definir tres etapas constructivas, concluyendo que las constantes modificaciones que se realizaron en su estructura se adecuaron a las vicisitudes del relieve natural. En cuanto a los hallazgos resaltan el receptáculo de estuco (*tle-cuil*), las huellas de poste y cajas de ofrenda halladas en el área que ocupa el templo en la parte superior del Edificio.



Vista general del Edificio 16 después de los trabajos de restauración / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conjunto Monumental de Atzompa.



Edificio 16 antes de su exploración visto desde el suroeste, temporada 2012 / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conjunto Monumental de Atzompa.

La estrategia de restauración incluyó la documentación del sistema constructivo y el tipo de material, ejercicio fundamental para la creación de una propuesta de intervención, realizando levantamientos arquitectónicos y fotográficos de cada área intervenida y manteniendo una constante comunicación con los responsables de la exploración arqueológica.

ANTECEDENTES DEL ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO EN MONTE ALBÁN

El análisis arquitectónico que se ha esbozado para Monte Albán ha seguido diversas vertientes. Fue en 1931 con las primeras exploraciones sistemáticas y tras 18 temporadas de campo, Alfonso Caso y su equipo de colaboradores excavaron, consolidaron y exhibieron varios de los edificios de la Plaza Principal. Predominando una reconstrucción monumental, tendencia que tiene sus orígenes con Leopoldo Batres y que de igual manera se presenta con los trabajos de Caso (Matos, 2010, p. 318).

Posteriormente devinieron estudios como el de Ignacio Marquina (1964), quien realizó principalmente el registro de la arquitectura monumental de los sitios emblemáticos del país, entre los que destacan Chichen Itzá, Uxmal, Monte Albán y Teotihuacán. Sus registros y glosario de conceptos nos permiten valorar el avanzado conocimiento y técnica en temas de arquitectura e ingeniería que poseían las sociedades prehispánicas.

Marquina, reconocido arquitecto de ese tiempo, analizó, ilustró y publicó el análisis minucioso de los elementos clave de la arquitectura zapoteca como el talud, tablero, tablero doble escapulario, alfardas, escalinatas, tumbas y templos que distinguen la arquitectura del área monumental explorada en su tiempo bajo el proyecto de investigación de Alfonso Caso.

Posteriormente, Bernd Fahmel (1991) efectuó entre 1987 y 1989 un registro de la arquitectura ya excavada de la Plaza Principal, tomando orientaciones y medidas, dando lugar a su obra *La Arquitectura de Monte Albán*, en la que se indican los elementos arquitectónicos de cada edificio; sin embargo, es importante mencionar que estas descripciones se fundamentan en edificios ya consolidados y restaurados, siendo poca

o nula la información acerca de las técnicas de construcción originales.

En resumen, hasta el momento los estudios previos sobre la arquitectura en Monte Albán han sido descriptivos y de la última época y no han considerado las diferencias de los materiales de fábrica, tampoco las propiedades mecánicas de la tierra y la piedra, el comportamiento ante la humedad y la resistencia estructural, condiciones de vital importancia para interpretar el sistema constructivo implementado por los antiguos zapotecos, para de esta manera atender adecuadamente la problemática de la sismicidad en la zona y sus efectos en los monumentos.

En ese sentido, y derivado de los hallazgos arqueológicos de los edificios afectados por los sismos, se pudo observar que la tierra es la base para la mayoría de los procesos constructivos, siendo posiblemente el prototipo en el que los arquitectos mesoamericanos se basaron para sus edificaciones, integrándose y coexistiendo durante el desarrollo cultural de las sociedades prehispánicas (Daneels, 2018).

Al respecto, Annick Daneels señala que la arquitectura monumental de tierra precede a la arquitectura de piedra y que, a pesar de ser de gran calidad estilística, es poco estudiada y por ende desconocida ya que la atención para este tipo de arquitectura se ha centrado tradicionalmente en la época colonial, argumentando una ausencia de estos sistemas para la época prehispánica.

Daneels (2015) recopila importantes datos referenciales de la arquitectura de tierra y los engloba

en tres áreas, por ejemplo: 1) la zona húmeda continental como la selva amazónica y la vertiente del río Mississippi donde se usa la tierra apisonada, 2) la zona árida de los Andes y el sureste de los Estados Unidos de América, en donde se emplea la construcción en bloques, adobes y terrones, y 3) la zona mesoamericana en la que se combina el uso de tierra apisonada y adobes, señalando claramente que existen diferencias en áreas puntuales, por ejemplo: en zonas concretas de las planicies costeras se emplea únicamente tierra mientras que en las tierras altas y semiáridas se combinó el uso de adobes con piedra y recubrimientos de cal.

Sin duda alguna, la sistematización de la arquitectura prehispánica de tierra en México podría aportar conocimientos acerca de las tradiciones tecnológicas, permitiendo de la misma manera evaluar las similitudes y diferencias con otras áreas culturales, favoreciendo además a la selección de estrategias apropiadas para preservar este tipo de patrimonio (Daneels, 2015, p. 1).

De esta manera, y tomando como referencia los estudios sobre la arquitectura monumental basada en sistemas de uso de tierra, nos planteamos como necesidad emergente definir y emplear para Monte Albán conceptos que puedan describir ampliamente la modalidad de la materia prima, la mejoría en la resistencia de la misma, su función y acabado; considerando para ello que el empleo y combinación de las materias primas como tierra, arcilla, cal, piedra, agua, madera y fibras vegetales son parte de un complejo sistema arquitectónico hasta hoy no descrito en ninguna investigación previa.

4. INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

PLANTEAMIENTOS TEÓRICOS

Una problemática como la que genera la actividad sísmica en Oaxaca necesariamente nos hace replantear el nivel de atención que se debe otorgar a los efectos de este fenómeno recurrente en nuestro patrimonio cultural. Si de algo debemos estar seguros ante cada situación de esta índole es que siempre estaremos en el umbral de la siguiente, que puede incluso ser de mayor magnitud. Por tal razón, el proyecto “Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa” constituye una propuesta no sólo para la atención puntual y necesaria a los deterioros ocasionados por los movimientos telúricos en cada material, monumento o zona monumental, sino una nueva manera de lidiar con el sismo y sus impactos por parte de la sociedad en conjunto.

Este proyecto propone la atención especializada susceptible de implementarse en cada entidad vulnerable para enfrentar los efectos, establecer la infraestructura de prevención adecuada y capacitar tanto al personal como a los *managers* o

directores de los sitios para el cuidado profesional ante los efectos destructivos en la gran cantidad de zonas monumentales del país ubicadas en áreas de alta sismicidad. Partimos de los acertados consejos que publicó Sir Bernard Feilden en su clásico libro *Entre Dos Sismos* (1987), obra que a pesar de ser antigua de ninguna manera es obsoleta y sus planteamientos deben revisarse en función de la modernidad vigente, una época en que la cultura y tecnología digitales permean la ciencia y la arqueología y las políticas de preservación de los sitios comprenden el valor de la interdisciplina y la colaboración en aspectos tan importantes como estos, que rebasan con creces los alcances de los proyectos arquitectónicos aprobados por la seguridad de enfoque comercial.

El marco general en que se desarrollaron las intervenciones de este proyecto básicamente implicó el trabajo de restauración arquitectónica, regido por los preceptos de la Teoría de la Restauración (Brandi, 1963) y los principios de la Carta de Venecia (1964), en cuanto a los límites de las intervenciones; es decir, cuidando puntualmente los alcances del proyecto en las intervenciones de restauración arquitectónica en los elementos

y materiales originales, los mismos que se efectuaron dentro de un marco histórico (Schávelzon, 1990; Robles y Juárez, 2009), resultado del entendimiento de la arquitectura original y del análisis de las restauraciones que anteceden a este proyecto. Para la documentación de los tratamientos propuestos, como ya se dijo, fueron utilizadas tecnologías de última generación, otorgadas por la entidad filantrópica privada World Monuments Fund, lo que permitió la documentación y respuesta más rápida a los deterioros y, con la integración de científicos especialistas en Ciencias de la Tierra, una visión más profunda y profesional de los diversos aspectos que los generaron.

Por otro lado, se observaron constantemente los principios de Integridad y Autenticidad plasmados en los documentos internacionales inherentes, la Carta de Venecia (1964), la Convención de la UNESCO (1972) y el Documento de Nara (1994), para cuya comprensión tuvo que revisarse a profundidad la actuación de proyectos previos a este, la historia reciente de las intervenciones de restauración, y lo que ha sido la respuesta institucional a cada gran sismo que ha golpeado a la zona arqueológica que nos ocupa, llegando a replantearse intervenciones abusivas que a la postre fueron fundamentalmente dañinas para el patrimonio construido en Monte Albán. Es oportuno mencionar al respecto que mediante el presente proyecto se logró estabilizar los Edificios A y P de este recinto, que habían quedado altamente vulnerables ante los sismos por la razón anteriormente expuesta, de cuyas intervenciones damos cuenta más adelante. Ponemos énfasis en estos dos ejemplos que conllevaron un alto riesgo y gran complejidad en sus tratamientos con el objetivo de que sirvan como proyectos modelo para subsecuentes intervenciones en otros monumentos y aun en otros sitios.

Dada la multivariedad de las causas de los deterioros, también se involucran criterios específicos enfocados en la prevención de desastres,

tanto los técnicos (Stovel, 1998), (UNESCO, 2010), como los de marcos generales de atención a los desastres de cara a las situaciones socioeconómicas modernas universales (ONU-Sendai) y regionales (UNISDR, 2014, 2016).

En el primer caso, los sistemas preventivos de desastres involucran el mejoramiento en los métodos constructivos, la infraestructura de resguardos o prevención (diques, drenajes, contrafuertes, capas de sacrificio, etcétera), la revisión constante de los sistemas de monitoreo existentes o su implementación cuando no existan. Un ejercicio que resulta ser por demás importante dado que el bien cultural, o zona arqueológica de Monte Albán, se encuentra expuesto a la disminución de la resistencia de sus materiales (originales y adicionados por las intervenciones modernas), a la presencia de vegetación que resulta altamente nociva sobre las estructuras, y a los constantes deterioros que se propician por la falta periódica de mantenimiento, sobre todo por la poca atención a los mecanismos de salida de aguas pluviales, cuyo estancamiento, adicionado a que la arquitectura de Monte Albán-Atzompá es mayoritariamente de tierra, resulta en deterioro urgente de atención.

Por otra parte, la zona se encuentra expuesta a desastres mayores (como el que encontramos en los Edificios A y P, que marcan el alto riesgo en la ladera este de la zona arqueológica) y que de no aplicarse las medidas preventivas necesarias, en un futuro, con la incidencia de sismos, sufrirán afectaciones que pondrán en riesgo ya no nada más al patrimonio arqueológico sino a la población oaxaqueña que vive en condiciones precarias en los alrededores del sitio y la que depende económicamente de este por ser prestadores de servicios turísticos. Este aspecto, que no depende solamente de la actuación técnica de los especialistas sino que se convierte en decisiones de orden político, económico y de la gobernanza, sale normalmente de nuestro ámbito de actuación. Sin embargo,

a través de la difusión de los resultados podemos al menos incidir con la información que facilite la comprensión del riesgo de desastres, en la propuesta de criterios para los políticos en turno, que con suerte apoyarán más y mejores inversiones en la infraestructura necesaria, de acuerdo con los preceptos del Marco de Sendai (ONU, 2015).

Las políticas sobre el tema cada vez adquieren mayor importancia regional e internacional (UNISDR, 2014; ONU, 2015), en tanto que está comprobado que la incidencia del riesgo de desastres está directamente ligada a los niveles de desarrollo y de pobreza en el mundo. De esta manera, el esfuerzo por completar una gestión con participación pública/privada, como el ejercicio realizado, para un proyecto tendiente a estabilizar para el largo plazo una zona de monumentos arqueológicos como Monte Albán, favorece el surgimiento de una microrregión más preparada e informada y por ende, resiliente ante las calamidades.

Otra dimensión de las diversas opciones que se emplearon en este proyecto fue la introducción de saberes tradicionales presentes entre trabajadores y técnicos de ascendencia indígena y/o rural, quienes generalmente tienen una concepción integral de los elementos primigenios como la tierra, el agua, el fuego y el viento, como parte de una cosmogonía ancestral. Retomar los elementos para responder a los efectos del desastre es un ejercicio, además de filosófico, práctico en todos los sentidos (King, *et al.*, 2006). Esta dimensión del proyecto nos enseñó que, antes de pensar en cemento y acero, como lastimosamente se hizo en el Proyecto Especial 92-94, debemos darnos la oportunidad de tratar los monumentos con sus propios materiales de fábrica, como lo son las tierras arcillosas tratadas, molidas y mezcladas con elementos orgánicos, con suficiente tiempo de reposo para su óptima actuación, o estucos de cal expuestos al fuego para endurecerlos y evitar así el paso directo de aguas pluviales, de tal manera que se

retarde el desgaste o deterioro por erosión. En este sentido, el proyecto recuperó también una dimensión antropológica que gradualmente se ha ido perdiendo en los tratamientos de restauración modernos.

ARQUEOLOGÍA

Es relevante señalar que en este proyecto la investigación arqueológica se constituyó como el eje científico para la obtención de datos que permitieran definir las intervenciones de restauración llevadas a cabo anteriormente en Monte Albán y Atzompa. La búsqueda puntual de las fuentes de deterioros —caso concreto, la excavación a profundidad del socavón del Edificio A y en la ladera este del Edificio P—, así como la determinación de las secuencias estratigráficas de las diferentes épocas constructivas, por ejemplo, en el Juego de Pelota, nos dio la certeza de estar atendiendo a los principios de autenticidad e integridad y en la misma medida la oportunidad de evaluar las condiciones de estabilidad y resistencia de elementos y materiales involucrados en los rellenos.

La investigación arqueológica ayudó de igual forma a la determinación de los marcadores de las intervenciones anteriores. Corroboró la —avanzada para su tiempo— propuesta de Alfonso Caso de proveer a Monte Albán con un sistema de marcado con rajuelas de piedra para las intervenciones de restauración y reconstrucción y así diferenciarlas de las áreas de construcción originales.

En este mismo sentido, a través de las excavaciones arqueológicas logró documentarse gran parte de las intervenciones recientes del proyecto Especial Monte Albán 1992-94. Gracias a los hallazgos de materiales modernos utilizados como parte de los rellenos de calas y pozos que se excavaron en sus temporadas de campo se pudo establecer que dicho proyecto tuvo poca o nula

atención al factor de estructuración de los materiales de relleno post-excavación arqueológica que debe ser parte del cuidado del arqueólogo. Lo que encontramos fueron rellenos sueltos de materiales de acarreo, modernos y antiguos que si bien le dieron los volúmenes necesarios a los edificios en su momento, los asentamientos normales de los materiales y el descuido en su colocación terminó alterando los elementos constructivos reconstruidos que se dejaron aparentes.

Igualmente, la infortunada reconstrucción de un tercer cuerpo en el Edificio A —que no existió de original— fue motivo de una excavación especial, a fin de determinar sus dimensiones reales y sobre todo los sistemas de anclaje con los materiales originales que se esperaba existirían. Lo que se encontró fueron agresivos muros modernos de piedra y cemento, recargados sobre la estructura prehispánica de materiales más suaves y débiles, por lo que la deformación causada acabó abriendo el “socavón” al que nos referiremos en su momento. En este caso particular la arqueología definió el tipo y alcances de la intervención para devolverle, al menos parcialmente, su integridad, mediante la liberación de los muros reconstruidos de un hipotético tercer cuerpo y una porción de escalinata moderna.

En otros frentes, la excavación arqueológica también ayudó a distinguir los límites de las tradiciones constructivas de las diferentes épocas. La clasificación de aparejos de piedra, colocación o ausencia de tableros, el descubrimiento de drenajes, así como la utilización de mezclas de cal preparadas para los estucos, son algunas de las características definidas mediante la cuidadosa excavación que se llevó a cabo en este proyecto. Mención aparte merece el descubrimiento de todo un sistema constructivo para estructurar las laderas de los basamentos piramidales.

Lo anterior nos permite referir el Edificio P, en el que, a través de un minucioso análisis de las diversas mezclas que se encontraron en las

excavaciones de enormes calas arqueológicas que fue necesario practicar, se pudo determinar que en realidad se trató de los diversos tratamientos a la arquitectura de tierra que domina en Monte Albán. Asombrosamente, fue posible recuperar la información de la variedad de tratamientos que los constructores zapotecos le dieron a la tierra; así mismo, los datos que ayudan a determinar los sistemas constructivos —incluso anti sísmicos— que empleaban los constructores originales para lograr la estabilidad de las laderas de Monte Albán, particularmente la del lado este de la Plaza principal.

Aún más, la escrupulosa exploración arqueológica ayudó a reconocer nuevos materiales marcadores de las épocas ya que remitió a sendas ofrendas de abandono, es decir, de los últimos rituales cuando el sitio fue deshabitado, al menos por la clase gobernante. Se documentaron rituales en los que se pudo dilucidar hasta su componente musical —mediante el hallazgo de tambores—, sin dejar de asociarlos con las deidades más importantes del panteón zapoteco, particularmente Cocijo, dios del agua; también se documentaron asociaciones con personajes semi-divinizados. Estos hallazgos nos muestran una parte del trauma social que generó el decaimiento del poder del Estado zapoteco que, como sabemos, tuvo que suspender las obras públicas y reubicar sus cotos de poder en el Valle de Oaxaca hacia el año 850 después de Cristo.

Finalmente, en este proyecto fue fundamental la articulación de los hallazgos arqueológicos con los análisis arquitectónicos de los daños propiciados por los sismos, para la definición de la envergadura de los deterioros, los materiales de fábrica de las diferentes épocas, la calidad estructural de los monumentos, la importancia de la tierra en la arquitectura y la posibilidad de definir el alcance de las intervenciones de restauración arquitectónica que fue necesario practicar a cada monumento.

ESTUDIOS GEOARQUEOLÓGICOS

Una adición importante a los trabajos científicos del proyecto —que comprendió estudios arqueológicos, estudios y análisis de materiales y su comportamiento e historia de las intervenciones anteriores— fue la integración de los estudios geofísicos. Dado que todos los diagnósticos de los daños ocasionados por los sismos mostraron que en realidad provenían desde las capas geológicas, en este proyecto se incluyó una serie de estudios especializados que permitieron aproximarnos más a los orígenes de los daños.

En este sentido, ante las evidencias de fallas geológicas en áreas donde eran observables, como en los cortes de las carreteras hacia Atzompa y Monte Albán, se incluyó este aspecto más amplio en los razonamientos para la comprensión del amplio espectro de factores que inciden en la formación de las grietas, fracturas, fisuras y socavones durante los sismos en Monte Albán.

Por esta razón, se involucraron los trabajos pertinentes con las tecnologías avanzadas que nos permitiesen evaluar el estado de las capas del subsuelo a través de los estudios geoarqueológicos (resistividad y tomografía eléctrica), mencionados adelante, enfocados a comprender esta problemática. Estos estudios, pioneros en el campo de la restauración de monumentos arqueológicos, insistimos, fueron posibles gracias al donativo de los equipos de tecnología de punta por parte del WMF.

RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

En este apartado nos referimos a los estudios geofísicos que involucran la inyección de corriente eléctrica para el reconocimiento del subsuelo a partir de la resistividad de las formaciones que lo constituyen. El propósito de las

investigaciones eléctricas consiste en determinar la distribución de la resistividad del subsuelo haciendo mediciones en la superficie del terreno para estimar el espesor del subsuelo.

Las técnicas de resistividad pueden usarse en modo de perfilado (arreglos Wenner, polo-dipolo, dipolo-dipolo), para mapear cambios laterales e identificar cambios cuasi-verticales (por ejemplo zonas de fractura, vestigios arqueológicos, etcétera) o pueden aplicarse en modo de sondeo (sondeo Schlumberger) para determinar la profundidad a horizontes geoeléctricos (por ejemplo profundidad al agua subterránea).

TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

Este método se basa en la implantación de numerosos electrodos a lo largo de perfiles, con una separación determinada que será condicionada por el grado de resolución que se necesite (a menor separación entre electrodos, mayor resolución) y la profundidad de investigación que se precise (a mayor separación de electrodos, mayor profundidad). Con los electrodos conectados al equipo de medida, y mediante un programa secuencial específico que se genera para cada objetivo, el aparato controla cuáles son los conjuntos de electrodos que funcionan en cada momento y con qué disposición (Loke, 2000).

Cada uno de los cuadripolos (o conjuntos de cuatro electrodos) empleados registra una medida de la resistividad que se atribuye a un determinado punto geométrico del subsuelo, cuya posición y profundidad en el perfil depende de la posición de este y la separación entre los electrodos que lo conforman.

Los perfiles de tomografía eléctrica son secciones del terreno que reflejan la distribución de valores de resistividad a distintas profundidades, asociadas con diferentes depósitos en el área de

investigación (Rey *et al.*, 2010). Estos perfiles muestran los valores de resistividad representados por colores para una mejor y más fácil observación de sus variaciones. En la carta de distribución de colores, que es característica y específica de cada perfil, aunque modificable en rangos y tonalidades, se representan los distintos valores de resistividad de las formaciones analizadas.

5. METODOLOGÍA

La recurrencia de los sismos en Oaxaca, por su ubicación geográfica con respecto a las placas tectónicas asociadas a la llamada Fosa mesoamericana, mantiene a los monumentos arqueológicos en un grado de vulnerabilidad importante ante la posibilidad de sufrir un gran impacto. Esta condición, sin embargo, está presente desde el momento en que fueron construidos los edificios que componen las zonas arqueológicas, esto significa que los constructores originales conocían el terreno y los fenómenos que se suscitaban. Por lo anterior, la edificación de los monumentos implicó el manejo de los conocimientos y técnicas respecto al uso de las materias primas y el desarrollo de una arquitectura funcional que contempla estos fenómenos.

Sin embargo, el abandono y desuso que han sufrido los monumentos ha propiciado daños que al momento de los eventos sísmicos se potencializan generando fracturas, grietas, hundimientos, pérdida de elementos y un sinnúmero de daños que deben ser puntual y adecuadamente atendidos. Para ello se requiere de una metodología de trabajo que considere dichas afectaciones de manera integral con la finalidad de reducir su grado de vulnerabilidad de las edificaciones.

Para atender adecuadamente los daños que sufrieron los edificios en Monte Albán y Atzompa durante los sismos del año 2017 se implementó una metodología que ya se había puesto en práctica y con excelentes resultados tras los sismos de 1999. Por lo tanto, el Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa se planteó de forma que tuviera componentes de trabajo multidisciplinario, incluyera el uso de tecnología que permitiera conocer el estado de conservación de los edificios sin la necesidad de realizar acciones dañinas o excavaciones innecesarias en los mismos, la documentación puntual realizada de manera expedita, así como la realización de análisis basados en la comprensión del sistema arquitectónico, conocimiento de las materias primas empleadas y el buen uso de las mismas en restauración para asegurar un tratamiento adecuado a aquellos que presentaban mayores daños.

Esta metodología de trabajo tiene diversos componentes y tareas que se ponen en marcha desde los momentos inmediatamente posteriores a los sismos, hasta la culminación de la restauración. Estas labores forman parte de un proceso escalonado,

cuyas actividades se van concatenando para asegurar la integralidad de los monumentos.

ACCIONES EMERGENTES POSTERIORES AL SISMO

En Monte Albán, tras los sismos del 07 y 19 de septiembre, se implementaron las acciones de revisión puntual de los edificios y marcado de las zonas, monumentos y espacios que presentaron daños a fin de que el personal técnico y visitantes que pudiesen encontrarse en el área evitaran acercarse a las construcciones. Para ello se acordonó el espacio con cinta restrictiva y se pusieron en marcha las actividades de atención a desastres que contempla el Plan de Manejo de la Zona Arqueológica de Monte Albán y el Programa de Prevención de Desastres en Materia de Patrimonio Cultural (PREVINAH).

Estos instrumentos de atención y manejo de la crisis están encaminados a que el personal técnico, manual, administrativo y de custodia pueda, en caso de ser necesario, brindar los primeros auxilios tanto al público visitante como a los monumentos siniestrados. La adecuada implementación de estos protocolos asegura el éxito en las acciones dirigidas a salvaguardar la integridad física de las personas y asegurar la permanencia de los bienes muebles e inmuebles considerados patrimonio cultural. Las brigadas de atención que previamente se forman y capacitan como un Comité de Seguridad, podrán hacer una primera evaluación de daños y la ejecución de acciones inmediatas para asegurar la estabilidad de los edificios y la restricción del público visitante a estos espacios.

En los días posteriores se realiza un recorrido técnico en el que participan arqueólogos y arquitectos, quienes realizarán un registro minu-

cioso de las afectaciones y de las actividades que deberán realizarse para atender al edificio.

LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS

El levantamiento de deterioros es la actividad primordial que determina el grado de atención que requerirá un edificio que haya sufrido daños y las actividades por hacer a corto, mediano y largo plazos para resarcir las afectaciones. Esta actividad está vinculada principalmente con la elaboración de cédulas de registro de daños, que es una de las actividades técnicas más importantes para la apreciación de los elementos que han sufrido algún daño o percance. Consiste en expresar la información de manera esquemática en un formato preestablecido y aprobado por el Consejo de Arqueología, complementada con fotografías que ilustran ampliamente lo registrado, de modo que los arqueólogos, arquitectos y todo el personal técnico que participe en la atención a un edificio siniestrado tenga a la mano el esquema general de los deterioros del mismo. Esta cédula, que es análoga al expediente de un paciente médico, fue un importante aporte del Plan de Manejo de Monte



Colocación de banderillas para identificar la grieta provocada por el sismo en el Edificio A / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Letrero restrictivo y colocación de cinta restrictiva / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Albán y uno de los grandes aciertos para la salvaguarda de los edificios dañados por los sismos del año 1999.

Los campos informativos en la cédula de registro son: Nombre, Ubicación, Descripción arquitectónica del monumento, Descripción de los daños y, por último, el Plazo de atención que requiere, especificando si debe ser inmediata, a corto, mediano o largo plazos.

Descripción arquitectónica general del inmueble. Este apartado requiere la descripción formal del monumento y todos sus componentes, a fin de identificar el periodo constructivo al que pertenece y si existen elementos que correspondan a dos o más momentos constructivos. Entre ellos se resalta la descripción de muros, pisos, presencia de tableros, cornisas y alfardas

Descripción de los daños. Se deben describir puntualmente el tipo de afectaciones o daños que son visibles, entre estos: desfases, grietas, fisuras, colapsos, hundimientos, exposición de núcleos originales, disgregaciones, deformidades, desplazamientos, rupturas, etcétera, daños visibles que ponen en riesgo el edificio.

De igual forma se debe señalar la presencia de raíces ya que en muchos de los casos la falta de mantenimiento provoca la aparición de vegetación en los edificios y el crecimiento de sus raíces

Atención requerida. Se debe mencionar si el elemento arquitectónico dañado debe ser atendido de inmediato, a corto, mediano o largo plazos; este criterio se utiliza considerando que una afectación



Cédula de registro de deterioros elaborada para programar las actividades de consolidación y restauración / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



PROYECTO ARQUEOLÓGICO DEL CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA

Levantamientos de deterioros por el sismo del 7 de septiembre



1. Grieta en nucleado del muro cajón.



2. Separación de elementos del muro de cajón.



3. Grieta en muro superior.



4. Grieta en el arranque del muro.

5. Separación de elementos del muro de cajón.



Vista general de la fachada este.



6. Grieta en el desplante del edificio.



Colocación de apuntalamiento en el Edificio 16 de Atzompa / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

omitida o pospuesta se puede convertir en más severa y ocasionar la destrucción patrimonial. En las actividades inmediatas se encuentra principalmente el apuntalamiento, actividad que inicia después de la primera revisión técnica llevada a cabo minutos después del siniestro.

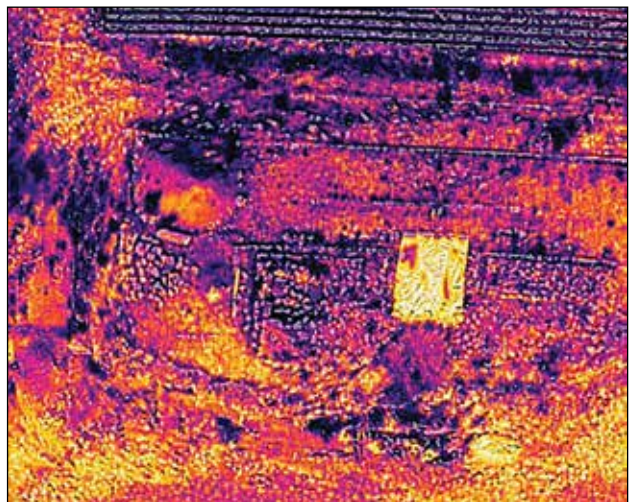
Durante el proceso de levantamiento de deterioros es muy importante la colocación de sellos o “testigos” de yeso sobre grietas, como un sistema de registro para verificar si el movimiento del suelo y su relación con la oscilación de los edificios causa mayores daños en el tiempo que transcurre posterior a los sismos.

Estos sellos permiten monitorear el comportamiento de los paramentos afectados. Y en caso de existir movimiento permite replantear la estrategia de atención, consolidación y restauración de las edificaciones.

DEFINICIÓN DE LAS CAUSAS DE LOS DETERIOROS

Esta definición, de igual forma que el registro de los daños, es la opinión razonada que se

realiza a partir de las primeras observaciones del siniestro y se complementa durante los días subsiguientes en las actividades de registro y documentación de daños efectuadas de manera conjunta con un equipo de trabajo multidisciplinario. Estos primeros datos obtenidos fueron determinantes para elaborar una estrategia de intervención a los edificios que presentaban mayores daños —seis en Atzompa y cuatro en Monte Albán—. Así mismo, esta información fue fundamental para la elaboración del proyecto enviado a revisión y aprobación



Detalle de fotografía térmica tomada con dron sobre el Edificio P, en negro los espacios con concentración de humedad / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

por parte del Consejo de Arqueología del INAH para atender de modo oportuno cada uno de los monumentos afectados.

Esta labor se complementa con el desarrollo de los estudios geológicos y las exploraciones arqueológicas puntuales, debido a que las causas de los deterioros pueden tener una raíz natural como el propio sismo. Sin embargo, en los edificios, estos daños pueden también deberse a problemáticas que presenta el sistema arquitectónico original, a la falta de mantenimiento o a problemas relacionados con actividades antrópicas contemporáneas.

Atender adecuadamente los edificios dañados por los sismos del 2017 en la zona arqueológica de Monte Albán y el Conjunto Monumental de Atzompa brindó la oportunidad de realizar un análisis minucioso sobre las causas de los deterioros de los edificios siniestrados. Para ello fue necesario un análisis puntual de la arquitectura de los mismos y correlacionar los daños observados con los datos que ofrecía el uso de las nuevas tecnologías como el *scanner* 3D, el resistivímetro, magnetómetro y georradar de penetración; además de los registros fotogramétricos con dron. La utilización de estas tecnologías para el diagnóstico de los edificios siniestrados fue un gran acierto en tanto que permitió observar daños, anomalías del subsuelo, alteraciones arquitectónicas y acumulación de humedad en zonas determinadas, las mismas que fueron corroboradas con exploraciones arqueológicas puntuales en los edificios de Monte Albán.

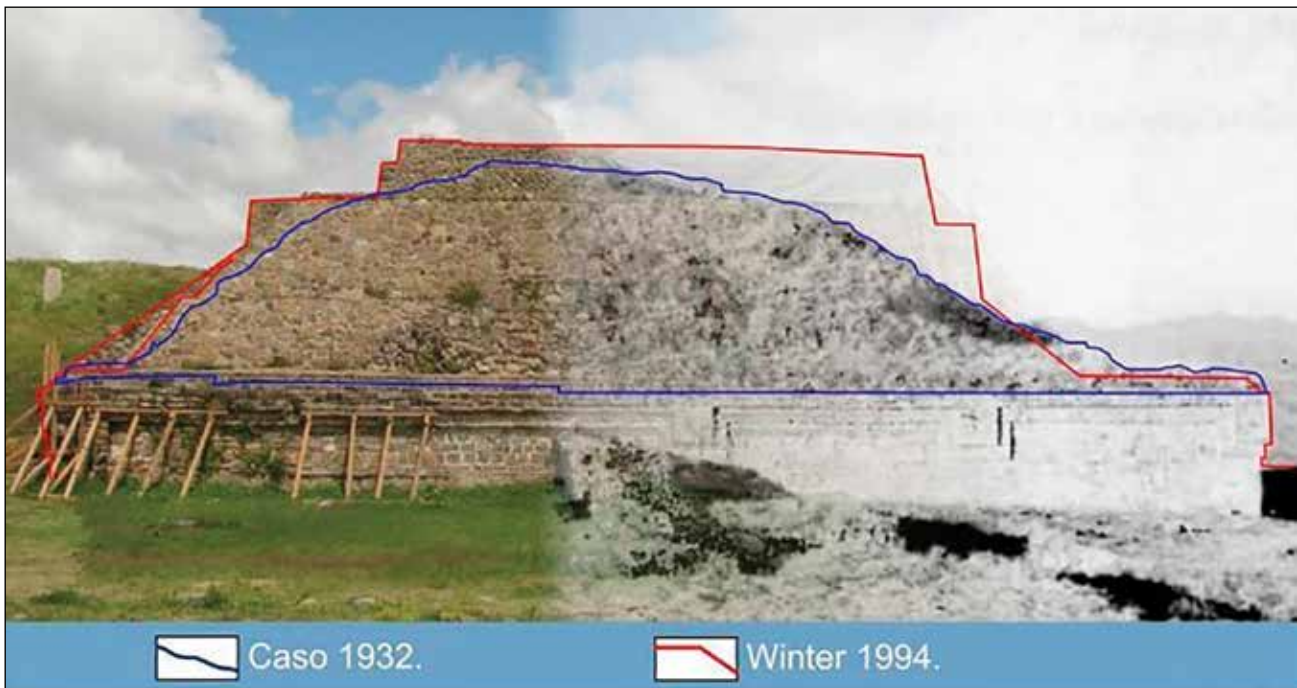
El planteamiento de este proyecto hizo posible concentrarnos en las características arquitectónicas, en los materiales de fábrica y los sistemas constructivos originales, así como hacer un análisis exhaustivo de las técnicas constructivas empleadas por sus primeros constructores originales y analizar puntualmente las restauraciones realizadas con anterioridad a los sismos, identificando así los criterios de intervención que emplearon los proyectos durante las investigaciones de principios

del siglo XX hasta la fecha. Este análisis fue fundamental para entender los daños en los elementos originales de los monumentos, al disponer de los datos históricos de cada edificio mediante el acopio de archivos técnicos, la consulta en bibliotecas, fototecas y la disposición de todo tipo de información concerniente a las construcciones a intervenir, con lo que se conformó una base para comparar las diferentes expresiones del mismo monumento a través de la historia. Este acopio documental nos permitió descubrir que las etapas de restauración efectuadas no siempre fueron las más adecuadas, pues el uso excesivo de cemento y la colocación de sobrepeso en algunos edificios fue factor determinante en las afectaciones sufridas por los edificios A, P y el Juego de Pelota de Monte Albán.

Aunado a ello, se realizaron constantemente reuniones de trabajo multidisciplinario entre especialistas restauradores, arquitectos, ingenieros, geólogos y arqueólogos de instituciones como la UNAM, ITO, UABJO, Consejo de Arqueología del INAH, así como arquitectos y arqueólogos del Proyecto, esto para analizar los datos que proporcionaban los estudios de resistivimetría y los que aportaban las excavaciones y así determinar las causas de las afectaciones que enseguida se resumen:

FALLAS GEOLÓGICAS EXISTENTES

Gracias a información gráfica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), podemos identificar en mapas geológicos y de registros de recursos mineralógicos en Oaxaca que existen al menos cuatro fallas geológicas que pasan por diversas áreas de la Zona de Monumentos Arqueológicos de Monte Albán, un par de las cuales —Falla el Bonete y Falla de Monte Albán— atraviesan por la parte este de los dos conjuntos de arquitectura monumental. En ambos casos las fallas tienen una dirección norte a sur, pasando a escasos 80 metros del Área Monumental de Atzompa, y 70 metros al este de la plaza principal de Monte Albán, siendo una causa directa del deterioro y afectación que sufren los edificios



Detalle del aumento de volumen en el Edificio A por el Proyecto Especial Monte Albán (PEMA 92-94) indicado con una línea en rojo lo que generó sobrepeso manifestado en los daños de los sismos del 2017 / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

arqueológicos cuando se suscitan sismos como los acaecidos en septiembre del 2017.

CAUSAS PRINCIPALES DE DETERIOROS

1. Sobrepeso y exceso de uso de cemento en paramentos y núcleos arquitectónicos, resultado de proyectos de restauración previos.
2. Falta de mantenimiento y acumulación de humedad en el interior de los núcleos.
3. Falta de una coraza de protección en los edificios expuestos, los cuales carecen, por un lado, de las techumbres que originalmente tuvieron, y por el otro, de su primer revestimiento final de estuco que protegía los materiales constructivos de los elementos naturales, lo que resulta en intemperización, exfoliaciones, craqueladuras y grietas.

Las dos primeras causas ya han sido mencionadas con anterioridad. Los puntos 3 y 4 están estrechamente relacionados y son considerados causas indirectas que ocasionan afectaciones a los monumentos arqueológicos, dado que las excavaciones

arqueológicas realizadas en el Edificio A, el Juego de Pelota y el Edificio P, permitieron identificar que una de los factores más comunes que afectan la conservación y estabilidad estructural de los edificios es la acumulación de humedad; por ello, reducir los agentes que la propician requiere una pronta atención, en tanto que el azolve de los drenajes prehispánicos, la acumulación de pastos y matorrales en los edificios, así como la tierra suelta que se encuentra sobre los mismos provoca que la humedad de las lluvias se concentre en los núcleos constructivos y se filtre hasta el interior de las subestructuras, generando debilitamiento estructural y poniendo en riesgo la integridad de los edificios, principalmente de aquellos que se encuentran en los extremos este y oeste de la gran plaza pues estos se encuentran en las zonas de flujo del agua que circula hacia las laderas, tal y como lo demuestran los resultados de los recientes estudios de resistividad eléctrica.

Por otra parte, la identificación de arquitectura de tierra como base sustancial en la construcción original de Monte Albán nos demuestra

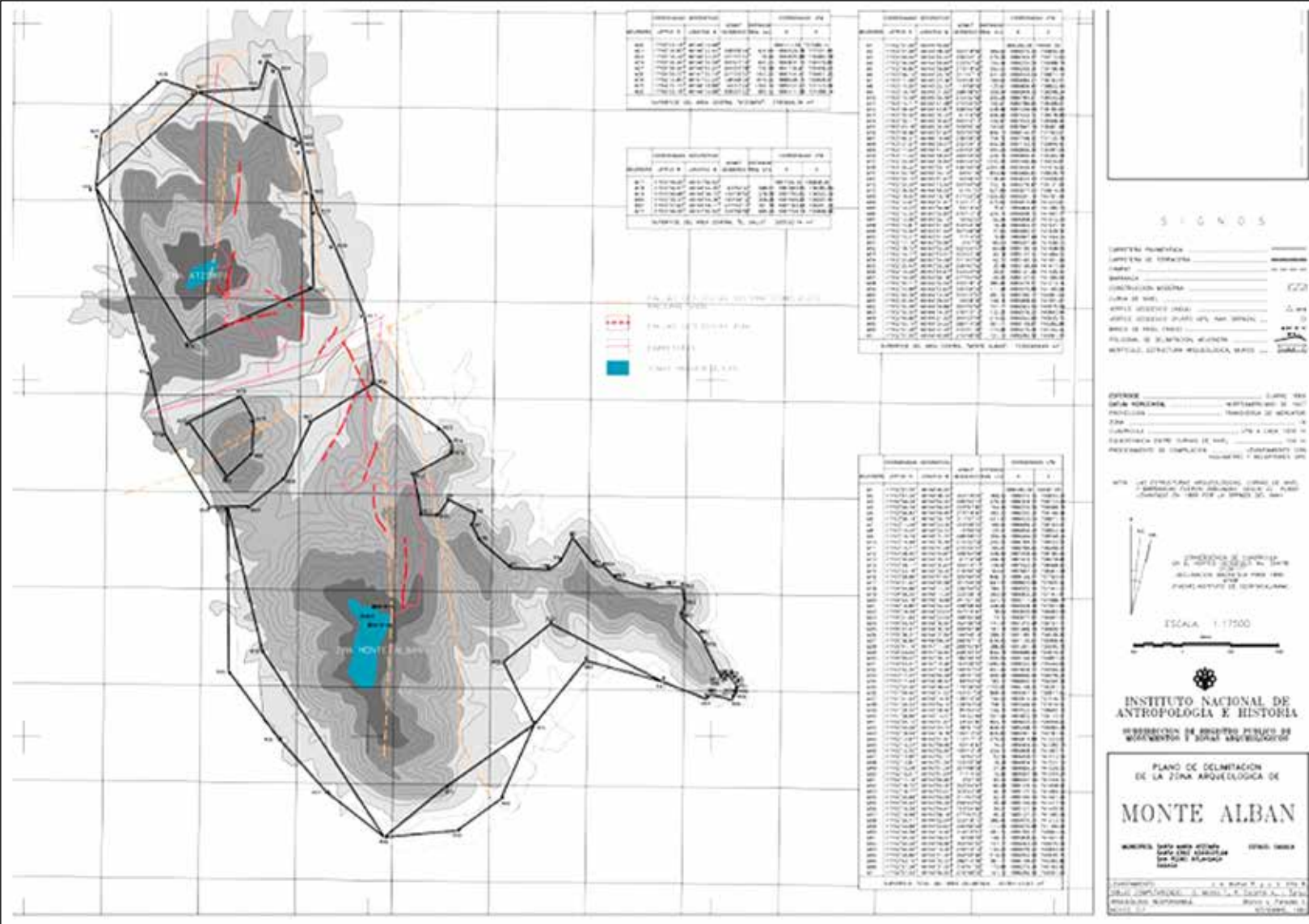


Gráfico de fallas geológicas registradas en Monte Albán a partir de datos del INEGI, registros de resistivimetría y registros gráficos de las grietas observables sobre la carretera tras los sismos del 2017 / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Imagen que indica una grieta sísmica en el muro de desplante del Edificio P. Frente a este muro fue colocado un muro contrafuerte de piedras y lodo, además de ampliarse las dimensiones que el edificio tuvo en la época prehispánica / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

que los edificios fueron diseñados para mantener una cubierta o coraza de protección a base de piedra laja y un acabado de estuco que cubría todas las superficies. Esto nos plantea la necesidad de reconsiderar acciones de trabajo preventivo a corto, mediano y largo plazos que permitan la adecuada protección de los monumentos.

ADQUISICIÓN DE EQUIPOS Y CAPACITACIÓN EN EL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

La favorable respuesta del World Monuments Fund a la solicitud de fondos que planteó la dirección del Proyecto, que realizó la labor de gestión arqueológica y de recursos financieros para atender de manera integral la problemática generada por los sismos en el sitio de patrimonio mundial en Monte Albán, hizo la gran diferencia entre un proyecto que había comenzado con escasos fondos provenientes del Seguro de Desastres adquirido por el INAH, a uno que puede ser un modelo para la atención de desastres a nivel nacional e incluso internacional.

De esta manera el Proyecto logró mayores alcances en términos de recursos humanos, técnicos y tecnológicos pues el apoyo proporcionado en especie facilitó la adquisición de instrumentos de geofísica y un *scanner* 3D para la realización de estudios no destructivos a más profundidad en el subsuelo de las plazas y los edificios siniestrados.

De igual forma se consideró integrar un equipo multidisciplinario que contó con la pronta



Uso de resistivímetro en Monte Albán / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

respuesta de investigadores que se unieron en un esfuerzo de colaboración interinstitucional, entre otros los arqueólogos José Huchim Herrera y Osvaldo Sterpone, investigadores del Centro INAH Mérida y Centro INAH Hidalgo respectivamente, quienes con su experiencia en el uso de equipos tecnológicos en el registro 3D y de resistivimetría, se sumaron en áreas de especialización tecnológica para enriquecer este Proyecto.

En la colaboración interinstitucional también tuvo presencia el ITO, la UNAM y la UABJO, instancias que participaron de manera activa a través de investigadores y del alumnado quienes hicieron residencias profesionales, prácticas de fin de carrera y servicio social, personal que recibió capacitación del equipo técnico del Proyecto en el uso de la estación total, resistivímetro, scanner 3D, georradar de penetración, magnetómetro y uso de dron.

Los cursos y talleres que se impartieron para este efecto fueron:

- Capacitación teórica para el uso de los instrumentos de geofísica, Resistivímetro Syscal Pro Switch de 48 electrodos, Iris Instruments;



Registro fotogramétrico con dron de los trabajos de restauración en el Edificio P de Monte Albán / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

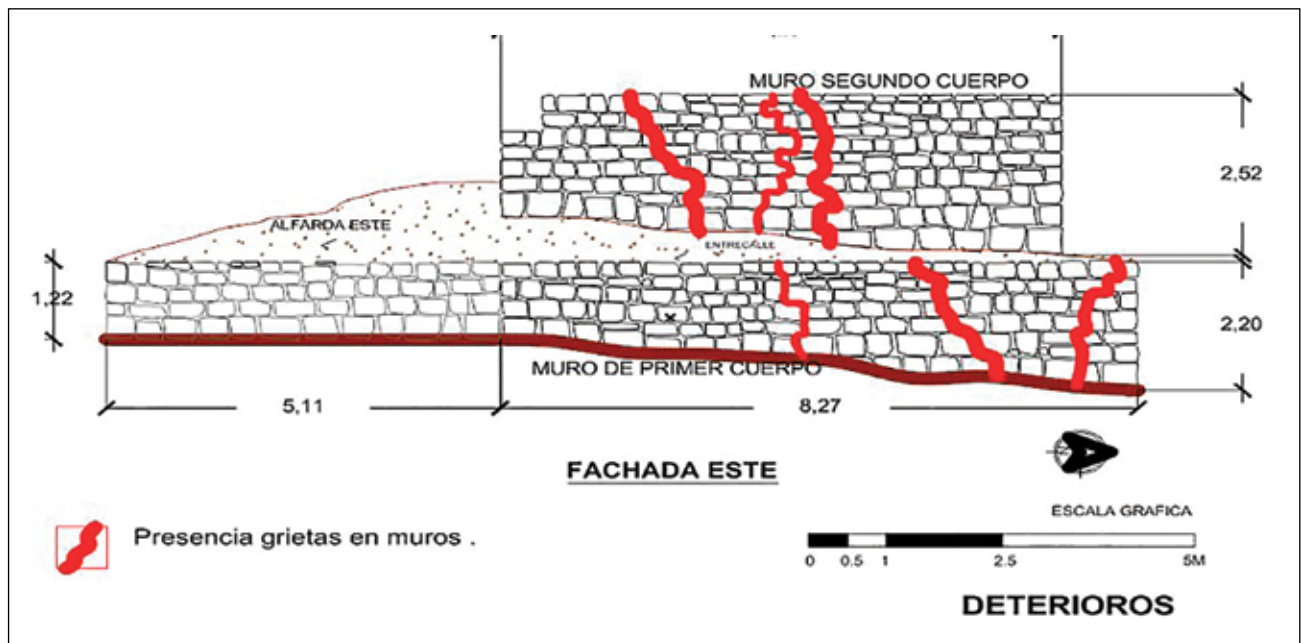
Ground Penetrating Radar (GPR) con antenas 250 y 800 MHz, MALA Geoscience; magnetómetro modelo g-858 con opción gradiómetro, GEOMETRICS, INC.; y estación total SOKKIA.

- Capacitación del uso adecuado de los *scanners* 3D de marca FARO, modelo S70M.
- Taller de topografía y geoposicionamiento de precisión: uso de GPS grx2 marca SOKKIA y uso de estación total marca SOKKIA con plomada láser de 5 segundos de precisión, modelo IM-55.
- Curso-taller para el manejo de instrumentos de geofísica: Resistivímetro Syscal Pro Switch de 48 electrodos, Iris Instruments; Ground Penetrating Radar (GPR) con antenas 250 y 800 MHz, MALA Geoscience; Magnetómetro modelo g858 con opción gradiómetro.
- Curso taller para el uso de GPS GRX2 marca SOKKIA, así como el uso de estación total marca SOKKIA con plomada láser de 5 segundos de precisión, modelo IM-55.
- Curso-taller para el manejo de información geográfica (INEGI).

DOCUMENTACIÓN A TRAVÉS DE MÉTODOS TRADICIONALES Y POR MEDIO DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS (SCANNER 3D Y USO DE DRON)

El registro fotográfico y el levantamiento de dibujos de los elementos afectados es determinante en la restauración que se realizará ya que, en caso de la pérdida total o parcial de algún elemento, el dibujo, fotografía y registro de datos quedan como evidencia para hacer una intervención adecuada. Este trabajo se realiza de manera tradicional con lápiz, papel milimétrico, flexómetro y escalímetro representando a escala cada uno de los elementos y datos que se consideren importantes.

Pero este método de trabajo tradicional es extenso y por su nivel de detalle implica demasiado tiempo, por lo que se aprovecharon las nuevas tecnologías como el dron y el *scanner* 3D para llevar a cabo los registros y así asegurar una bue-



Dibujo arquitectónico "tradicional" que ilustra los daños sufridos por los sismos en el Edificio 16 de Atzompa / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Corte de registro gráfico en la Tumba 249 hallada en el desplante este del Edificio P de Monte Albán / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.

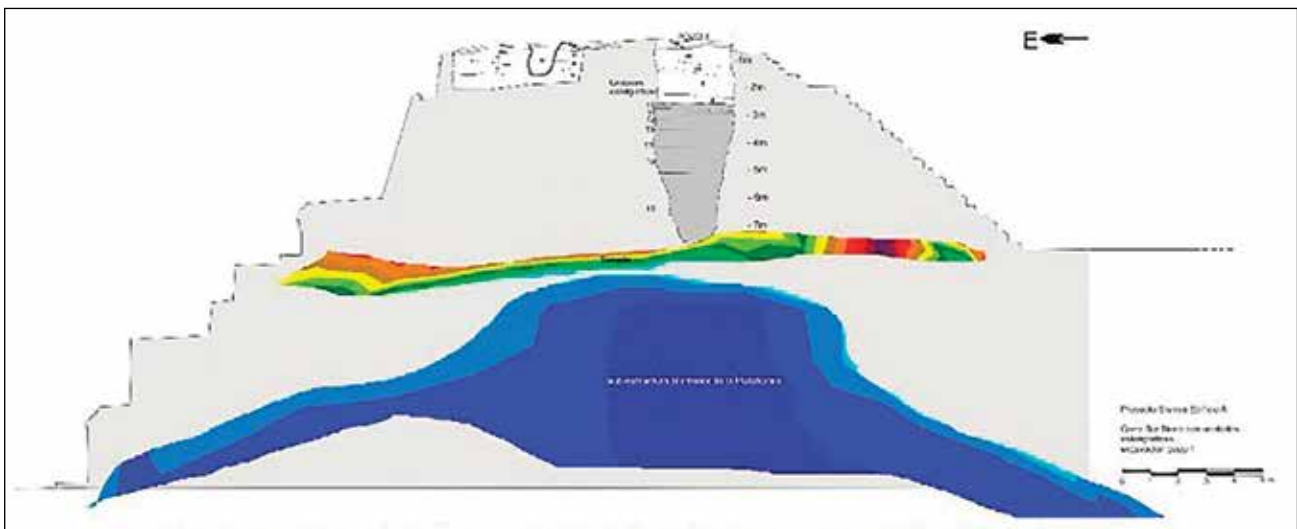
na documentación. En este proceso participaron estudiantes de Arquitectura de la UABJO y del ITO, así como personal técnico del Proyecto.

Entre los levantamientos realizados se consideraron cortes, alzados, perfiles y plantas que representaran las características del deterioro y del contexto en el que se encuentran inmersos los elementos deteriorados. Estos documentos gráficos fueron de gran apoyo ya que el daño de

algunos elementos era mayor y se requería del desmantelamiento de partes de muros que se hallaban expuestos a una caída o ruptura mayor. Estos mismos registros sirvieron posteriormente para la integración de sus componentes, por lo que el dibujo y la fotogrametría hechos antes, durante y después de cualquier tipo de intervención arquitectónica o excavación arqueológica fueron indispensables.

Los registros en tres dimensiones efectuados con *scanner* —modelo FARO FOCUS S70— constituyeron una importante técnica que permitió reproducir información visual tridimensional para crear profundidad en una imagen modulada recreada en computadora, desde esta se pudieron hacer observaciones y medidas que en un principio no estuvieron contempladas. Para ello se llevaron a cabo dos etapas de trabajo: registro en campo para obtención de datos y posteriormente el procesamiento de estos (trabajo de gabinete).

La efectividad del registro 3D está determinada en gran medida en una planeación de posicionamiento del *scanner*, por lo tanto se seleccionaron puntos y ángulos de lectura (*targets*) que pudieran ser contrastados antes, durante y después de cada decisión que se tomaba en campo.



Ensamble de corte gráfico de las excavaciones en el Edificio A y gráfico de resistividad eléctrica que registra el exceso de humedad acumulada / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.

Para el registro de los elementos se efectuaron tomas a nivel de piso; para elevaciones de más de 8 metros se emplearon estructuras metálicas, andamios desmontables. Una vez terminado el registro en campo se llevaron los archivos al área de procesamiento de datos donde con ayuda de un equipo de cómputo de gran capacidad operativa se concentraron los datos y se trabajaron en el *software* SCENE para obtener de manera virtual el elemento u objeto. Primeramente se descargaron los datos para crear el proyecto. Los archivos digitales de cada toma se importaron de manera individual según la asignación de nombre en el levantamiento. Además, se verificó que cada toma se integrara en una superposición en la cual se pudiesen conseguir objetivos coincidentes para el agrupamiento general. Como paso final para la obtención de la imagen 3D se creó la nube de puntos del Proyecto.

EXPLORACIÓN ARQUEOLÓGICA

Las exploraciones arqueológicas del Proyecto estuvieron enfocadas principalmente en tres de los edificios más dañados por los sismos del 2017 en Monte Albán: Edificio A, Juego de Pelota y



Proceso de colocación de los puntales en el interior del Pozo 1, en la extensión norte / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán y Atzompa.

Edificio P. En cada uno de los sismos habían causado estragos distintos y por lo tanto tuvieron su propia metodología de trabajo, centrando las exploraciones en zonas puntuales y zonas de influencia al espacio afectado para atender cuatro puntos esenciales: 1) identificar elementos arquitectónicos que brindaban soporte y estabilidad estructural al edificio; 2) identificar secciones puntuales donde el edificio había sufrido daños estructurales a causa de los sismos; 3) consolidar y restaurar los elementos arquitectónicos que presentaran daños; y 4) proponer, en caso de ser necesario, mecanismos adecuados para la conservación completa del edificio y su adecuada integración con la dinámica arquitectónica-estructural que sufre la ladera este.

Las fotografías aéreas, los registros fotogramétricos realizados con dron y la interpretación del mapa topográfico que elaboró Damon Peeler en 1994 como parte del “Proyecto Especial Monte Albán”, sirvieron de apoyo para los estudios de resistividad eléctrica que realizó el arqueólogo Osvaldo Sterpone en toda la superficie de la Plaza Central, Edificio A, Edificio P y Juego de Pelota, pero principalmente fueron útiles para identificar las zonas ubicadas hacia el este del Juego de Pelota y Edificio P donde se presentaban relieves topográficos en los que se infería que los constructores zapotecos canalizaron el flujo de humedad y agua por medio de drenajes, evitando que la humedad pasara por la sección media de los edificios, o en su defecto canalizando adecuadamente el agua que se acumulaba en la Plaza Central durante la temporada de lluvias y conducir este vital líquido hacia la ladera este, donde era aprovechado y probablemente almacenado.

Esta hipótesis inicial permitió que durante las exploraciones en estos tres edificios se pusiera puntual atención en las zonas donde drenaba el agua y el flujo de humedad, así mismo en analizar los daños que esta había provocado en los paramentos principales de los edificios. Se suponía que, para evitar el flujo de humedad, tanto en la

parte media de los edificios como en las esquinas noreste y sureste, los zapotecos aseguraban que las secciones de mayor trabajo estructural cumplieran su función de mantenerse erguidos a pesar del tiempo transcurrido desde su abandono hasta la actualidad.

Por otra parte, los estudios de resistivimetría permitieron identificar secciones puntuales del edificio en las que el subsuelo presentaba algunas alteraciones, así como la acumulación de humedad, por lo cual las unidades de exploración arqueológica fueron programadas en espacios concretos en donde se pudieran observar los daños que había provocado el sismo y al mismo tiempo identificar si las interpretaciones que se habían realizado a partir de las alteraciones observables en los resistivigramas eran las correctas, pues todas ellas estaban vinculadas con la acumulación de humedad y la destrucción de paramentos internos de los edificios; es decir, la afectación de subestructuras a partir de los sismos que incidieron en zonas débiles en donde había acumulación de humedad.

Las exploraciones en los tres edificios iniciaron con pozos de sondeo y calas de aproximación, que se fueron ampliando a partir de los resultados observables. En el Edificio A el socavón propiciado por los sismos llegaba a una profundidad de 9 metros desde el nivel del templo superior, esta



Excavación en la ladera este del Edificio P / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

profundidad se debía a túneles de exploración mal rellenos que se habían realizado en exploraciones del Proyecto Especial 92-94, con el consecuente sobrepeso en el cuerpo superior que se elaboró sin contar con evidencia concreta de su existencia. En el Juego de Pelota la acumulación de humedad que se había generado a partir de un drenaje prehispánico que fue tapado con las exploraciones del Proyecto Especial ya referido fue lo que provocó que diversos paramentos debilitados se colapsaran, por lo cual la exploración del presente proyecto consistió en la realización de calas para liberar los drenajes originales y rehabilitarlos con el propósito de asegurar el flujo de agua que se acumulaba en cada temporada de lluvias, y como resultado la estabilidad estructural de algunos paramentos en el cabezal sur.

En el Edificio P las exploraciones arqueológicas permitieron identificar un panorama más amplio respecto a la arquitectura misma de Monte Albán, pues con la exploración de la ladera este el edificio fue levantado, restaurado y mantenido en pie con diversas técnicas en el uso y manejo del barro como elemento principal en la construcción. La identificación de fallas estructurales en la parte media y alta de las calas 6 y 7 (parte media del edificio), así como en la parte baja de la ladera en la sección de los cuadrantes E20, dieron la oportunidad de abrir pozos de sondeo para llegar a la roca madre y observar las técnicas constructivas empleadas por los zapotecos para ganarle terreno a la pendiente natural del cerro y constatar que el edificio se asentó sobre la roca madre con previsiones tectónicas de muros contrafuertes que no han sido afectados por la humedad. La adecuación de estos desniveles naturales por los constructores para convertir el espacio habitable por medio de terrazas escalonadas permite distinguir que los paramentos están en funcionamiento gracias a una técnica de mejoramiento de barro con el uso de cal y el adecuado uso de un complejo sistema de “cajoneo” de vaciados, que colocados en cuatrapeo

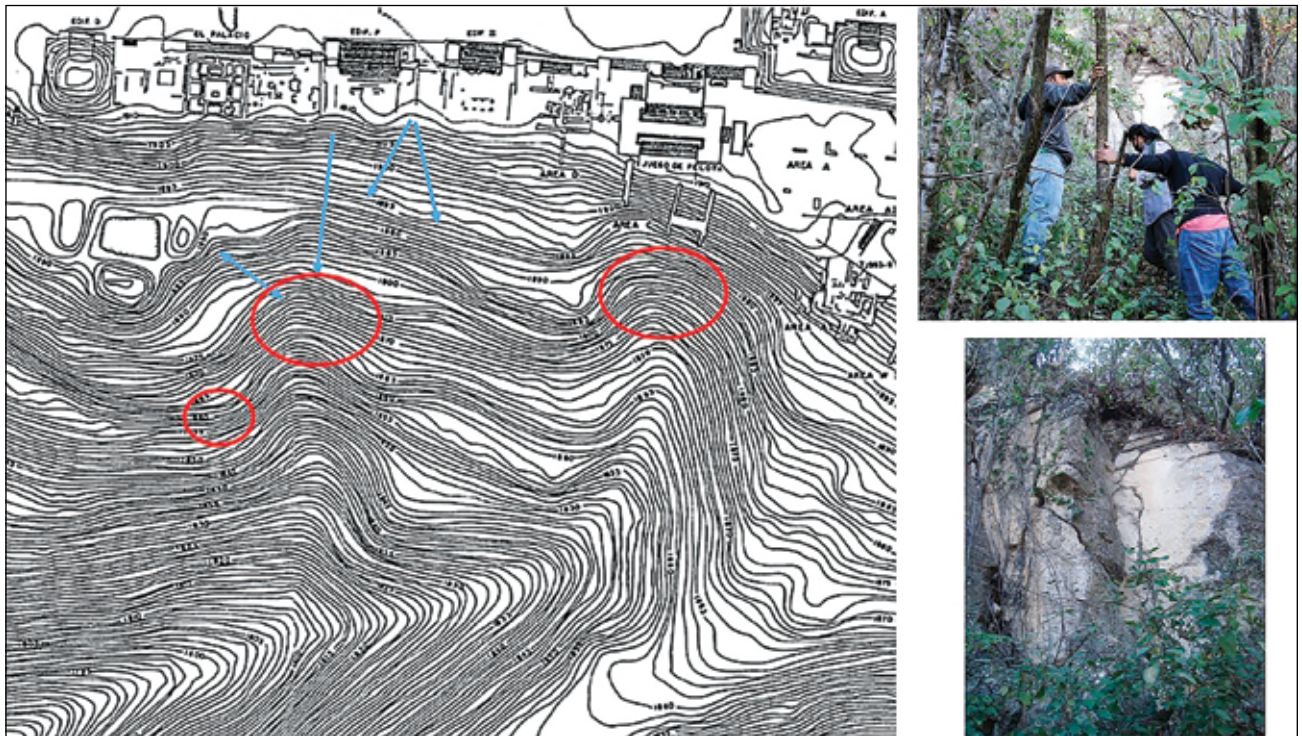
permiten que los paramentos del edificio funcionen de manera independiente para soportar los embates de los sismos y afectaciones de cualquier índole, logrando así que los deterioros estén concentrados en zonas puntuales sin afectar el resto de los muros o del edificio.

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO Y LOS MATERIALES DE FÁBRICA

Para el estudio de la arquitectura de Monte Albán los trabajos se enfocaron principalmente en las observaciones y registros que proporcionaban los perfiles constructivos del Edificio P, mismos que se compararon con la excavación del socavón del Edificio A y con la cala de exploración que se realizó al este del cabezal sur del Juego de Pelota. Los contextos y evidencias de

estas exploraciones permitieron analizar dos aspectos importantes: el primero corresponde a la materia física del edificio o el conjunto de materiales y técnicas constructivas con que se erigió y el segundo aspecto son los valores relacionados con el espacio arquitectónico, definidos por la relación entre los sistemas constructivos y las evidencias arqueológicas.

El registro adecuado de la evidencia arqueológica en los tres edificios explorados permitió contar con las bases para identificar el sistema empleado en su construcción. Para ello se inició con la clasificación de los diferentes tipos de materias primas a partir de una selección de muestras en diferentes áreas; se llevaron a cabo pruebas de sedimentación, de alcalinidad, pH y ensayos de inmersión de núcleos originales de barro en agua, con la tierra producto de la excavación. Fue sumamente importante efectuar estas pruebas para observar el comportamiento de las mezclas y la calidad de las arcillas que se usaron para lograr volumen y estabilidad estructural



Identificación de bancos de piedra en la ladera este. Posibles áreas de obtención de materia prima para la construcción de los edificios / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

en paramentos de la ladera este y en los núcleos constructivos.

Nuestra interpretación de las evidencias arqueológicas desde una mirada de la arquitectura e ingeniería nos permite presentar un análisis de los procedimientos técnicos mediante los cuales se caracteriza la secuencia de construcción de un edificio determinado, estableciendo así las fases de este proceso: a) la obtención de materia prima para la construcción del edificio; b) la primera fase de construcción considera la estructura general del edificio, los desplantes y rellenos de su asentamiento y emplazamiento, el contexto que lo rodea; c) la segunda fase de construcción considera la realización de elementos de apoyo, el acabado de firmes, pisos y banquetas, elementos arquitectónicos que definen al edificio, incluye también la realización de cubiertas; y d) la tercera y última fase de construcción es en la que se agregan relieves, molduras, tableros, estuco y pintura mural, elementos de ornamentación.

Es importante referir que tanto los materiales empleados como las técnicas o métodos en que se utilizan y el diseño arquitectónico son parte de una evolución constructiva que dio resultados favorables previos, y por ende su aplicación y funcionalidad contemplan solventar las necesidades estructurales concretas en la arquitectura monumental de Monte Albán. Esto denota una amplia historia constructiva, conocimientos finos de arquitectura e ingeniería, pues cada elemento constructivo fue diseñado, planeado y edificado para cumplir funciones específicas de soporte, estabilidad estructural, aumento de volumen, encapsulado o sellado de elementos constructivos para evitar la filtración de agua y así mantener el adecuado funcionamiento del complejo.

En este sentido, cabe señalar que los sistemas constructivos suelen estar constituidos por unidades (bloques de vaciado), estas a su vez por elementos (vaciados, muros, pisos, aplanados, firmes, etcétera) y estos se construyen a partir de materias

primas (tierra, arcilla, roca, agua, madera). Así mismo, podemos considerar que es evidente la conciencia y el manejo de la arquitectura frente a los movimientos telúricos, puesto que el diseño estructural permite que las secciones de piedra respondan de manera independiente a las secciones de barro y al mismo tiempo de forma conjunta de modo que de existir una falla o afectación no se dañe el muro o basamento completo sino únicamente la sección que sufrió la alteración. Así se explica la prevalencia de la arquitectura de Monte Albán durante sus trece siglos de vida útil (500 a. C. a 850 d. C.) y la posibilidad de su resurgimiento mediante trabajos de restauración modernos.

Se identifica que, con gran maestría en la utilización y mejoramiento de las materias primas, los arquitectos zapotecos lograron la construcción monumental de sus edificios. Los dos materiales constructivos predominantes son la tierra (barro) y la roca caliza, así como la cal que en mezclas con los dos anteriores resulta en menor densidad y presencia, pero utilizada adecuadamente funciona como recubrimiento, pisos, apisonados y sobre todo como cementante en la conformación de corazas de protección que permitían la estabilidad de los vaciados de lodo. Estos últimos pudieron ser identificados gracias a diversos análisis de suelos y el importante registro arqueológico de los datos en el Edificio P.

La excavación arqueológica hizo posible identificar que para lograr volumen se utilizó piedra caliza pegada con mezclas de barro para formar bloques de modelado en forma de celdas que se colocaron como traslapes de secciones regulares. Las piedras que se usaron son irregulares y hay poca presencia de sillares de piedra, estos últimos empleados principalmente en la colocación de muros aparentes que formaban la estética visual de la arquitectura. Las mezclas de barro se habían preparado previamente con diferentes tipos de arcilla o tierra que fue sumergida en agua por un tiempo previo y después mezclado con una combinación

de agua y cal viva para formar los cementantes y vaciados de rellenos. Estos vaciados sirvieron para modelar y construir con mayor precisión los diferentes elementos estructurales.

La utilización por los constructores zapotecos de la piedra caliza como cubierta constructiva y la posterior aplicación de coraza de estuco aseguró más estabilidad, resistencia y tiempo de vida útil a los paramentos y elementos. Este dato fue muy relevante para plantear el valor de replicar y utilizar este mismo concepto constructivo de la época prehispánica en los procesos de consolidación y restauración contemporáneos.

Considerando estas observaciones, a continuación se detallan las materias primas empleadas en el sistema arquitectónico y las observaciones en torno a estas, en las exploraciones arqueológicas, recorridos de superficie y análisis de materiales realizados.

DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES DE INTERVENCIÓN

El adecuado registro de los daños provocados por los sismos, las causas que originaron los daños, así como la identificación de los sistemas constructivos practicados por los constructores originales, hace posible definir las especificaciones con las cuales se atenderá un edificio en la consolidación y restauración del mismo. Determinar las especificaciones de atención a los edificios permite plantear una estrategia pertinente para que todos los tratamientos de conservación garanticen la autenticidad del edificio, prolongando así su integridad, facilitando la lectura de su diseño original.

La revisión de los daños causados por los sismos del 2017 reunió a un equipo multidisciplinario de trabajo que identificó los sistemas constructivos a base de tierra que fueron empleados por los

constructores zapotecos, que determinó con base en los datos arqueológicos, la implementación de mecanismos más precisos para recuperar y mantener la estabilidad de los edificios siniestrados. Estos resultados permitieron definir como actividades primordiales restaurar con mezclas a base de cal los elementos arquitectónicos originales para detener los empujes de los edificios, consolidar los muros contrafuertes liberados en las exploraciones arqueológicas, la reintegración de volúmenes en espacios que presentaban pérdida de núcleos constructivos y muros que comprometía la estabilidad de los inmuebles, así como la implementación de corazas de protección.

El descubrimiento del sistema constructivo de tierra y los análisis de suelos en laboratorio, aunado a los saberes tradicionales dentro del personal que formaba parte del equipo de trabajo determinaron los mecanismos más adecuados de intervención y el uso de barro en la recuperación de volúmenes, así como la instalación de una coraza de barro y piedras para detener las alteraciones e impedir que surjan nuevas, mientras que la aplicación de mezclas de cal química apagada en obra, con arena, para hacer resanes y estabilizaciones de los elementos expuestos, aseguran la estabilidad estructural y evita mayores deterioros.

En función de lo anterior, se procedió a definir las acciones o intervenciones de restauración a desarrollarse durante el Proyecto, que fueron las siguientes:

- 1) Acordonamiento de la zona a intervenir
- 2) Documentación gráfica y fotográfica
- 3) Limpieza del área afectada
- 4) Liberación de elementos arquitectónicos
- 5) Tratamiento de elementos arquitectónicos *in situ* y desprendidos
- 6) Desmantelamiento provisional de áreas comprometidas con grietas o colapsos
- 7) Reintegración de elementos arquitectónicos

- 8) Sellado de grietas y fisuras
- 9) Inyección de grietas con mezclas mejoradas
- 10) Ribeteo de pisos de estuco
- 11) Colocación de mezclas constructivas
- 12) Colocación de rellenos

En este sentido, para los trabajos de restauración se identificó, seleccionó y acarreó la cantidad de piedra de tipo arenisca y caliza que había sido recuperada en la exploración arqueológica para ser utilizada y sustituir las rocas dañadas en muros, rellenos constructivos y la delimitación de espacios de tránsito con muretes para brindar mejor soporte y estabilidad al edificio. Estabilizar los deterioros con materiales de mejor calidad obligaba también a disponer de gran cantidad de tierra de buena calidad para los trabajos de restauración y consolidación, por tal motivo se utilizaron arcillas y limos recuperados de zonas concretas de la exploración arqueológica, a fin de hacer mezclas adecuadas que al añadir cal química de alta pureza se tornaron similares a las originales, permitiendo así una reintegración arquitectónica tomando los criterios de originalidad y autenticidad de los elementos siniestrados.

El monitoreo de las acciones que se realizaron con este sistema ha dado resultados favorables para la implementación de una nueva metodología de consolidación y restauración compatibles con los sistemas arquitectónicos de la época prehispánica. Estas obras se efectuaron considerando una fórmula básica de mezclas y proporciones de materias primas de acuerdo con los resultados de los análisis de suelos desarrollados en laboratorio. Por ejemplo, la mezcla de barro debe mantener un pH de 7, la proporción de cal hidratada debe ser de 10% de esta por volumen de mezcla de barro y es preferible utilizar cal química y arena de río en las mezclas.

Para los trabajos de restauración se prefirió cal Quimex (cal química hidratada de alta pureza). Se

trata de un químico natural, indispensable para la preparación de morteros con características tan versátiles y compatibles con los diferentes materiales que son recomendados para su uso en monumentos históricos y zonas sísmicas por su adherencia mecánica y resistencia. La cal viva tiene capacidades bioclimáticas y puede conservarse en perfectas condiciones durante siglos debido a sus poros que dejan transpirar los muros haciendo salir la carga de humedad, funcionando como una capa protectora para los materiales como piedra y barro.

Es importante mencionar que la utilización de cal química redujo el impacto en la salud física de nuestro equipo técnico y operativo. El proceso de apagado de la cal de piedra era muy riesgoso por el volumen de obra que se requería para las consolidaciones, por este motivo se decidió por la cal Quimex en una presentación de sacos de 20 kilogramos, en polvo fino, previamente apagada, teniendo la opción de utilizar la cal en polvo (seca) y para trabajos más específicos de consolidación haciendo un proceso de hidratación.

De esta manera, los procesos de restauración que se desarrollaron en el Proyecto tuvieron como objetivo corregir las alteraciones, daños y deterioros de los edificios afectados, causados tanto por la falta de mantenimiento, exceso de humedad en los núcleos constructivos, por la erosión y la actividad sísmica. Es menester señalar que la falta de una coraza de protección que evitara la acumulación de humedad de las lluvias y de mantenimiento propició daños y afectaciones que hoy en día deben corregirse.

PARTICIPACIÓN INTERDISCIPLINARIA CON LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DEL ITO Y ESTUDIANTES DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA DE LA UNAM

La participación de especialistas asesores de ambas instituciones de educación superior fue de gran utilidad en la observación de los daños y la realización de los procedimientos más adecuados para la intervención. Se llevaron a cabo actividades académicas en campo y en gabinete a fin de tener toda la información necesaria en la toma de las decisiones más pertinentes para resarcir los daños provocados por los sismos.

Los estudiantes de las carreras de Arquitectura e Ingeniería Civil colaboran mediante

prácticas finales, servicio social y residencias profesionales, lo que permitió un ejercicio de retroalimentación que les capacitó en temas vinculados con la arquitectura prehispánica, el manejo de soluciones prehispánicas para la construcción en pendientes, uso de nuevas tecnologías en los registros gráficos y técnicas de restauración arquitectónica usando materiales constructivos como la cal y el barro. Por otra parte, también apoyaron en el levantamiento de datos y elaboración de dibujos arquitectónicos de los edificios, registros topográficos, estudios de mecánica de suelos y la propuesta de un proyecto para estabilizar la ladera este a fin de evitar daños futuros en el Edificio P.

De esta manera el componente multidisciplinario e interinstitucional concentró los esfuerzos en el aprendizaje, manejo y atención de los monumentos afectados por los sismos.



Grupo de trabajo e inspección de los edificios dañados. Participan ingenieros del Departamento de Ciencias de la Tierra del ITO, arquitectos de la UABJO e ingenieros de la UNAM / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



6. LABORES DE DOCUMENTACIÓN CON TECNOLOGÍAS DIGITALES

ESTUDIOS DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA CON RESISTIVÍMETRO SYSCAL PRO®

DOCUMENTACIÓN DE LAS SECUENCIAS ESTRATIGRÁFICAS GEOLÓGICAS Y ARQUEOLÓGICAS: PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

La prospección geofísica es una propuesta de investigación en el ámbito de la conservación de monumentos arqueológicos, con el objetivo de conocer las transformaciones que han resultado de la actividad sísmica, en este caso particular en un sector muy específico de los Valles Centrales de Oaxaca, esto es, el estudio enfocado a las cumbres del cordón montañoso donde se emplazan Monte Albán y Atzompa, para identificar los efectos de los movimientos telúricos acaecidos entre el 07 y el 19 de septiembre del año 2017. De acuerdo con los reportes, en la Zona de Monumentos Arqueológicos de Monte Albán y Atzompa “...15 edificios fueron

siniestrados, 5 con daños muy severos...” (Robles García, 2018, p. 7). De la inspección ocular preliminar realizada por un equipo de investigación compuesto por ingenieros, arquitectos, conservadores y arqueólogos del INAH y de la UNAM, se planteó una hipótesis que establece provisionalmente como base de la investigación que los daños fueron causados por un fallamiento y agrietamiento en la corteza terrestre a raíz del sismo, proponiéndose que la diagnosis para entender el estado que guarda la integridad de los monumentos y la estratificación geológica que soporta las construcciones antiguas en la cumbre debe sustentarse en la documentación que proporcionan los instrumentos geofísicos, tales como un resistivímetro, un magnetómetro y un radar de penetración. Aunado a lo anterior, un equipo de posicionamiento geográfico es imprescindible para establecer con exactitud los trazos de los procedimientos de toma de muestra geofísica, a fin de ubicar con precisión los modelos que resulten de la prospección.

Objetivos generales. Se busca conocer mediante la prospección geofísica, los atributos de las secuencias estratigráficas geológicas y arqueológicas en los contextos de las cumbres donde se asientan



Levantamiento topográfico de Monte Albán / Imagen: Red Mexicana de Arqueología. <http://remarq.ning.com/photo/plano-de-monte-alban-oaxaca?context=latest>.



los monumentos arqueológicos de Monte Albán y Atzompa. En las imágenes se presentan los diagramas del trazo de las líneas para la toma de muestras mediante tomografía eléctrica, con el propósito de identificar anomalías que se relacionen con fallas y fracturas en los primeros 30 metros de la corteza del terreno. Las líneas cubren el polígono de las áreas monumentales y se disponen a 50 metros de distancia, formando una retícula. De los resultados obtenidos se procederá al estudio detallado de atributos en la estructura geológica y arqueológica en ambas zonas, para generar la documentación sobre el estado que guardan y proceder con la diagnosis que conlleve a generar propuestas para la toma de decisión sobre intervenciones de conservación de los monumentos arqueológicos. Las labores de prospección durante el año 2019 se centrarán en el área de Monte Albán y en función del calendario de actividades programadas se buscará comenzar el procedimiento de tomografía eléctrica en Atzompa.

Objetivos particulares. Por otra parte, los sismos ocurridos entre el 07 y el 19 de septiembre de 2017 causaron daños severos en el Edificio P, el Edificio 4, el Edificio A, el Juego de Pelota y apa-



Imagen tomada de http://tolteca-guillermomarin.blogspot.com/2013_06_01_archive.html, donde se muestra el límite del conjunto monumental y la ladera este del Cerro de Monte Albán.

recieron agrietamientos acompañados de ciertos deslizamientos a lo largo del límite oriente de la Plataforma Norte, la Plaza Central y la Plataforma Sur de Monte Albán. En el “Proyecto: Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa” (Robles García, 2018, p. 7), se presenta la información sobre los efectos de los movimientos telúricos y la propuesta que da origen a la conservación de los monumentos sancionada de manera favorable por el Consejo de Arqueología del INAH.

En estos contextos y de manera singular, la prospección geofísica mediante los procedimientos de toma de muestra por medio de tomografía eléctrica, radar de penetración y magnetometría, está dirigida a conocer el estado de la secuencia



Imagen tomada de GoogleEarth, incorporándose la representación de las cotas de nivel a cada 10 metros mediante los datos proporcionados por el INEGI, Cartas Modelo de LIDAR Terreno T43_10k_i8_ASCII_E14D74F1, E14D74F2, E14D74F3, E14D74F4. En total se consideran 19 líneas para la toma de muestra de tomografía eléctrica en el sentido este a oeste y 13 líneas de norte a sur.

estratigráfica arqueológica en los contextos del Edificio 4, el Edificio A, el Edificio P y el Juego de Pelota.

INSPECCIÓN Y PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA ZONA DE MONUMENTOS ARQUEOLÓGICOS DE MONTE ALBÁN, OAXACA

Los días 02 y 05 de julio de 2018 participaron en labores de prospección geofísica en el Edificio A de Monte Albán, el ingeniero Yoshio Castelán Luqueño y el arqueólogo Osvaldo José Sterpone del INAH; contribuyendo con asesoría en materia de geología el doctor Marius Ramírez Cardona de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y en materia de arquitectura el arquitecto Vicente Alejandro Ortega Cedillo de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Azcapotzalco.

El objetivo de la prospección consistió en evaluar de manera indirecta las causas de los daños que se advierten en las formas del Edificio A, tratando de identificar el origen de las grietas, el motivo del desplazamiento del volumen y sistema constructivo que le da forma al edificio. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Efectuar una exploración geofísica con los métodos de resistividad eléctrica y radar de penetración, terrestre GPR o georradar.
- Conocer la topografía y caracterizar la composición de las unidades de estratificación arqueológica del bien patrimonial.
- Determinar los atributos de las unidades de estratificación y secuencia estratigráfica del Edificio A mediante el análisis e interpretación geoarqueológica.
- Construir modelos a partir del estudio geofísico del área que representen lugares con anomalías en la secuencia estratigráfica y determinar si son causas de los deterioros y daños que se observan en el monumento.

Levantamiento topográfico. El estudio de topografía que a continuación se presenta resulta de la

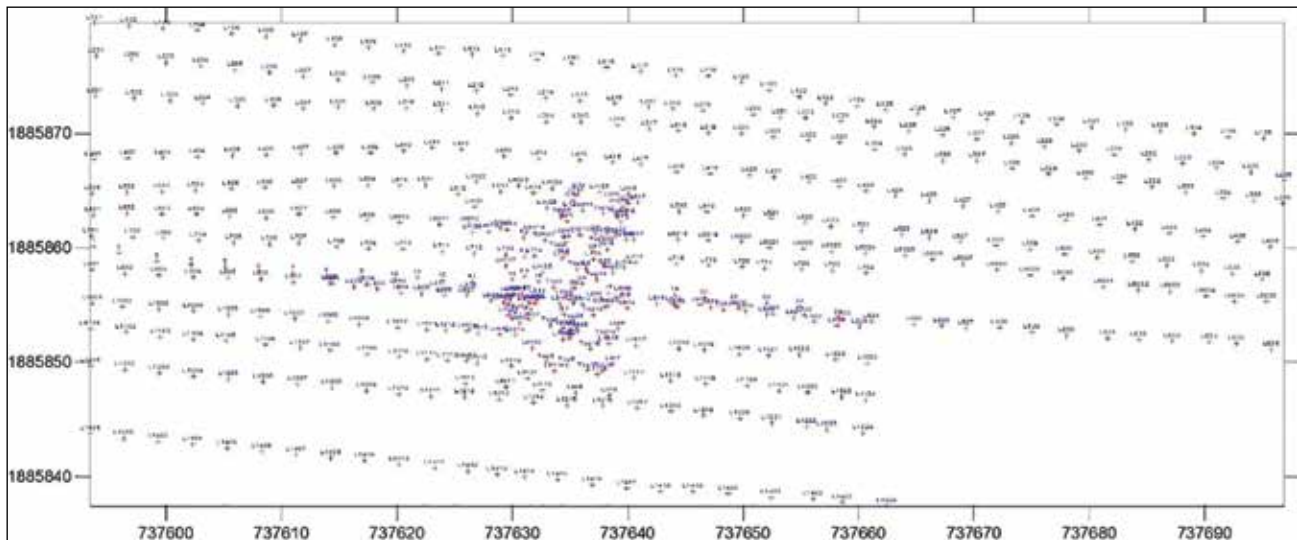
toma de muestra de los atributos altimétricos del contexto donde se ubica el Edificio A de Monte Albán y en el resultado se describe su configuración superficial con el propósito de trasladar a modelos gráficos las formas que sirvan de georreferencia para ubicar los resultados de las 13 líneas de prospección geoarqueológica, esto es, las imágenes que se configuran en forma de secciones donde se representan los valores de resistividad eléctrica de las secuencias estratigráficas arqueológicas.

De manera adicional, y por medio de los datos de la topografía, se han calculado los valores de altimetría que tienen las facies superiores de los estratos verticales que conforman las fachadas norte, sur, este y oeste del Edificio A. Al mismo tiempo se han representado las isolíneas y el modelo 3D del depósito horizontal del piso de la parte superior del basamento. También se han documentado los valores altimétricos de las oquedades que se generaron por los hundimientos de dos sectores en la parte central superior del edificio, así como la documentación de tres grietas. Estos datos pueden ser tenidos en cuenta para dar seguimiento al monitoreo de los daños ocasionados al monumento por el sismo y los factores medioambientales.

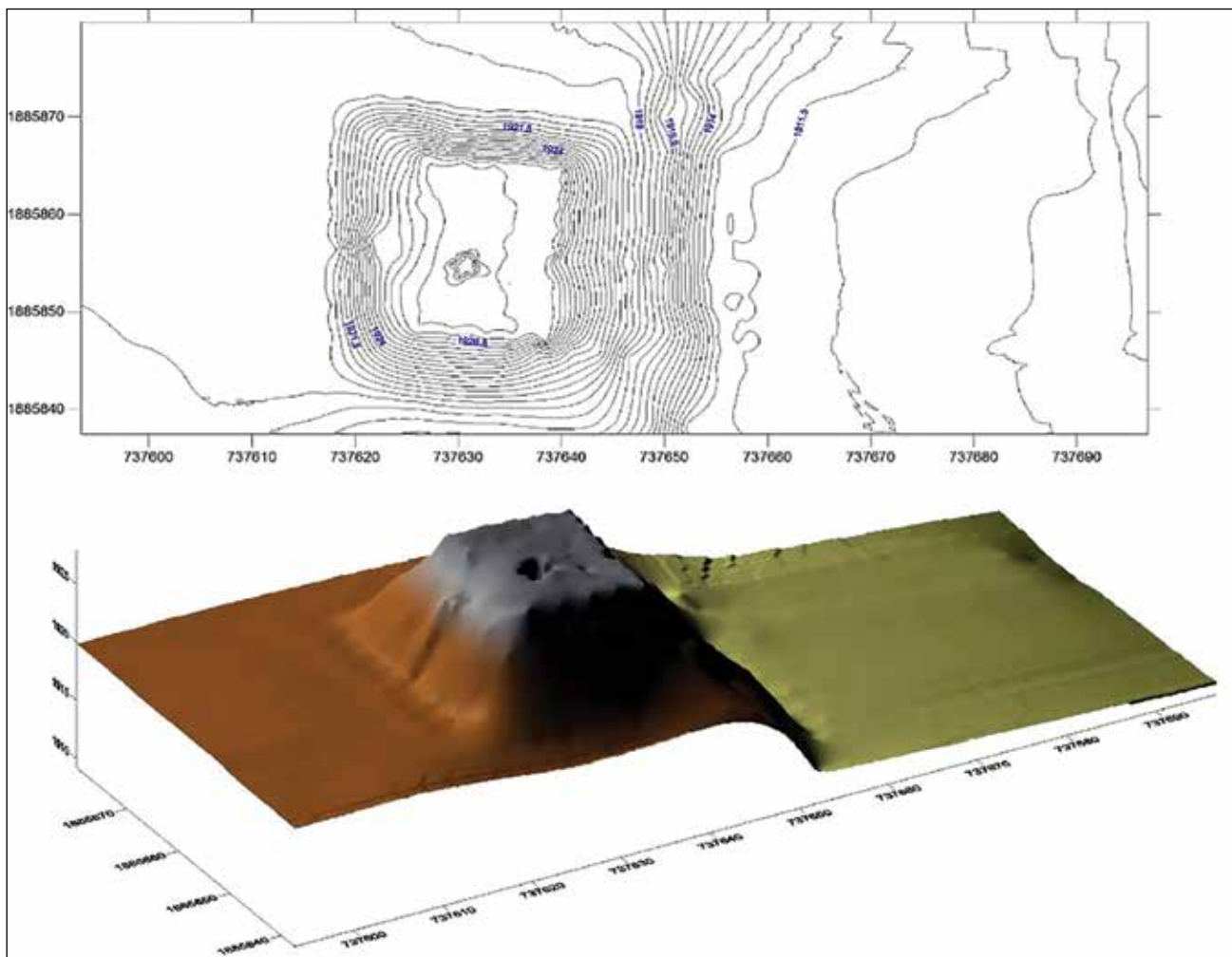
A continuación se presentan los modelos que se derivan de la documentación obtenida para los modelos Surfer 8, Draftsight, InkScape, ArcGis.

ESTRATIGRAFÍA: EL POZO 1 DEL EDIFICIO A Y EL PARAMENTO SUR DEL JUEGO DE PELOTA

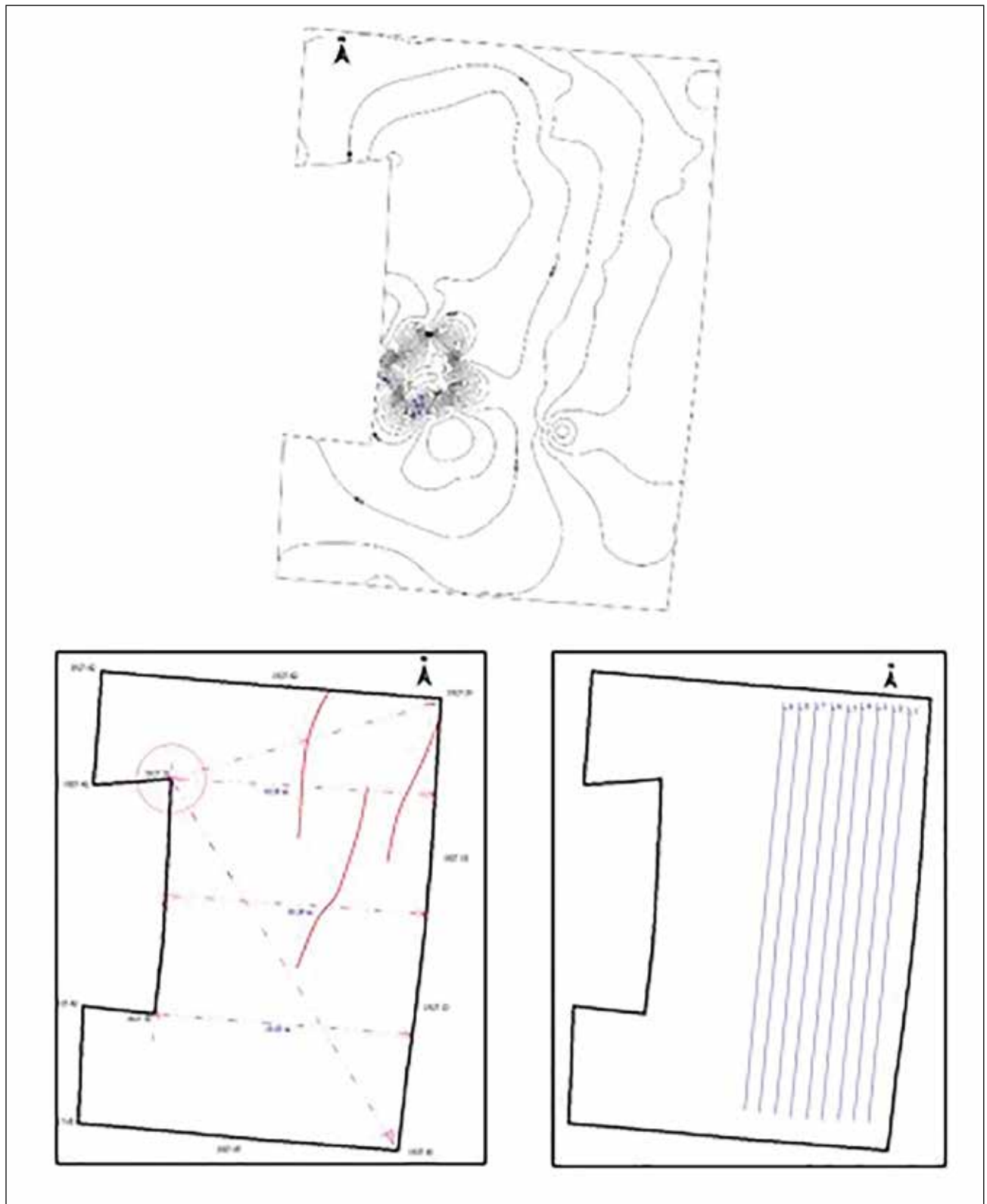
El estudio de las unidades de estratificación arqueológica permitieron establecer las secuencias estratigráficas observadas en los perfiles de dos localidades, el pozo 1 de la parte superior del Edificio A y el paramento sur del Juego de Pelota. En ambos lugares los elementos de interfaz que se generaron a consecuencia de los daños ocasionados por los temblores de septiembre de 2017 han dejado expuesta lo que se considera la marca de fábrica, es decir, la



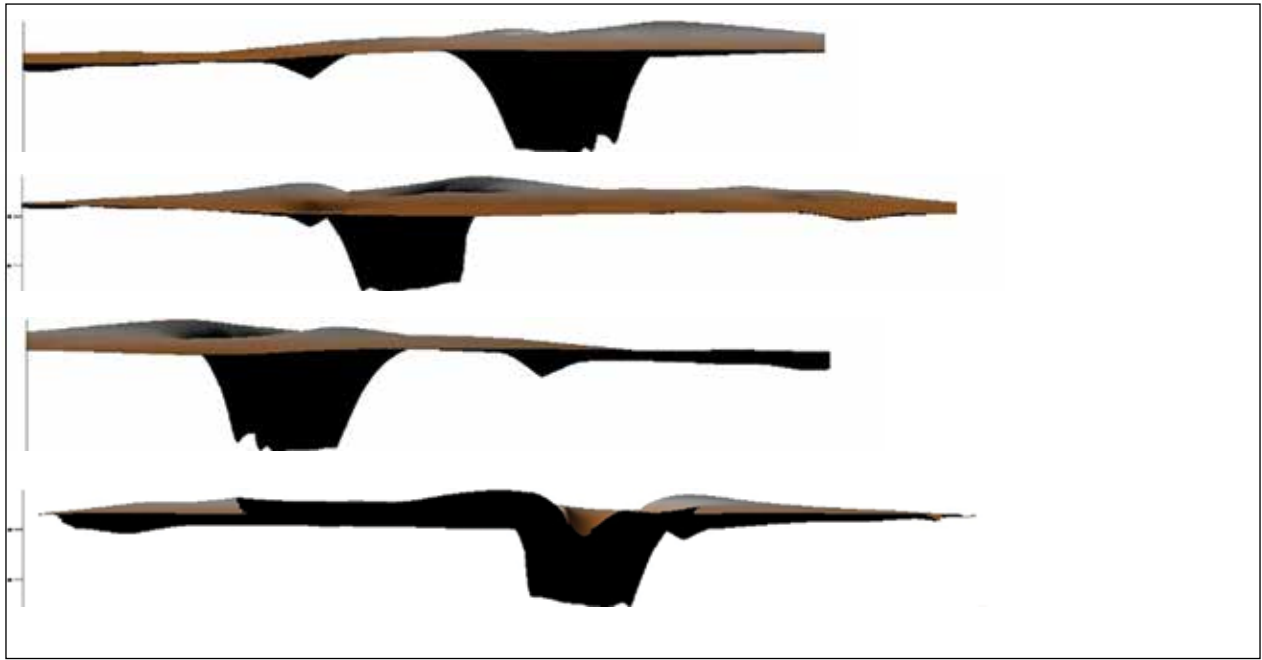
En la imagen se aprecia en la parte izquierda e inferior, la escala de georreferencia en coordenadas UTM con proyección WGS84 y tomada de la actualización realizada durante el año 2017 por la DRPZMAH del INAH con respecto al punto geodésico establecido por el INEGI. Se marcan las 515 localidades de toma de muestra de la base de datos.



En la imagen se representan los valores altimétricos en isolíneas que marcan las formas 2D de la planta y en isométrico 3D del área de toma de muestra topográfica. En el lado izquierdo e inferior aparece la escala en UTM.



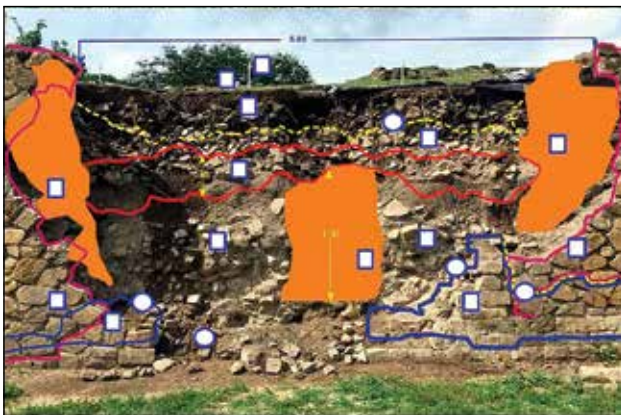
En los tres modelos más arriba se aprecian, de arriba hacia abajo y sin escala, las isolíneas que demarcan los valores topográficos del modelo 2D de la planta superior del Edificio A. En el de abajo a la izquierda se aprecian las deformaciones de la planta superior del monumento y las medidas que se desprenden del estudio de topografía. Los valores altimétricos y las distancias que se marcan fueron calculados mediante la actualización de las coordenadas UTM realizadas por la DRPMZAH al punto geodésico del INEGI. En el modelo del lado derecho abajo se marcan las líneas seguidas para la toma de muestra mediante el radar de penetración-GPR.



En la imagen se representan los perfiles del modelo de la superficie del Edificio A, desde las perspectivas norte, este, sur y oeste. En la gráfica se acota el punto ± 0 ubicado en la planta de la Figura 3 inferior izquierda mediante un círculo, en el espacio donde el trazo interior de la alfarda alcanza el último escalón que da acceso a la parte superior. Desde ahí se hicieron los cálculos de las diferencias altimétricas y se documentan con valores negativos -0.00-.

memoria materializada del proceso seguido por los fabricantes durante la construcción del conjunto monumental de Monte Albán. De tal manera que la hipótesis que guía el estudio es la siguiente: las secuencias estratigráficas expuestas son representativas de los artificios en materia de arquitectura y los materiales de fábrica utilizados en el proceso edilicio del Conjunto Monumental de Monte Albán.

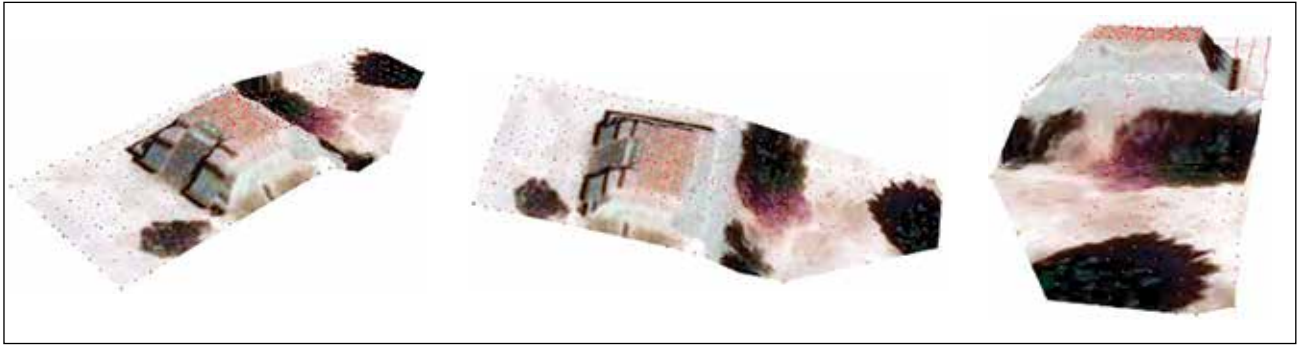
El paramento sur del Juego de Pelota (PSJP). En la imagen de la columna izquierda se aprecia un elemento de interfaz que ha dejado expuesta la secuencia estratigráfica en el paramento sur, que



le da volumen al edificio erigido para el Juego de Pelota ubicado en el Conjunto Monumental de Monte Albán.

Se aprecia una composición heterogénea en las mezclas de materiales elegidos para la fábrica del volumen del edificio. Existe un depósito grueso en la parte central de la secuencia que aparenta ser una mezcla de sedimentos, sin que se aprecien materiales pétreos. Por otra parte, en las argamasas donde se observan estos materiales se advierten diferencias en el ordenamiento y compactación.

En la imagen de la izquierda se han identificado las unidades de estratificación arqueológica (UE) y se han demarcado las interfaces en el perfil. La UE 9, tentativa por el momento y para objeto del análisis, no altera la interpretación sobre la marca de fábrica. Las UE pueden ser caracterizadas de la siguiente manera: La UE 1 es un elemento de interfaz, el derrumbe (acaecido el 19-09-2017) de la UE 12=UE 16, un estrato vertical que bajo un criterio de reconstrucción, fuera erigido por el equipo del doctor Alfonso Caso durante la mitad del siglo xx. La UE 2 es un estrato horizontal, aparenta ser una mezcla de tierra y grava



En las tres imágenes se aprecian las representaciones 3d del modelo generado por la aplicación ArcGis y la superposición de la imagen de la Zona de Monumentos Arqueológicos de Monte Albán –GoogleEarth–. Se aprecian de izquierda a derecha los modelos isométricos vistos desde el SW, seguidos por los del SE y el E. En los tres modelos aparecen los puntos rojos que demarcan las localidades de toma de muestra de los valores altimétricos mediante la estación total Sokkia Set650x.

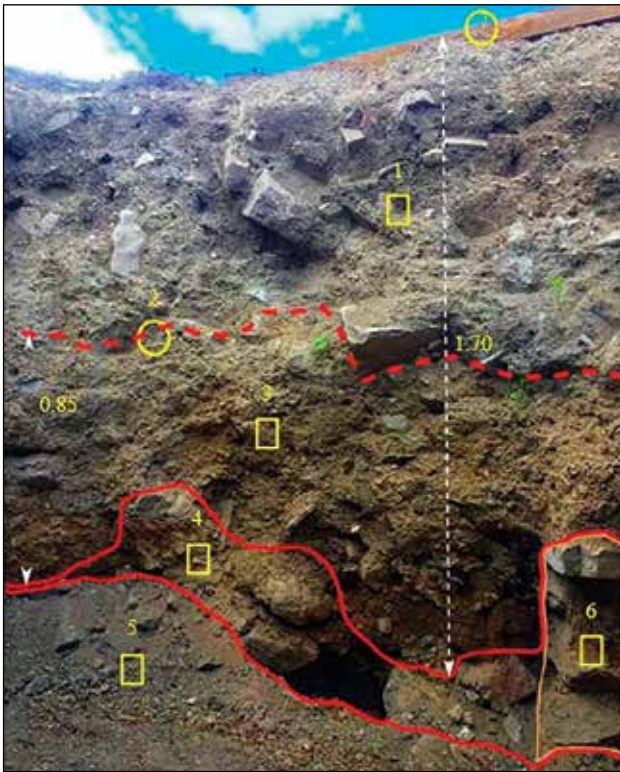
de poco espesor, probablemente 0.10 metros, que se depositó para ofrecer la solución del piso y superficie sobre la que crece el pasto hoy. La UE 3 es un estrato horizontal compuesto por tierra compactada, probablemente es el depósito de nivelación para el piso de la UE 2. La UE 4 es un estrato horizontal, compuesto por acumulación de piedra con tierra sin argamasa que le dé cohesión, un relleno para darle volumen y reponer el faltante del depósito sobre el que se dispone. La UE 5 es un elemento de interfaz vertical, probablemente la superficie original que descubrió el equipo del doctor Caso durante las exploraciones arqueológicas, que exhibe una marcada erosión y pérdida de integridad de la UE 6.

La UE 6 es un depósito horizontal, compuesto por una mezcla ciclópea de piedra, grava, arena y barro. La UE 7 es un estrato horizontal compuesto por una mezcla con una alta proporción de arcilla, sin que se haya podido identificar otros materiales en la mezcla por el momento. La UE 8 es un estrato vertical, construido con laja/cantera de piedra y una mezcla de argamasa de barro, aparenta tener una continuidad desde la parte más baja hasta alcanzar casi el nivel del acabado del piso.

La UE 9, unidad estratigráfica vertical definida de manera tentativa, aparenta ser otro depósito de cantería de piedra que sólo alcanza a llegar hasta la parte inferior de la UE 7. La UE 10 es un estrato vertical, construido con laja/cantera de piedra y mezcla de argamasa de barro, apa-

renta tener una continuidad desde la parte más baja hasta casi el nivel de superficie del acabado del piso. La UE 11 es un estrato horizontal que aparenta tener la misma factura que la UE 6, una mezcla ciclópea de piedra, grava, arena y barro. La UE 12 es un estrato vertical construido con laja/cantera de piedra por el equipo del doctor Caso para reconstruir la pared que delimita el paramento sur del Juego de Pelota, de la misma forma que la UE 16.

La UE 13 es un estrato vertical, el depósito original del paramento sur del Juego de Pelota. La UE 19, un elemento de interfaz que permite observar el cuatrapeo de las lajas/canteras de piedra que conforman el muro. La UE 14 es un estrato horizontal conformado por una mezcla ciclópea de piedra, grava, arena y barro, construido como sustento de la UE 7. La UE 15=19, es un elemento de interfaz, la continuidad de la superficie que demarca la pérdida de integridad de la UE 13. La UE 16 es un estrato vertical, el depósito construido con piedra laja/cantera de piedra para reponer el acabado del paramento sur del Juego de Pelota. La UE 17 es un estrato vertical, probablemente haya sido el mismo que la UE 13, un paramento de laja/cantera de piedra original que conformaba el paramento sur del Juego de Pelota. La UE 18 es el elemento de interfaz, la superficie que quedó expuesta al perder integridad la UE 17.



El Pozo 1 de la parte superior del Edificio A. El pozo que se generó en el área central de la parte superior del Edificio A exhibe atributos de la marca de fábrica documentada para la secuencia estratigráfica que se describe para el paramento sur del Juego de Pelota.

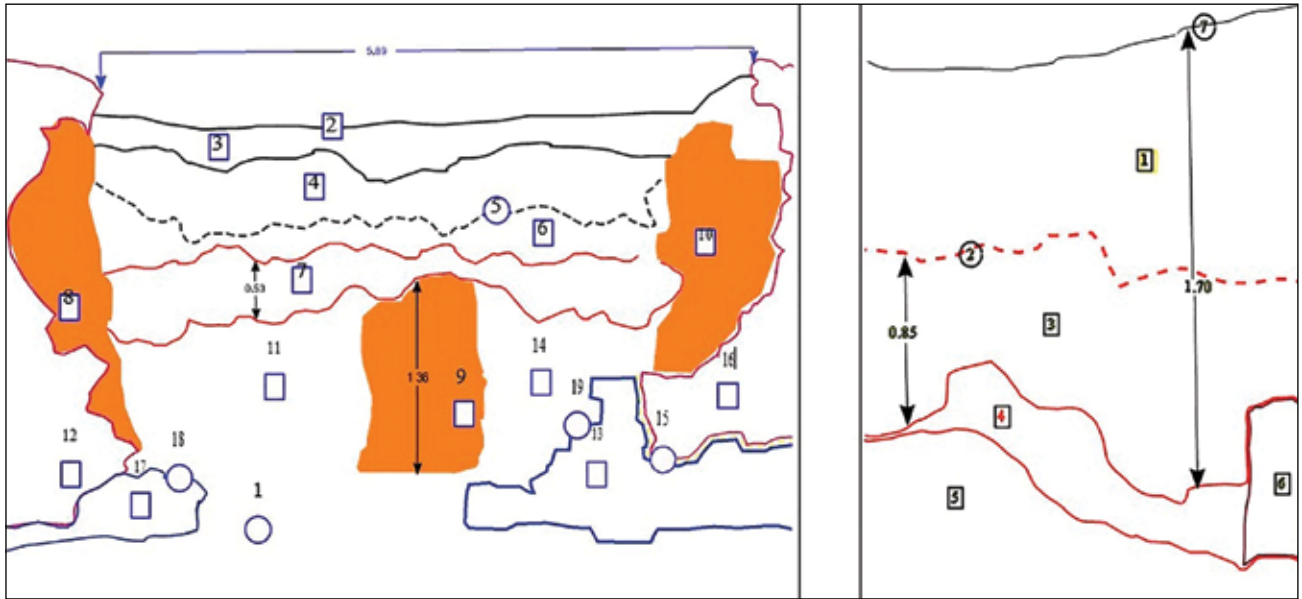
Las unidades de estratificación se caracterizan de la siguiente manera: La UE 1 es un estrato horizontal, un depósito grueso que alcanza a tener más de un metro de espesor y aparenta estar compuesto por una mezcla de tierra, piedra, gravas y arenas que exhiben cierto apisonamiento, y que probablemente haya sido construido por el equipo del doctor Marcus Winter durante los trabajos de reconstrucción realizados a mediados del año 1990. Con este depósito se aumentó el volumen del relleno de nivelación para el acabado de la parte superior del Edificio A. La UE 2 es un elemento de interfaz vertical, la superficie original que probablemente encontrara el equipo del doctor Alfonso Caso durante los trabajos realizados hacia mediados del siglo xx. Fue la superficie que marca la erosión y pérdida de integridad del

depósito subyacente. La UE 3 es un estrato horizontal compuesto por un ciclópeo, que aparenta pobreza en la cantidad de piedra utilizada en la mezcla de gravas, arena y barro. La UE 4 es un estrato horizontal conformado por un depósito de laja/cantera de piedra, donde se muestran los intersticios por la acumulación de piedra sin el uso de argamasa que la cimiente. La UE 6 es un depósito vertical compuesto por lajas/cantera de piedra, teniendo continuidad hasta alcanzar la interfaz inferior de la UE 3.

LA SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA Y EL DISTINTIVO DE FÁBRICA DE LOS CONSTRUCTORES DEL CONJUNTO MONUMENTAL

En las secuencias estratigráficas documentadas en el Pozo 1 y el paramento sur del Juego de Pelota se presentan atributos que por su semejanza remiten a un criterio que le da forma y ordena los depósitos, probablemente este registro arqueológico pueda ser asociado con los relictos de la memoria sobre el conocimiento en materia de arquitectura, y que constituye la marca distintiva de fábrica de los constructores que le dieron forma al Conjunto Monumental de Monte Albán.

En la figura siguiente se aprecia la representación de las unidades de estratificación, que por las similitudes que guardan aparentan haber sido construidos conforme a una regla o norma que da cuenta del proceso arquitectónico. De tal forma que en el contexto del PSJP, y las UE 8, UE 9, UE 10 se equipararían con las del contexto del Pozo 1 del Edificio A (pz1ea), y la UE 6. En el contexto del PSJP, la ue 7 se equipararía con la UE 4 del contexto del pz1ea. En el contexto del PSJP, las UE 11, UE 14 se equipararían con la UE 5 del contexto del pz1ea. Es decir, la secuencia estratigráfica estaría dando cuenta del proceso seguido para el depósito de las unidades estratigráficas, y esto da pie a la siguiente interpretación.



En el proceso de edificación, los alarifes zapotecos comenzaron por construir estratos verticales sobre la superficie del terreno y a medida que se levantaban las UE 8, 9 y 10, se depositaban las mezclas ciclópeas de las UE 11 y 14. Alcanzada cierta altura, se hacía el depósito de una gruesa argamasa de barro con alta proporción de arcilla, como el de la UE 7. Si la representación 2D del perfil se analiza en perspectiva 3D, probablemente las UE 8, UE 9, UE 10 del PSJP y el de la UE 6 del PZ1EA representarían el perfil de lo que se supondría es un sistema de cimentación de retícula, o de cajones de cimentación contiguos. Mientras que las UE 11, UE 14 del PSJP y la UE 5 del PZ1EA serían los depósitos del volumen que estructura y da solidez a la cimentación. El sistema se completa con un extenso depósito que cubriría el sistema de cimentación, una unidad estratigráfica continua de argamasa de barro que apoyada sobre los depósitos verticales y horizontales contenidos en los cajones, se conformaba como una capa de compactación para sellar el relleno, ofreciendo consistencia y eliminando la posibilidad de filtración de agua.

Este sistema de cimentación tiene la ventaja de que se integra fácilmente a las deformaciones del suelo y la facilidad de que se puede deformar y reacomodar como este lo requiera. El uso

de mezclas ciclópeas con piedra, barro, gravas y arenas redujo los cambios de volumen de las cimentaciones que le dan forma a los edificios, y el depósito extenso de barro funcionó como una pieza grande de soporte para rellenos o edificación, evitando la penetración del agua hacia los depósitos inferiores.

PROSPECCIÓN GEOARQUEOLÓGICA EN EL EDIFICIO P

La prospección geoarqueológica en el contexto del Edificio P de Monte Albán se efectuó ya que en la parte superior del edificio aparecieron agrietamientos, además de diversos daños identificados en los escalonamientos de la fachada norte, la fachada sur, en la escalinata del lado oeste y la fachada este, donde hacia la esquina nordeste se advierte un desprendimiento y desplome de las fábricas del volumen del edificio piramidal.

El objetivo de la prospección geoarqueológica consistió en documentar mediante un resistivímetro SYSCAL PRO® el estado que guardan las fábricas y los materiales en los depósitos que le dan forma y sobre los que se sustenta el Edificio P, para evaluar las características de los daños que se advierten, buscando identificar el origen de las grietas, el

motivo del desplazamiento del volumen y del sistema constructivo del monumento arqueológico, todo esto en aras de contribuir con la diagnosis del estado de conservación del inmueble. Los objetivos específicos que se buscaron fueron los siguientes:

- Identificar los atributos topográficos con el fin de establecer la georreferencia de los trazos de las líneas de toma de muestra durante la exploración con el equipo SYSCAL PRO®. Al mismo tiempo, conocer y ofrecer certeza en la ubicación de los resultados que se muestran en los perfiles isorresistivos y los modelos de tomografía eléctrica, en apego al sistema de coordenadas UTM que maneja el INEGI; de tal manera que puedan situarse en el contexto del Edificio P y evaluados mediante otros procedimientos arqueológicos. En atención a lo anterior, se busca generar un sistema geodésico local donde se establezca la precisión de la geolocalización en el proceso de documentación arqueológica, que contribuya con la labor de conservación y protección de los monumentos arqueológicos de Monte Albán.
- Efectuar la exploración geofísica siguiendo la metodología establecida para el proceso de toma de muestra de tomografía eléctrica para caracterizar la composición de las fábricas y materiales constructivos del bien patrimonial.
- Elaborar modelos a partir de los resultados obtenidos durante el estudio geofísico a fin de establecer los hechos isorresistivos y emprender el análisis e interpretación de las condiciones en las que se encuentran las fábricas y los materiales utilizados para la construcción del Edificio P. Al mismo tiempo que tratar de identificar las condiciones antecedentes de originalidad y las transformaciones acaecidas durante la historia de vida del basamento que se relacionen con los deterioros y daños que se observan en él, en particular aquellos acaecidos durante el sismo del año 2017.

ANOTACIONES GEOLÓGICAS, GEOMORFOLÓGICAS Y EDAFOLÓGICAS PARA MONTE ALBÁN

A continuación, se resumen aspectos de la historia del paisaje sobre el cual se emplaza la Zona de Monumentos Arqueológicos de Monte Albán, relacionada con la naturaleza, formación, evolución y disposición actual de los materiales que conforman la estratigrafía geológica y la composición edafológica asociada con el área de investigación de los monumentos afectados por el sismo del año 2017. La información ha sido tomada del Servicio Geológico Mexicano (SGM), *Carta 1946_E14-D47-GM 2008*, así como del INEGI, *Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca 2004*, y de Hernández Santana, Ortiz Pérez y Mah Eng (2007) —versión online: ISSN 2448-7279, e impresa: ISSN 0188-4611—; otro trabajo importante de consulta ha sido el de Vásquez Rasgado y Rodríguez Ortiz (2007). La exposición seguirá un formato de cita y comentario de los resultados ofrecidos por esas fuentes, con el objetivo de generar un catálogo de consulta general para entender los atributos de los depósitos someros y profundos en el contexto de la Zona de Monumentos Arqueológicos de Monte Albán. Lo anterior en el entendido de que los materiales que conforman los ambientes edafológicos y geológicos son la fuente de las fábricas utilizadas en la estructuración humana del paisaje. Esto aportará elementos de juicio para interpretar las muestras obtenidas mediante la prospección geoarqueológica y geofísica, en el proceso de documentación conducente a la diagnosis sobre el estado de conservación de la estratificación arqueológica y natural de la cima; en el soporte de la milenaria ciudad zapoteca (Robles García, 2014).

De manera abreviada, y buscando establecer el estado que guardan los atributos de los contextos arqueológicos relacionados con los materiales y las fábricas, además de la secuencia estratigráfica geológica en el cerro de Monte Albán, se procede a la transcripción de la información proporcionada por el SGM.

El ambiente geológico de la Zona de Monumentos Arqueológicos de Monte Albán: morfoestructuras y secuencias estratigráfico-geológicas. Los aspectos histórico-estructurales de la Zona de Monumentos Arqueológicos (ZMA) de Monte Albán son de mucha importancia en el proceso de interpretación de resultados, obtenidos mediante la toma de muestra con un resistivímetro SYSCAL-PRO[®] en varios edificios así como en la explanada central.

Hernández Santana *et al.* (2009), han presentado los resultados de un estudio dedicado a la valoración de los efectos geológico-tectónicos para explicar la estructura del relieve moderno en el estado de Oaxaca; un trabajo que aporta claridad en el aprendizaje de los procesos que afectan a los monumentos arqueológicos en Monte Albán. Mediante un enfoque tipológico, los autores emprendieron el análisis de las principales unidades de lo que califican como el complejo relieve oaxaqueño. El posicionamiento en aquel momento contrastaba con la postura general de las geociencias, con investigaciones de carácter morfogenético, de geomorfología volcánica, orientadas hacia los procesos geomórficos y sus riesgos.

Para la identificación de las morfoestructuras los autores recurrieron a seis principios de clasificación tipológica, entre los cuales se encuentran: la geotextura, el basamento geológico, el grado de modelado exógeno del relieve por el control litológico, las categorías geomorfológicas del relieve, los estilos morfotectónicos tridimensionales de interrelaciones entre los bloques, el tipo morfoestructural específico. En la explicación de las morfoestructuras se establece que la actividad neotectónica da a entender la orogenia del relieve montañoso oaxaqueño, y donde la Sierra Madre del Sur es tenida como un neo-orogeno de zonas marginales de interacción entre placas continentales y oceánicas, formado y consolidado como un mecanismo de subducción, el cual habría dado comienzo durante el Mioceno tardío.¹ De ahí que las

morfoestructuras definidas sean: Oaxaquia, Norteamericana-Cocos Sur y Norteamericana-Caribe.

Monte Albán se ubica en el Complejo Oaxaqueño del Terreno Zapoteco,² donde se definen morfoestructuras paleocratón proterozoico-Oaxaquia, las cuales representan el eón que abarca desde los 2,500 millones de años hasta hace 542 millones de años. Los cratones son los núcleos de los continentes, las primeras estructuras a partir de las cuales se establecieron las plataformas continentales.³

La ZMA de Monte Albán se emplaza en el Complejo Oaxaqueño Grenvilliano, en la superficie de una secuencia estratigráfica caracterizada por una estructura geomorfológica, donde se refleja la coexistencia de los estilos tectónicos antiguos transformados por un estilo nuevo activo conformado por comunidades de bloques desplazados vertical y horizontalmente, de manera diferenciada. El Complejo Oaxaqueño "...consiste en gneises bandeado de la facies de granulita, con una parte basal de ortogneis anortosítico gabroide y una parte superior de paragneises calcáreos, pelíticos y cuarzo-feldespáticos, que incluyen varios intervalos de charnockita..." (Ortega Gutiérrez, 1981, p. 177)

La secuencia paragneisica puede ser agrupada en 2 unidades: la parte basal está conformada predominantemente por bandas de gneisses ricos en calcio donde se incluye en abundancia el mármol y calcio-silicato rico en escapolita. Son abundantes también, los gneisses ricos en grafito y gneisses graníticas sin grafito de origen indefinido, los cuales se encuentran asociados con unidades de calcita. La unidad que se superpone incluye

¹ Mioceno es la cuarta época geológica de la era Cenozoica y a la primera época del periodo Neógeno. Comenzó hace 23,03 millones de años y terminó hace 5,332 millones de años. <https://www.ecured.cu/Mioceno>.

² Fragmento de Gondwana. <https://www.ugm.org.mx/publicaciones/geos/pdf/geos00-3/SRSSM00-3.pdf>.

³ <https://www.lifeder.com/eon-proterozoico/>.

gneisses pélticos distintivos, sillimanita, biotita pertita y algunas veces espinelas. Varios intervalos de bandas de gneisses charnockítico aparecen en la parte superficial (Ortega Gutiérrez, 1981, p. 182).

En la Carta Geológico-Minera, Oaxaca de Juárez E14-D47, se observa que la reconstrucción gráfica del modelo interpretativo de la secuencia estratigráfica geológica definida por la línea de sección geológica C-C' establece una relación de superposición entre los depósitos de la formación Arenisca-Lutita (KnapAr-LuFm. Jalteptetongo / Mesozoico: Cretácico-140.0 a 108.0 Ma.) y Gneis-Anortosita, al mismo tiempo que se anota la ubicación de las ruinas arqueológicas de Monte Albán.

La secuencia litológica más reciente, Arenisca-Lutita es explicada por el INEGI de la siguiente manera:

...Al transcurrir el Cretácico Inferior, el periodo de transgresiones marinas alcanza su máximo avance, dando lugar a la formación de diversas rocas sedimentarias y yesos, que al ser erosionados, depositaron discordantemente material

detrítico sobre el complejo basal de rocas cristalinas, al mismo tiempo que ocurre otro periodo de intrusiones graníticas. A fines del Cretácico Superior y principios del Terciario, tuvo lugar el gran evento tectónico conocido como Revolución Laramide, en donde los esfuerzos de tensión y compresión, provocaron una emersión del continente, dando fin a la sedimentación marina y separando en esta región el Océano Pacífico del Océano Atlántico, manifestándose por los enormes depósitos de sedimentos continentales clásticos o lechos rojos, asociados con rocas volcánicas andesíticas y sedimentos perocásticos de la misma composición... (Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca, Capítulo 5, p. 59).

A continuación, y siguiendo los criterios establecidos en la Tabla 1 publicada por Hernández Santana *et al.* (2009, pp. 9-10), se presenta la información que caracteriza los niveles jerárquicos utilizados para la clasificación tipológica, mediante la cual se ofrece una explicación de las morfoestructuras en el ambiente geológico de Monte Albán.

JERARQUÍA	Nomenclatura de la tipología morfoestructural aplicable a la ZMA de Monte Albán
I	Geotextura: La ZMA de Monte Albán se emplaza en el contexto del Complejo Oaxaqueño Grenvilliano. La estructura geomofológica refleja la coexistencia de los estilos tectónicos antiguos, transformados por un estilo nuevo activo, conformado por comunidades de bloques desplazados vertical y horizontalmente, de manera diferenciada.
II	Basamento geológico: La ZMA de Monte Albán se asocia con dos grupos básicos: el primero es el A. <i>El Complejo metamórfico e intrusivo precámbrico (Proterozoico tardío)</i> . En este nivel jerárquico Monte Albán se ubica en el "...terreno Zapoteco, representado por el Complejo Oaxaqueño, constituido por una secuencia estratigráfica paragnésica, que sobreyace concordantemente a un complejo ortognésico de composición gabroide-anortosítico..." (Hernández Santana <i>et al.</i> , 2009, pp. 11-12). El segundo grupo es el E. <i>Complejos sedimentarios plegados y subhorizontales de las cuencas terciario-cuaternarias superpuestas, y complejos intrusivos y extrusivos terciarios</i> , extendiéndose hacia varias regiones, y donde se lista a los Valles Centrales de Oaxaca, caracterizado como un basamento "...variado en edad y litología, y elaborado sobre formaciones cenozoicas..."
III	Carácter litológico del modelado exógeno: "...La transformación neotectónica de Oaxaca ...se caracteriza por una relación espacial entre morfoestructura activa (tectónica) y pasiva (litológica). La expresión superficial de la tectónica de bloques formó el plano de las morfoestructuras activas, modeladas de forma selectiva y bajo control litológico, por procesos denudativos, determinando la configuración y la expresión morfoestructural de los bloques de orden inferior..." Siendo la expresión litológica en el modelado exógeno la de un "... Relieve denudativo-acumulativo, sobre basamentos antiguos y modernos, formado por procesos erosivos en cuencas intramontañas y costeras..."
IV	Categorías geomorfológicas del relieve: "Los grandes escalones morfoestructurales del relieve están determinados por la diferenciación de la intensidad de los movimientos neotectónicos y reflejan el espectro de las categorías y subcategorías básicas del relieve. Estos pisos altitudinales están claramente expresados en la distribución de los restos de superficies de planación del territorio oaxaqueño..." El rango altitudinal de la categoría y subcategoría del relieve establece que la ZMA de Monte Albán, se encuentra en el ambiente geomorfológico de las premontañas y elevaciones o lomeríos, donde el piso altitudinal y las relaciones morfológicas y morfométricas lo sitúan entre los 400 < H ≤ 800 metros / 200 A H ≤ 400 metros.
V	Estilos morfotectónicos tridimensionales de interrelaciones entre bloques: La definición del plano neotectónico del ambiente morfoestructural para la ZMA de Monte Albán se asocia con las fallas y comunidades de bloques del sistema de bloques lineales, en plegamientos y nonclinales, escalonados y trezados por esfuerzos transcurrentes y deformados en arco por transpresión interplacas.
VI	Tipos morfoestructurales específicos: En el ambiente morfoestructural de la ZMA de Monte Albán se identifican las siguientes unidades tipológicas: III.a - Montañas (formadas en regiones de intensos movimientos neotectónicos del N 12-3 -Q): Montañas altas (H>2 500 metros), consolidadas en el N 12-3 -Q: 1.A.b. Masivas, en bloques; 5.C.b. De estructura brechosa, caótica, intensamente fracturada. Montañas medias (1 300 < H ≤ 2 500 metros), consolidadas en el N 12-3 -Q: Premontañas (400 < H ≤ 800 metros), consolidadas en el N 2 -Q: 37.B.b. Masivas, de bloques escalonados y trezados por transcurrencias, con deformación transpresiva; 47.C.a. De bloques, en plegamientos y monoclinales, en ocasiones basculadas y aisladas, trezadas por transcurrencias y deformadas en arco por transpresión interplacas; y en estructuras concéntricas. III.b - Lomeríos (formados en regiones de moderados movimientos neotectónicos del N₂³ -Q: 53.A.b. Masivos, anulares, en zonas de transpresión; 54.B.b. Masivos, en bloques escalonados y trezados, deformados por transpresión; y en bloques lineales, en graben; 65.C.a. De bloques, en plegamientos y monoclinales, en ocasiones basculados, en bloques lineales, aislados; 68.D.d. De bloques alineados, en plegamientos y monoclinales, en cadenas alternas con depresiones de graben. III.c - Planicies (formadas en estructuras de graben, valles de falla y depresiones litólogo-estructurales intramontanas, involucradas en los ascensos montañosos neotectónicos intensos del N 13 -Q; y en regiones costeras transgresivas, de débiles ascensos y descensos neotectónicos del N 23 -Q): 70.A.b. En zócalo masivo, en estructuras anulares, en graben; 71.A.b. En zócalo masivo, basculadas y en graben; 80.C.a. De bloques, en plegamientos y monoclinales, en ocasiones basculados, escalonados, trezados por transcurrencias y deformados por transpresión; y en valles de falla, entre bloques lineales paralelos; 86.E.d. En substrato cuaternario: a) En macro-graben lineal y en depresiones concéntricas, en grandes cuencas intramontañas.

Tabla 1: Adaptación de la Tabla 1 publicada por Hernández Santana *et al.* (2009, pp. 9-10).

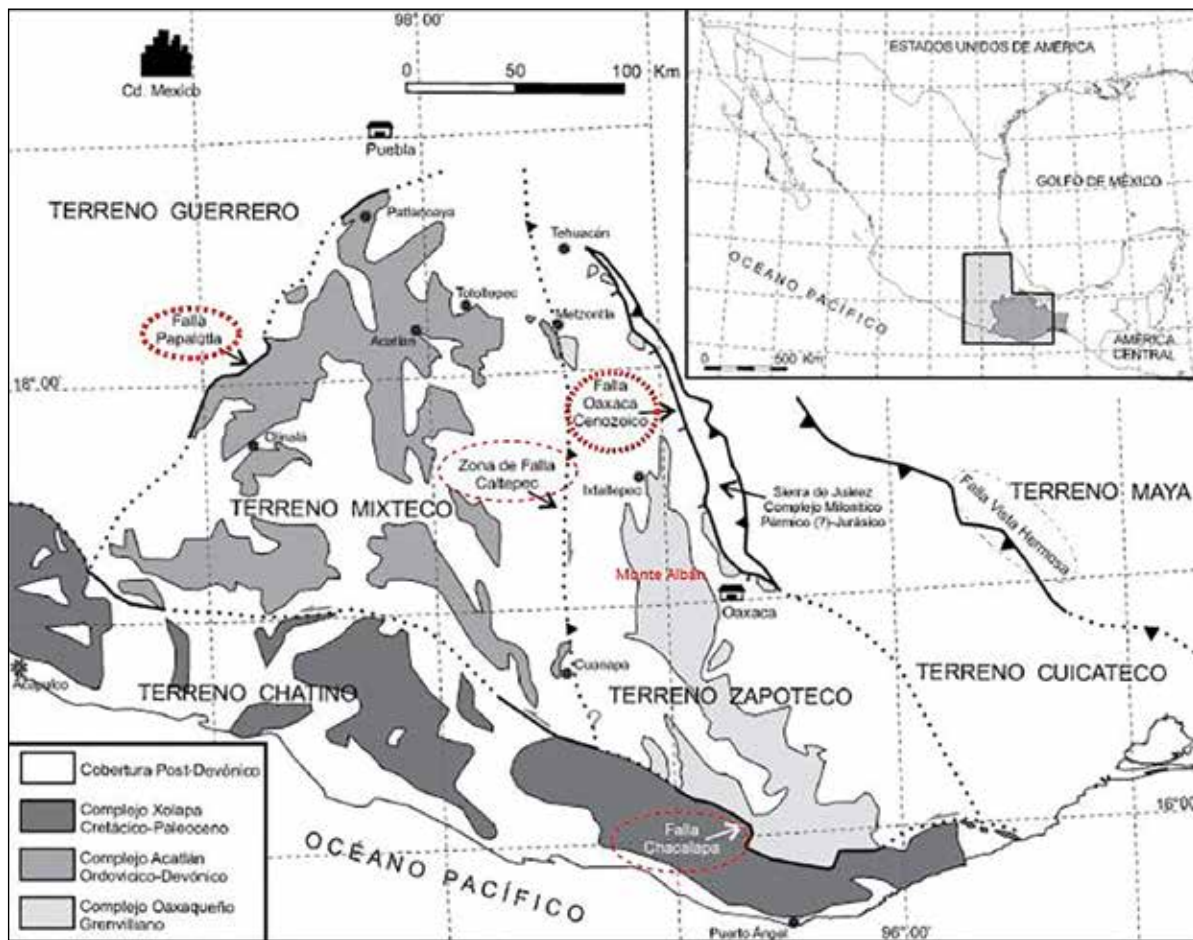


Figura 1. Ubicación del terreno zapoteco y sus relaciones con los terrenos guerrero, mixteco, chatino, cuicateco y maya / Imagen tomada de Hernández Santana *et al.*, 2009, p. 10.

Así mismo, en las figuras se hacen modificaciones para resaltar la ubicación de Monte Albán, con relación a las morfoestructuras en el estado de Oaxaca.

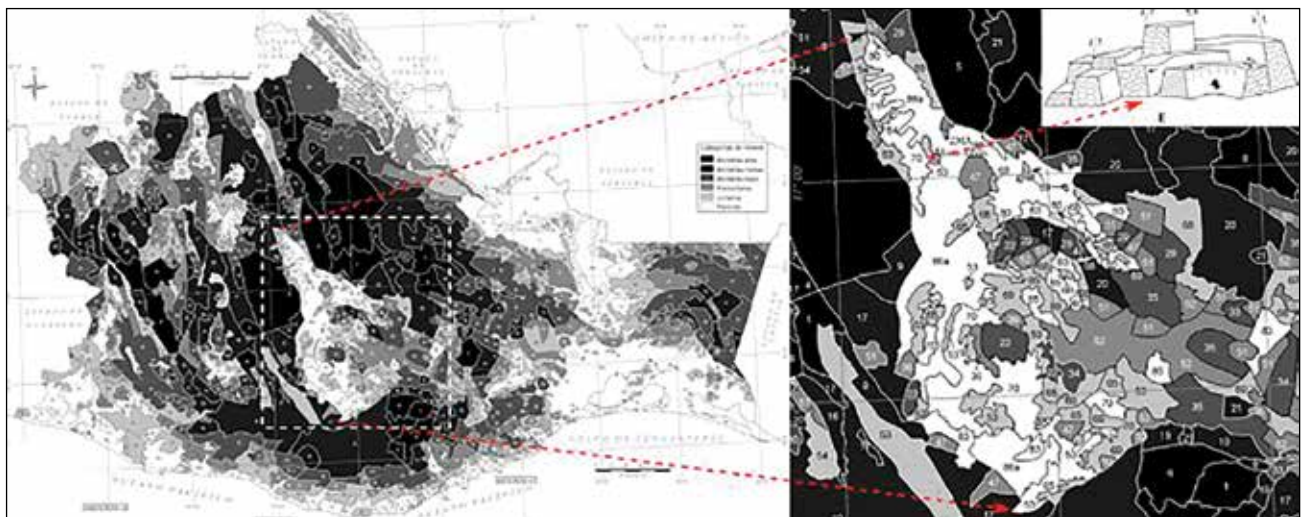


Figura 2. En la imagen se muestra una composición donde se exhiben los modelos de la morfoestructura del estado de Oaxaca y uno de los estilos geotectónicos de relaciones tridimensionales del relieve, relacionado con el entorno geológico de la ZMA de Monte Albán, publicada por Hernández Santana *et al.* 2009, pp. 14, 16-8 / Imagen: Archivo técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Retomando la información contenida en la Carta Geológico-Minera, Oaxaca de Juárez E14-D47, se aprecia un centenar de fallas documentadas en los 972 kilómetros cuadrados que abarca el mapa. En la tabla respectiva se registra el nombre, el tipo y la distancia lineal promedio de las 29 fallas comprendidas en el rango de 12 kilómetros, contados desde la Zona Arqueológica de Monte Albán. Se destaca en el listado la presencia de cinco fallas a menos de 3 mil metros de distancia, en un terreno caracterizado como lomeríos formados en una región de moderados movimientos neotectónicos.

Fallas geológicas	Tipo	Distancia lineal promedio
<i>Falla Monte Albán N1</i>	Normal Normal Inferida	310 m
<i>Falla Monte Albán N</i>	Lateral	820 m
<i>Falla Santa Martha</i>	Normal	1,300 m
<i>Falla Cerro El Gallo</i>	Lateral	1,400 m
<i>Falla Santa María</i>	Normal	2,800 m
<i>Falla Atoyac</i>	Lateral	3,400 m
<i>Falla Bonete</i>	Normal	3,700 m
<i>Falla Nazareno</i>	Normal	4,300 m
<i>Falla Bonete 1</i>	Normal	5,300 m
<i>Falla Concepción</i>	Normal	5,600 m
<i>Falla Concepción N2</i>	Normal	5,650 m
<i>Falla Valente</i>	Lateral	5,700 m
<i>Falla Manzano</i>	Lateral	6,200 m
<i>Falla Carrizal</i>	Lateral	6,600 m
<i>Falla Oaxaca</i>	Normal Activa	7,150 m
<i>Falla Jalapa 4</i>	Normal	7,200 m
<i>Falla Donaji</i>	Normal Activa	7,500 m
<i>Falla Ro</i>	Lateral	7,500 m
<i>Falla Ixtlahuaca</i>	Normal	7,500 m
<i>Falla Concepción N1</i>	Lateral	8,250 m
<i>Falla San Cristóbal</i>	Lateral	8,400 m
<i>Falla Concepción</i>	Normal	7,900 m
<i>Falla Jalapa 2</i>	Lateral	8,800 m
<i>Falla 3</i>	Lateral	9,550 m
<i>Falla San Lorenzo</i>	Normal	10,400 m
<i>Falla Jalapa</i>	Normal Inferida	11,500 m
<i>Falla Felipe</i>	Lateral	11,900 m
<i>Falla San Pablo</i>	Lateral	12,100 m

Tabla 2. Distancia promedio en la que se ubican las fallas geológicas desde la ZMA de Monte Albán / Fuente: Carta 1946_E14-D47-GM 2008 Carta Geológico-Minera Oaxaca E14-9-Oaxaca y Puebla. Servicio Geológico Mexicano, QGIS 3.14.0.

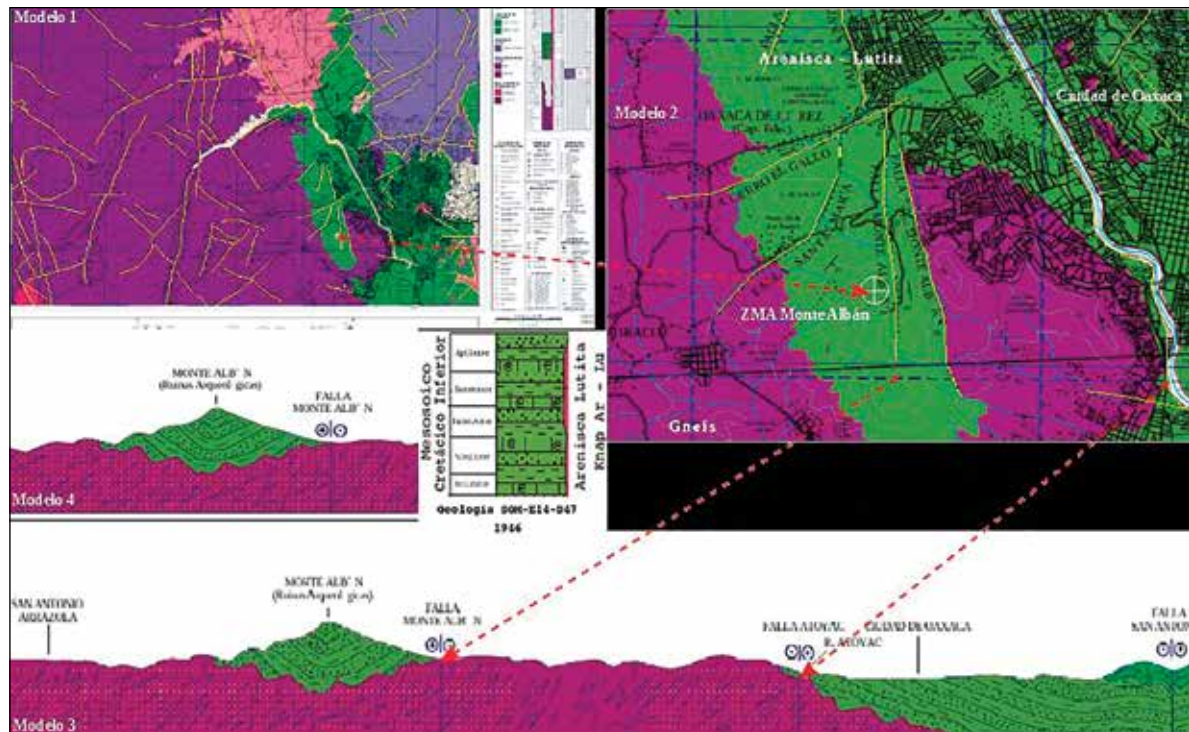


Figura 3. Composición de imágenes donde se exhiben los elementos geológicos en el ambiente morfoestructural de la ZMA de Monte Albán. En el Modelo 1 se aprecian la cantidad y diversidad de fallas cercanas a la ZMA de Monte Albán. En el Modelo 2 se observan las fallas cercanas a la Zona Arqueológica de Monte Albán. En los Modelos 3 y 4 se aprecia una sección donde se muestra una interpretación de la historia geológica del Cerro de Monte Albán / Fuente: Carta 1946_E14-D47-GM 2008 y Carta Geológico-Minera Oaxaca E14-9-Oaxaca y Puebla, Servicio Geológico Mexicano.

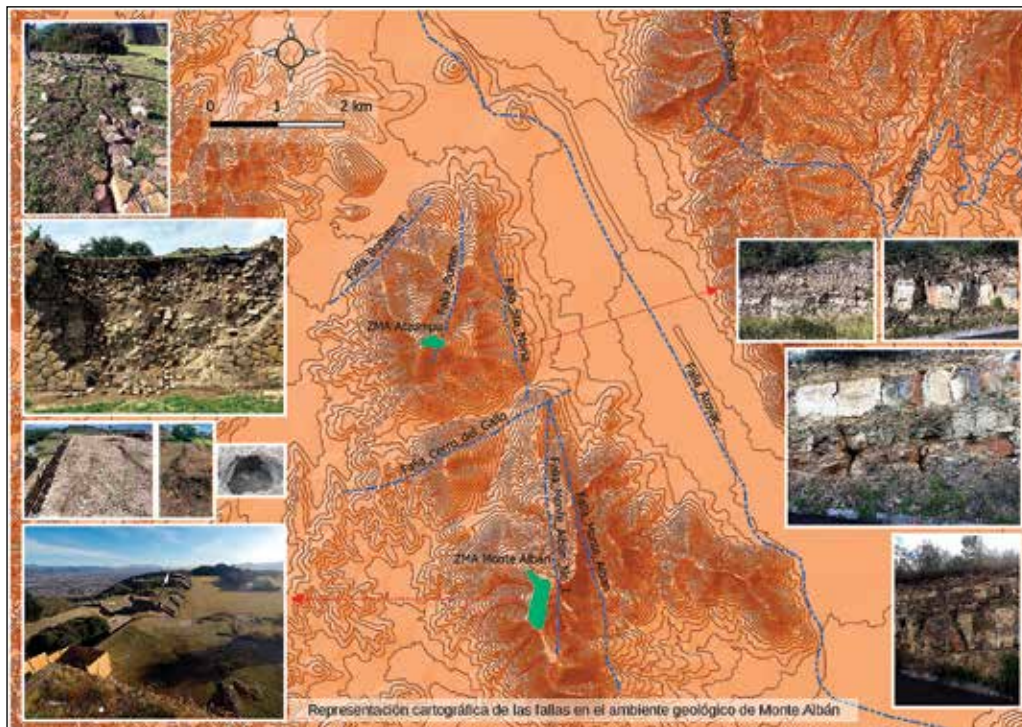


Figura 4. En la imagen se representa la cartografía de los fallamientos en el ámbito geológico de la ZMA de Monte Albán y Atzompa. El conjunto de imágenes del lado derecho muestran los efectos del sismo ocurrido durante el año 2017, asociados con la Falla Bonete. El conjunto del lado izquierdo muestra los daños ocasionados, desde abajo hacia arriba, vista general del lado este de la Plaza de Monte Albán, el Edificio A, el Juego de Pelota y el Edificio P / Fuente: Carta INEGI F14b47 Geológica Minera, Imágenes: Archivo técnico del Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

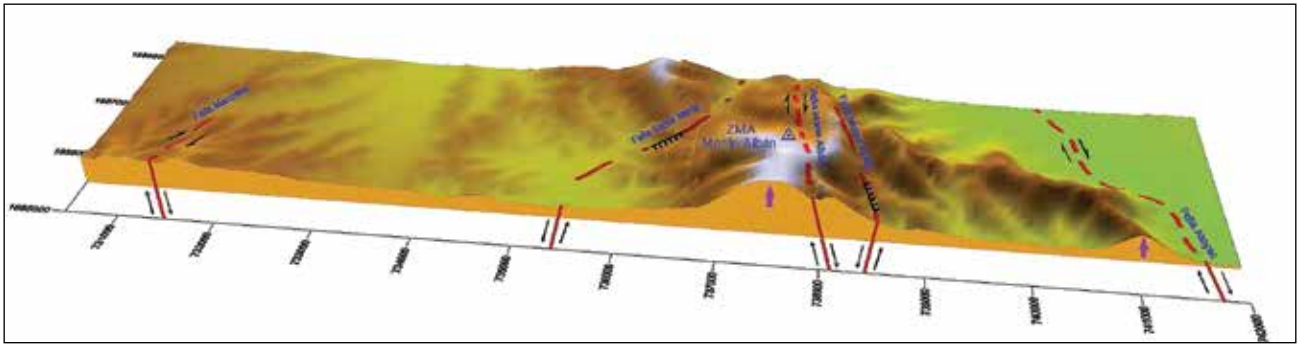


Figura 5. Modelo morfoestructural del contexto del Cerro de Monte Albán, elaborado mediante la información hipsométrica topográfica de la cartografía del INEGI y las cinco fallas que se grafican en la Carta Geológica Minera E14-D47 del INEGI. En la parte central de la figura se demarca la ZMA de Monte Albán, distinguiéndose un sector de lomeríos generados por un *horst* o bloque donde se presume una fuerza de empuje entre las fallas Santa María y Monte Albán1 / Fuente: INEGI E14d47 e y f.

MORFOESTRUCTURA Y UNIDAD TIPOLOGICA EN EL AMBIENTE GEOLÓGICO DE MONTE ALBÁN

En resumen, la ZAM de Monte Albán se ubica en el Complejo Oaxaqueño del Terreno Zapoteco, con una morfotestructura de paleocratón proterozoico (Oaxaquia) y de acreción de terrenos tectonoestratigráficos paleo-meso-cenozoicos en las zonas de sutura subductiva (Norteamericana-Cocos Sur) y transformante (Norteamericana-Caribe), donde la unidad tipológica es de “...Lomeríos formados en regiones de moderados movimientos neotectónicos del n23 -q: 53.a.b. Masivos, anulares, en zonas de transpresión...”. La connotación N23 -q resulta ser una referencia de la escala temporal geológica, ubicando el inicio del fenómeno que generó la secuencia estratigráfica comenzando en la era Cenozoica, a partir del Neógeno y Periodo Cuaternario, época Pleistocénica y edad Gelasiense, hace unos 2,588 millones de años. Por lo observado hacia la cima del Cerro de Monte Albán-Atzompa, las secuencias de estratificación muestran plegamientos sedimentarios de arenisca lutitas y deducido del análisis, la serranía aparenta estar en un proceso neotectónico de foliación secundaria, producto de las fallas Manzano, Santa María, Monte Albán 1, Monte Albán y Atoyac. El bloque identificado entre las fallas de tipo normal (ver Tabla 1), Santa María y Monte Albán 1, podría ser considerado tentativamente como

el desarrollo de un *horst*. El sismo que afectó varios estados de la República Mexicana el 19 de septiembre de 2017 provocó daños en la ZMA de Monte Albán, los cuales se representan a nivel del mapa de la unidad tipológica morfoestructural en la Figura 4. De acuerdo con la información publicada, el sismo ocurrió dentro de la Placa de Cocos, a una profundidad de 57 kilómetros: “...Los sismos intraplaca, de profundidad intermedia, se producen por esfuerzos extensivos a lo largo de la placa de Cocos. Las fallas geológicas asociadas a estos sismos se conocen con el nombre de fallas normales...” (Cruz Atienza *et al.*, 2017, p. 1). De tal manera que los daños producidos en la ZMA de Monte Albán podrían haber sido causados por un empuje del bloque que de ahora en adelante se propone lleve el nombre de Monte Albán-Atzompa.

EL AMBIENTE GEOMORFOLÓGICO DE LA ZONA DE MONUMENTOS ARQUEOLÓGICOS DE MONTE ALBÁN: EDAFOLOGÍA DE LA REGIÓN DE LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA-GCVO

Los ambientes geomorfológicos, tal y como Vásquez Rasgado y Rodríguez Ortiz (2018) los conciben, se constituyen en elementos causales para la formación de suelos y generan procesos edáficos que tienen un efecto en la estructuración del perfil del suelo. Monte Albán se localiza en la Región

Administrativa de los Valles Centrales de Oaxaca (RAVCO) conformada por los siguientes distritos: Centro, Ejutla, Etlá, Ocotlán, Tlacolula, Zaachila y Zimatlán. En este espacio de aproximadamente 934,270 hectáreas se demarcan los territorios de 121 municipios. El relieve de la RAVCO se originó durante el terciario por la formación de la Sierra Juárez y la Sierra Madre del Sur. La Sierra Juárez se habría levantado al menos 2,100 metros por encima del nivel de los Valles Centrales en aproximadamente 14 millones de años, un fenómeno ocasionado por la Falla Oaxaca, que corre a lo largo de la base de la margen occidental de estas sierras.

En ese entorno físico se reconocen tres grandes ambientes geomorfológicos: a) Sierras y montañas, b) Premontañas y lomeríos, c) Cuencas sedimentarias y llanuras; en la Figura 6 se representa la distribución de estos elementos en la región. Monte Albán se ubica en el ambiente de premontañas y lomeríos donde, de acuerdo con Vásquez Rasgado y Rodríguez Ortiz, existen

expectativas de correspondencia entre el tipo de ambiente geomorfológico con la predominancia de ciertos edafotaxas, esto es, suelos y grupos de suelos que comparten propiedades morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas concretas.

Para el caso de la premontaña de Monte Albán, se esperaría que el desarrollo de suelo predominante fuera del tipo regosol, es decir, suelos con un alto contenido mineral y débilmente desarrollado, constituidos por materiales no consolidados y semejantes a la roca. A lo anterior habría de anotar que los estudios realizados por el INEGI 1980-2007, indican que en los escarpes de la ZMA existen condiciones de formación de un regosol úmbrico. Los edafotaxas umbrisoles acumulan materia orgánica dentro del suelo superficial mineral, donde las condiciones son las siguientes: material parental meteorizado de rocas silíceas, en un ambiente de montañas tropicales y subtropicales. Los umbrisoles tienen perfiles AC o A (B) C, y se los agrupa con los edafotaxas jóvenes. El concepto central de

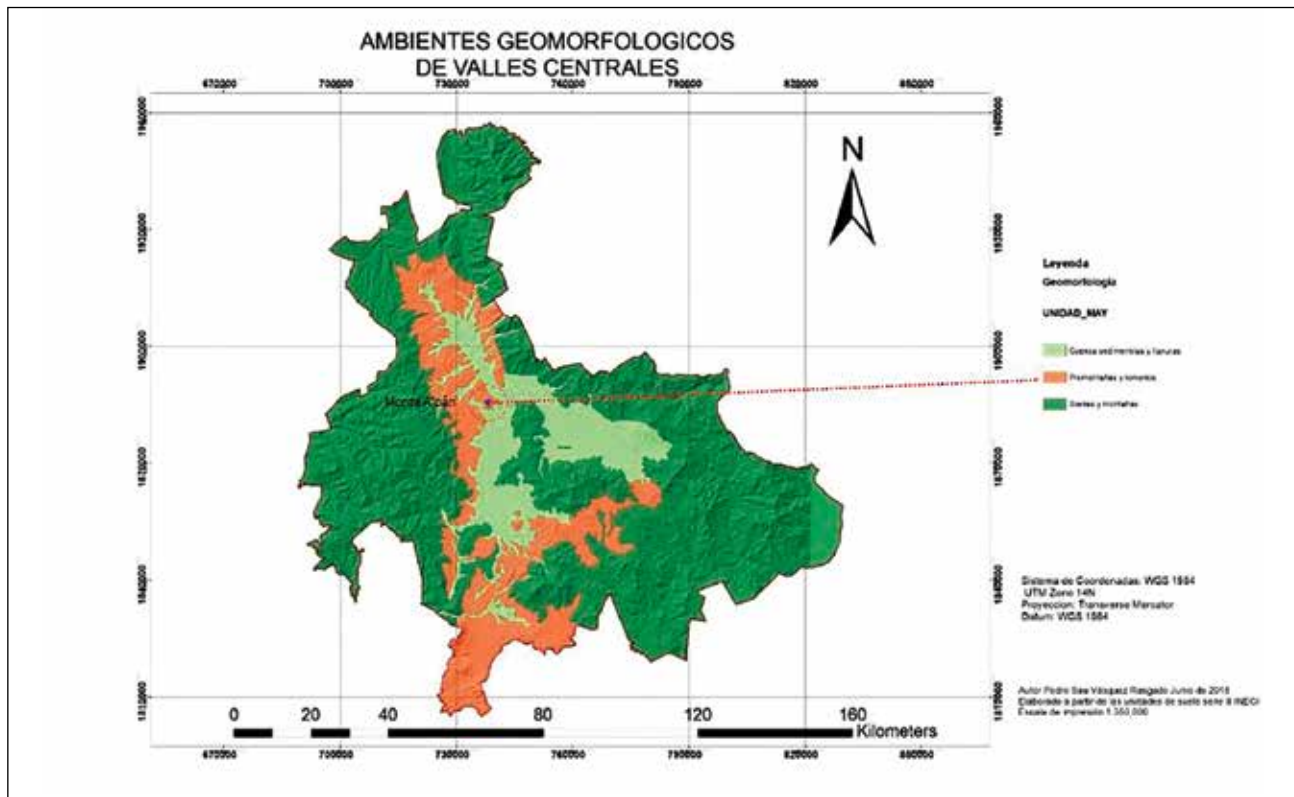


Figura 6. Tomado de Vásquez Rasgado y Rodríguez Ortiz, Vol. 5(2): Fig. 1 pp. 159, 2018.

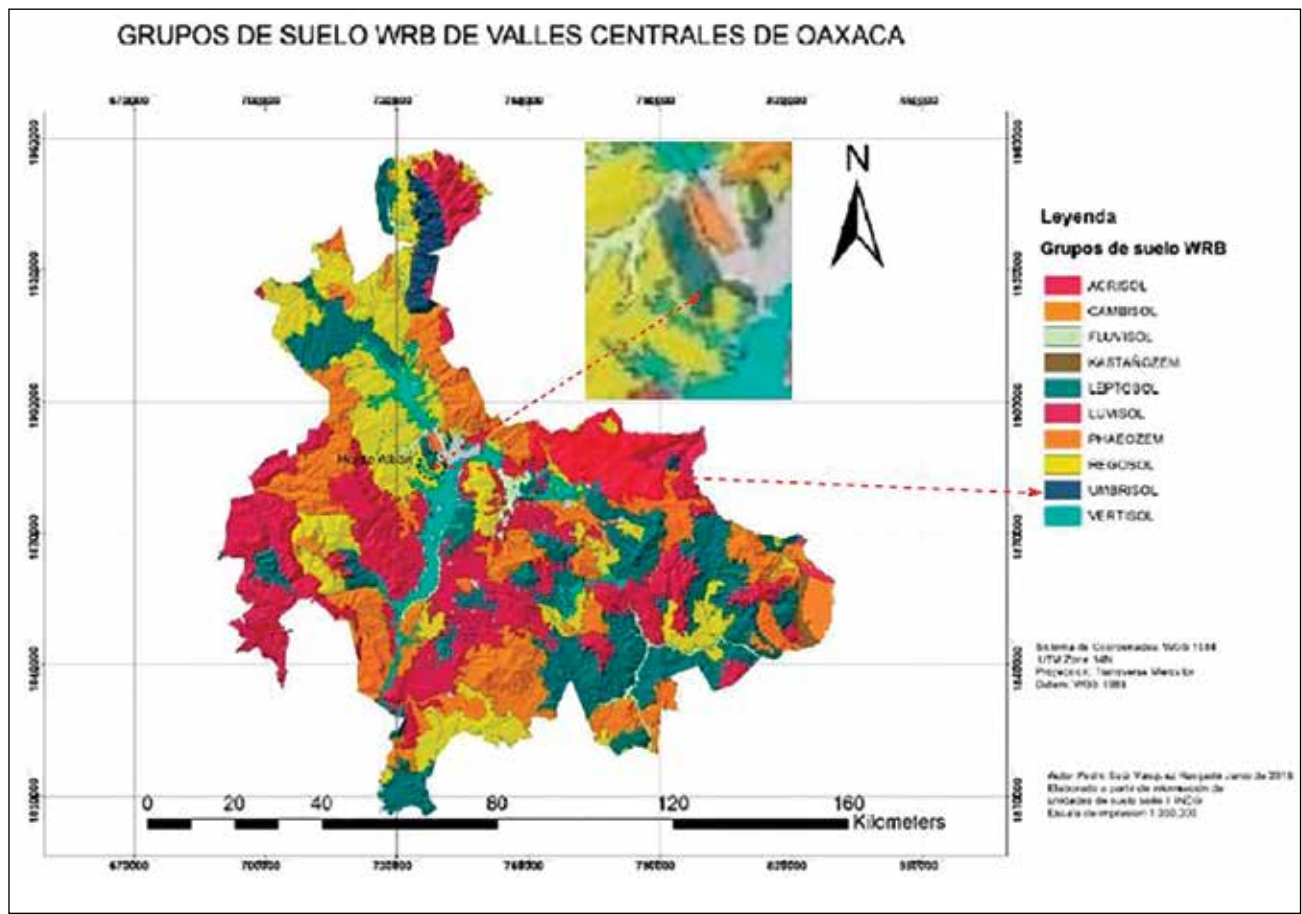


Figura 7. Tomado de Vásquez Rasgado y Rodríguez Ortiz, Vol. 5(2): Fig. 2 pp. 160, 2018.

los umbrisoles implica suelos profundamente drenados, con textura media, un horizonte superficial ácido, oscuro y rico en materia orgánica, como sus principales rasgos distintivos. La materia orgánica que los caracteriza puede comprender una amplia variedad de formas de *humus*. La acumulación podría haber sucedido como consecuencia de la lenta renovación biológica de la materia orgánica, bajo condiciones de acidez, baja temperatura, humedad superficial o una combinación de estos factores. Los umbrisoles modificados por los seres humanos tienen una capa superficial engrosada (de menos de 50 centímetros de espesor), la clasificada como un horizonte antropodégnico. (Fernando Osorio, https://www.academia.edu/37498693/CONCEPTOS_DEL_SUELO, Base referencial mundial del recurso suelo © FAO 2008, Ibáñez y Martínez Cosío 2013).

De interés resulta comparar los ambientes geomorfológicos y edafológicos en la premonaña de Monte Albán y para tal fin se toma en cuenta la Figura 7, además de las Figuras 8 y 9. Para estos efectos, en la Figura 7 se demarca que en el ambiente geomorfológico de Monte Albán se deslinda el área de monumentos arqueológicos como una edafotaxa de regosol úmbrico, demarcado con un color azul y aislado como una ínsula en el contexto del grupo de los edafotaxa regosol, espacio caracterizado con un color amarillo.

En la serie de imágenes y modelos satelitales se aprecian los cambios que se han dado en las condiciones medioambientales, donde en el paisaje que se documentó hacia el año 1932, en las imágenes de las Figuras 8 y 9, se observan con mucha definición los escalonamientos de los escarpes y terrazas, un paisaje arqueológico que

da cuenta de las transformaciones del cerro por el desarrollo urbano de Monte Albán. Mientras que en los modelos satelitales tomados de la aplicación GoogleEarth® del año 2019, los cuales se muestran en las Figuras 8 y 9, esos mismos escalonamientos han quedado ocultos por la cubierta vegetal que ha proliferado desde que se produjo un cambio del uso de suelo, en aquel momento destinado a labores agrícolas, y hoy habilitados como zona de monumentos arqueológicos. Esta transformación ha propiciado cierta restauración ecológica y una reposición del capital natural en la ciudad de Oaxaca, además de un cambio en los edafotaxas por la acumulación de materia orgánica. El ambiente úmbrico en la premontaña debe ser considerado un indicador importante para el estudio del desarrollo urbano de la antigua capital zapoteca, esto es, la presencia de los umbrisoles se convierte en una herramienta de análisis en la historia milenaria del poblamiento humano y los asuntos relacionados con la migración o el desplazamiento geográfico de la población, desde y hacia Monte Albán.

PROSPECCIÓN GEOARQUEOLÓGICA EN EL CONTEXTO DEL EDIFICIO P DE MONTE ALBÁN

A continuación se presenta la información resultante de los procedimientos de investigación geoarqueológica realizados durante el año 2019, en el contexto del Edificio P, ubicado sobre el límite este de la Plaza Central de la Zona Arqueológica de Monte Albán, a unos 150 metros de distancia hacia el sur de la Plataforma Norte y a otros tantos hacia el norte de la Plataforma Sur. Las labores comenzaron durante el mes de enero y se extendieron hasta diciembre de 2019. En el informe se incluyen los modelos de los resultados obtenidos mediante la toma de muestra de 30 líneas de tomografía eléctrica, los cuales alcanzan una extensión total de 192 metros. La ubicación de los trazos

se grafica en función de la información procesada en QGIS® y toma como referencia los ajustes que se han realizado para el posicionamiento y producción cartográfica en el sistema de coordenadas establecido desde el punto geodésico demarcado por el INEGI, generándose una red geodésica local que tiene como referente las unidades de estratificación arqueológica que le dan forma a la traza de la Plaza Central de Monte Albán.

LA DOCUMENTACIÓN TOPOGRÁFICA Y LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

Con el objeto de establecer la georreferencia de los datos documentados a través de SYSCAL PRO®, se utilizaron dos tipos de instrumentos: una estación total SOKKIA® y un dron DJI® Mavic 2 Pro. Con el primero se creó una red geodésica para establecer y proyectar en el espacio los valores Ωm (Ohmio metro) resultantes del proceso de toma de muestra geofísica, atendiendo a la norma geodésica mexicana del INEGI. Mediante el uso del sensor del dron se obtuvo un conjunto de ortomágenes con 60% de traslape mínimo, a las cuales, y mediante la aplicación Agisoft Metashape®, se les realizó un proceso fotogramétrico donde se generaron modelos espaciales tridimensionales proyectados con el Sistema de Coordenadas de Referencia WGS84 / UTM zona 14N. Los productos obtenidos mediante Metashape® fueron exportados y utilizados en QGIS®, elaborándose los productos cartográficos correspondientes.

Levantamiento topográfico. Las labores de topografía se implementaron en apego a lo establecido en la materia por el INEGI, por medio de diversos acuerdos publicados por el organismo, con los cuales se busca generar productos geográficos y cartográficos destinados al conocimiento y al acervo de la memoria de la sociedad y el Estado, para elaborar información veraz y de calidad a efecto de coadyuvar con el desarrollo nacional en la conservación y protección

de las zonas de monumentos arqueológicos (https://sc.inegi.org.mx/repositorioNormateca/O_05Sep18.pdf). Estas normas son obligatorias para el INAH y a continuación se listan las aplicables a los fines del proyecto:

Normativa técnica para el sistema geodésico nacional del INEGI (2010).

https://www.snieg.mx/Documentacion-Portal/Normatividad/vigente/Norma_Tecnica_para_el_Sistema_Geodesico_Nacional.pdf

Normativa técnica sobre estándares de exactitud posicional del INEGI (2010).

https://ww.ran.gob.mx/ran/index.php/sistemas-de-consulta/normativa-interna/normas-tecnicas/func_startdown/1195/

Normativa técnica para la generación de modelos digitales de elevación con fines geográficos del INEGI (2010).

https://www.snieg.mx/Documentacion-Portal/Normatividad/vigente/FT_Tecnica/FT_MDE_geografica.pdf

Normativa técnica sobre elaboración de metadatos geográficos del INEGI (2014).

https://inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/normas/norma_tecnica_sobre_elaboracion_de_metadatos_geografocps.pdf

El estudio de topografía resulta de la toma de muestra de los atributos hipsométricos, en el contexto de la Plaza Central de Monte Albán y en el Edificio P, habiéndose seleccionado como origen el banco de nivel que se ubica en el edificio del vértice geodésico ubicado en la Plataforma Norte, el cual fuera establecido por CETENAL/UNAM con fecha 01-01-1975 y bajo la denominación BN30478. El Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC) en un principio fue el NAD27 y luego actualizado al WGS84/UTM zone 14 N, EPSG:3261. Teniendo en cuenta lo anterior, y para los efectos de los levantamientos topográficos, se hicieron las transformaciones al SRC del INEGI, mediante el uso de la aplicación QGIS[®] donde la base de datos fue proyectada y reproyectada, facilitándose la actualización de los cambios que el INEGI realiza

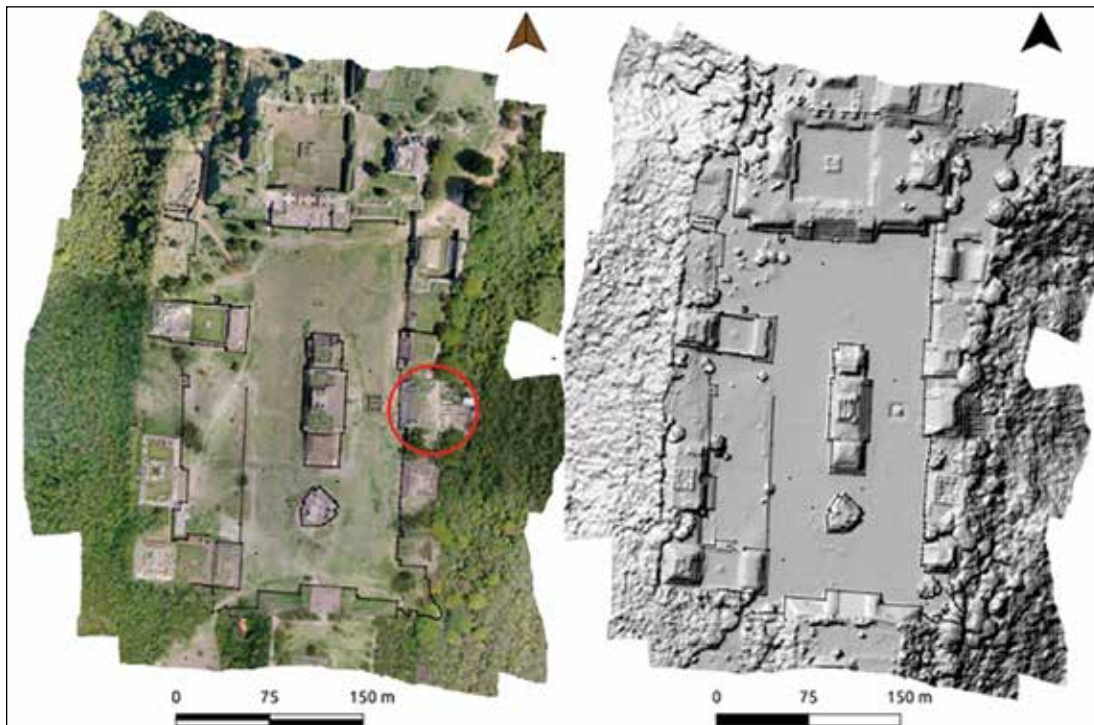


Figura 10. Modelos del área de monumentos arqueológicos que demarcan la Plaza Central de Monte Albán. En la imagen de planta de la izquierda se muestra un modelo fotogramétrico y en la de la derecha el modelo de elevación digital (DEM) / Imágenes: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

a la norma geodésica mexicana. En materia hipsométrica, se tomó en cuenta la medición y corrida de nivel realizada por el equipo que dirige el arquitecto Vicente Alejandro Ortega Cedillo de la UAM Azcapotzalco con un nivel óptico. Con estas modificaciones al SCR y la medición del equipo de la UAM se demarcó la coordenada de origen para el banco de nivel ubicado en la parte superior del Edificio P. En este sentido, la red geodésica que se ha comenzado a desarrollar en la ZMA de Monte Albán consta por el momento de cuatro bancos de nivel fijos: el vértice geodésico, dos bancos de nivel en la parte superior del Edificio P y un banco de nivel en la Plaza Central a la altura del Edificio P.

Prospección fotogramétrica. Durante el procesamiento de datos topográficos mediante la aplicación QGIS[®], se advirtió que se generaba cierto desfase en la proyección espacial de los puntos de toma de muestra SYSCAL[®], en particular cuando se buscaba asociarlas con las capas que ofrece GoogleEarth. Esto probablemente se deba a que los valores de proyección del proceso topográfico utilizaron el SCR México ITRF2008/UTM zone 14N-EPSSG:6369, mientras que los modelos digitales de Google están proyectados en un sistema general mundial, el wgs84/Pseudo Mercator. Aunque las diferencias son mínimas, en la estrategia de documentación del Proyecto se ha establecido un rigor

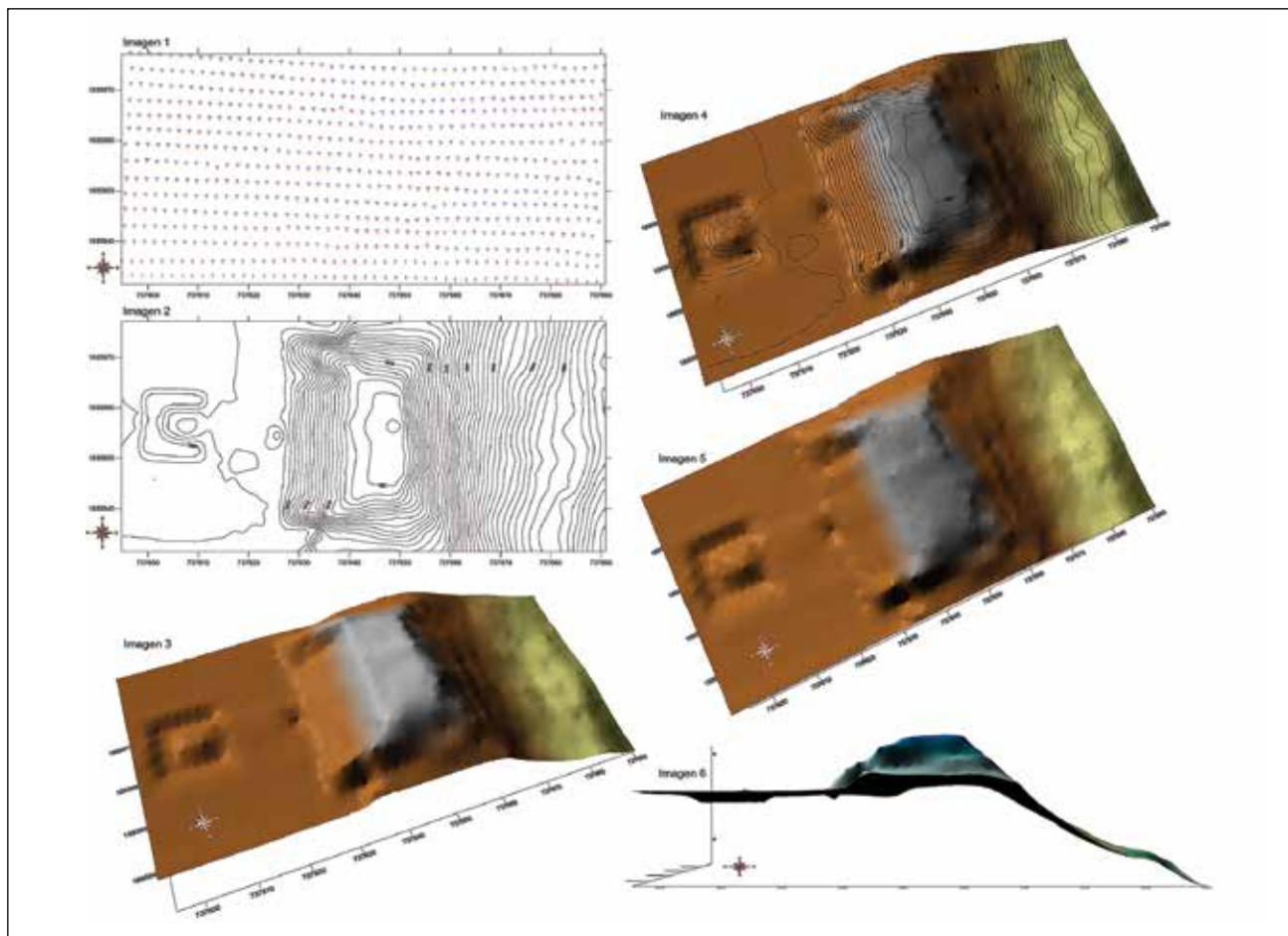


Figura 11. Secuencia de productos cartográficos. En la imagen se aprecia en 1, la distribución de los electrodos georreferenciados; en 2, la representación topográfica del Edificio P mediante cotas de nivel; en la 3, una representación en perspectiva 3D; en la 4, la misma representación que en 3, habiéndose agregado las cotas de nivel; en la 5, una composición con el modelo 3D del Edificio P y el trazo que siguen los electrodos; y por último, en la 6, una sección del Edificio P donde se aprecia la sección E-O del monumento arqueológico. En todos los modelos se aprecia la escala en valores UTM / Imágenes: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

en cuanto a los sesgos que se generan al geoposicionar información derivada de los diversos tipos de muestras que se obtienen. Se trata de un control de calidad con el cual se busca hacer eficiente el posicionamiento de la información en los diversos productos cartográficos. De tal manera que se puedan ubicar los datos en el terreno con la mayor precisión posible; esto fortalece la diagnosis y la valoración del estado de conservación que guardan los monumentos arqueológicos en el área de estudio. En este proceso contribuyen los muestreos realizados mediante el *scanner 3D*, mismos que se reportan en el apartado siguiente. Con el vuelo del dron DJI® Mavic 2 Pro, se hizo el registro del contexto en el que se encuentra el Edificio P, en la Plaza Central de Monte Albán. Entre los resultados se encuentran los siguientes productos:



Figura 12. Ortoimagen del modelo de la Plaza Central de la ZMA de Monte Albán / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

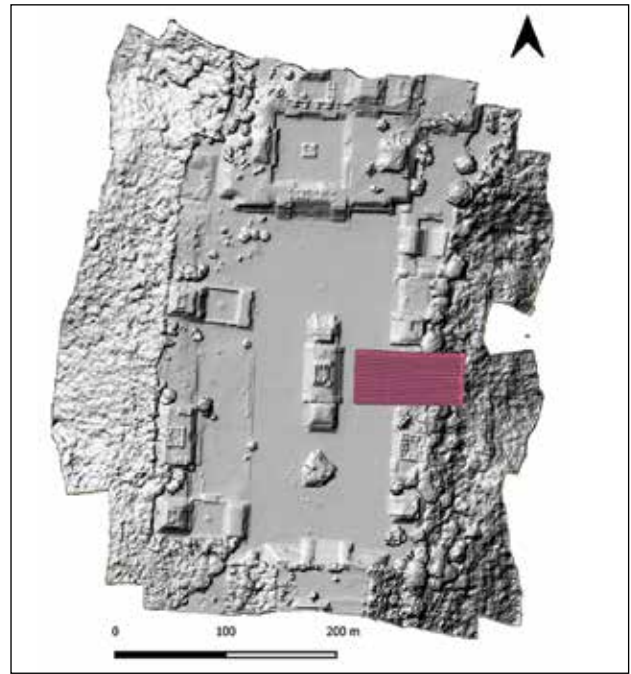


Figura 13. En el DEM se aprecian los puntos donde fueron insertados los electrodos. Los puntos que se muestran en color fucsia corresponden al proceso seguido en el Edificio P / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

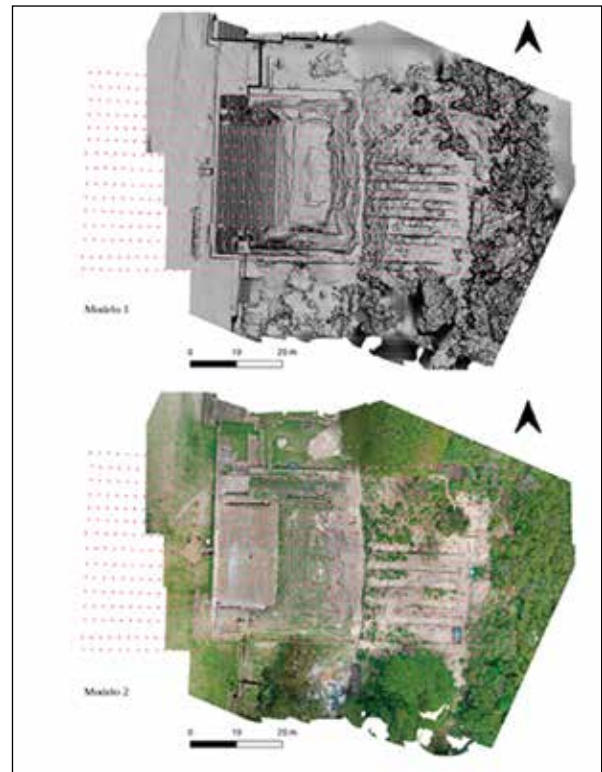


Figura 14. Modelo 1, un modelo de Elevación Digital del Edificio P. Modelo 2 ortofoto. En ambas imágenes se muestra el posicionamiento de los electrodos utilizados para la toma de muestra / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

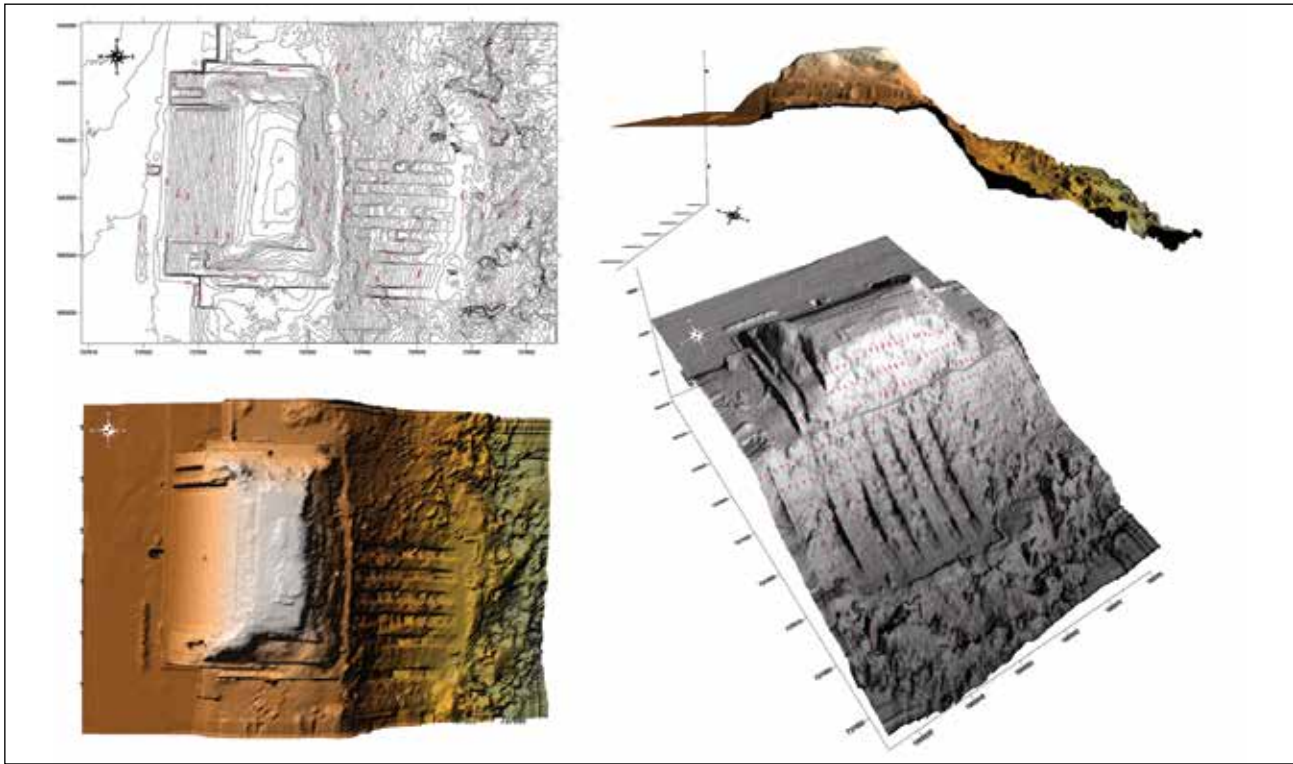


Figura 15. En la gráfica se muestran las imágenes 1, 2, 3 y 4, resultantes del procesamiento de los datos topográfico hipsométricos mediante el muestreo fotogramétrico del Edificio P; en la imagen 1 se representan las cotas de nivel del Edificio P; en la imagen 2 se genera un modelo de los atributos de la superficie de Edificio P; y en las imágenes 3 y 4 la representación de la sección E-O, junto con la perspectiva SE respectivamente / Imágenes: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

LA TOMA DE MUESTRA POR MEDIO DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO P DE MONTE ALBÁN

Para el estudio de tomografía eléctrica se siguió una estrategia a efecto de generar modelos de resistividad sobre los volúmenes que le dan forma a la estratigrafía arqueológica y geológica en el contexto de la Plaza Central y el Edificio P de Monte Albán. Los modelos resultantes son tenidos como diagramas de las relaciones entre los valores de resistividad invertida —valores reales— donde se puede conocer la composición y los atributos de los distintos materiales hacia la parte profunda del terreno (ver Figura 16). Es importante entender que los pseudoperfiles de resistividad no deben ser considerados como secciones estratigráficas, al mismo tiempo que existen factores que pueden ocasionar sesgos en los valores de la muestra, como es el caso del porcentaje de humedad que

contengan los materiales, con lo cual disminuye la resistividad al paso de la corriente eléctrica. En las figuras 17 y 18 se representan los resultados obtenidos mediante los instrumentos SYSCAL PRO[®] y SOKKIA[®]. En el Anexo I se presentan los fundamentos del proceso de toma de muestra por medio de SYSCAL[®].

El procedimiento que se sigue para la toma de muestra consiste en definir el trazo de una línea, donde a intervalos regulares se clavan en el suelo un conjunto de electrodos conectados a dos cables que convergen en el resistivímetro. El equipo SYSCAL[®] Pro tiene 48 electrodos y una longitud de cables de 230 metros. El arreglo de las distancias entre los electrodos determina el alcance en la profundidad y la definición de la toma de muestra. En general, a mayor distancia entre los electrodos, mayor es la penetración y se incrementa la pérdida en la definición del modelo.

Para la toma de muestra de tomografía eléctrica se aplicaron dos configuraciones por cada uno de los trazos que diseccionan la Plaza Central y el Edificio P. Estas configuraciones son programadas mediante la aplicación Electre Pro de Iris® Instruments, y permiten incrementar el alcance para determinar el valor resistivo de los materiales en el sentido vertical. De tal manera que por cada trazo se generan dos modelos de resistividad. Con esto se incrementa la posibilidad de identificar entre otros las discontinuidades en los materiales que obedezcan a probables fallas en los depósitos que le dan forma a la geoforma del cerro y a los monumentos arqueológicos en Monte Albán.

En el contexto del Edificio P se trazaron 15 líneas de toma de muestra, la longitud promedio

fue de 94 metros, siendo los intervalos para el sembrado de los electrodos de 2 metros y la separación entre las líneas de 3 metros, a fin de lograr una cobertura del Edificio desde el límite de la fachada sur hacia el límite de la norte. Las líneas fueron identificadas con un número a partir del 0 y en total se tomaron 15 para completar la muestra.

Los modelos de tomografía eléctrica en el Edificio P. A continuación se presentan los resultados obtenidos mediante el estudio de tomografía eléctrica, implementado en el Edificio P de la ZMA de Monte Albán. En las figuras 17 y 18 se muestran los 15 perfiles isorresistivos obtenidos mediante la estrategia de toma de muestra somera y profunda utilizando el instrumento SYSCAL PRO® y la aplicación Electre Pro de Iris® Instruments.

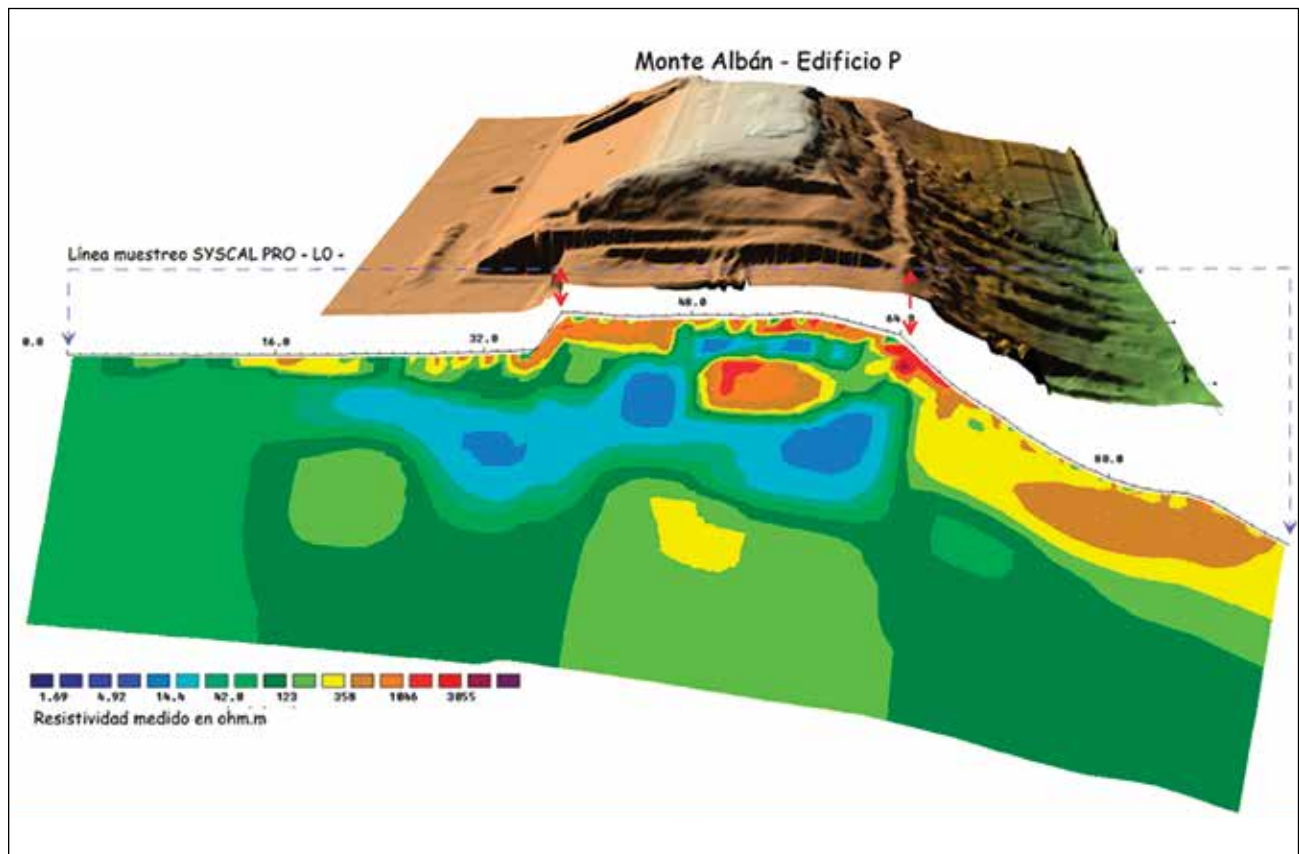


Figura 16. En la imagen se aprecia la composición resultante de la combinación de dos modelos: el superior, una perspectiva topográfica en tercera dimensión desde el sur, y el inferior, el perfil isorresistivo de la línea 0 en el Edificio P, con el objeto de ilustrar los alcances y el tipo de información que se obtiene mediante los procedimientos de toma de muestra fotogramétrica y geofísica. La interpretación de los resultados contribuye a la diagnosis y valoración del estado de conservación del monumento arqueológico / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

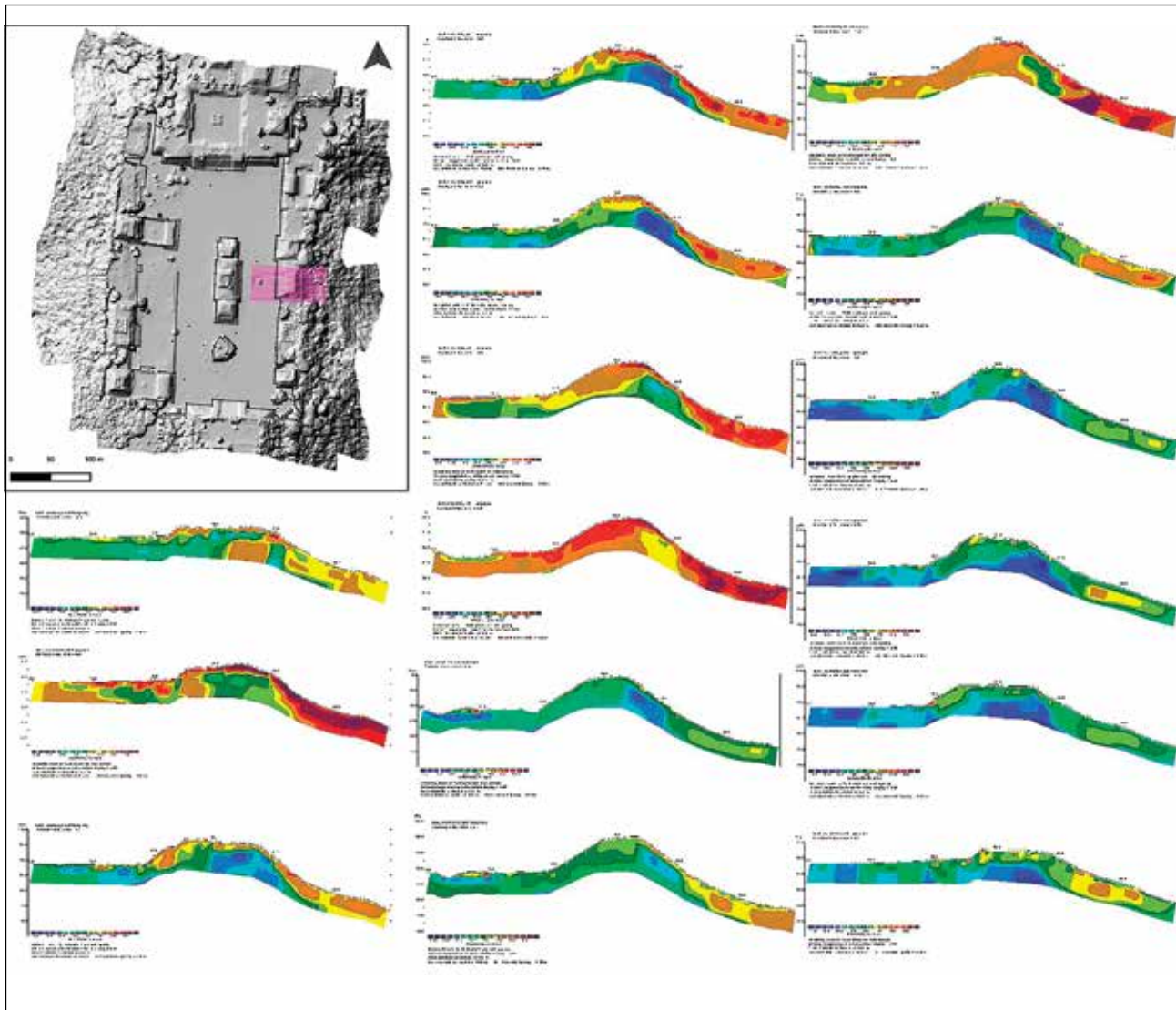


Figura 17. En la gráfica se muestra el DEM de la Plaza de la ZMA de Monte Albán, y la demarcación de las líneas de toma de muestra para el estudio geofísico. Se anexan los resultados obtenidos y las gráficas de los 15 modelos de isorresistividad inversa someros / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Los perfiles isorresistivos e interpretación de la muestra de las 15 líneas de tomografía eléctrica en el Edificio P. A continuación se presentan las gráficas donde se muestran los perfiles de los valores Ωm de isorresistividad invertida obtenidas durante el estudio de tomografía eléctrica en el Edificio P. Se trata de dos conjuntos de datos, donde se ha elegido analizar el resultado del proceso de toma de muestra profundo. En el primero se muestran anotaciones generales donde se describen los atributos que se representan en el perfil isorresistivo, mientras que en el segundo

las imágenes se editaron para hacer resaltar atributos comunes a las distintas secciones, con el objeto de promover el análisis e interpretación de los atributos observados. En el primer conjunto se encuentran las siguientes imágenes:

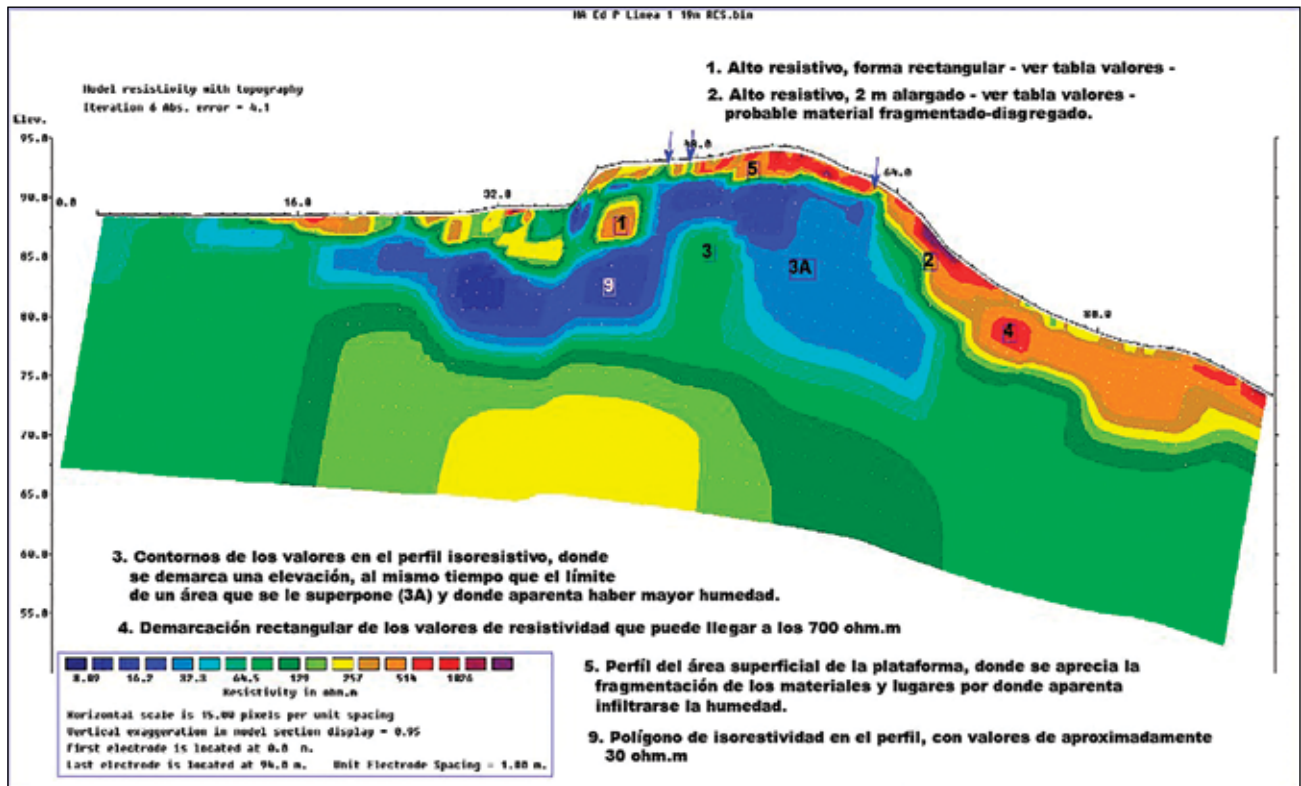


Figura 18. Perfil isoresistivo inverso de la línea 1 / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

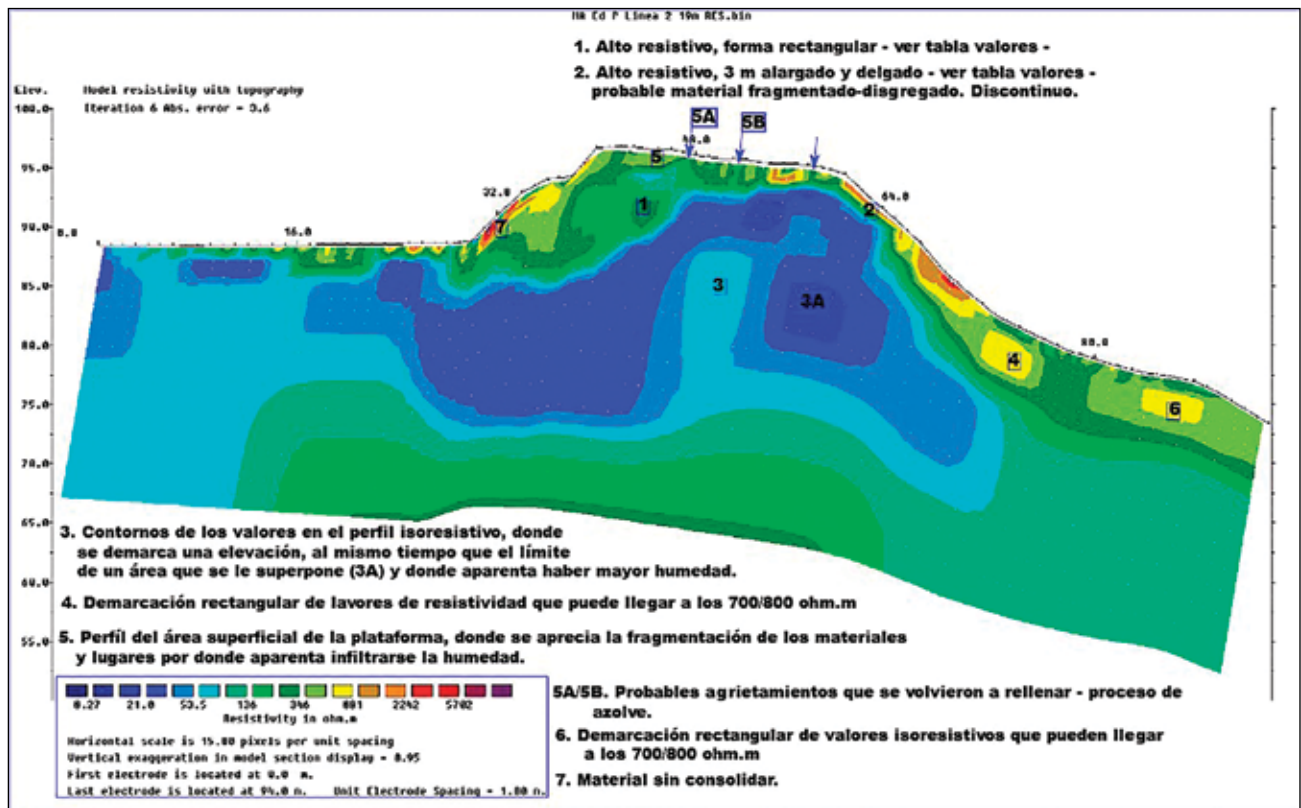


Figura 19. Perfil isoresistivo inverso de la línea 2 / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

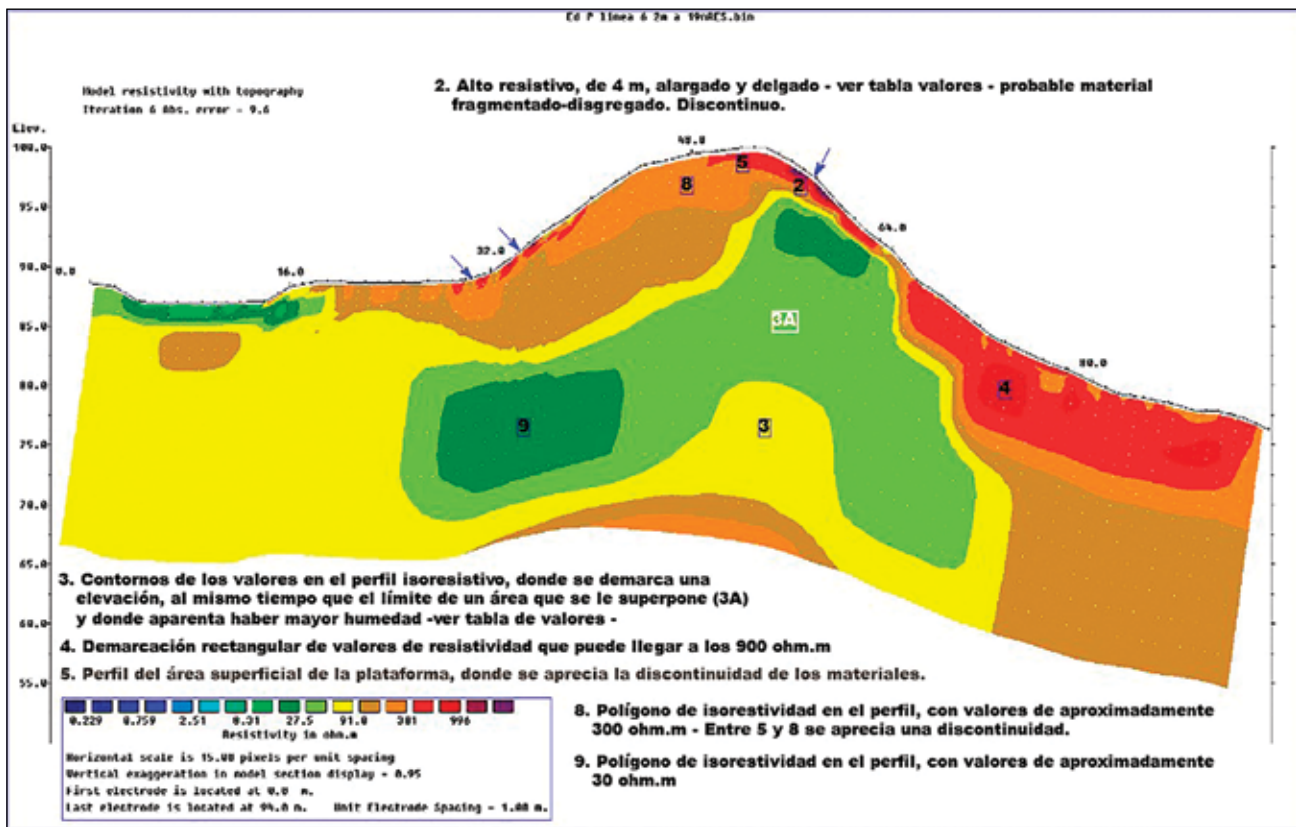


Figura 20. Perfil isoresistivo inverso de la línea 6 / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

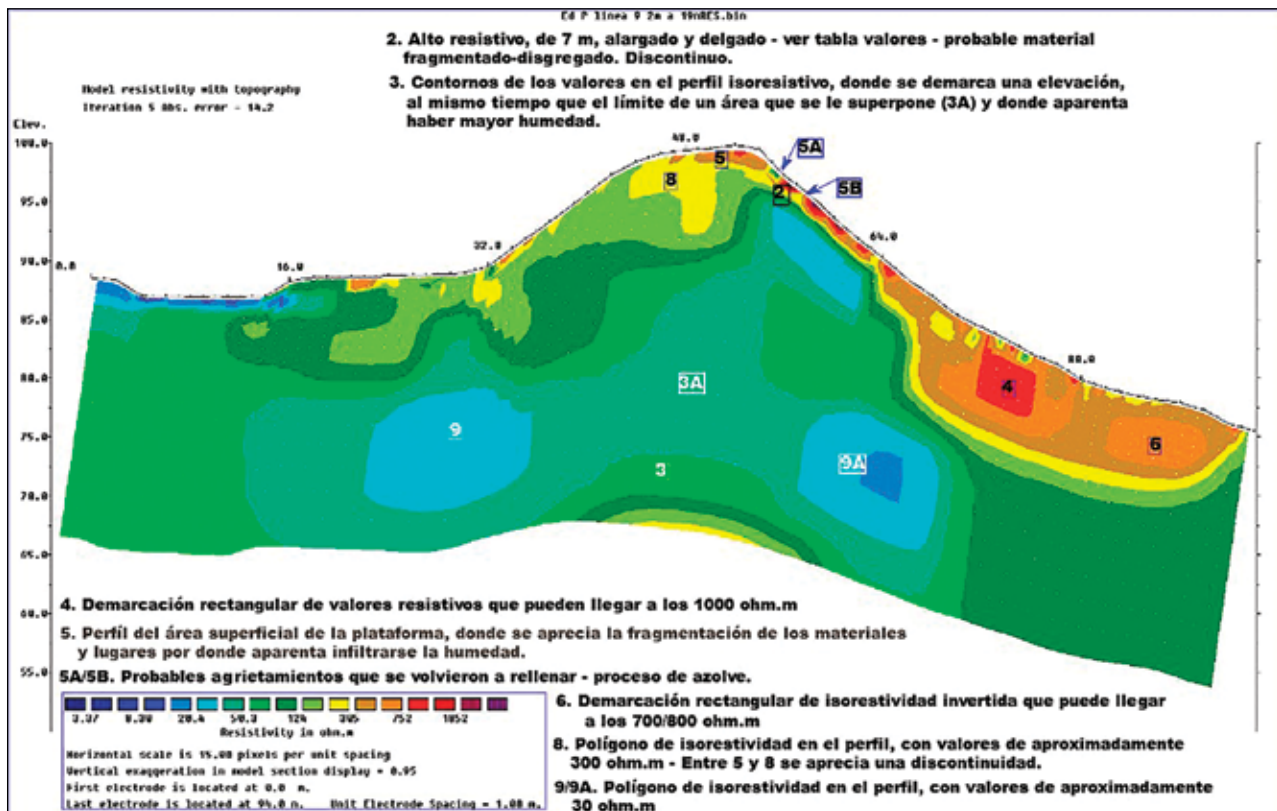


Figura 21. Perfil isoresistivo inverso de la línea 9 / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

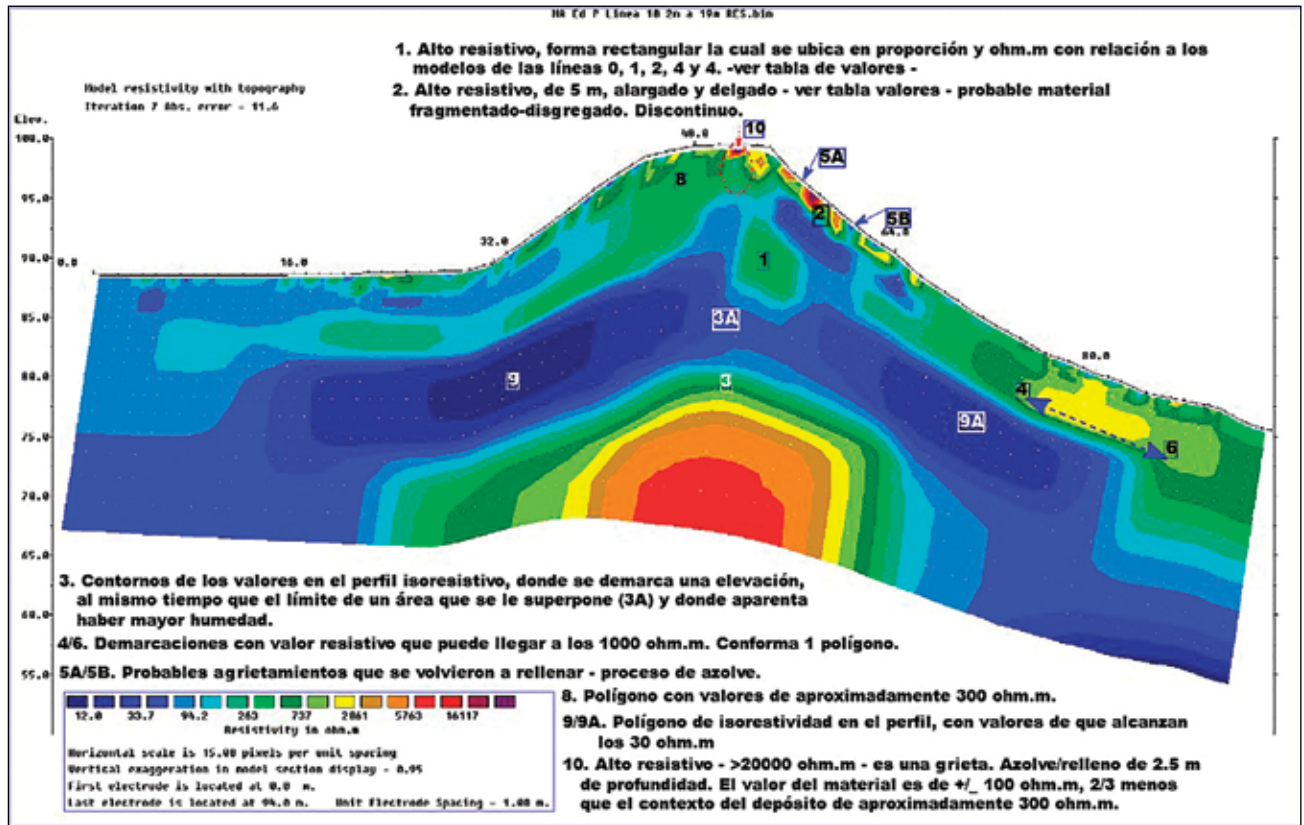


Figura 22. Perfil isoresistivo inverso de la línea 10 / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

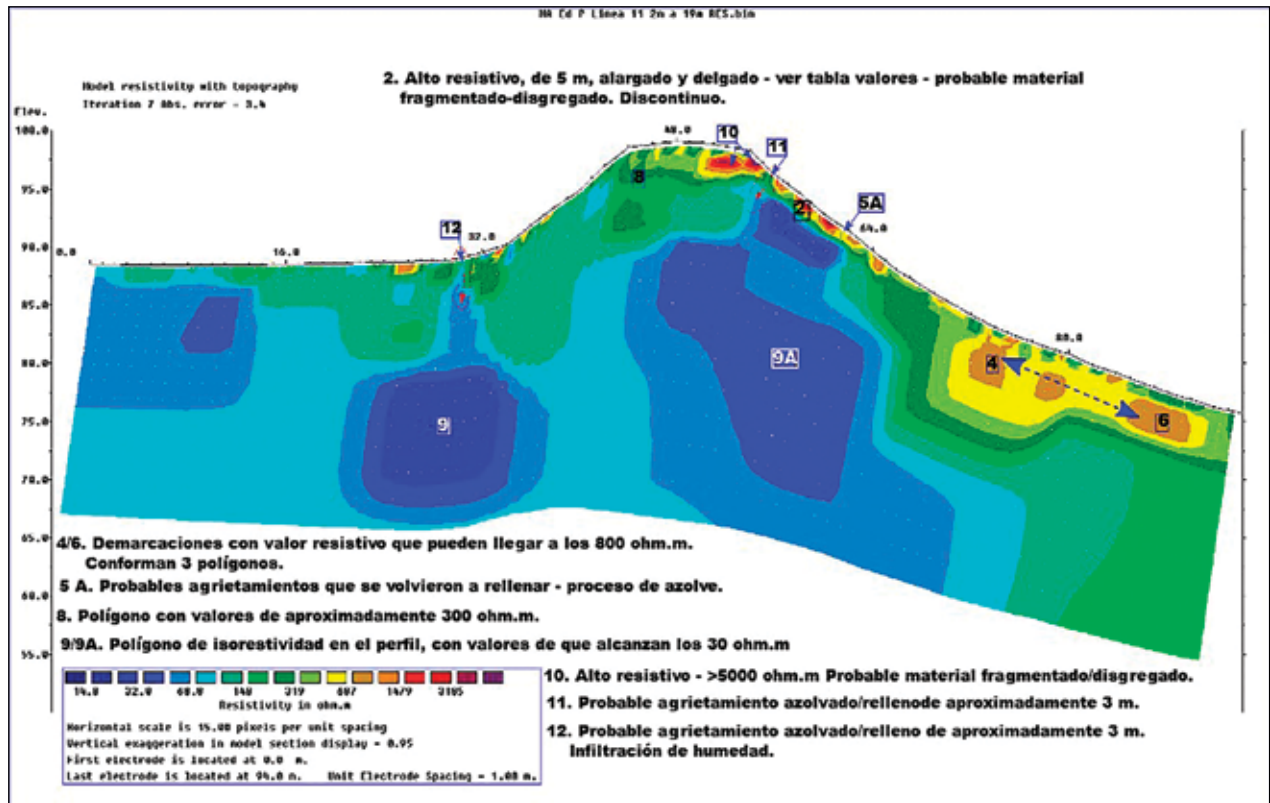


Figura 23. Perfil isoresistivo inverso de la línea 11 / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

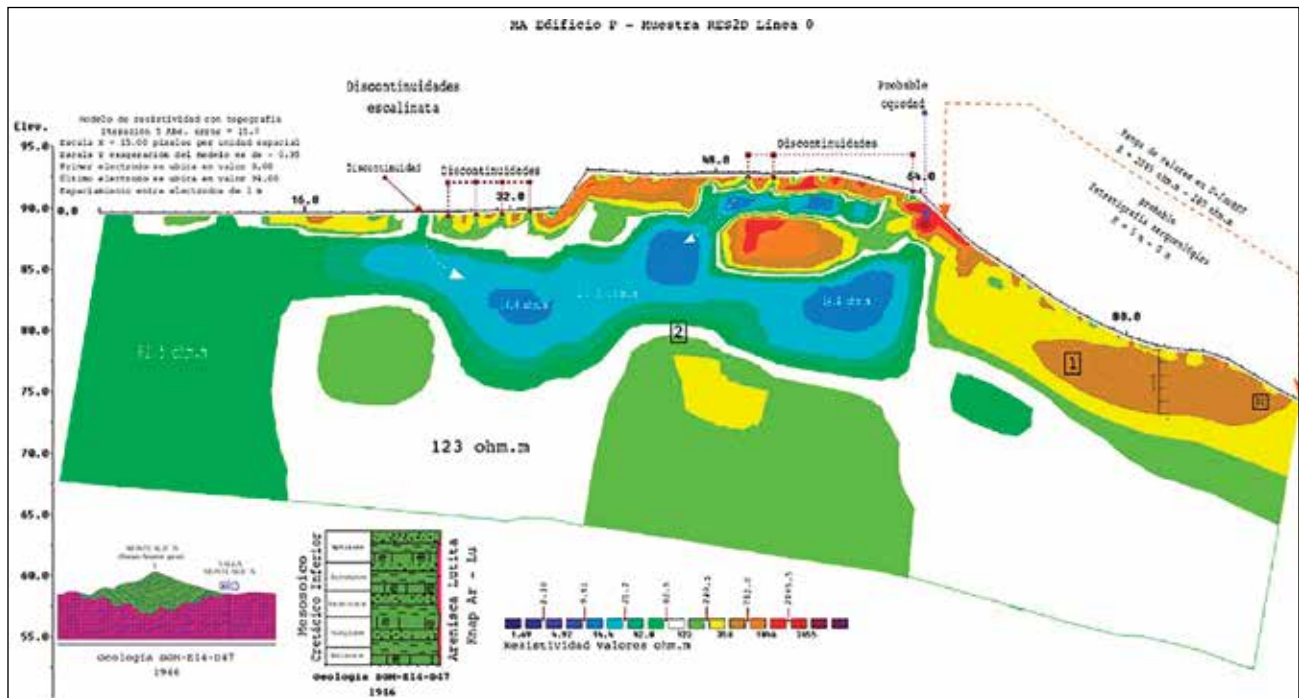


Figura 24. Perfil isorresistivo inverso de la línea 0. Modificación del color del polígono con valor 123 Ωm / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

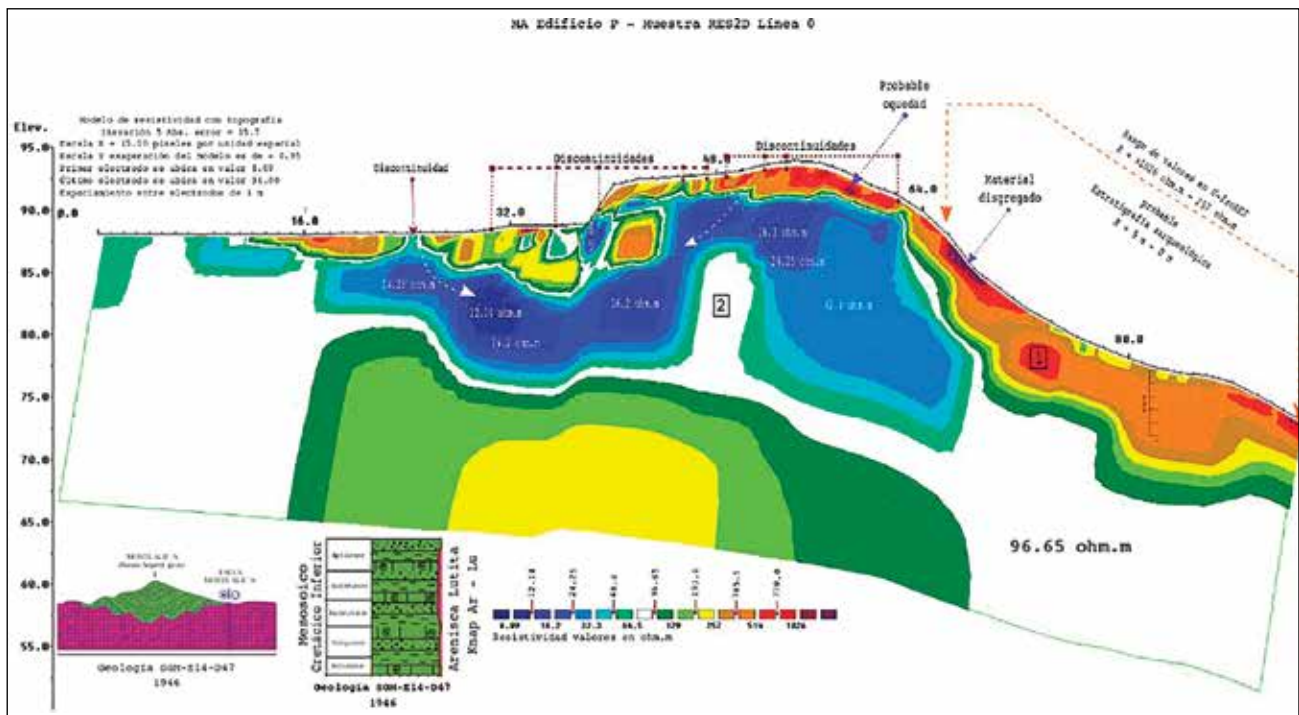


Figura 25. Perfil isorresistivo inverso de la línea 1. Modificación del color del polígono con valor 96.65 Ωm / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

En el segundo conjunto de imágenes de los perfiles isorresistivos se procedió a la edición del polígono isorresistivo inverso, donde el valor seleccionado se encuentra en el rango de 85 Ωm a 170 Ωm, por considerarse que ese depósito está asociado con los materiales que conforman una capa geológica compuesta por Arenisca-Lutita (KnapAr-LuFm. Jalteptetongo/Mesozoico: Cretácico-140.0 a 108.0 Ma.). Con lo anterior se trata de conocer la forma más superficial del sustrato geológico sobre el cual se emplaza el proyecto urbano zapoteco de Monte Albán, y en particular el Edificio P. En la forma de esta capa geológica se espera poder documentar un aspecto de la micro escala geológica que se relaciona con los procesos de formación y transformación en la morfoestructura del bloque Monte Albán-Atzompa.

En estos perfiles se hicieron anotaciones teniendo en cuenta los datos hipsométrico topográficos

de ciertos valores que pueden ofrecer información acerca de los procesos de transformación de los depósitos, asociados con la actividad tectónica en la región, y una vez identificados se representaron en uno de los modelos de elevación digital para generar un producto cartográfico que permita su valoración y monitoreo.

A continuación se da cuenta de los resultados obtenidos durante el análisis de identificación y documentación para cada una de la toma de muestra de las secciones isorresistivas en el Edificio P. Como se observará en las imágenes, se procedió a la edición del color, se agregaron anotaciones sobre el valor resistivo, además de interpretaciones, las cuales señalan inconformidades en los atributos de los materiales, como serían las discontinuidades, el porcentaje de humedad o las quequedades.

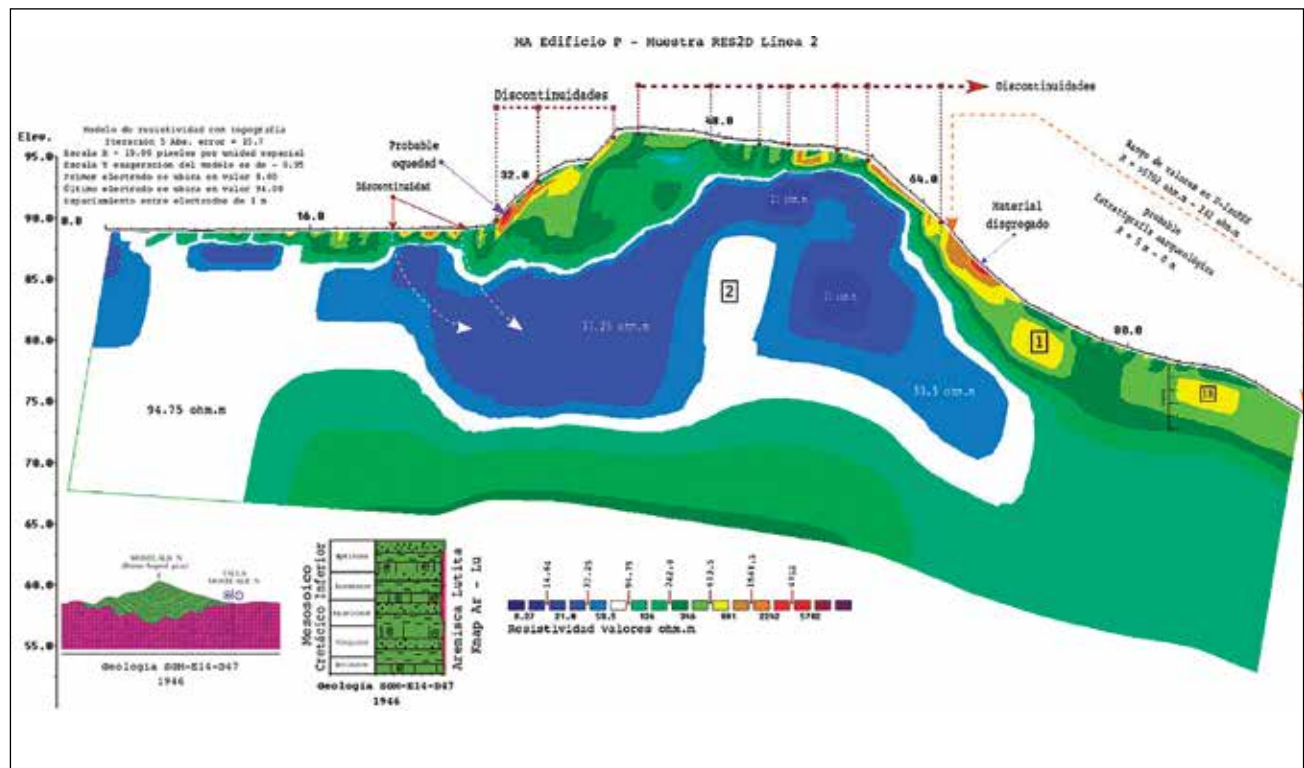


Figura 26. Perfil isorresistivo inverso de la línea 2. Modificación del color del polígono con valor 94.75 Ωm / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

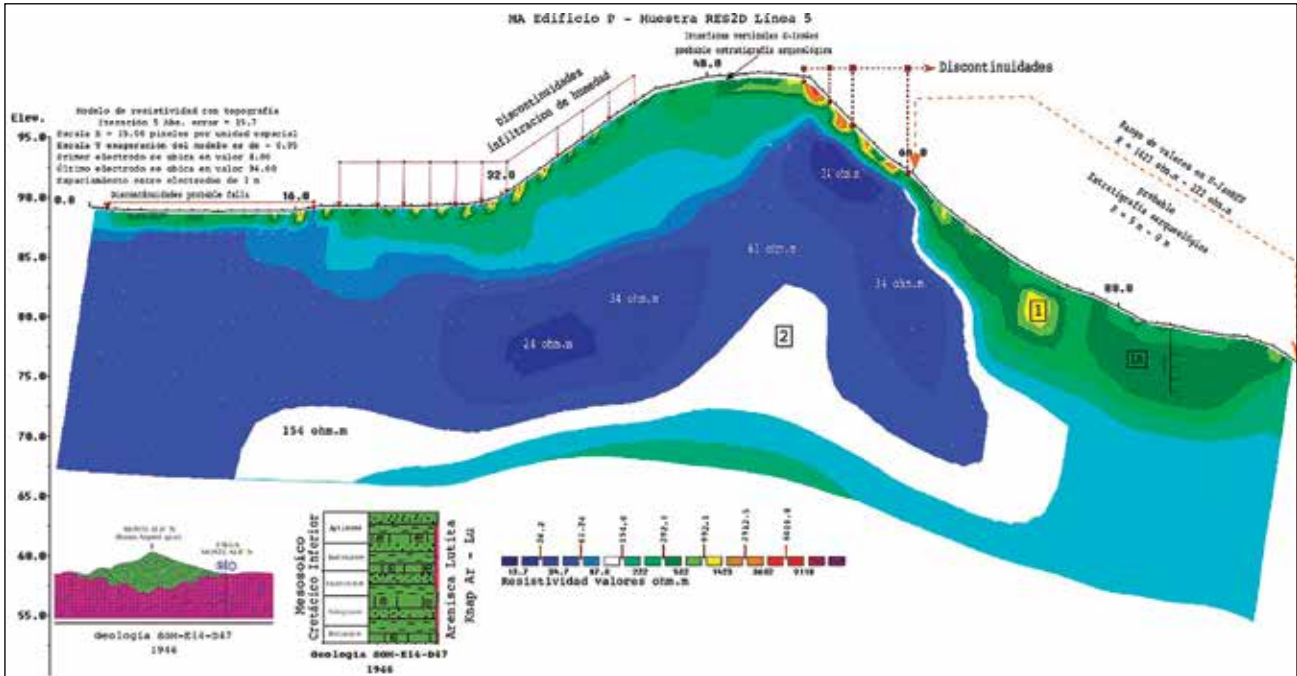


Figura 27. Perfil isorresistivo inverso de la línea 5. Modificación del color del polígono con valor 154 Ω m / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

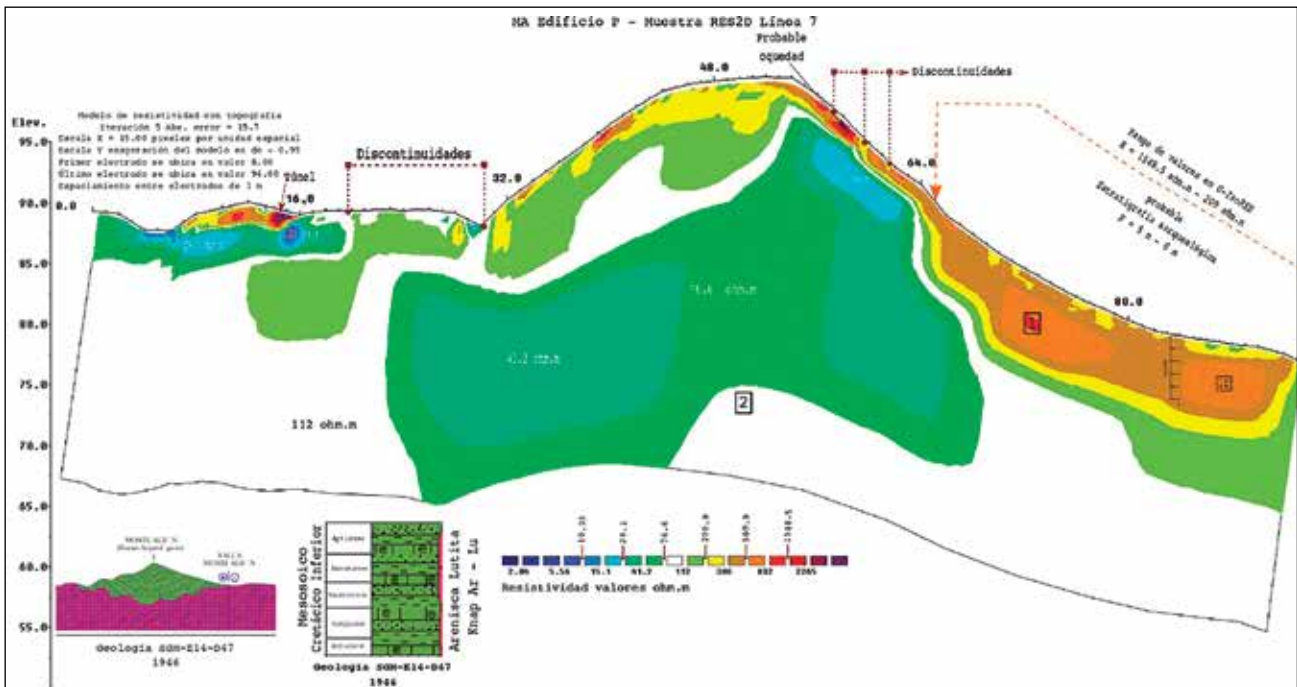


Figura 28. Perfil isorresistivo inverso de la línea 7. Modificación del color del polígono con valor 112 Ω m / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

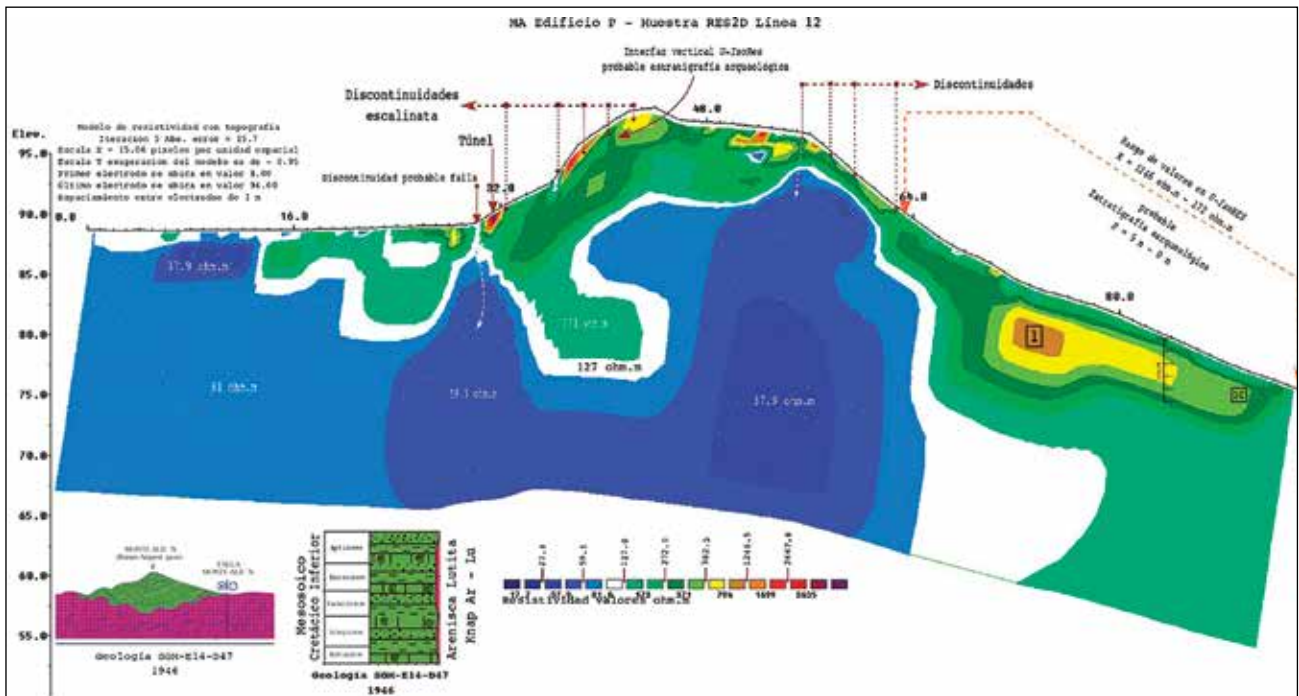


Figura 29. Perfil isoresistivo inverso de la línea 12. Modificación del color del polígono con valor 127 Ωm / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

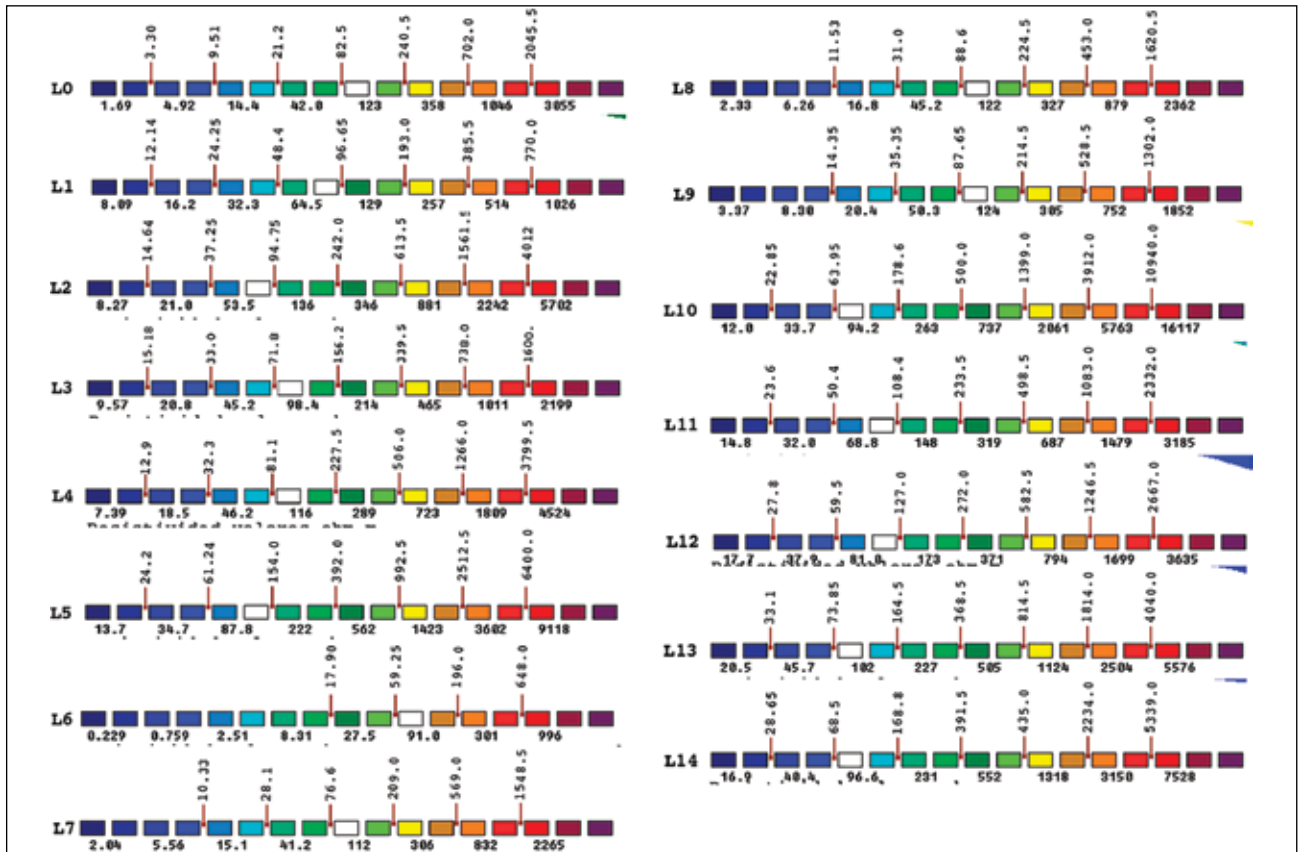


Figura 30. Variación cromática representando los valores de resistividad Ωm para cada línea de toma de muestra. El valor que se encuentra en el rango entre 85-130 Ωm ha sido identificado con atributos de resistividad que probablemente se asocian con una composición de Arenisca-Lutita / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

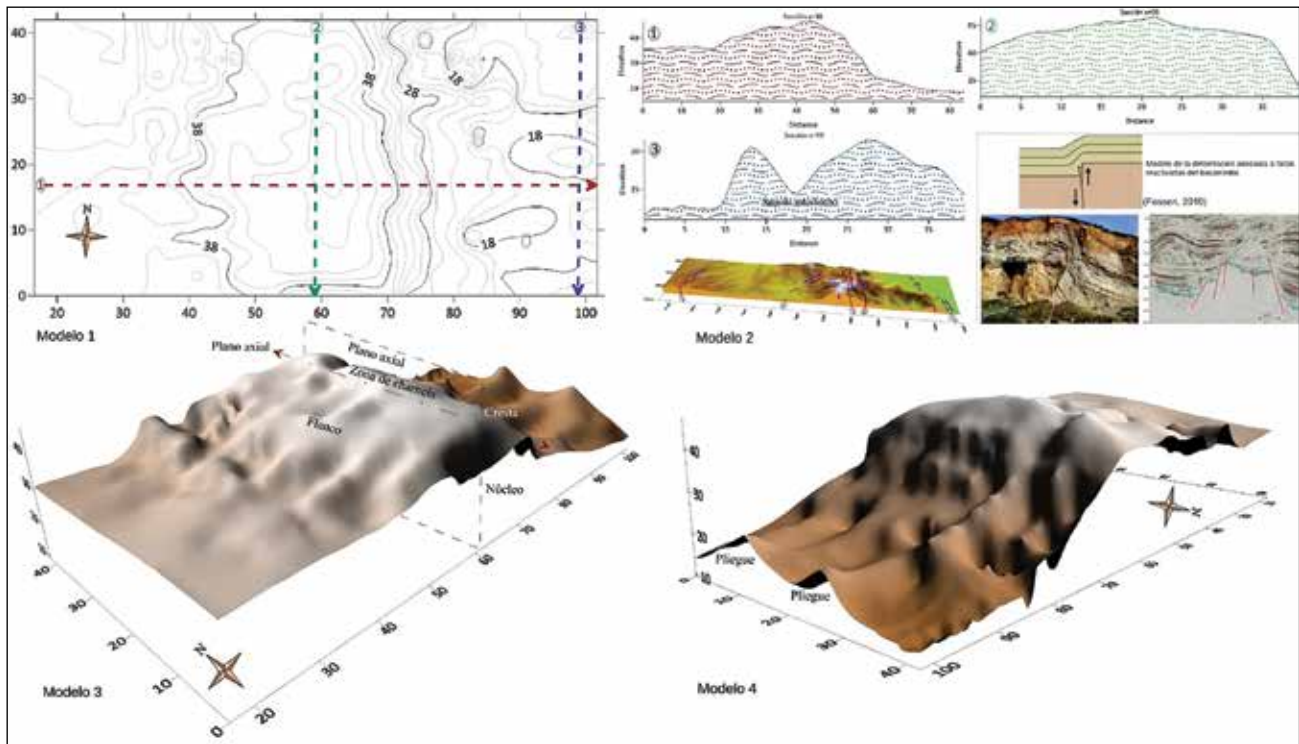


Figura 31. En la imagen se exhiben cuatro modelos resultantes de los atributos hipsométrico topográficos de los 15 perfiles isorresistivos inversos. En el Modelo 1 se representan las cotas de nivel generadas mediante los valores isorresistivos inversos comprendidos en el rango de 85 Ω m a 170 Ω m; en los Modelos 3 y 4 se proyectan en 3D los atributos de la superficie de la forma isorresistiva desde la perspectiva SW y NE, respectivamente; en el Modelo 2 se aprecian cinco imágenes, de las cuales tres han sido numeradas, y se corresponden con las secciones de los trazos exhibidos en el Modelo 1, con el objetivo de caracterizar el esfuerzo y la deformación de los pliegues documentados, mientras que en la cuarta imagen no numerada se presenta una hipótesis que da cuenta del origen probable de la deformación documentada en la secuencia isorresistiva “geológica”, donde se emplaza el Edificio P de Monte Albán, esto es, el flanco este del perfil número 1 se alinea con la dirección de la falla Monte Albán I, en sentido NS, y por lo tanto, la deformación que se muestra en el Modelo 2, número 1, se relacione con un mecanismo de deformación por flexión asociada a fallas reactivadas del basamento, mientras que en el perfil del número 3 aparenta haber una deformación de tipo asimétrica en el plegamiento, donde cabría la posibilidad de interpretar que el ángulo interlímbico del anticlinal sea representativo de las deformaciones causadas por la falla Cerro del Gallo, la cual genera un punto de intersección con la falla Monte Albán I de manera perpendicular con dirección EW (ver figuras 3 y 4, Tabla 1). Esta deformación aparece también en la zona de charnela del anticlinal y se muestra en el Modelo 2, número 2 / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

HACIA UNA INTERPRETACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRA DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA EN EL CONTEXTO DEL EDIFICIO P DE LA ZMA DE MONTE ALBÁN

Lo aprendido durante el ejercicio de toma de muestra, procesamiento y análisis de los datos de tomografía eléctrica en el contexto del Edificio P se refleja en la información gráfica hasta aquí representada. Mediante esta información se explorarán a continuación los atributos y características del soporte del sustrato geológico superficial sobre el cual

se emplaza el Edificio P, en la ZMA de Monte Albán, con el objetivo de establecer una diagnosis inicial, es decir, generar una línea de tiempo en el proceso de monitoreo que conlleve a la conservación del monumento arqueológico. De ahí la importancia de los instrumentos de medición geofísica para alcanzar este objetivo, acompañados por una calendarización y metodología enfocada a identificar los espacios idóneos para obtener muestras representativas de los procesos tectónicos que afectan la conservación arqueológica. A continuación se procede con lo aprendido sobre los datos obtenidos durante la temporada 2019 de prospección geofísica.

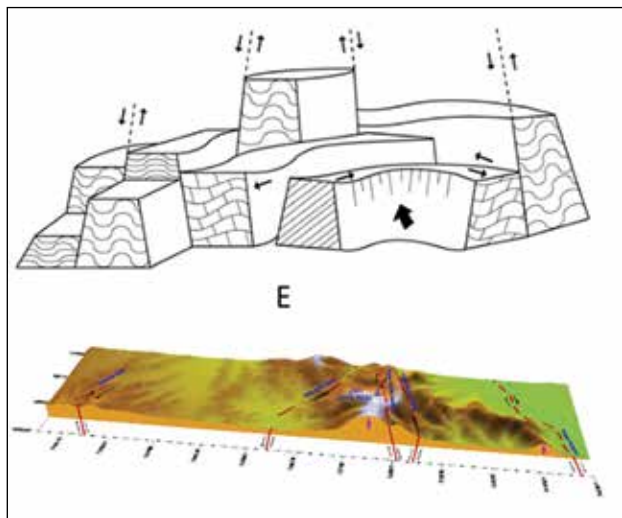
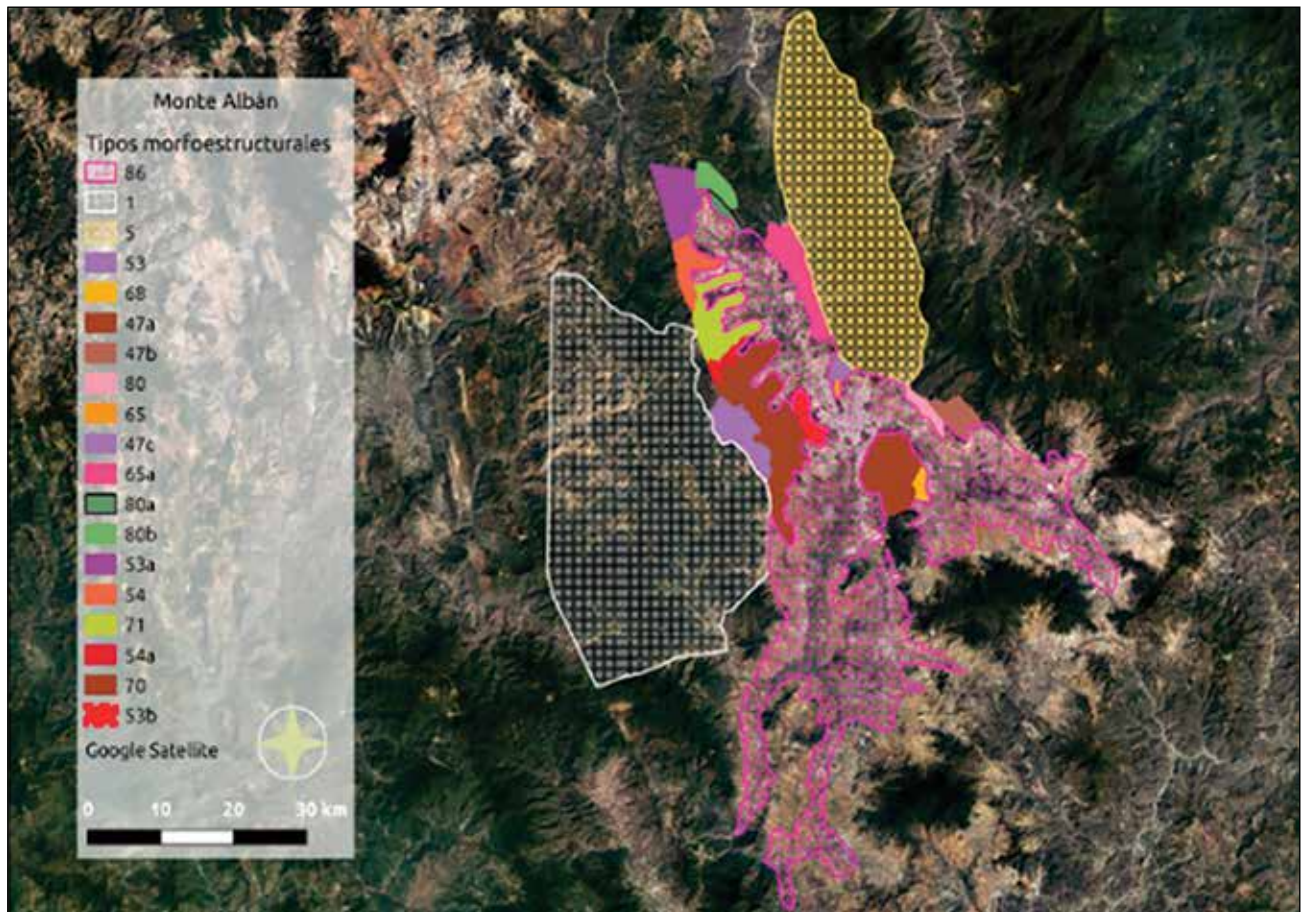


Figura 32. En la gráfica se representa la proyección de la cartografía modificada y proyectada, junto con el modelo de estilo geotectónico elaborado por Hernández Santana *et al.* (2009, pp. 14,17). Los números que identifican los tipos morfoestructurales específicos pueden ser consultados en la Tabla 1 más arriba. El último modelo es el resultado del análisis cartográfico de los datos e interpretaciones de la literatura consultada, habiéndose identificado hacia el interior del bloque número 53b, al bloque denominado Monte Albán-Atzompa.

De las anotaciones geológicas, geomorfológicas y edafológicas se desprende lo siguiente:

El asentamiento y proceso urbano zapoteco en Monte Albán se emplaza sobre una estructura geomorfológica donde el estilo geotectónico de relaciones tridimensionales interbloques del relieve se caracteriza por ser probablemente un sistema de bloques lineales, en plegamientos y monoclinales escalonados y trenzados por esfuerzos transcurrentes y deformado en arco por transpresión interplacas. De acuerdo con la información cartográfica, el bloque en específico, de corroborarse la interpretación, debería ser denominado Monte Albán-Atzompa.

En la Figura 33 se han representado los fallamientos circundantes a la ZMA de Monte Albán, deduciéndose y generándose una hipótesis que establece la posibilidad de que los daños acaecidos durante los movimientos telúricos del año 2017 podrían haber sido consecuencia de una reactivación

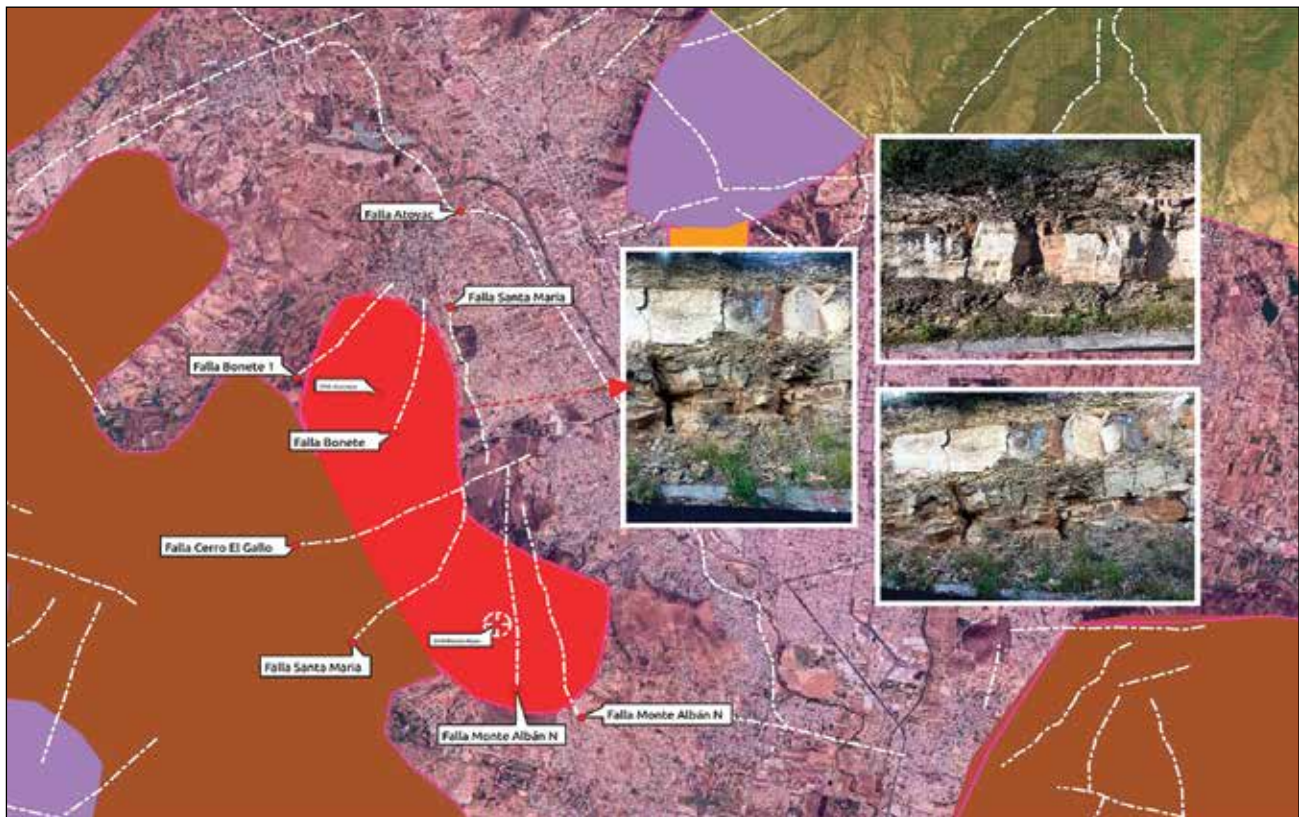


Figura 33. En la gráfica, sin escala, se presenta un acercamiento a una de las imágenes generadas mediante QGIS en la Figura 32, donde se proyectan las fallas más cercanas al bloque 53b (ver figuras 2 y 52), esto es, del polígono en color rojo. Se aprecian además tres imágenes de los perfiles que han sido expuestos en la habilitación de las vías de comunicación entre Atzompá y Monte Albán, donde se muestran los efectos de los esfuerzos y deformaciones que se generan por las fuerzas tectónicas en el interior de las placas y los sismos de subducción, los cuales ocurren por el roce entre la Placa Norteamericana y las placas oceánicas de Cocos y Rivera / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.

de la falla Monte Albán I y Santa María, lo cual provocó un empuje del bloque Monte Albán-Atzompá.

DE LA PROSPECCIÓN GEOARQUEOLÓGICA EN EL CONTEXTO DEL EDIFICIO P DE LA ZMA DE MONTE ALBÁN

El proceso de análisis de las muestras de tomografía eléctrica efectuado mediante el instrumento SYSCAL PRO y la Estación Total SOKKIA, condujo a la elaboración de productos que tienen valor cartográfico y modelos en tercera dimensión, los cuales ofrecen un acercamiento a los atributos hipsométrico-topográficos de los valores de resistividad invertida, donde se generan condiciones de valoración ampliada hacia las características documentadas hasta el momento en las condicio-

nes morfoestructurales geológicas del Complejo Oaxaqueño del Terreno Zapoteco. En espera de que los resultados de la toma de muestra sean valorados por los pares académicos en materia de geofísica y geoarqueología, deberán ser considerados preliminares; a continuación se resumen las interpretaciones ofrecidas más arriba.

El Edificio P, se encuentra ubicado hacia el punto de inflexión donde se define la ladera o declive este de la cima del Cerro de Monte Albán, en el contexto de la premontaña y lomeríos de la RAVCO. Del análisis de los quince perfiles y el modelo en tercera dimensión del valor isorresistivo en el rango comprendido entre 85 Ωm a 170 Ωm se deduce lo siguiente:

En los perfiles se representan isorresistividades siguiendo un ordenamiento de polígonos

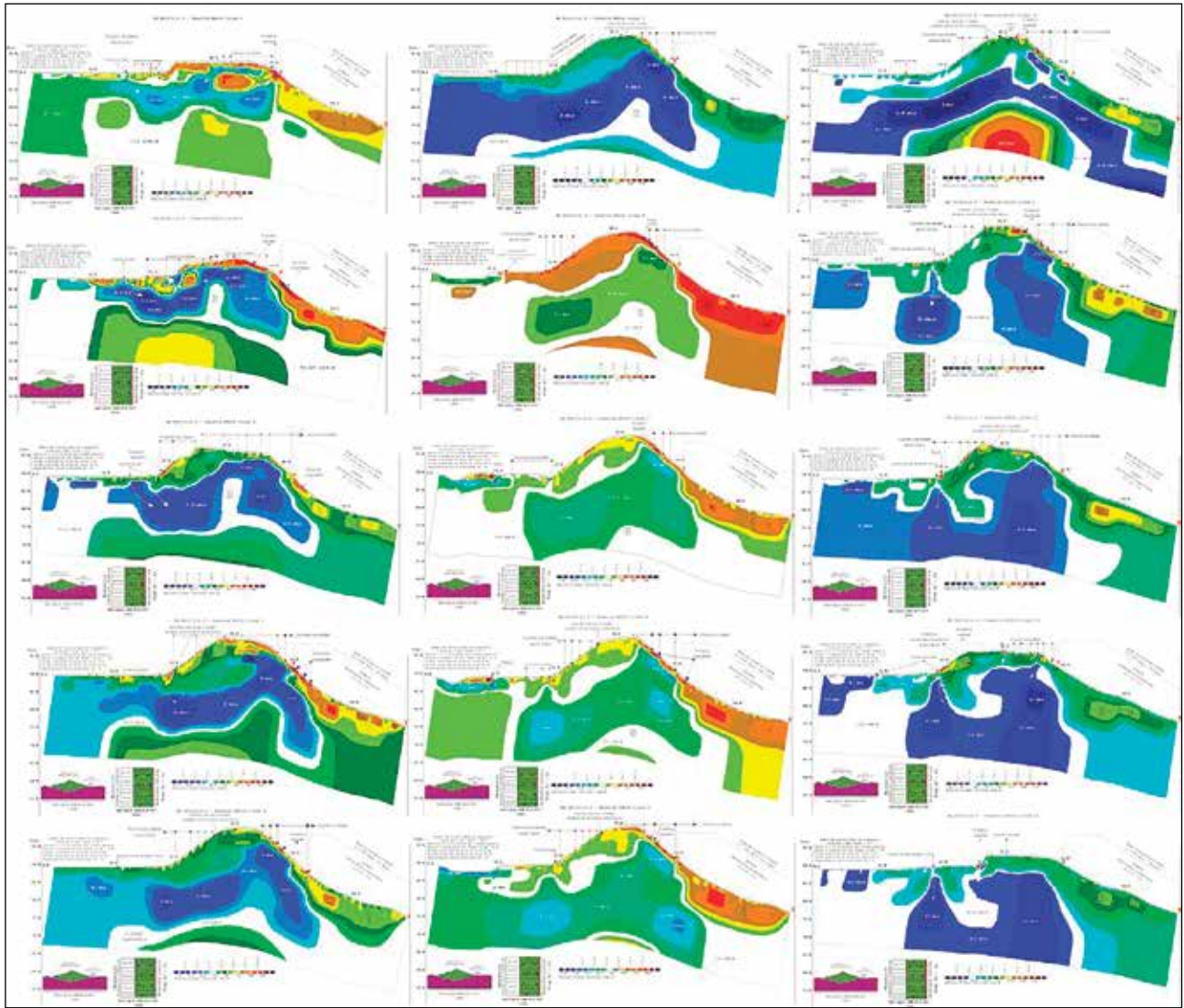


Figura 34. En la gráfica se representan las quince líneas editadas de los perfiles isoresistivos documentados en la toma de muestra del Edificio P / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

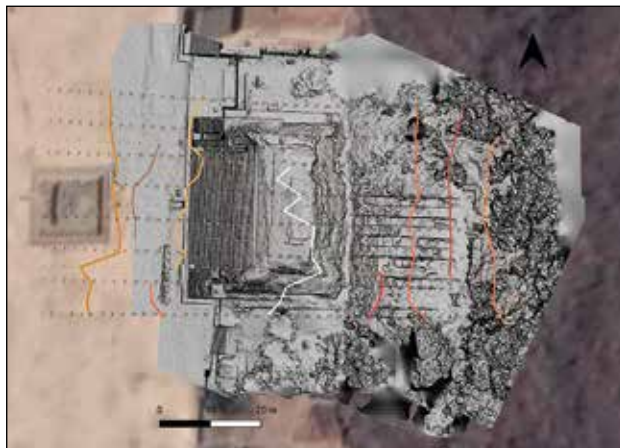


Figura 35. Perfil isoresistivo inverso de la línea 1. Modificación del color del polígono con valor 96.65 Ωm .

superpuestos, donde los colores obedecen a los valores Ωm en función de las condiciones en las que se encuentran los materiales. De manera general, la humedad, las discontinuidades, las oquedades y las modificaciones humanas, entre otros factores, influyen en la identificación de las propiedades resistivas de los materiales en la estratificación arqueológica y geológica, así como en los resultados que se presentan en los modelos.

En la Figura 34 destacan a primera vista los atributos generales relacionados con las condiciones de humedad. Lo anterior se aprecia en las

variaciones cromáticas de los colores azules más intensos asociados con bajos resistivos. Sobresale además, que en las líneas 7, 8, 9 y 10 los bajos resistivos no aparentan ser significativos, indicando que ese sector sería más seco.

Si se revisa la figura 30 donde se representan las relaciones que guardan los valores cromáticos con los valores Ω_m , la percepción de una falta de humedad en las líneas 6, 7, 8 y 9 debe ser descartada, al advertirse que los valores en el rango entre 0 Ω_m a 40 Ω_m , donde se presume hubiese un mayor porcentaje de humedad en los materiales, estos valores también están demarcados en polígonos pero con una gama distinta a la de los azules. Deduciéndose, entonces, que el proceso seguido por SYSCAL PRO adjudica valores cromáticos de acuerdo con una función estadística, donde al existir valores Ω_m extremos desplazan la asignación de los colores hacia el inicio o el

final de una secuencia y con una gradación muy pobre de los mismos.

En los perfiles isorresistivos se aprecia que la humedad se filtra desde la superficie, en los lugares donde se advierten discontinuidades, las cuales al ser trazadas en un modelo de la planta del Edificio P y la plaza central tienen una extensión que hace pensar en la posibilidad de estar ante fallamientos. En la Figura 35 aparecen cuatro líneas de probables fallamientos en la explanada de la plaza, frente al Edificio P.

Los perfiles isorresistivos muestran con bastante precisión otros puntos en la superficie desde donde se infiltra la humedad, al mismo tiempo que desde esos lugares se conforman polígonos que aumentan en tamaño a medida que aumenta la profundidad, como en los perfiles isorresistivos 12, 13, 14 y 15. Estas áreas húmedas promueven la generación del acuífero, producto

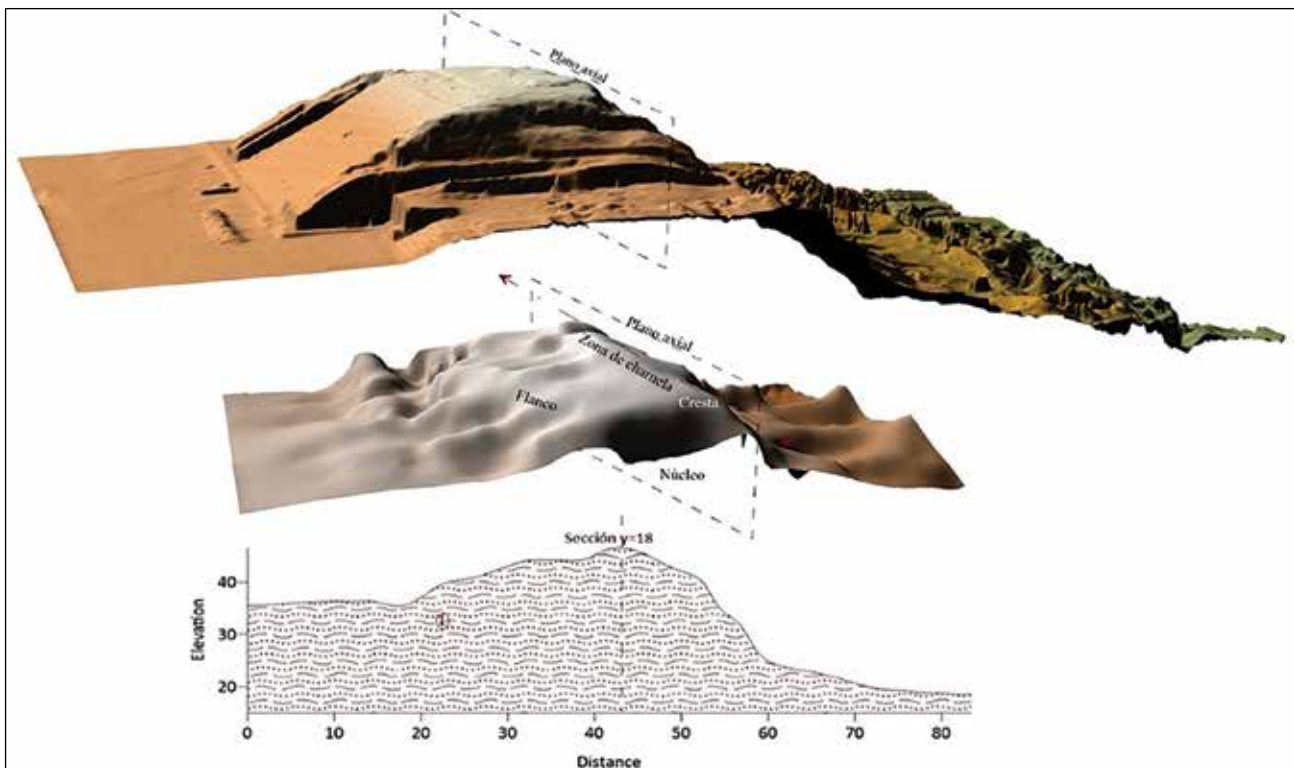


Figura 36. En la gráfica se muestra la correlación de la orientación longitudinal NS del edificio, con el plano axial subparalelo del anticlinal, el cual se visualiza en la representación tridimensional del rango 85-170 Ω_m de valores isorresistivos. Se muestra también un perfil topográfico perpendicular al eje del anticlinal / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

de la captación del agua de lluvia en la explanada de la plaza de la ZMA de Monte Albán.

De la información proporcionada en la Figura 31 se deduce que el Edificio P se ubica por encima de una deformación del sustrato rocoso de arenisca-lutita, caracterizado por su forma anticlinal, y donde se advierte cierta coincidencia entre el eje ns del basamento piramidal, con el mismo eje de la zona de charnela y del plano axial del plegamiento geológico (ver Figura 36). En el modelo en tercera dimensión de los flancos del anticlinal ejemplificado por la representación de los valores de isorresistividad en el rango 85-170 Ωm se aprecian deformaciones superficiales, indicios de la posible fragmentación de la roca que permitiría la filtración de la humedad hacia los depósitos más profundos.

Con respecto al anticlinal, las fallas normales hacen que el flanco oriental del pliegue esté más bajo y forme el escarpe pronunciado del lado este del cerro. La capa utilizada para ver la estructura geológica refleja las deformaciones: pliegue (esfuerzos convergentes) y falla normal (divergente).

Con referencia a la información de la Figura 36, se deduce que las irregularidades superficiales del flanco este en el contexto del Edificio P responden también a depósitos de materiales geológicos y antropogénicos acumulados en diferentes puntos (sobre todo en la parte inferior o más deprimida del flanco) originados por la acción de reactivaciones recurrentes recientes de la falla normal que afecta longitudinalmente el anticlinal de Monte Albán. En general, estos materiales depositados no están muy compactados y

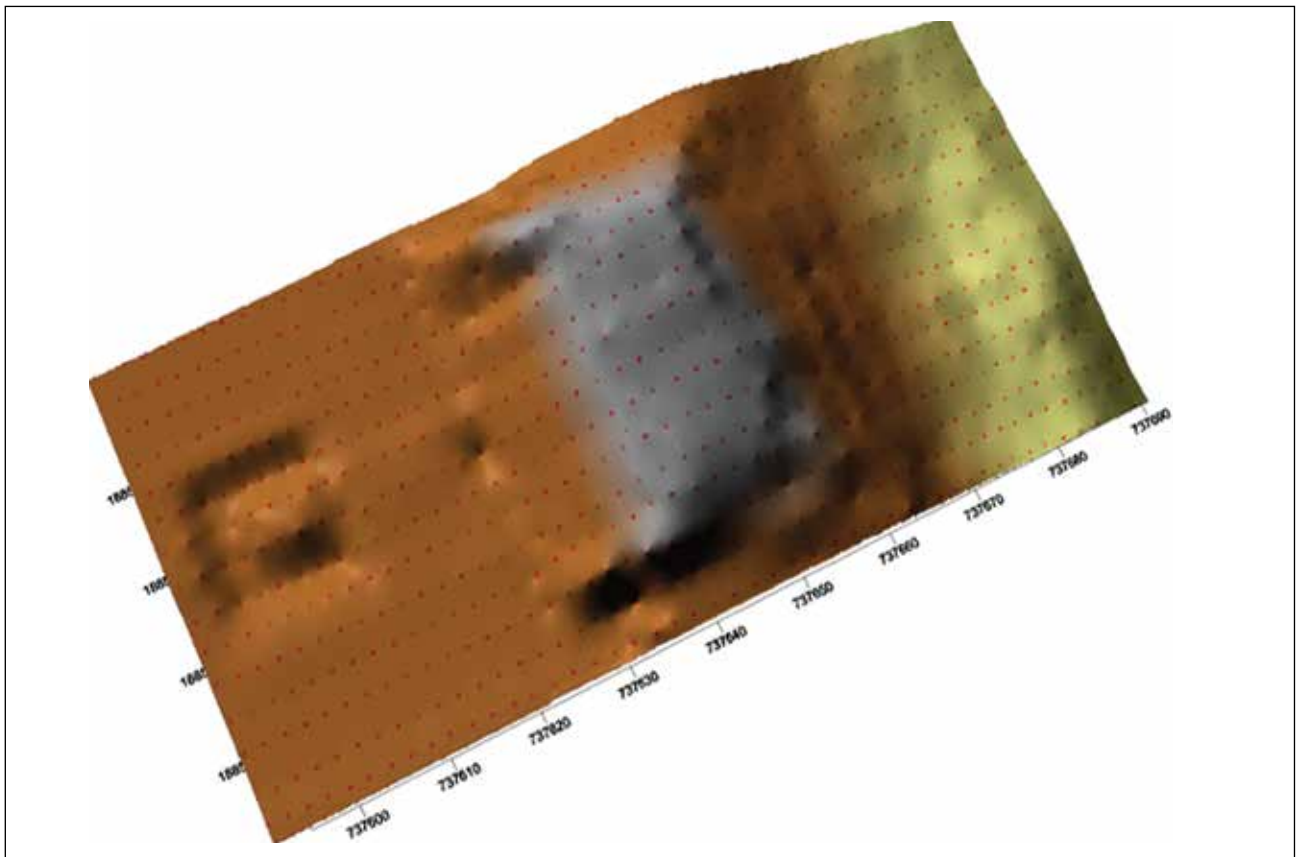


Figura 37. Modelo 3D del área de toma de muestra topográfica y ubicación de los electrodos para el estudio de tomografía eléctrica en el Edificio P. En el lado izquierdo e inferior aparece la escala y los valores de proyección en el Sistema de Referencias de Coordenadas. En el modelo aparecen las líneas que se ubican en el trazo de la escalinata del monumento / Imagen: Archivo Técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

los resultados obtenidos mediante el proceso de tomografía eléctrica indicarían puntos de captación e infiltración de agua meteórica que, como se ha dicho más arriba, propiciarían la recarga del acuífero. La mayor parte del flanco este corresponde al bloque hundido de la falla normal y se evidencia, entonces, la mayor acumulación de material caído en este flanco con respecto al flanco oeste. Por tanto, ese lado del anticlinal o cerro muestra mucha más inestabilidad y riesgo de caída o desplazamiento de material. No es descartable la presencia de material de la estructura arquitectónica en muchos puntos del flanco este. Identificar material constructivo diseminado en los diferentes depósitos de este flanco daría una visión certera en la evaluación de daños del sismo de 2017 y detección de los puntos de mayor vulnerabilidad de la estructura arquitectónica.

DIAGNOSIS Y EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE HUMEDAD EN EL CONTEXTO DE LA FACHADA OESTE DEL EDIFICIO P RELACIONADA CON LA TUMBA

Recurriendo a los datos recuperados en el proceso de muestra geofísica, se abordó una cuestión relacionada con las actividades de conservación implementadas en el Edificio P, la cual tuvo que ver con el crecimiento de materia orgánica en los peraltes de la escalinata y la presunción de que la causa estaba relacionada con la infiltración de agua de lluvia hacia los depósitos del Edificio P.

En primera instancia se pensó que el agua que se acumulaba en la tumba expuesta para la visita pública, y ubicada en el eje del basamento arqueológico, era la causa de que el agua se acumulara en la oquedad y por medio de capilaridad ascendente subiera hacia la parte inferior de la fachada poniente del monumento.

Teniendo en cuenta la información proporcionada por las líneas de resistividad que cubren el área de la escalinata de la fachada oeste, las líneas 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, se procedió al análisis de los valores de resistividad manifiestos en los pseudoperfiles, prestando atención a los que se relacionan con la presencia de humedad, esto es, aquellos inferiores a los 15 Ω m.

Observando los modelos resultantes del procesamiento de los datos, representados en las siete líneas de toma de muestra que se ubican sobre la escalinata oeste, se advierten valores de resistividad invertida en el rango comprendido entre los 0.107 Ω m y los 1,500 Ω m. Al mismo tiempo, se pueden caracterizar los materiales de fábrica que le dan volumen al monumento por el rango de valores de resistividad invertida que fluctúan entre los 400 Ω m y algunos valores superiores a los 1,000 Ω m.

Los valores de resistividad que se encuentran entre los 15 Ω m y los 50 Ω m se asocian con materiales donde aparenta haber un alto porcentaje de humedad, esto significa que al enviar el SYSCAL PRO una descarga eléctrica a través de la estratificación arqueológica con un alto grado de saturación se

	L4 - -Ω - m	L5 -Ω - m	L6 -Ω - m	L7 -Ω - m	L8 -Ω - m	L9 -Ω - m	L10 -Ω - m
Rango Ω - m	(1) 141 - 400	(1) 140 - 300	(1) 130 - 600	(1) 150 - 455	(1) 120 - >350	(1) >150 - 273	(1) >120 - >300
	(2) 200 - 750	(2) 50 - 700/1500	(2) 91 - >1000	(2) 200 - >2500	(2) 90 - >700	(2) 130 - >450	(2) >15 - >1200
	Ω - m	Ω - m	Ω - m	Ω - m	Ω - m	Ω - m	Ω - m

Tabla 2. Resumen de los rangos de los valores de resistividad invertida documentada por el equipo SYSCAL PRO mediante las siete líneas de toma de muestra en los depósitos que sustentan la escalinata ubicada en la fachada oeste del Edificio P.

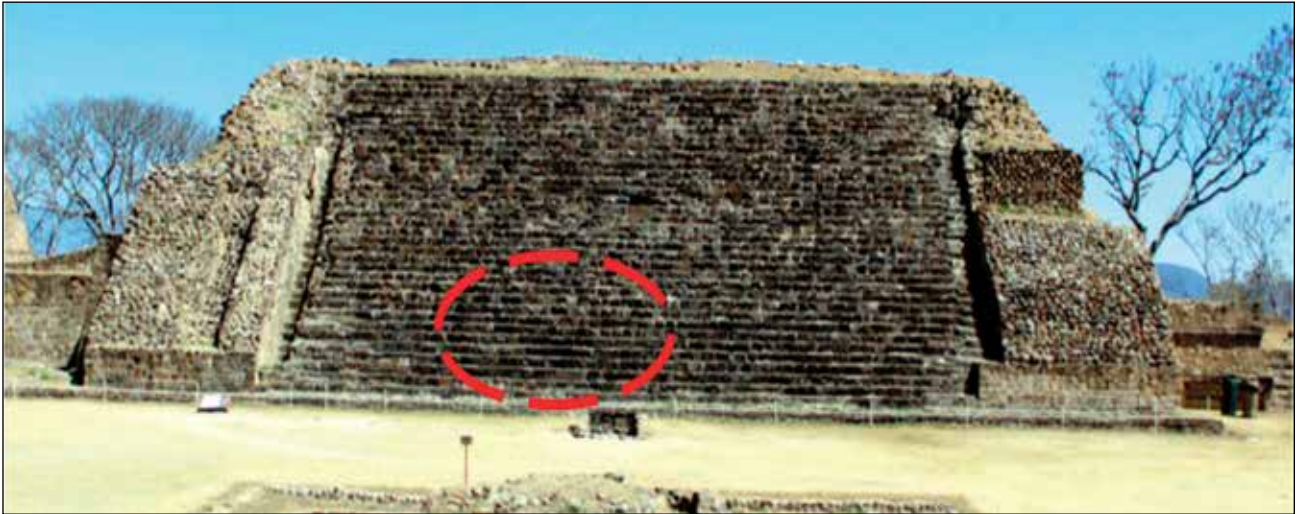
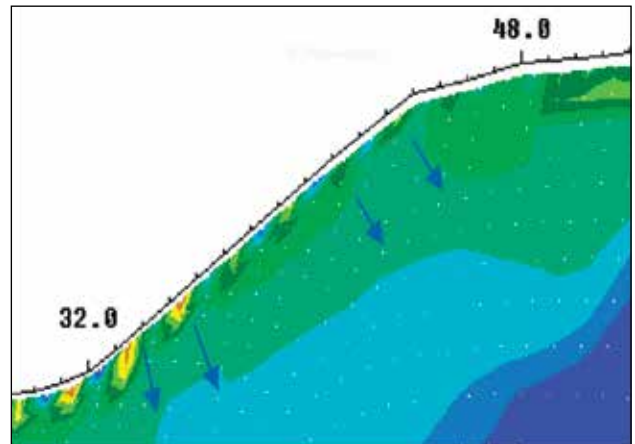


Figura 38. Imagen de la fachada poniente del Edificio P antes de la intervención realizada durante la temporada 2019 del Proyecto. En rojo se demarca una de las áreas con crecimiento de musgo / Foto: Proyecto Especial Monte Albán.

pierde la posibilidad de caracterizar la resistividad de los materiales de fábrica, al tener el agua menor resistencia para la conducción eléctrica.

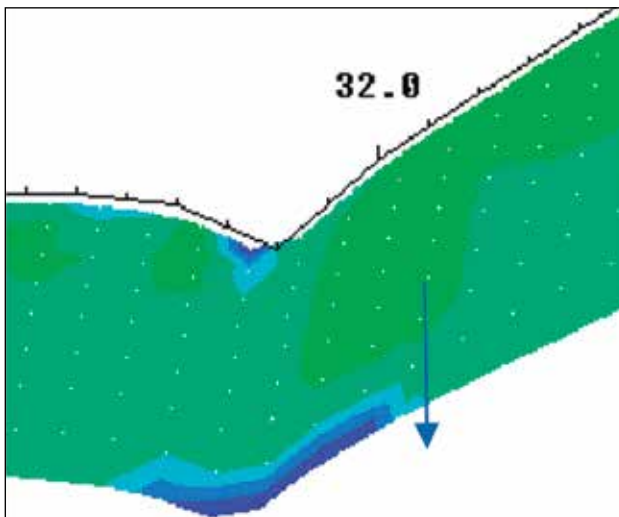
En la mayoría de los modelos se aprecia la infiltración de agua de lluvia desde la parte superior del basamento, lo que contribuye a la recarga del acuífero. La tendencia de la infiltración del agua se demarca bien en los modelos de las líneas 4, 5, 7 y 10. La permeabilidad hidráulica acusa una tendencia y vía preferencial de flujo hacia el lado este, no hacia el lado oeste. También se observa que el acuífero que se origina por la filtración del agua de lluvia desde la plaza es más profundo que la secuencia estratigráfica de los materiales de fábrica que le sirven de soporte a la escalinata y la fachada poniente del Edificio P.

En una ampliación del modelo del perfil que ocupa la escalinata a la altura de la línea 5 aparecen valores de resistividad de $15 \Omega\text{m}$ intercalados con resistividades que fluctúan entre los $500 \Omega\text{m}$ y los $1,400 \Omega\text{m}$, probablemente estas son las que caracterizan a los materiales utilizados para construir los peraltes y las huellas de la escalera. Los lugares marcados con una flecha aparentan ser espacios por donde el agua podría estar infiltrándose hacia los depósitos. Por otra parte, el mode-



lo indica que las fábricas tienen un bajo grado de permeabilidad hidráulica, al manifestar valores de resistividad invertida mayores a los $90 \Omega\text{m}$.

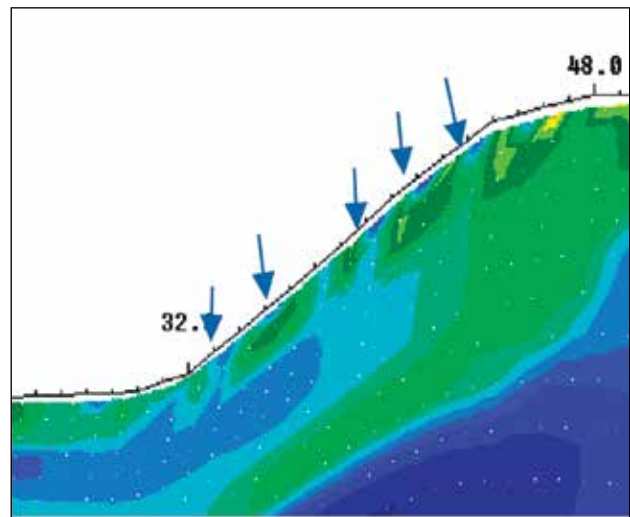
En el modelo de la línea 7 se aprecia que al pie de la escalinata y en el espacio de la tumba abierta para la visita al público existe una alta acumulación de humedad. En este lugar las fábricas tienen una resistividad inversa que fluctúa entre los $3 \Omega\text{m}$ y los $6 \Omega\text{m}$. En la ampliación de la imagen del sector de la tumba se aprecia que esa filtración del agua contribuye con la recarga del acuífero que se forma en la plaza y se ha marcado la tendencia con una flecha. No aparenta haber mucha humedad hacia la parte superior de la estratificación que conforma el sustento de la escalinata y esto probablemente se relacione con la baja permeabilidad hidráulica de las



fábricas. La humedad de los materiales por detrás del perfil del escalonamiento se caracteriza por tener una resistividad superior a los 350 Ω m.

En el modelo del perfil de la línea 10 se aprecia que en el sector de la escalinata aparecen ciertas discontinuidades en los valores de resistividad invertida, que han sido señalados con una flecha. Esto probablemente se relacione con el efecto de la humedad sobre los materiales constructivos de las escalinatas y la infiltración del agua de lluvia hacia la estratificación que conforma el volumen del basamento piramidal. Los materiales más resistentes en ese sector oscilan entre los 450 Ω m y los 737 Ω m, mientras que los de menor resistividad están entre los 94.2 Ω m y los 12 Ω m. El modelo aparenta indicar que existe una permeabilidad más alta en este sector del basamento piramidal.

De acuerdo con los datos de resistividad invertida y los atributos de los modelos que se han generado en la escalinata de la fachada poniente del Edificio P, se advierte una propensión para que la humedad que penetra a los depósitos del monumento y la cual genera condiciones favorables para el crecimiento de materia orgánica en ciertos sectores sea aquella que se filtra en la junta que se forma entre el peralte y la huella de la escalinata. Probablemente la capilaridad ascendente también contribuya a las condiciones de humedad en los depósitos del Edificio, así como



también contribuirían a esta situación la presencia de materiales disgregados en el sector de las alfardas y la falta de un diseño de acabado en la cima del basamento del monumento arqueológico que haga más eficiente el desalajo del agua de lluvia mediante el uso de materiales que incrementen las condiciones de impermeabilidad. De lo anterior se deduce la probabilidad de que la infiltración de agua de lluvia es consecuencia del material disgregado entre las juntas de cierto sector de la escalinata, se puso a prueba la hipótesis infiltrándose el contenido de una cubeta con 20 litros de agua, documentándose que en una hora y 30 minutos se había absorbido el líquido.

DOCUMENTACIÓN 3D DE EDIFICIOS SINIESTRADOS

La diversidad de condiciones adversas presentes en los monumentos siniestrados por los sismos obligó a pensar en adquirir la tecnología de *scanner* láser 3D, que permitiría documentar de manera rápida, segura y con la mayor precisión posible los diversos monumentos dañados, de tal manera que en breve tiempo, los arqueólogos y arquitectos tendrían acceso a imágenes a detalle y

con un rango de error muy bajo para tomar las decisiones técnicas que se requerían en el proyecto.

Así, como apoyo técnico del proyecto se adquirió tecnología láser mediante la elección del *scanner* 3D FARO FOCUS S70, idóneo para el registro de la arquitectura por tener un sensor de alta precisión y un alcance que resulta en la captura detallada de las áreas y se adapta al trabajo en climas tropicales.

El registro en imagen 3D permite obtener de manera virtual un objeto o elemento por completo, es decir todos sus lados o caras en conjunto, en un tiempo verdaderamente reducido, por lo que este método de relevamiento de las áreas comprometidas por el siniestro resulta idóneo para dar respuestas expeditas a las necesidades de intervención de los monumentos.

De igual forma se ha abierto un programa para continuar con la documentación 3D, de tal manera que se tendrá un banco de imágenes y modelos 3D que permitirán, en el futuro, comparar las imágenes y modelos obtenidos en este tiempo con aquellas que lleguen a alterarse por desastres o por intervenciones de restauración.

En este apartado se da cuenta de las labores de documentación 3D realizadas.

REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D

El registro en imagen 3D permite obtener de manera virtual un objeto o elemento completo, es decir todos sus lados y caras. Las imágenes obtenidas con esta tecnología tienden a reemplazar a los sistemas tradicionales de documentación técnica, como el dibujo a escala, cortes, alzados y plantas de cada elemento deseado.

La metodología implica un concentrado, arduo y minucioso trabajo de campo, mientras que en el gabinete se planea, procesa, revisa y ejecuta la modulación 3D, gran herramienta visual para los tratamientos de restauración, divulgación e interpretación temática de los monumentos.



Scanner FARO FOCUS S70 / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Como desarrollo de esta tarea se llevaron a cabo dos etapas de trabajo: el registro en campo para obtención de datos y posteriormente el proceso de estos datos (trabajo de gabinete).

La metodología establecida para la documentación y registro en imagen 3D fue la siguiente:

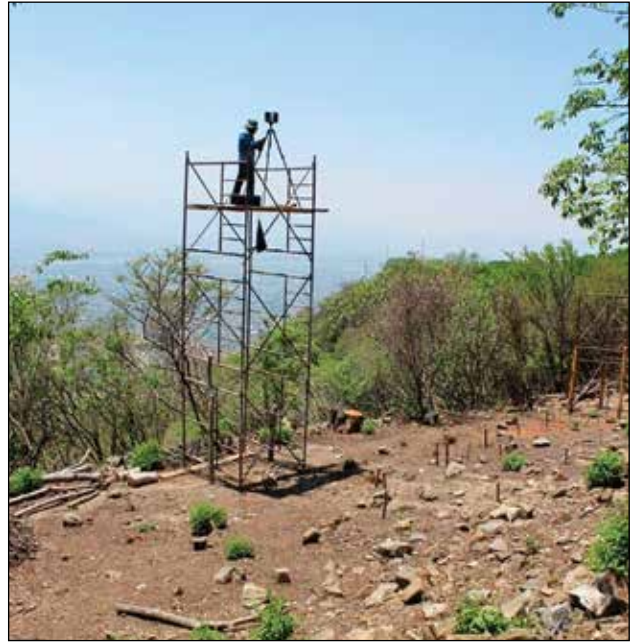
Planeación de posicionamiento. Se seleccionaron los puntos de posicionamiento en el terreno mediante el uso de un croquis. Previo al escaneo se recorrió la periferia del monumento con el propósito de visualizar todos los costados a escanear. De esta manera pudimos considerar todos los ángulos y los espacios más estrechos.

Posicionamiento sobre el terreno y elevaciones. Para efectuar los registros de los elementos se llevaron a cabo tomas a nivel de piso, para elevaciones de más de 6 a 8 metros se auxilió con estructuras metálicas (andamios) desmontables, para poder obtener el registro completo del elemento. También fue importante conocer el relieve del terreno para planear adecuadamente la secuencia de la documentación, el alcance del equipo y tener la seguridad de apoyar el andamiaje sobre el que se colocará el *scanner* correctamente, a efecto de que alcance la altura necesaria para escanear los espacios horizontales del monumento.

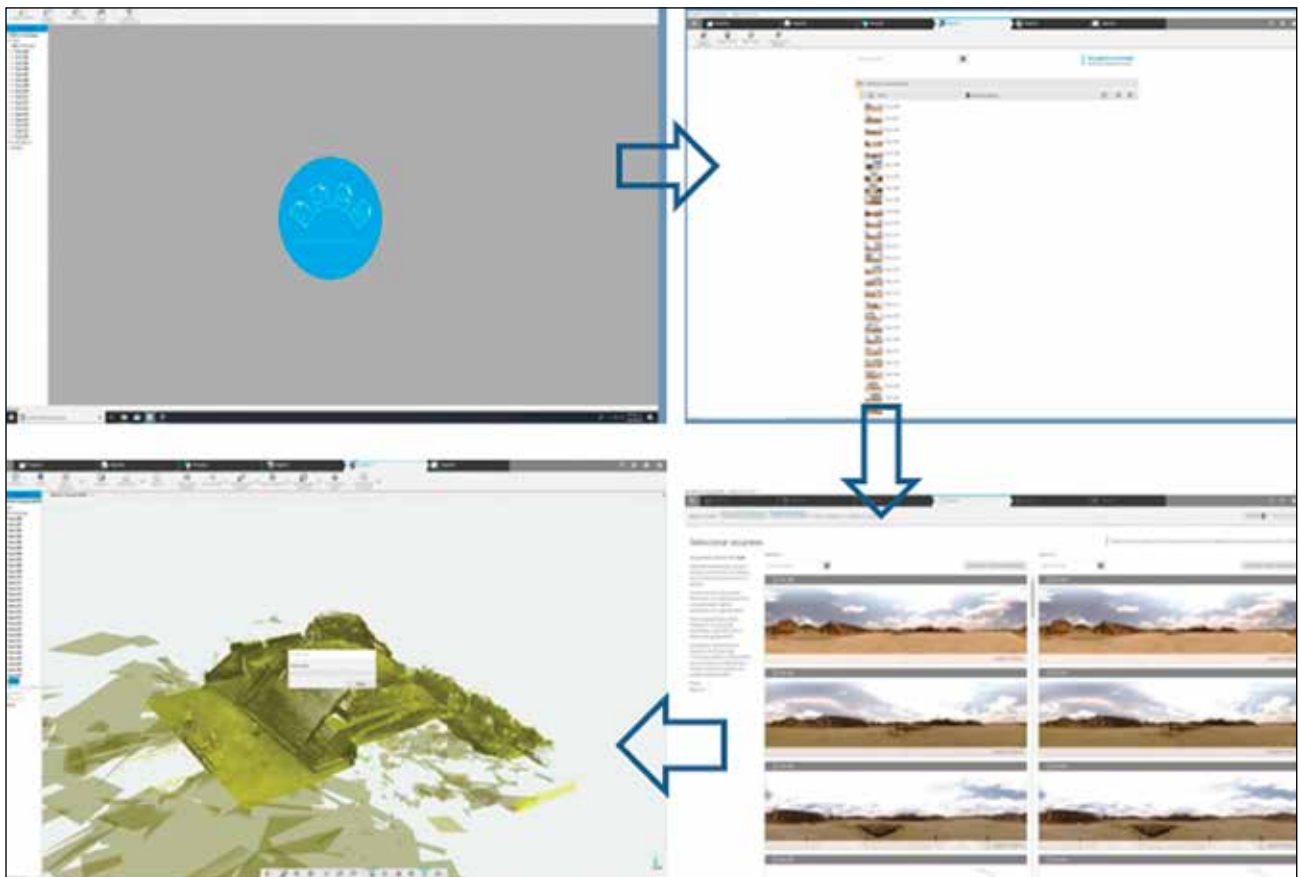
La programación del escáner se estableció de acuerdo con las características de cada monumento o conjunto de monumentos, de tal modo que fue de



Ejemplificación de tomas a nivel de piso. *Scanner FARO FOCUS s70* / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Realización de tomas en elevaciones de hasta ocho metros con respecto al nivel de piso con apoyos de andamios. *Scanner FARO FOCUS s70* / Foto: Archivo técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Procesos para la obtención de imagen 3D en *software* SCENE.

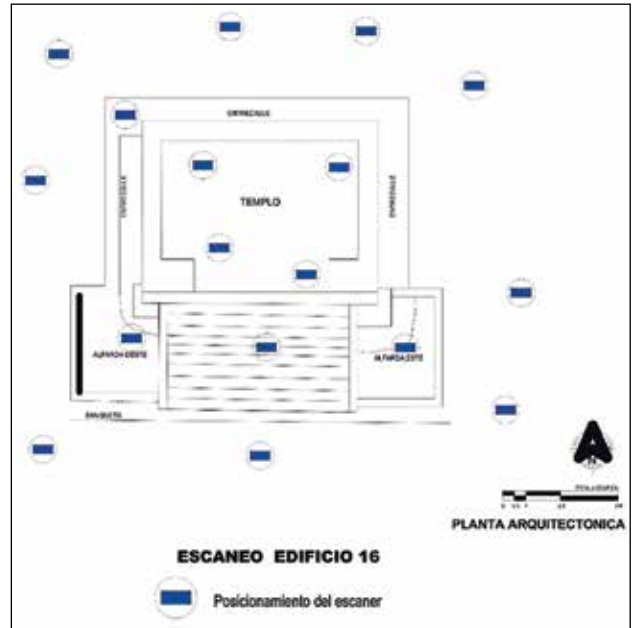


Procesamiento de datos en equipo de cómputo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

entre $\frac{1}{4}$ -4X a 44 mega puntos hasta $\frac{1}{2}$ -4X a 44 con una distancia de puntos de 6.1 mm/10 m, hasta 50 m. horizontal de 0° a 360° con medición ponderada al horizonte con una duración de toma de 10:24 a 17:20 minutos.

Después de diseñar la estrategia de la documentación se procedió a realizar el registro 3D y, posterior a la labor de campo, los datos capturados fueron procesados durante las labores de gabinete, donde se integraron archivos y se generaron modelos utilizando la nube de puntos obtenidos, creando una imagen manipulable de donde se pueden obtener diversos productos como una memoria histórica del monumento, productos para difusión y modelos didácticos. Los datos recuperados en campo se procesaron con la ayuda del *software* SCENE. La documentación se complementó con la elaboración de videos cortos de recorridos por el modelo logrado en 3D.

TRABAJOS DE DOCUMENTACIÓN EN 3D EN LOS MONUMENTOS AFECTADOS EN EL CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA



Registro 3D. Edificio 16. Lado poniente / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Registro 3D. Edificio 16. Lado sur / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Registro 3D. Edificio 16. Templo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Registro 3D. Edificio 16. Lado norte / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Edificio 16. Se sitúa hacia la parte norte del conjunto residencial conocido como Casa de Oriente. Se llevaron a cabo los levamientos 3D de este inmueble. La toma de datos dio inicio en la fachada sur, siguiendo hacia su fachada del lado oriente, posteriormente hacia la fachada norte y

poniente para terminar con tomas hacia la parte superior correspondiente al templo. La disposición de los elementos permitió tomas a nivel de piso solamente.

Plataforma norte de Casa de los Altares. Se sitúa hacia la parte norte del conjunto residencial

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA- REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D</p> <p>PLANO: EDIFICIO 16. PERSPECTIVA SUROESTE</p>	
		<p>CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA</p> <p>SIMBOLOGÍA</p>
<p>EDIFICIO 16 PERSPECTIVA SUROESTE</p>		<p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p>
		<p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CO-DIRECCIÓN: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA- REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO 16. ALZADO NORTE Y LADO ESTE</p>
	<p>SIMBOLOGÍA</p> <p> CORTE DE TIERRA</p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ACOTACIÓN: LA INDICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>

ESCANEOS PLATAFORMA NORTE DE CASA DE LOS ALTARES

Posicionamiento del escaner

Escala Gráfica
 0 1 2 3 10M



Registro 3D. Plataforma norte de Casa de los Altares. Al interior / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Registro 3D. Plataforma norte de Casa de los Altares. Lado suroeste / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA- REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D</p> <p>PLANO: PLATAFORMA NORTE DE LA CASA DE LOS ALTARES</p>	
		<p>CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <p> CORTE DE TIERRA</p>
<p>PLATAFORMA NORTE PERSPECTIVA NORESTE</p>		<p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ACOTACIÓN: METROS</p>
<p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>		

conocido como Casa de los Altares. La toma de datos dio inicio por el lado este, siguiendo hacia el sur, posteriormente hacia el oeste y norte para terminar con tomas hacia adentro de los espacios de la plataforma, la disposición de los elementos permitió tomas a nivel de piso solamente.

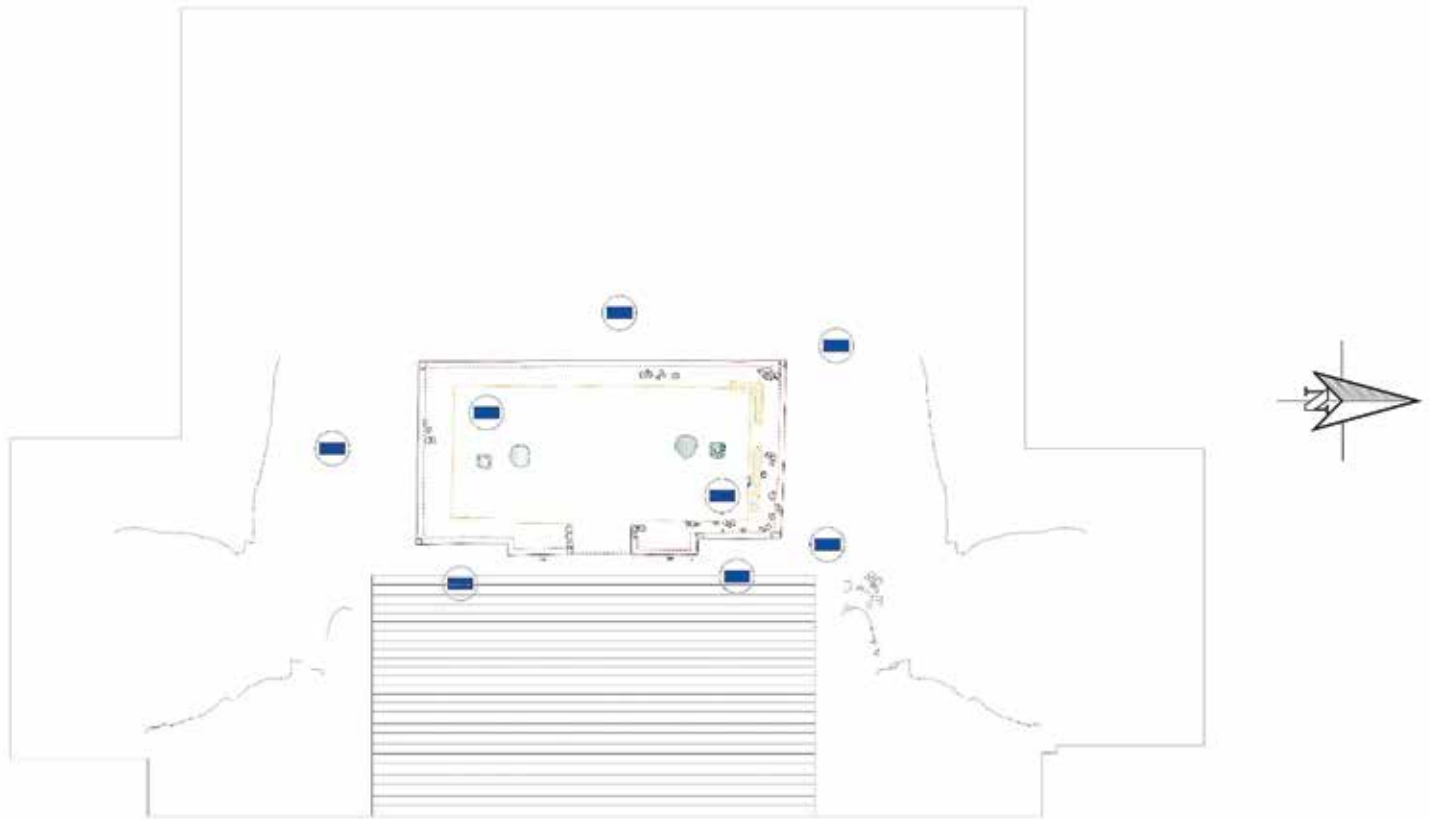
Edificio 4. Está situado hacia la parte superior del sitio, formando parte de un grupo de cinco edificios que delimitan la plaza principal. Se llevaron a cabo los levantamientos 3D de este inmueble en la parte correspondiente al templo. Primeramente, con ayuda de un croquis, se planeó y dispuso el



Registro 3d. Edificio 4. Al interior del templo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Registro 3d. Edificio 4. Esquina suroeste / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



ESCANEADO TEMPLO EDIFICIO 4

 Posicionamiento del escaner

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA- REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO 4. TEMPLO</p>
<p style="text-align: center;">EDIFICIO 4 _ TEMPLO PERSPECTIVA SURESTE</p>	<p style="text-align: center;">CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA</p> <hr/> <p style="text-align: center;">SIMBOLOGÍA</p> <p style="text-align: center;"> CORTE DE TIERRA </p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>

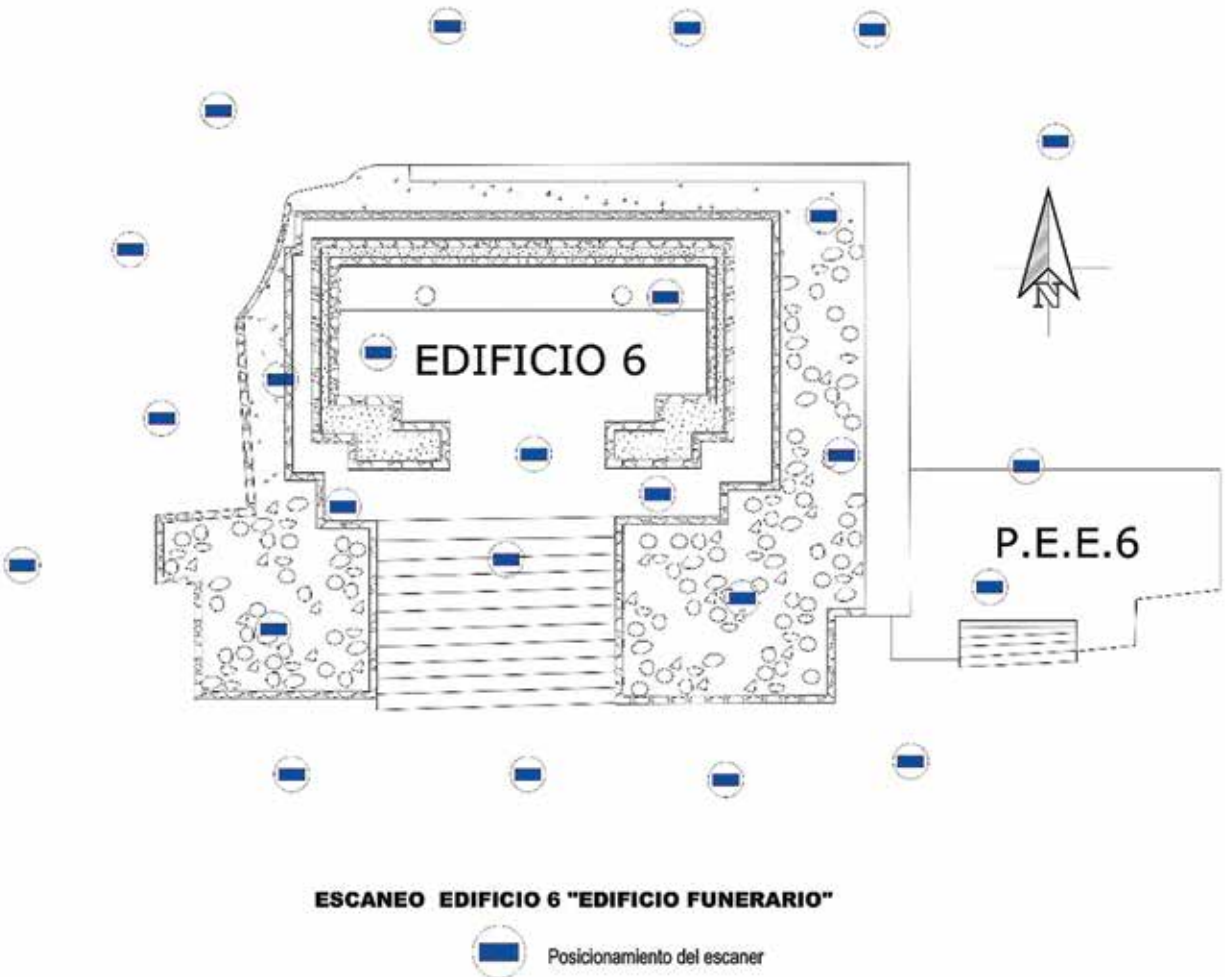
posicionamiento del *scanner* 3D. La toma de datos dio inicio por el lado norte, siguiendo hacia el oriente, posteriormente hacia el sur y oeste, para terminar con tomas hacia adentro del espacio. La disposición de los elementos permitió tomas a nivel de piso.

Edificio 6 (funerario). Se encuentra ubicado en el área central del Conjunto Monumental de Atzompa, al norte de la Plaza B, que en cuanto al tamaño es la segunda más grande del sitio. Se llevaron a cabo los levantamientos 3D de este inmueble. La toma de datos dio inicio por el lado sur,





Registro 3d. Edificio 6 funerario / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA- REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO . PERSPECTIVA SURESTE CAMARA FUNERARIA</p>
<p>EDIFICIO 6 "FUNERARIO" PERSPECTIVA SURESTE</p> <p>EDIFICIO 6 "FUNERARIO" CORTE X-X'</p>	<p>CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <p> CORTE DE TIERRA</p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ACOTACIÓN: METROS</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>

siguiendo hacia el oriente, posteriormente hacia el norte y oeste, para terminar con tomas hacia adentro de los espacios correspondientes a las cámaras funerarias. La disposición de los elementos permitió tomas a nivel de piso.

TRABAJOS DE DOCUMENTACIÓN EN 3D EN LOS MONUMENTOS AFECTADOS EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN

Sistema IV. Se llevaron a cabo los levamientos de este inmueble que se localiza en el costado poniente de la plaza principal de Monte Albán.



Sistema IV. Fachada este, toma a nivel de 6 a 8 metros / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Sistema IV. Fachada norte, toma a nivel de 6 a 8 metros / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Sistema IV. Fachada este. Tomas a nivel de piso / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Inicialmente, con ayuda de un croquis visto en planta, se dispuso el posicionamiento del *scanner* 3D. Se inició por la parte este, hacia adentro del patio abierto. Se llevaron a cabo tomas 3D a nivel de piso y para los registros en nivel superior se dispuso de un andamio desmontable de estructura metálica. La altura máxima de posicionamiento fue de 4 hasta 6 metros.

Se continuó el registro 3D hacia el exterior del lado oeste, norte y sur. Se llevaron a cabo tomas a nivel de piso y para los registros en nivel superior se dispuso de un andamio desmontable de estructura metálica. La altura máxima de posicionamiento fue de 6 hasta 8 metros.

Se continuó el registro 3D en el templo de este inmueble, con tomas a nivel de piso y para los registros en nivel superior se dispuso de un andamio desmontable de estructura metálica. La altura máxima de posicionamiento fue de 4 hasta 6 metros.





Sistema IV. Túnel en el interior del basamento / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Sistema IV. Parte superior del templo, toma a nivel de 6 a 8 metros / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA- REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D</p> <p>PLANO: SISTEMA IV. CORTE TUNEL DE EXPLORACIÓN</p>	
 <p style="text-align: center;">SISTEMA IV PERSPECTIVA SURESTE</p> 		 <p style="text-align: center;">ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> <hr/> <p style="text-align: center;">SIMBOLOGÍA</p> <p style="text-align: center;">  CORTE DE TIERRA </p> <hr/> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <hr/> <p>ESCALA:</p> <hr/> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>
		

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA- REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D</p> <p>PLANO: SISTEMA IV. ALZADO LADO SUR. BASAMENTO PIRAMIDAL</p>	
 <p style="text-align: center;">ALZADO SUR BASAMENTO PIRAMIDAL</p> <p style="text-align: right;">Escala Gráfica 0 1 2.5 5 10M</p> 		 <p style="text-align: center;">ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> <hr/> <p style="text-align: center;">SIMBOLOGÍA</p> <p style="text-align: center;">  CORTE DE TIERRA </p> <hr/> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <hr/> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <hr/> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>
		

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: SISTEMA IV. ALZADO NORTE BASAMENTO PIRAMIDAL</p>	
 <p>ALZADO NORTE BASAMENTO PIRAMIDAL</p>  <p>ESCALA GRÁFICA 0 1 2.5 5 10M</p> <p>CRÓQUIS DE LOCALIZACIÓN</p>		 <p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <p> CORTE DE TIERRA</p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>
		

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: CORTE TUNEL DE EXPLORACIÓN</p>	
 <p>CORTE X-X' TUNEL DE EXPLORACIÓN</p>  <p>ESCALA GRÁFICA 0 1 2.5 5 10M</p> <p>CRÓQUIS DE LOCALIZACIÓN</p>		 <p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <p> CORTE DE TIERRA</p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>
		

Se llevó a cabo el registro 3D del túnel de exploración al interior del basamento, con tomas a nivel de piso y para los registros en nivel superior se dispuso de andamios desmontables de estructura metálica. La altura máxima de posicionamiento fue de 6 metros.

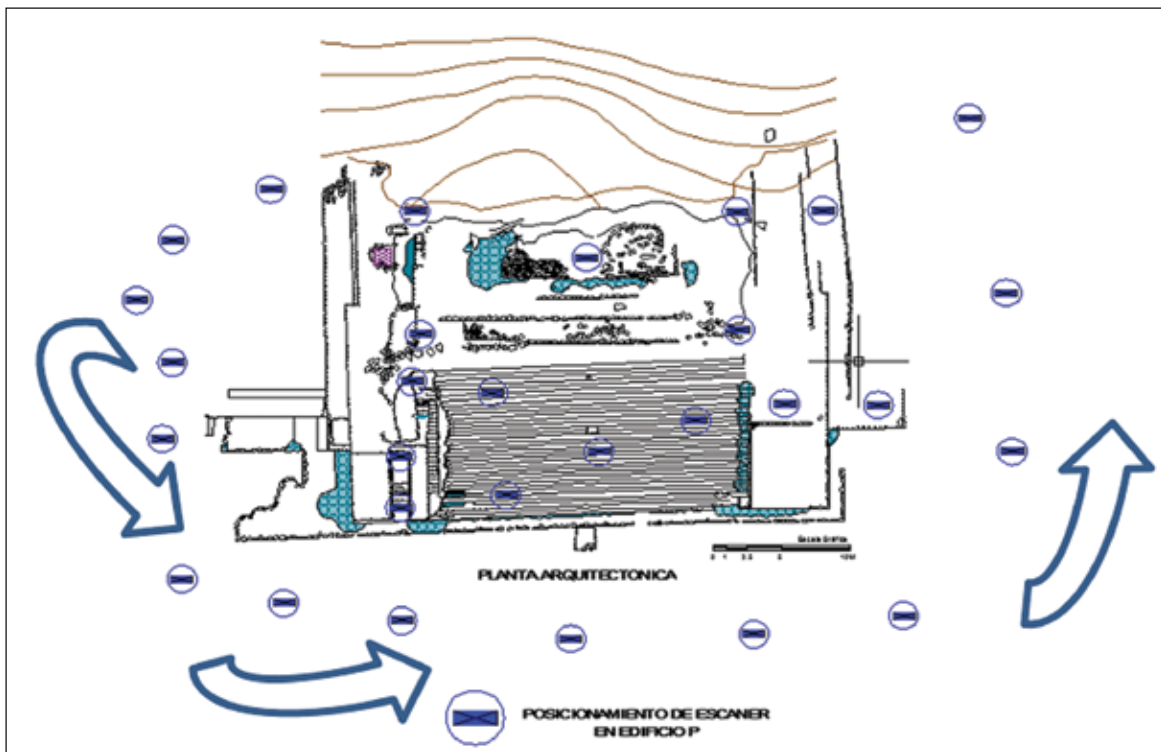
Edificio P. Este edificio se encuentra desplantado en el margen oriental de la plaza principal de Monte Albán. Se trata de una edificación cuya altura la integran tres cuerpos sobrepuestos del basamento, con una fachada principal orientada al interior de la plaza provista de una amplia escalinata con alfardas que remata en cada extremo; elementos característicos de la arquitectura prehispánica oaxaqueña.

En este edificio el escaneo 3D fue empleado para realizar un registro minucioso de su arquitectura y los procesos de exploración como la de los pozos de sondeo 2 y 3, el registro de calas practicadas en el costado sur en la cala 10, en los cuadros N12E10 y en el perfil estratigráfico N16E10, N17E10. Para lograr un registro integral

y obtener un modelo completo del edificio se escanearon las tumbas 135, 249 y el nicho ubicado en el costado este del edificio. Se hicieron tomas a nivel de piso y para los registros en nivel superior se dispuso de un andamio desmontable de estructura metálica. La altura máxima de posicionamiento fue de 6 hasta 8 metros.



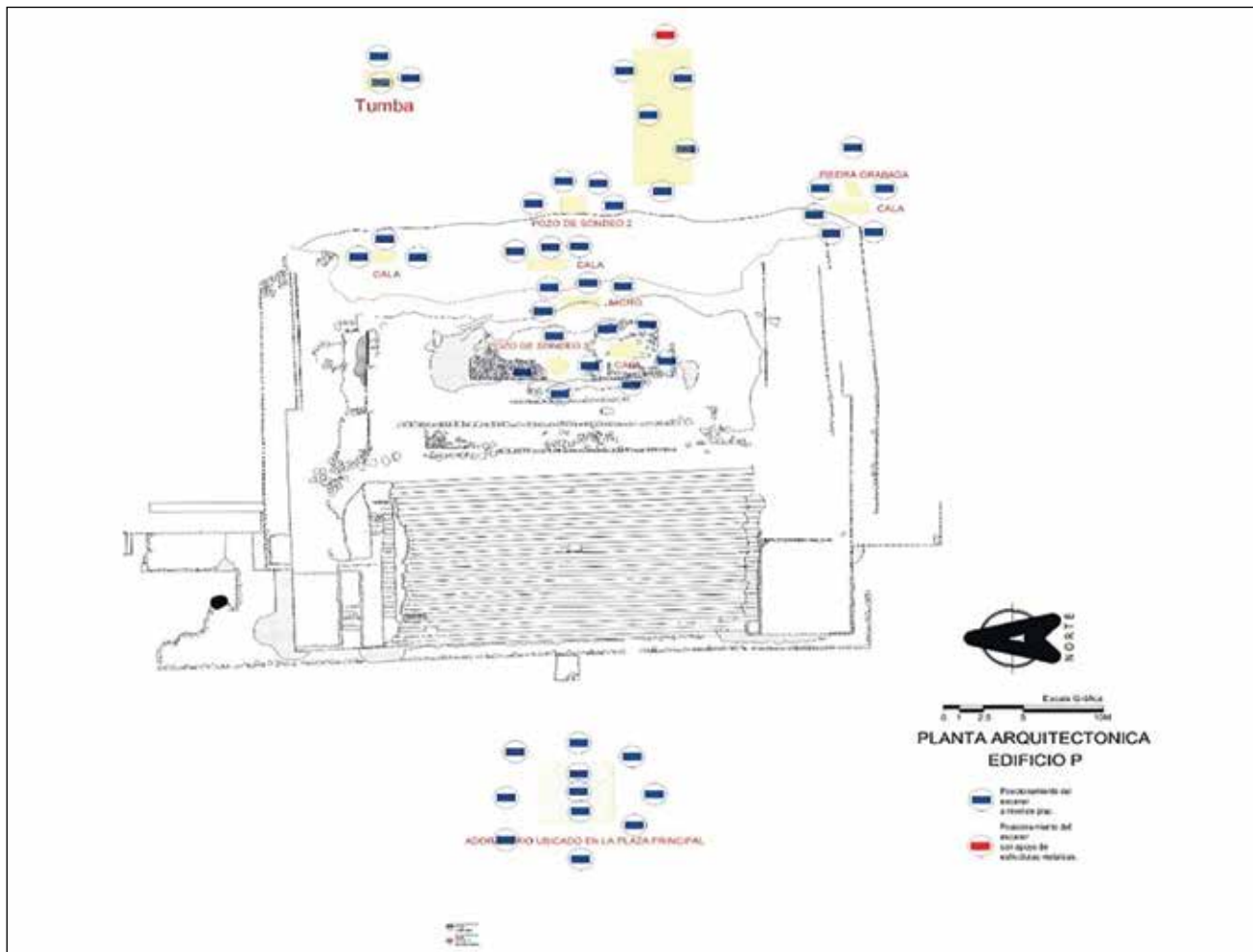
Registro en campo. Edificio P. Fachada oeste / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Planeación del posicionamiento del scanner 3D.



Edificio P. Registro en campo a nivel de terreno y con ayuda de andamios / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Edificio P. Croquis de localización de posicionamientos en levantamientos en unidades de excavación de registro 3d / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Edificio P. Registro en campo. Pozo de sondeo 3. Vista al interior / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Edificio P. Registro en campo. Pozo de sondeo 3 / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Edificio P. Registro en campo nicho 2. Vista al interior / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Edificio P. Pocisionamiento de *scanner* FARO 3D, tumba 249 / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO P ALZADO LADO SUR</p>	
 <p>ALZADO DE LADO SUR</p>		 <p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <p> CORTE DE TIERRA</p>
		<p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO P ALZADO LADO NORTE</p>	
 <p>POZO DE SONDEO 2_VISTA 3D.</p> <p>PERFIL SECCIÓN DE LADO NORTE.</p> <p>PERFIL SECCIÓN DE LADO SUR.</p>		 <p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p>  <p>CROQUIS DE UBICACIÓN</p>
		<p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO P TUMBA 135</p>	
		 <p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <p> CORTE DE TIERRA</p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>
		

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO P CALA LADO SUR TEMPLO</p>	
		 <p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p>  <p>CROQUIS DE UBICACIÓN</p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>
		

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO P POZO DE SONDEO 3</p>	
 <p>POZO DE SONDEO 3_VISTA 3D.</p> 	 <p>PERFIL SECCIÓN LADO SUR</p>  <p>PERFIL SECCIÓN LADO NORTE</p>	 <p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p>  <p>CROQUIS DE UBICACIÓN</p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>
		

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO P PERFIL ESTRATIGRÁFICO N16E10-N17 N17E10</p>	
 <p>PERFIL ESTRATIGRÁFICO N16E10-N17E10_VISTA 3D.</p>   <p>PERFIL ESTRATIGRÁFICO N16E10-N17E10_VISTA DE FRENTE.</p>	 <p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p>  <p>CROQUIS DE UBICACIÓN</p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>	
		

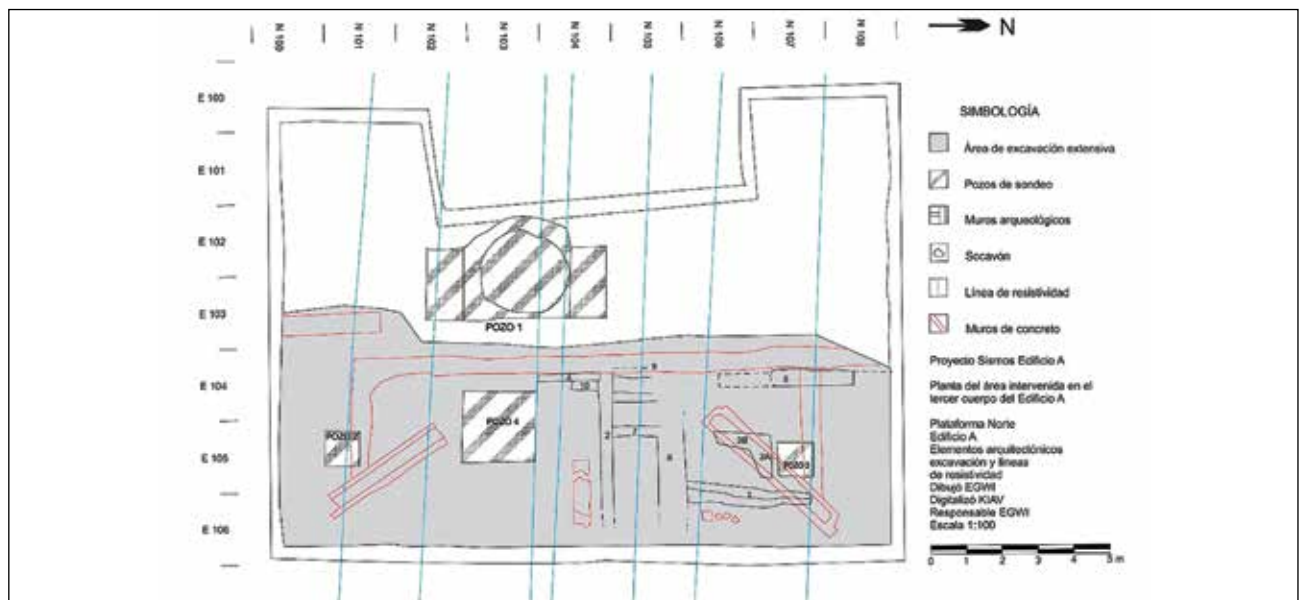
	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO P TUMBA 249</p>	
<p>PERFIL SECCIÓN LADO NORTE.</p> <p>TUMBA 249_VISTA 3D.</p>		<p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> <p>CROQUIS DE UBICACIÓN</p>
		<p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO P NICHOS 2 PARTE SUPERIOR DEL LADO ESTE</p>	
<p>NICHOS 2_VISTA 3D.</p> <p>SECCIÓN DE FRENTE_NICHOS 2.</p> <p>PERFIL SECCIÓN LADO SUR.</p>		<p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> <p>CROQUIS DE UBICACIÓN</p>
		<p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: EDIFICIO P PIEDRA GRABADA</p>
	<p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> <p>CROQUIS DE UBICACIÓN</p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>

Edificio A. Se localiza en el ángulo superior sureste de la plataforma norte y hacia el margen este del patio hundido. El socavón fue una de las mayores afectaciones debido a que se encontraba en la cima del edificio, tenía una forma circular en planta. Se inició con el registro del socavón y la parte superior en su etapa de exploración con tomas 3D a nivel de piso y para los registros se dispuso de un andamio desmontable de madera.

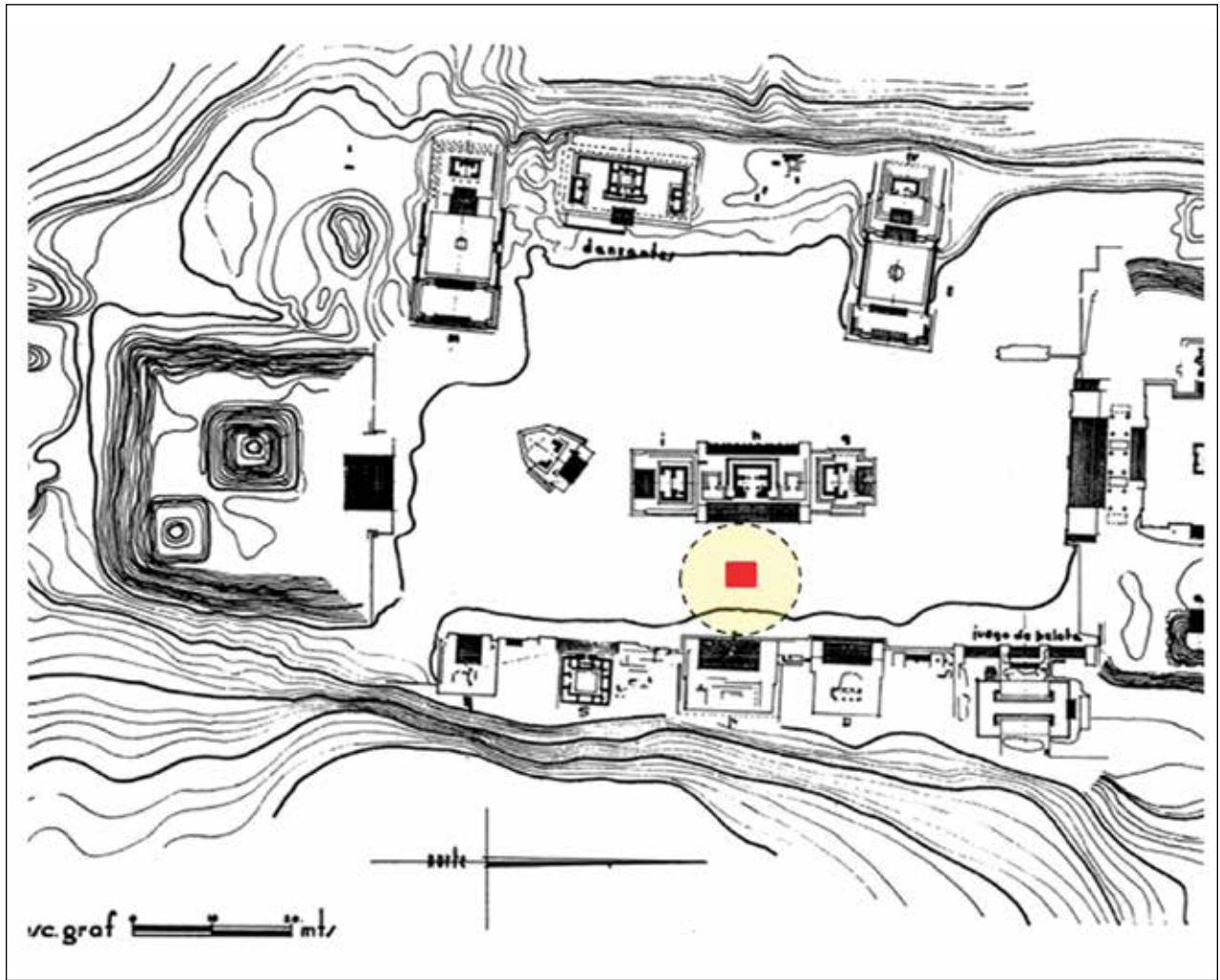
Adoratorio central. Se localiza en el sector oriente de la plaza principal de Monte Albán. La documentación en este edificio se realizó programando el *scanner* entre los rangos que hemos señalado líneas arriba en todos los paramentos exteriores del monumento, con lo que se logró un modelo satisfactorio.





Edificio A. Registro en campo. Pozo 1 / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: ESCANEO SOCAVÓN 1</p>	
		<p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <p> CORTE DE TIERRA</p> <p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CO-DIRECCIÓN: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>



Monte Albán. Plaza principal. Ubicación del Adoratorio y el área de registro en 3D / Imagen: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Adoratorio. Pocisionamiento de scanner FARO 3D, vista al este / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Adoratorio. Pocisionamiento de scanner FARO 3D, vista al oeste / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Plataforma norte. Se trata de una gran y compleja nivelación artificial sobre la que se desplantan un arreglo con cuatro pirámides delimitando una plaza, edificios VG, D, E, Templo de las Columnas y Edificio Dos Puertas. Un patio hundido de forma rectangular con escalinatas en su eje oriente poniente y un altar central.

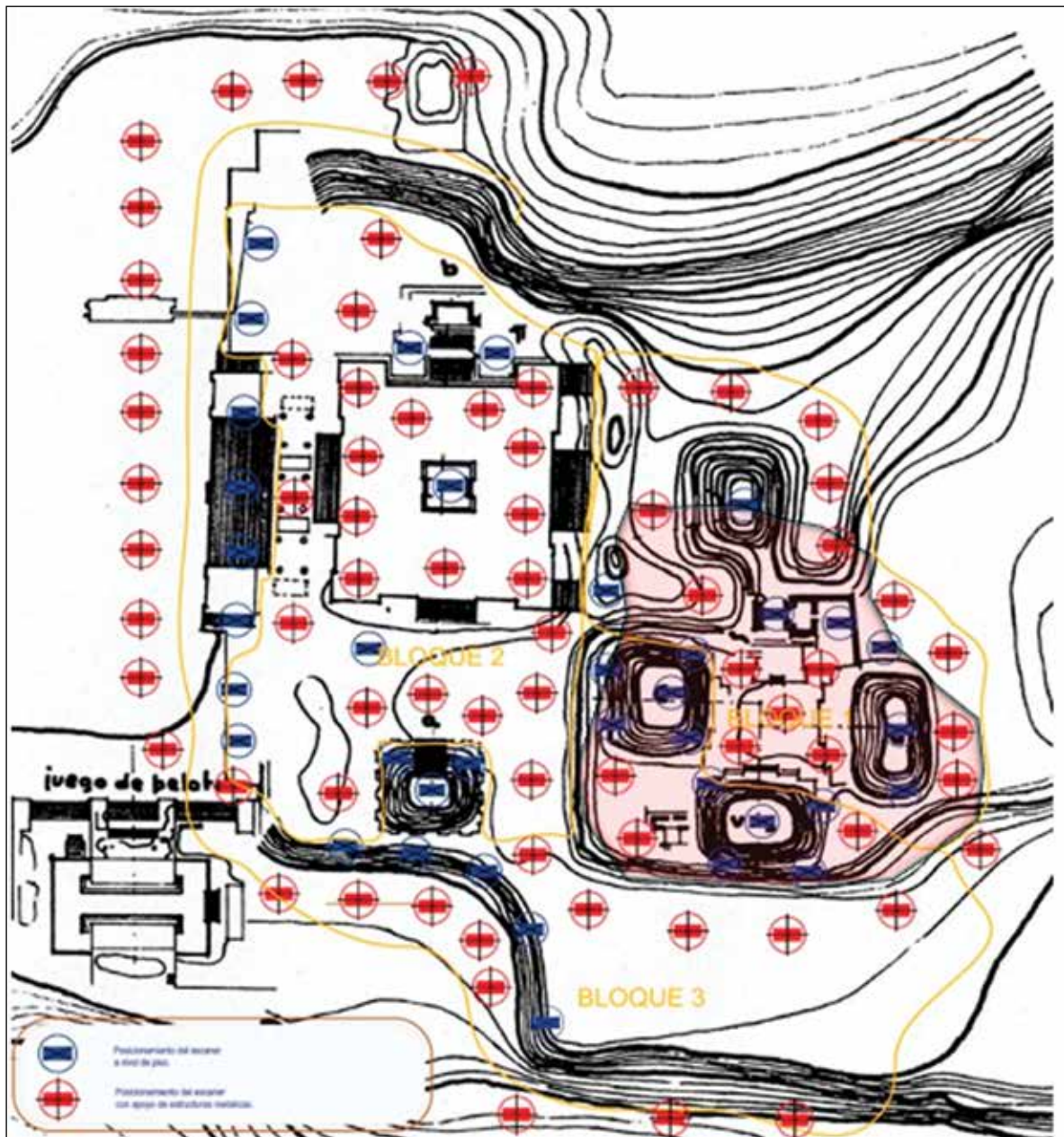
La estrategia de trabajo establecida para estos casos requería de una documentación de los rasgos más compleja, ya que fueron señaladas alrededor de 70 estaciones que permitieron tomar los datos de este importante conjunto arquitectónico.

Como parte de este proyecto se llevó a cabo el escaneo en imagen 3D de la Plataforma Norte, primeramente, para el registro en campo con ayuda de un croquis visto en planta, se dispusieron los posicionamientos que se necesitaron para el equipo 3D. Se dividió el área de la Plataforma Norte en tres componentes con la finalidad de conseguir objetivos coincidentes para el agrupamiento general.

Componente 1. Edificio VG, Edificio D, Edificio E, Templo de las Columnas y Edificio Dos Puertas



Componente 1. Conjunto vértice geodesico. Scanner montado sobre andamios / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Plataforma norte. Componente 1. Posicionamientos y división en bloques para su registro en imagen 3d.

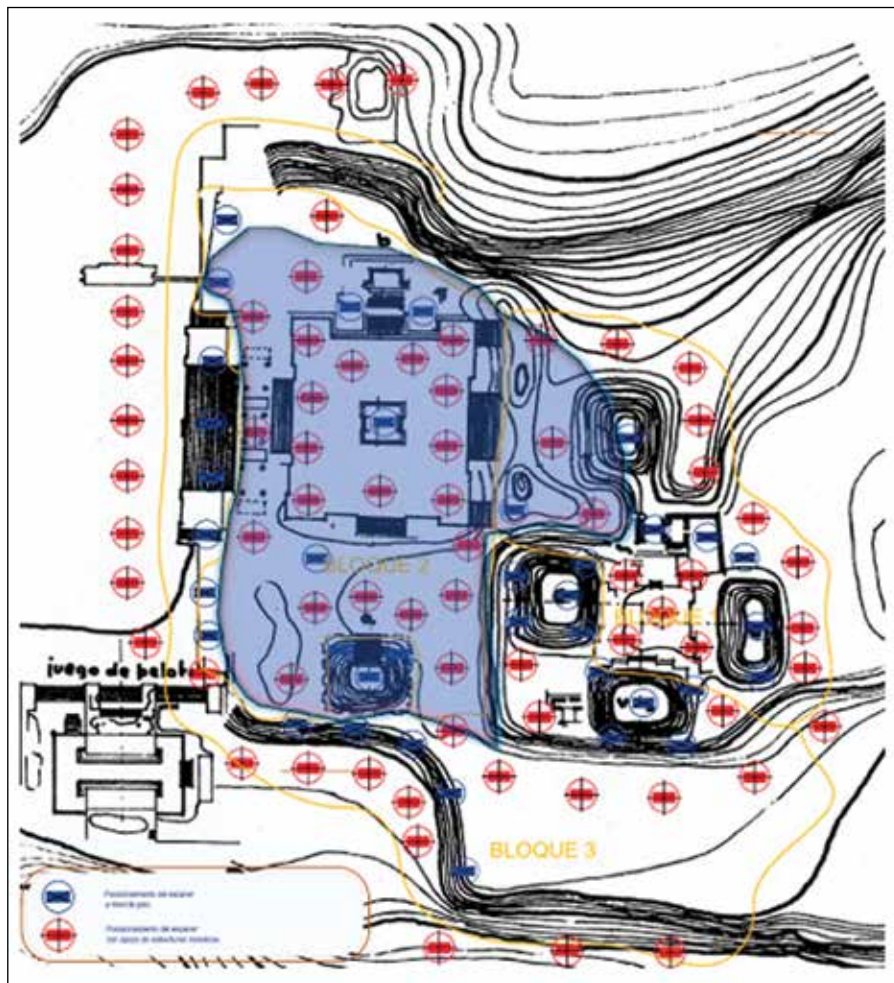


Componente 1. Posicionamiento sobre el terreno aprovechando los volúmenes y elevaciones de los edificios / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Componente 2. Edificio I Romano, Gran Patio Hundido-Adoratorio, Edificio A-Área B sur, Edificio B y Área SO



Componente 2. Lado sur del Edificio E. Proceso de montaje y programación de *scanner* 3D / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



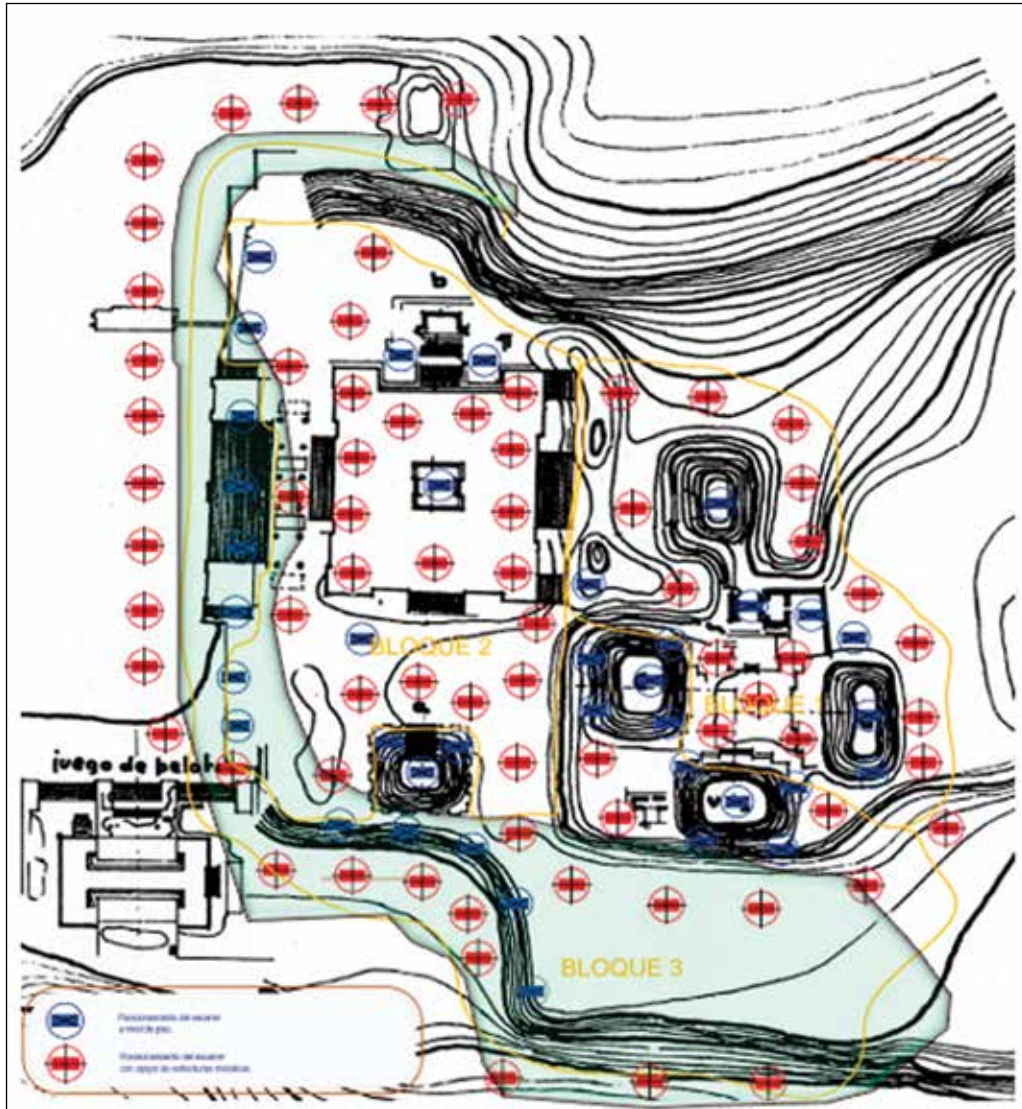
Plataforma norte. Componente 2. Posicionamientos y división en bloques para su registro en imagen 3D / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Componente 2. Patio hundido. Montaje y programación de scanner 3D / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Componente 2. Patio hundido lado sur. Toma de imagen 3D / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Plataforma norte. Componente 3. Posicionamientos y división en bloques para su registro en imagen 3D / Imagen: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Componente 3. Muros delimitantes del lado este, Escalinata Monumental del lado sur y muros delimitantes del lado este



Componente 3. Acceso de lado sur. Montaje y programación de *scanner 3D* / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Los archivos digitales de cada toma se importaron de manera individual según la asignación de nombre en levantamiento y componente. Se registraron verificando que cada toma se integrara en una superposición en la cual se pudiesen conseguir objetivos coincidentes, por ello el primer componente parte como base para el agrupamiento general con los componentes 2 y 3.

La labor desarrollada durante las temporadas del proyecto de documentación ha sido muy

importante y el *scanner* ha sido una herramienta indispensable para documentar cómo los rasgos se vieron afectados por el sismo de 2017, incluyendo las grietas o fisuras en los monumentos y demás incidencias.

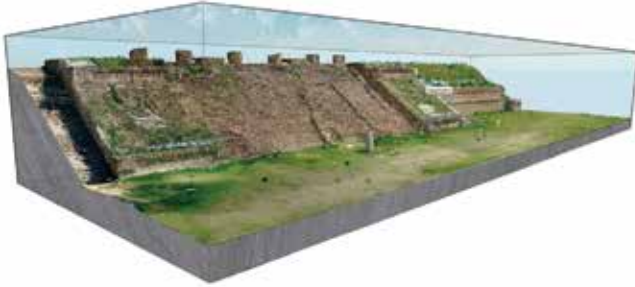
La documentación de los procesos de trabajo ha permitido identificar de manera precisa tanto los rasgos arqueológicos como los sistemas constructivos.

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: PLATAFORMA NORTE COMPONENTE 1</p>	
 <p>PLATAFORMA NORTE COMPONENTE 1 _VISTA 3D.</p>		 <p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> 
 <p>PLATAFORMA NORTE COMPONENTE 1 PERFIL ESTE _VISTA 3D.</p>		<p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>
		

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PLANO: PLATAFORMA NORTE COMPONENTE 2</p>	
 <p>PLATAFORMA NORTE COMPONENTE 2 _VISTA 3D.</p>		 <p>ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN</p> 
 <p>PLATAFORMA NORTE COMPONENTE 2 PERFIL NORTE _VISTA 3D.</p>		<p>ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES</p> <p>ESCALA: ESPECIFICADA</p> <p>DIRECCIÓN GENERAL: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CO-DIRECCIÓN: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA DR. OSVALDO STERPONE</p>
		



CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA
REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D
PLANO: PLATAFORMA NORTE COMPONENTE 3



PLATAFORMA NORTE COMPONENTE 3_ACCESO SUR_VISTA 3D.



PLATAFORMA NORTE COMPONENTE 3_LADO SURESTE_VISTA 3D.



ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN



ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D
PERSONAL TÉCNICO: MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA
ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES

ESCALA: ESPECIFICADA

DIRECCIÓN GENERAL:
DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA

CO-DIRECCIÓN:
MTRO. JOSÉ HUCHIM HERRERA
DR. OSVALDO STERPONE



7. EXPLORACIÓN ARQUEOLÓGICA

Como ha sido expuesto en apartados anteriores, la investigación arqueológica jugó un papel central en el desarrollo de este proyecto, toda vez que fue la herramienta académica que permitió comprender la procedencia y naturaleza de los daños detonados por los sismos. En este sentido, se practicó la excavación para adentrarse sistemáticamente en las grietas, socavones y los remanentes de muros derrumbados y efectuar su limpieza, evaluar adecuadamente la naturaleza de los deterioros, clasificar las capas estratigráficas y, por ende, proponer la secuencia constructiva y los órdenes de la caída de los materiales.

Esta actividad nos llevó a definir los sistemas constructivos en el interior de los monumentos afectados, su secuencia deposicional y los materiales arqueológicos asociados, así como realizar hallazgos de contextos que por siglos estuvieron sellados o complementar otros que habían sido explorados parcialmente por los proyectos arqueológicos y de conservación que antecedieron a este.

De esta manera, la presencia permanente de los arqueólogos fue la referencia para determinar el valor cultural y las temporalidades de las capas, los elementos arquitectónicos y los materiales

asociados, conjuntos de datos de primera importancia en la toma de decisiones para su adecuada conservación.

EDIFICIO A

LIBERACIONES DE ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS

El Edificio A de Monte Albán presentó las mayores afectaciones que amenazaban su estabilidad, por tal motivo fue uno de los primeros edificios en ser intervenido de modo emergente.



Acordonamiento del Edificio A durante las exploraciones arqueológicas / Foto: Archivo Técnico Proyecto Sismos, ZAMA 2017.

Los trabajos de excavación fueron realizados con el objetivo principal de determinar la intensidad del daño en los socavones y definir puntualmente el lugar donde surgen estas afectaciones. Por otra parte, el trabajo de investigación ayudó a definir los sistemas constructivos, los tipos de rellenos y cada uno de los elementos arquitectónicos del edificio, así mismo, para entender al edificio en relación con sus componentes internos, además de la función de cada elemento.

En relación con los daños observados se pudo definir que en general las afectaciones del edificio se localizaron en su parte superior. Entre estos se contaron innumerables grietas verticales, diagonales y horizontales, además de un aparato socavón y varios hundimientos. Se determinó



Socavón del Edificio A, una de las principales afectaciones, en la imagen tenía un diámetro de 1.80 metros / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

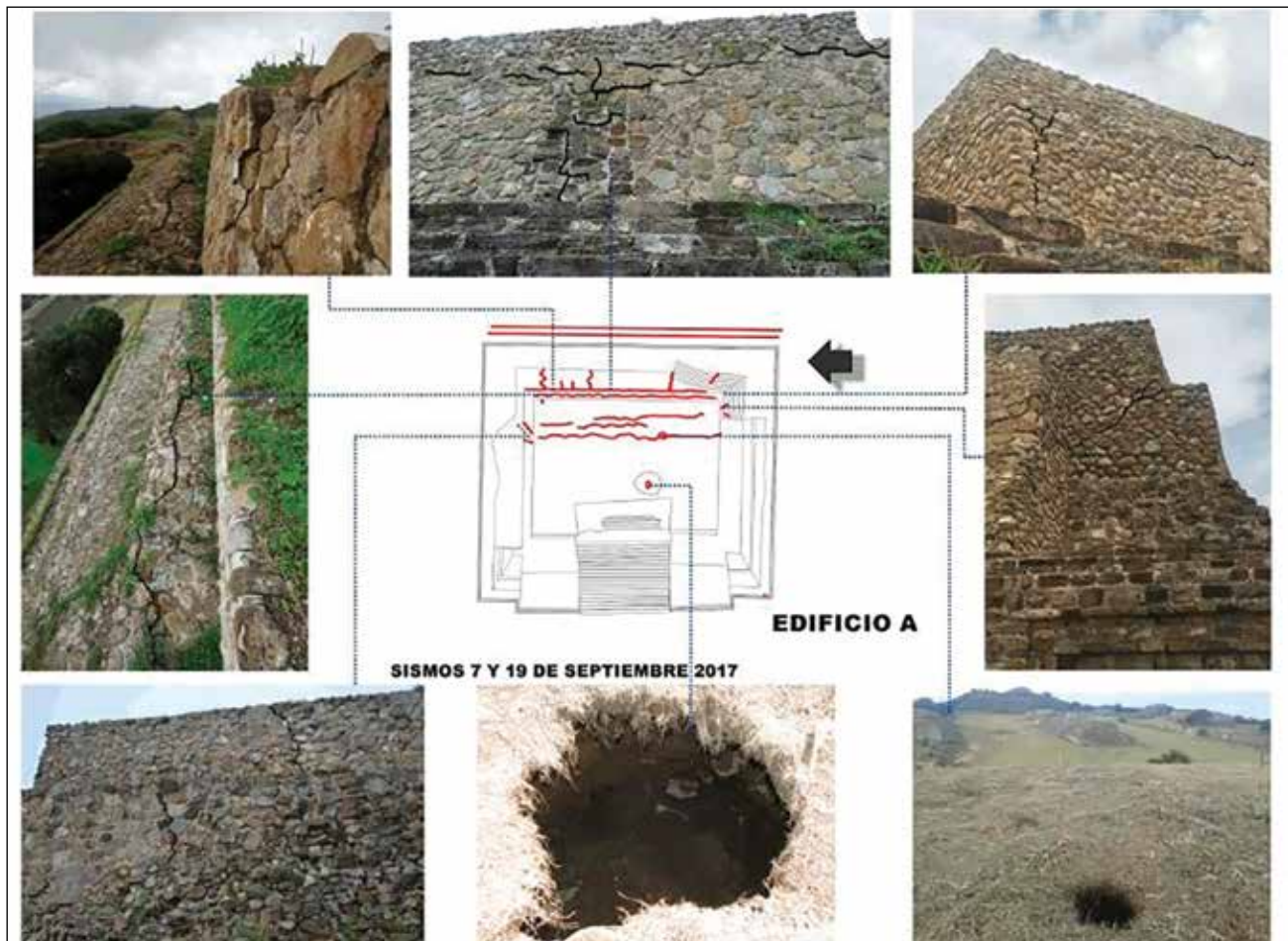


Diagrama de las afectaciones del Edificio A, donde se ilustra a través de un plano con imágenes cada una de ellas / Foto: Archivo Técnico ZAMA Sismos 2017.

que el origen de la mayoría de los daños provenía del tercer cuerpo, por lo que periódicamente, desde el inicio de las actividades, se fueron realizando mediciones con instrumentos topográficos, colocando testigos de yeso y monitoreo de grietas, con lo que se pudo determinar que los daños se incrementaron con el transcurso de los días, también se determinó que las lluvias estaban significativamente relacionadas con los daños ya que desencadenaron una serie de afectaciones como hundimientos, apertura de nuevas grietas, e incremento del tamaño del socavón.

El socavón fue una de las mayores afectaciones debido a que se encontraba en la cima del edificio, tenía una forma circular en planta, comenzó con un diámetro aproximado de dos metros en el interior, donde se configuró un espacio vacío cónico de dos metros de profundidad y 2.80 metros en la base. El espacio vacío que generó originalmente esta anomalía fue de 7.53 metros cúbicos de volumen.

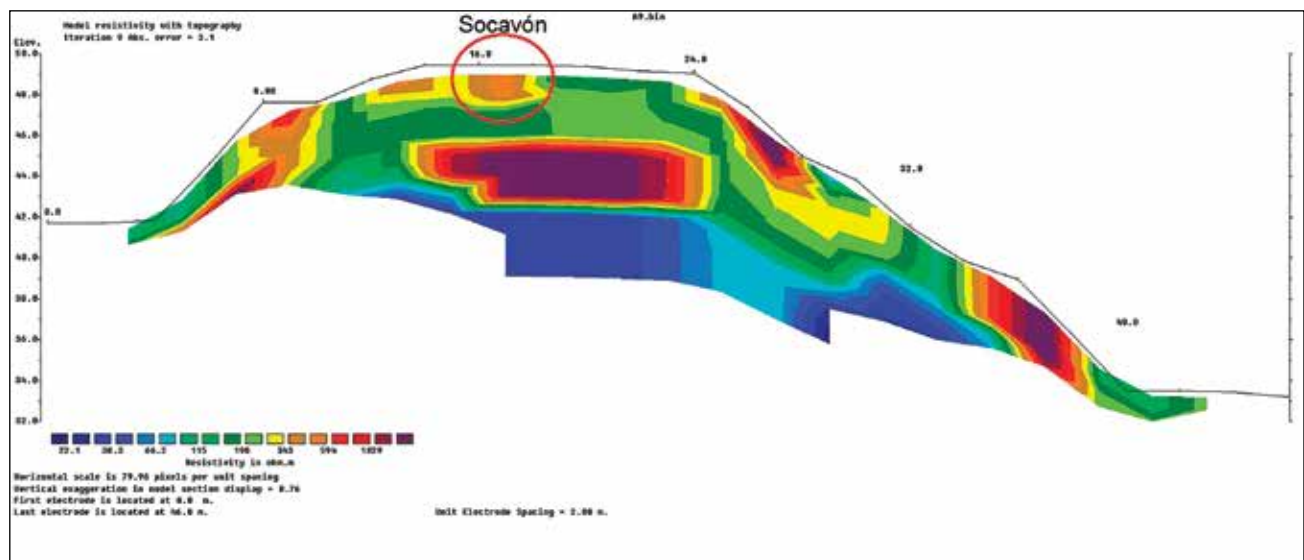
Otra gran afectación fue una grieta longitudinal en la parte media de la superficie del tercer cuerpo con una longitud de 13 metros aproximadamente y se encontraba abierta 0.15 metros.



Cima del Edificio A donde se observan las grietas longitudinales en la parte este / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Tuvo una orientación de norte a sur, mostrando un desnivel en relación al este con el oeste de la grieta, donde la parte este se encontró 0.10 metros por debajo del lado oeste, también las grietas en los muros al exterior del tercer cuerpo generadas a raíz de los diferentes desplazamientos del edificio.

Para la liberación de los elementos arquitectónicos se propuso una retícula siguiendo el método cartesiano para facilitar el registro tridimensional de los datos con coordenadas al este (X), al norte



Edificio A visto a través de las líneas de resistividad eléctrica, los colores corresponden a la manera en la cual circula la electricidad, el rango es de los azules a los violetas, esto es de lo conductivo a lo resistivo, respectivamente / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

(Y) y una profundidad (Z), la retícula consistió en cuadros de dos por dos metros, con orientación norte sur. Las excavaciones se fueron realizando en un orden metodológico, primero se excavaron los pozos para obtener un muestreo de la estratigrafía del interior del tercer cuerpo y posteriormente se realizó la excavación extensiva.

Otro aspecto importante fue tomar como apoyo para la excavación las líneas generadas por la resistividad eléctrica en el gráfico, tanto para ayudar a predecir lo que había en el interior como para contrastar las imágenes de la resistividad con los perfiles excavados y así obtener una aproximación a la interpretación de imágenes.

En los perfiles norte y este del socavón, a una profundidad de 7.71 metros, se localizaron vigas de madera colocadas en forma vertical y horizontal respectivamente. Esto determinó que a tal profundidad se había realizado una intervención arqueológica previa.

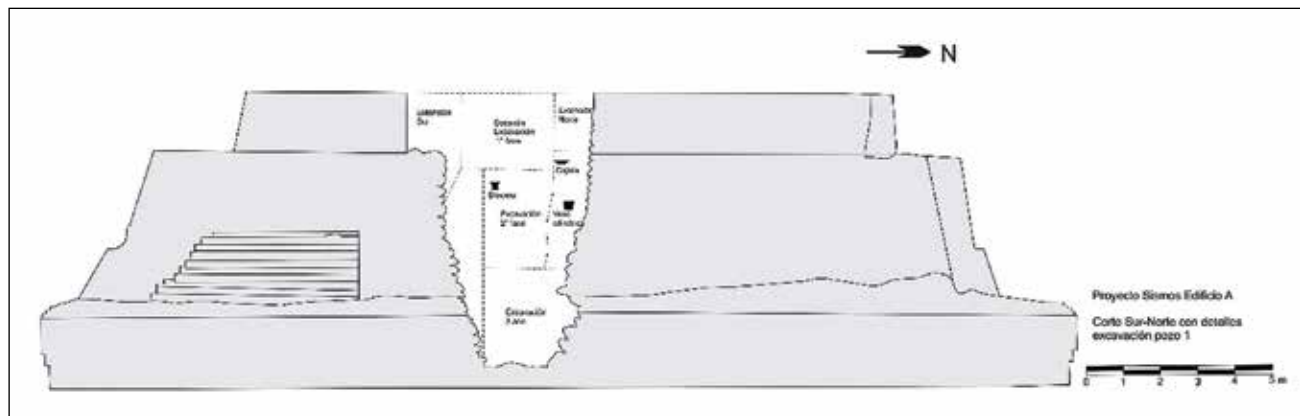
Dicho muro corresponde al documentado por Alfonso Caso en los años 1931 y 1932, del que refiere:

Continuamos la perforación del pozo en la parte superior del montículo hasta llegar al piso, a una profundidad de cerca de nueve metros. Una vez que encontramos el piso abrimos un túnel por el lado oriente encon-

trando el muro del templo subterráneo que buscamos y después de atravesarlo lo hemos seguido con rumbo hacia el sur hasta encontrar el otro muro que hace ángulo con el anterior y que se dirige de oriente a poniente (1932, p. 3).

Se determinó que el pequeño hundimiento registrado dentro del Pozo 1 fue ocasionado por el mal relleno de piedras descartadas que se utilizó para tapar los túneles. Por lo menos esto se documentó en los perfiles norte y este donde se observó el relleno de piedras sin cuatrapeo aparente.

Durante la excavación se pudo observar la precariedad del relleno interior a causa de excavaciones anteriores que corresponden con un complicado sistema de túneles, posiblemente realizados durante la década de los años noventa, esto se pudo corroborar por la basura moderna encontrada en el interior. El sistema de túneles debilitó en gran medida al edificio, poniendo en serio riesgo su estabilidad; en los perfiles del socavón se logró definir la presencia de cuatro túneles horizontales. Además, el tercer cuerpo ubicado en la cima del edificio se había rellenado con materiales modernos y pesados como gravas y un complicado sistema de muros de concreto, lo cual ejercía un gran peso adicional que incrementaba aún más en temporada de lluvias.



Corte del Edificio A con orientación sur-norte donde se observa el socavón excavado en relación con los cuerpos del Edificio / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Excavaciones arqueológicas en el interior del socavón / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Durante la excavación se presentaron grandes complicaciones, la mayor fue suscitada por el relleno interior, que en su mayor parte estuvo compuesto de material suelto con rellenos de tierra limosa de consistencia blanda acompañada de rellenos de piedra. Cabe resaltar que en las lecturas de resistividad estas áreas se comportaron como cavidades, debido a abundantes espacios porosos. En resumen, el edificio originalmente fue construido con un relleno muy precario, los muros cajón aparentemente consisten en muros secos donde dispusieron los bloques de piedra sin ninguna mezcla de tierra o cal, también las piedras fueron dispuestas por secciones verticales. Sin embargo, los principales daños se manifestaron especialmente por dos causas: la primera, por la construcción arbitraria del tercer cuerpo del edificio relleno con material moderno a base de gravas, algunas secciones de rocas y muros de piedra con cemento; la segunda, los diversos pozos dentro del edificio, realizados en intervenciones previas, y la baja calidad de los rellenos utilizados.

En los primeros análisis del edificio por parte de los especialistas, se pudo dilucidar que gran parte de los deterioros fueron originados por el



Edificio A, tercer cuerpo, muros de piedra y cemento encontrados por debajo del nivel de la superficie / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

enorme peso y utilización de materiales modernos (cemento, piedra, varilla) con que se construyó el tercer cuerpo, realizado en los años 1992 y 1993 por Marcus Winter, en el Proyecto Especial Monte Albán.

En su reporte inédito, Winter menciona en relación con el tercer cuerpo: “Este cuerpo es hipotético ya que no hay muros conservados. Los edificios similares por lo menos en sus reconstrucciones, muestran un tercer cuerpo, la altura será de aproximadamente 1.6 metros” (1993). Para ello, se propuso realizar varios pozos de sondeo, el Pozo 2 tuvo el objetivo principal de definir la génesis del tercer cuerpo del edificio.

Después de realizar las lecturas de geofísica y complementarlas con las excavaciones intensivas se obtuvieron los datos para definir y comprender el interior del tercer cuerpo en el Edificio A, así fue como se pudo definir la génesis de los rellenos recientes y sobre todo el nivel en donde terminan los elementos prehispánicos y comienzan los inventos constructivos modernos. Con la obtención de estos datos se pudo planear una intervención para retirar los rellenos modernos, que fueron una de las principales causas de los deterioros en el edificio. El total de la superficie

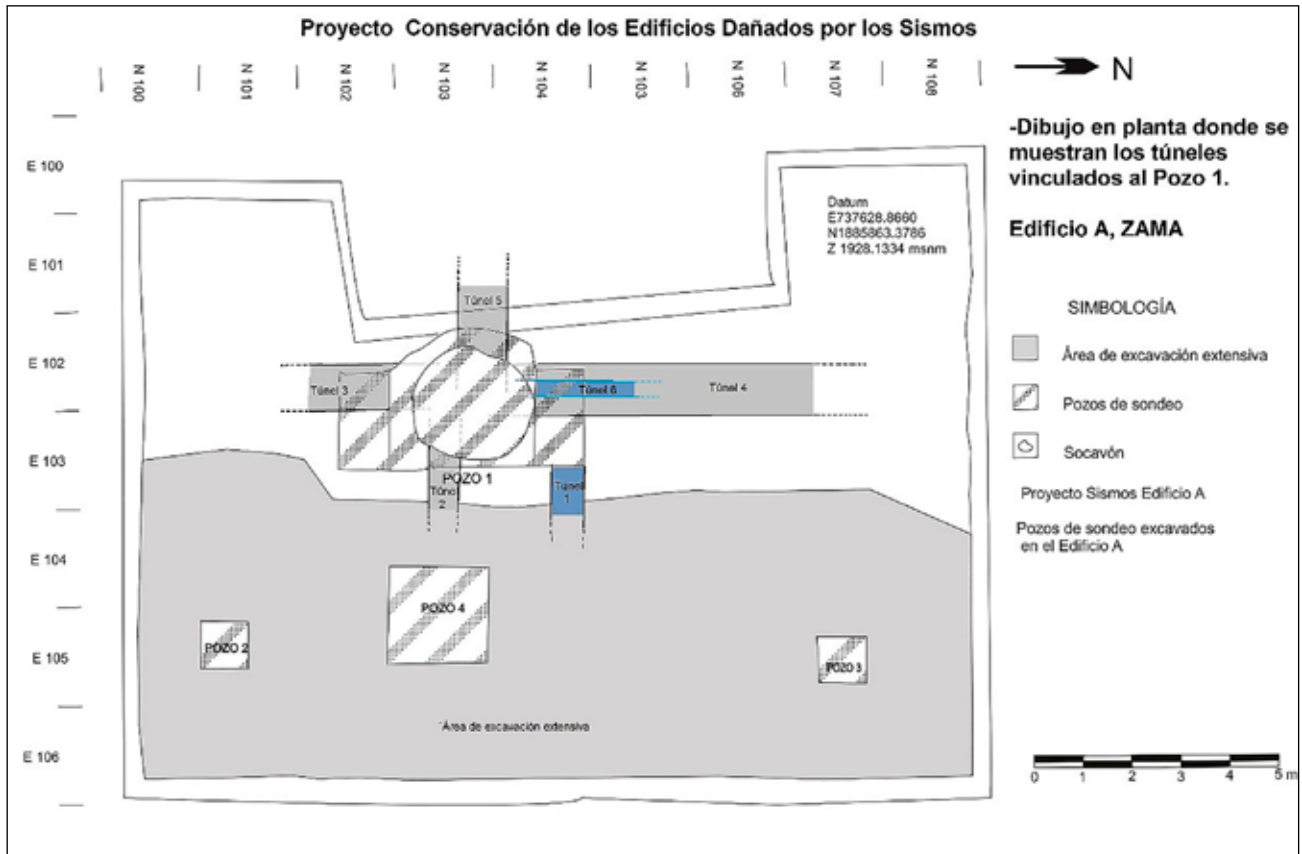
en la cima del tercer cuerpo es de 17.70 metros de largo por 12.30 de ancho.

Después de retirar los primeros estratos quedaron visibles los diferentes rellenos del tercer cuerpo, los que se fueron liberando hasta llegar al nivel del segundo cuerpo. Los elementos arquitectónicos de origen reciente que fueron encontrados se mantuvieron para realizar un registro y tratar de comprender su función. En la parte media del edificio fue localizado un alineamiento que corresponde con un muro cajón estructural del edificio, la única evidencia arqueológica de la presencia de un posible tercer cuerpo.

La exploración de este edificio concluyó con la liberación de la parte superior de la escalinata, con la intención de determinar el límite de dicho elemento, además de corroborar la relación entre este y el templo.



Muros prehispánicos encontrados por debajo del nivel de los muros de concreto, colocados durante el PEMA como tercer cuerpo en el Edificio A / Foto: Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.



Dibujo en planta del tercer cuerpo donde se muestran las excavaciones arqueológicas, el área del socavón y los túneles encontrados en su interior / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.

Pisos de mica. Durante las excavaciones extensivas realizadas en la parte superior del Edificio A se realizaron diferentes hallazgos de gran interés, uno de ellos fue una ofrenda de placas de mica que se encontraba entre un cajón delimitado de muros compuesto por sillares de piedra; dicha caja de ofrenda tuvo por dimensiones 1.24 metros de largo por 0.40 de ancho. La mayor acumulación de la ofrenda estaba situada en la parte norte, en una delimitación de 0.40 metros de largo por 0.35 de ancho. Esta tuvo un espesor de 0.25 metros y se halló a una profundidad de 0.66-0.90 metros desde el nivel del suelo. Las placas se encontraban puestas unas sobre otras, no presentaba algún patrón u orden, y fueron colocadas sobre una matriz de tierra suelta sin ningún aglutinante que permitiera su adherencia. La ofrenda constó de 2.960 kilogramos, la mayoría de las placas tenían un centímetro de grosor y otras oscilaban entre los 0.25 metros de largo por 0.20 de ancho. Algunas mostraron patrones de cortes rectos, evidenciando haber sido trabajadas.

La mica que conforma la ofrenda tiene las características de la mica flogopita (brillo amarillento) y biotita (un brillo más oscuro, casi negro, debido al hierro) (Manzanilla, 2016), que se



Edificio A, socavón al finalizar de los trabajos de exploración arqueológica / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Ofrenda de mica, vista frontal / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Liberación de la ofrenda de mica / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

localiza en yacimientos cercanos a Monte Albán, como San Francisco Telixtlahuaca y Cuilapan de Guerrero (Martínez López, 1994; Manzanilla *et al.*, 2016).

OFRENDAS ASOCIADAS AL EDIFICIO

Durante el proceso de excavación se fueron recuperando una gran cantidad de materiales arqueológicos, principalmente fragmentos de cerámica, lítica tallada, lítica pulida, concha, lapidaria y hueso, en algunos casos también se recolectó material moderno que fue etiquetado para evidenciar la alteración reciente en contextos profundos. En cuanto a los objetos completos o semicompletos, se excavaron intensivamente para registrar y documentar el contexto.



Área de mayor concentración de mica / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

La Ofrenda 1 corresponde a un bracero con la efigie del dios Cocijo, la excavación se llevó a cabo previamente al Proyecto, como parte de un rescate; este objeto fue encontrado a 2.50 metros de profundidad, en relación con el nivel de la cima del edificio, y en la parte oeste del interior del socavón.

La Ofrenda 2 fue encontrada a una profundidad de 1.69 a 1.79 metros, en un espacio que corresponde con una pequeña fosa con una planta en forma rectangular de 0.20 metros de ancho de este a oeste, con 0.25 metros de norte a sur y 0.11 metros de profundidad. En el interior de este espacio había sedimentos filtrados a través de las rocas dentro del estrato. La ofrenda consistió en un cajete con paredes rectas divergentes,



Concentración de cerámica después de levantar ofrenda de mica / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Ofrenda 2. Cajete cónico G.35. Monte Albán IIIA/IIIB-IV. Pasta gris-cremoso / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

con fondo y base planos, dispuesto boca abajo y fracturado con una sección desplazada y asociada a fragmentos de mica adheridos a la base.

La Ofrenda 3 se encontró a una profundidad de 2.80 a 3.25 metros, con un diámetro de 0.45 metros, aunque en planta la fosa tiene una forma irregular. La vasija presenta forma de vaso con un diámetro de 0.20 metros y una altura de 0.25 con paredes rectas, no tiene decoración y el fondo es plano al igual que la base; se encontró fracturada tanto en las paredes como en el borde y colocada sobre una concentración de mica. En todo el contexto de la ofrenda fueron encontrados fragmentos de jade y otros materiales (104 fragmentos de jade en el exterior en la parte superior, 72 fragmentos de jade en el exterior de la vasija hacia la parte inferior); así mismo fueron encontrados otros materiales en este contexto, al realizar la microexcavación del vaso se hallaron en su interior nueve piezas de concha trabajada de color blanco, seis piezas de concha de color rojizo, dos piezas de obsidiana tallada en forma circular y varios fragmentos de mica.



Ofrenda 3 *in situ* / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

JUEGO DE PELOTA

El Juego de Pelota asociado a la Plaza Principal fue otro de los edificios más dañados por los sismos del año 2017, afectando el cabezal sur, además de la sección sur del talud oeste, por ende, se planteó la exploración arqueológica con el objetivo de conocer sus sistemas constructivos y descubrir la causa del colapso de dichos muros. Para ello se excavaron cuatro pozos de sondeo y tres calas arqueológicas.

Los pozos de sondeo permitieron observar el desplante y arranque de los muros de los cabezales, además de la secuencia estratigráfica del lugar.

Las calas arqueológicas fueron trazadas de acuerdo con las necesidades de investigación, y gracias a ellas se pudo ubicar, registrar y rehabilitar el sistema de desagües del Juego de Pelota.

Cabe resaltar que dichos elementos ya habían sido parcialmente excavados por otros investigadores durante otros proyectos (Caso, PEMA y FONDEN), pero por cuestiones de objetivos de cada proyecto no los liberaron completamente.



Daños en el cabezal sur del Juego de Pelota de Monte Albán ocasionados por el sismo / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

SISTEMA DE DESAGÜES DEL JUEGO DE PELOTA

La recolección y almacenamiento de agua pluvial es una de las prácticas más antiguas en Mesoamérica. La investigación arqueológica en diversos sitios ha permitido la identificación y documentación de depósitos subterráneos y a cielo abierto, almacenamiento en recipientes, y más común, el sistema de desagües. En Monte Albán, los estudios arqueológicos sobre el aprovechamiento del agua de lluvia no han sido muy extensos, sin embargo, el Proyecto actual ha permitido identificar, estudiar, restaurar y rehabilitar el sistema de desagües del Juego de Pelota. Gracias a ello se han podido obtener valiosos datos sobre la captación, distribución y usos de las aguas pluviales en la parte noreste de la Plaza Principal, dando cuenta de cómo la planeación urbanística de Monte Albán en este caso tuvo un objetivo dual: coadyuvar en el problema del abastecimiento de agua y evitar las posibles inundaciones de los espacios públicos.

Antecedentes. Durante la v Temporada de Campo realizada en Monte Albán por Alfonso Caso se exploró el Juego de Pelota, logrando definir y liberar sus componentes arquitectónicos. En su publicación Caso menciona lo siguiente:

El desagüe del Juego de Pelota, fue descubierto en el lado occidental y conduce las aguas hacia la barranca que está muy próxima por este lado. El desagüe principia con una altura de más de 1 m y con los muros laterales desplomados y el techo de bóveda plana. Como a los 3 m, se angosta hasta el punto de no permitir más que la entrada de un hombre (2003, p. 270).

Posteriormente, otros investigadores como O'Brian y su equipo hicieron investigaciones con respecto al uso, conducción y control del agua en Monte Albán, pero es hasta cuando Francisco Sansores (1992) realizó unos pozos de sondeo en toda la Plaza Principal que se logró identificar y ubicar algunos canales.



Ubicación del Juego de Pelota dentro de la Plaza Principal de Monte Albán (marcado con rojo) / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Durante el “Proyecto Especial Monte Albán” (1992-1994) Marcus Winter y su equipo trabajaron algunos puntos alrededor del Juego de Pelota, uno de ellos fue la eliminación de la rampa de acceso y los trabajos de exploración en la ladera este del Juego de Pelota (Área C), donde se localizó el desagüe y los arranques de los muros de contención.

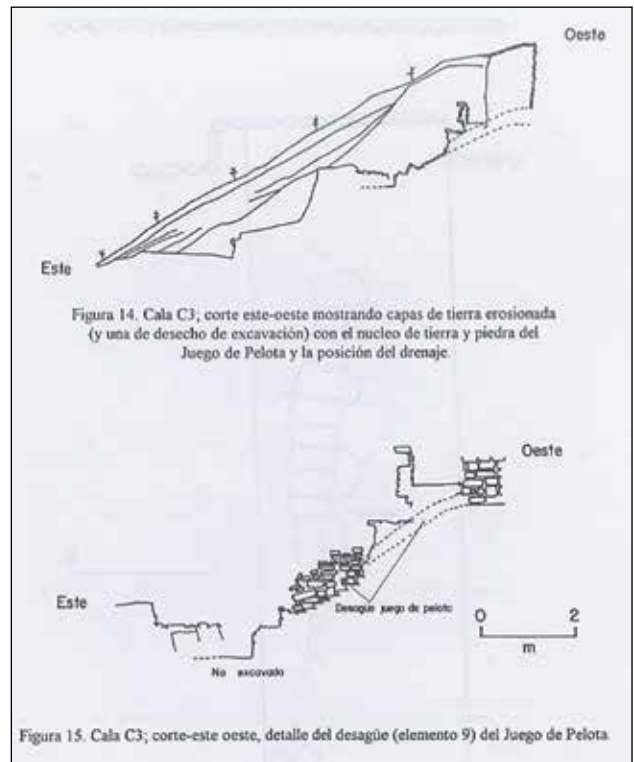
Durante el sismo del 30 de septiembre de 1999 varios edificios resultaron afectados, uno de ellos fue el Juego de Pelota, en esa ocasión se detectaron problemas estructurales en el muro norte y oeste del cabezal norte, motivo por el cual se hicieron trabajos de exploración y restauración en estas zonas. También se trabajaron los muros que delimitan la escalinata poniente del cabezal sur donde se hallaron, liberaron y consolidaron parte del desagüe que comunica la Plaza Principal con el Juego de Pelota (desagüe oeste) desde el interior de la cancha, todos estos trabajos se efectuaron por medio del Proyecto FONDEN a cargo de Nelly Robles y su equipo.

Excavación del sistema de desagüe del Juego de Pelota. La Zona Arqueológica de Monte Albán sufrió diferentes daños por los sismos ocurridos en septiembre de 2017, entre ellos, la caída del cabezal sur y de la sección sur del talud oeste del Juego de Pelota, por lo que se planeó la creación del proyecto respectivo para su restauración.

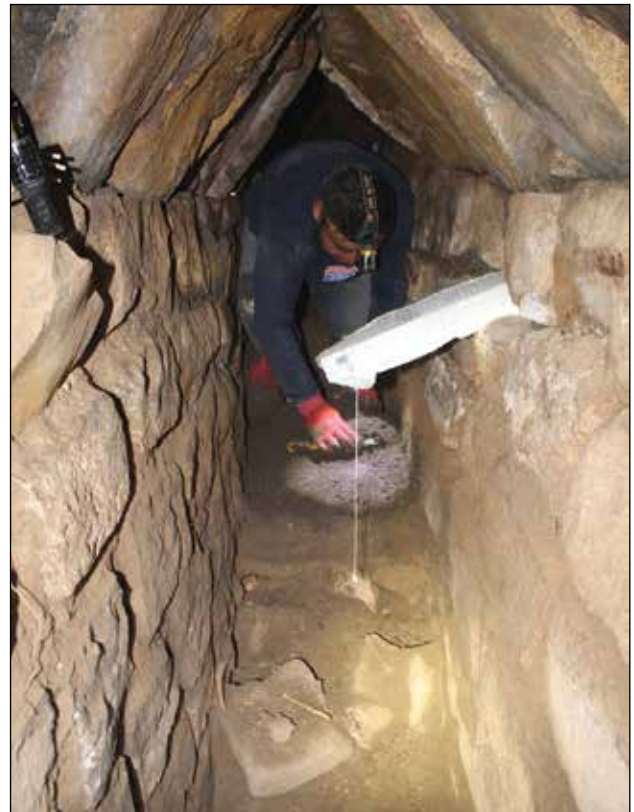
Se pudo apreciar que uno de los grandes problemas que tiene la mayoría de los edificios de Monte Albán es la concentración de humedad en su interior, aunado a los malos rellenos empleados después de las intervenciones arqueológicas.

Desagüe oeste. Está compuesto por dos muros de piedra bloque de diferentes tamaños que se encuentran separados a 0.49 hasta 0.80 metros en algunas secciones. Cuenta con un techo tipo bóveda de piedra laja de 0.50 metros de largo por aproximadamente 0.30 de ancho, con diferentes grosores.

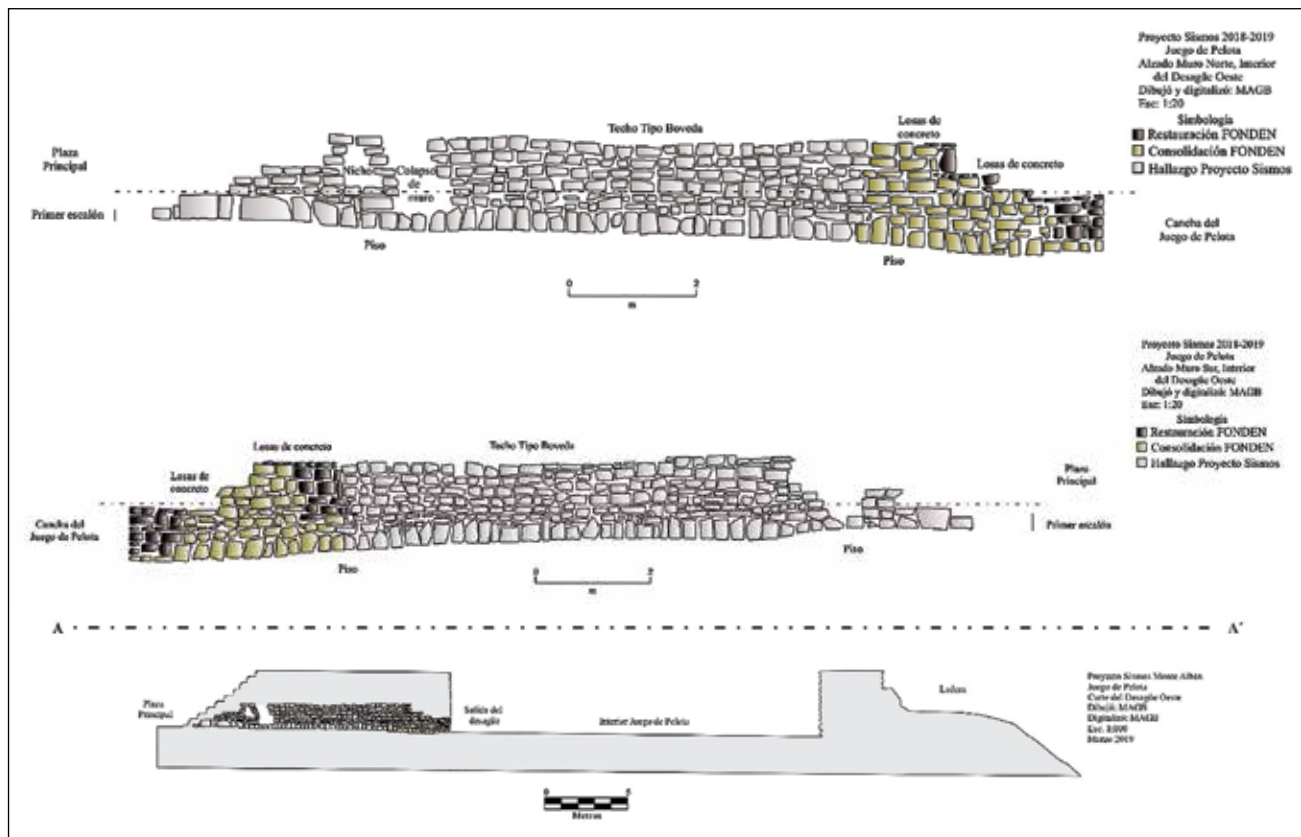
Algunas partes del interior del desagüe alcanzan una altura de 1.70 metros desde el nivel



Dibujos de corte del desagüe este del Juego de Pelota. Tomado de PEMA / Foto: Archivo Técnico ZAMA Sismos de 2017.



Proceso de excavación del desagüe oeste del Juego de Pelota / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Corte del desagüe oeste del Juego de Pelota / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

del piso hasta la unión de las dos piedras que hacen la bóveda. Presenta un piso de piedra laja en la entrada (aproximadamente a los primeros 0.50 metros) y después se encuentra un piso de estuco hasta salir a la cancha del Juego de Pelota. Tiene un largo aproximado de 14 metros desde el primer escalón de la escalinata hasta el paño del muro de la cancha.

Este desagüe se encontraba visible (desde el interior de la cancha) y se podía acceder sólo 3.60 metros debido a que estaba completamente tapado con un muro nucleado de piedra con cemento. Al liberarlo se halló una serie de rellenos que azolvaban el desagüe

La entrada del desagüe (en el lado oeste) se ubica debajo del peralte del primer escalón (de forma ascendente) que da para la Plaza Principal a los 0.40 metros de profundidad y consiste en un pequeño recuadro por donde entraba el agua y era conducida hacia la cancha.

Desagüe este. La traza del desagüe de la ladera este constituye una gran obra de ingeniería hidráulica y de gran conocimiento del manejo de decantación del agua, ya que consiste en dos muros separados por 0.49 metros entre sí, con una altura aproximada de 0.60 metros y con una serie de piedras escalonadas colocadas como piso con una pendiente de 45° aproximadamente con la intención de romper la velocidad, además en el cuarto escalón una piedra que sobresale funciona como arenero, permitiendo la acumulación de sedimentos traídos por el arrastre del agua evitando que el desagüe se azolve.

Cabe destacar que el desagüe cuenta con techumbre en ciertas áreas y en otras no; las paredes del canal presentaban ligeros alabeos posiblemente por los movimientos de desplazamiento de la ladera.

Se encontró el canal que continuaba más abajo, con la peculiaridad de estar completamente



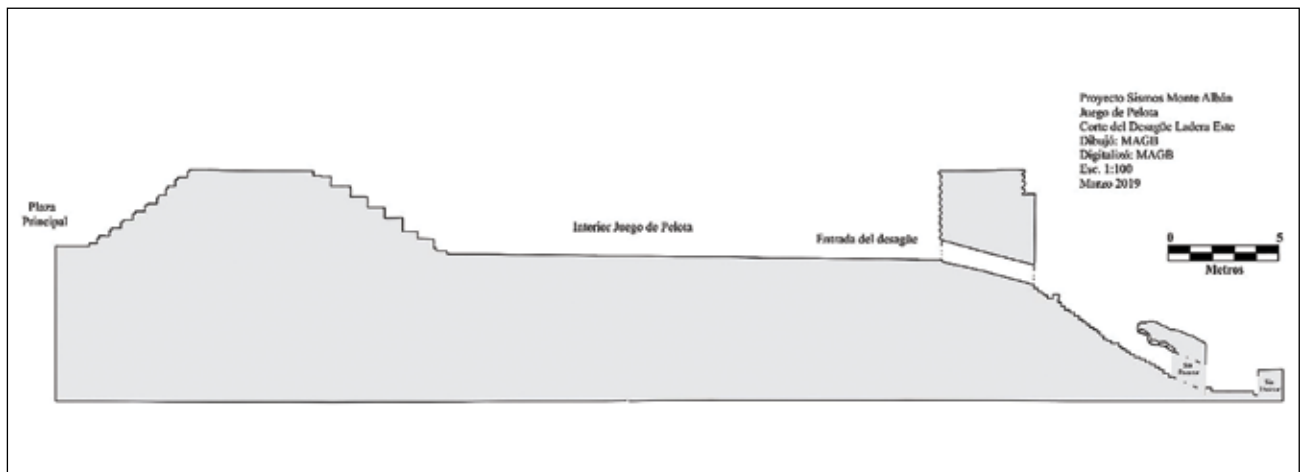
El sistema escalonado que compone el desagüe este del Juego de Pelota visto desde el este / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

horizontal con un piso enlajado para después continuar con el sistema escalonado, que se proyecta más adelante en la ladera. El techo que tenía esta sección del desagüe era del tipo bóveda plana con piedras careadas planas de grandes dimensiones. Este cambio de superficie significa que esta zona sirvió como un rompecorriente, es decir, que ayudó a disminuir la velocidad con la que venía encausada el agua, lo que a su vez permitía que el canal no colapsara por la presión de la corriente.

El desagüe cuenta con diferentes profundidades que van desde los cuatro (donde aparece el abovedamiento en el perfil de la excavación) hasta los nueve metros (donde aparece el último escalón del desagüe), el nivel que se tomó como referencia correspondía al pasadizo del cabezal sur del Juego de Pelota.

Desafortunadamente no se llegó al final del desagüe o a su desembocadura, pero se tiene la hipótesis de que terminan en un aljibe o depósito de distribución de agua para todas las unidades habitacionales que existen en esta área de la ladera, además de que, yendo más al este se ubica la Presa El Chapulín y al sureste la Presa Rota, donde existe evidencia de ocupación prehispánica.

Dicha teoría sería lógica debido a las necesidades de consumo y suministro del agua para la vida cotidiana, tanto para cuestiones agrícolas



Corte del desagüe este del Juego de Pelota / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fotos tomadas después de haber llovido en Monte Albán que muestran la cantidad de agua captada y drenada / Foto: Archivo Técnico ZAMA Sismos de 2017.

como para actividades de la población, para la manufactura de objetos de uso doméstico u ornamentales, así como para la construcción de las diferentes estructuras del sitio (quema de cal y uso para crear la mezcla).

A manera de conclusión, los desagües hallados y habilitados del Juego de Pelota son de suma importancia dentro de la planeación de la gran ciudad de Monte Albán, ya que permitieron la captación, distribución y usos de las aguas pluviales en la parte norte de la Plaza Principal, resolviendo un problema enorme que seguramente persistió en la época prehispánica como actualmente sucede, la posible inundación de dicha área y la reutilización de un recurso tan indispensable.

Sin embargo, durante este proyecto se corroboró lo diagnosticado por Eduardo Gamboa en 2016-2017, en el sentido de establecer que la falta de ubicación y funcionamiento de salidas de

agua originales de la Plaza Principal de Monte Albán constituían una de las mayores fuentes de deterioro del sitio (Gamboa, 2017), en tanto que ocasionan el exceso de humedades, el reblandecimiento de los materiales arcillosos originales, y por consecuencia, los desplomes, abombamientos y colapsos de segmentos de la arquitectura. Por esa razón, identificar los desagües y ponerlos a funcionar nuevamente se convirtió para este proyecto en una de las prioridades de la investigación arqueológica.

OFRENDAS ASOCIADAS AL EDIFICIO

Durante las exploraciones realizadas en el Juego de Pelota fue posible hallar, registrar y documentar varias ofrendas, entre las que destacan un vaso de pasta gris encontrado en el desplante del cabezal sur en su eje norte sur que tiene como medidas 12 centímetros de diámetro de la boca, un



Ofrenda 1. Vaso cilíndrico. Monte Albán II. Pasta gris / Foto: Archivo Técnico ZAMA Sismos de 2017.

diámetro de la base de 9.4 centímetros y una altura de 9.8 centímetros, además de varios cajetes miniatura ubicados en la parte superior del cabezal sur, entre el relleno.



Ofrenda 3. Cajete cilíndrico miniatura. Monte Albán III-B-IV. Pasta gris y amarilla / Foto: Archivo Técnico ZAMA Sismos de 2017.



Ofrenda 3. Olla miniatura con tres protuberancias. Monte Albán III-B-IV. Pasta gris / Foto: Archivo Técnico ZAMA Sismos de 2017.



Ofrenda 2. Cajete cónico con decoración de estaca al fondo. Monte Albán IIIA/IIIB-IV. Pasta gris cremosa / Foto: Archivo Técnico ZAMA Sismos de 2017.

Así mismo, al momento de liberar el canal del desagüe en el lado oeste, se hallaron fragmentos de cerámica correspondientes a un cajete de paredes evertidas, junto a restos óseos de animal (posiblemente un cánido). También, en la Cala 1, trazada sobre la ladera este, en el interior del canal se encontró un cajete de paredes rectas divergentes colocado boca abajo.

Con base en estas ofrendas halladas se puede observar la correspondencia con la Época Monte Albán I, II y transición II-IIA.



Ofrenda 3. Olla miniatura con tres protuberancias. Monte Albán III-B-IV. Pasta gris / Foto: Archivo Técnico ZAMA Sismos de 2017.

EDIFICIO P

La excavación en la ladera este del Edificio P se realizó con la finalidad de conocer el sistema constructivo que los constructores zapotecos implementaron para el desplante de este importante edificio desde la ladera hasta la Plaza Principal. En este sentido, dada la magnitud de los daños causados por el sismo en la parte superior del edificio, uno de los objetivos primordiales fue identificar el desplante y sistema constructivo de los muros que soportaban o cargaban los cuerpos superiores, así como hallar los elementos arqueológicos que permitieran ahondar en el conocimiento sobre los motivos por los que el Edificio P ha perdido un gran volumen arquitectónico y se han convertido en el área más vulnerable en la actualidad.

Lo anterior permitiría implementar las medidas más pertinentes para su conservación y res-

tauración, razón por la cual se consideró como punto de partida el análisis de la topografía del terreno y los elementos arqueológicos que se encontraban expuestos en la superficie de la ladera para trazar adecuadamente un sistema de calas de exploración que estuviesen orientadas en el eje este-oeste y norte-sur, abarcando toda la fachada este, e iniciar con las excavaciones en las zonas que representaban menor riesgo para la estabilidad estructural del edificio.

En la temporada de trabajo 2019, fueron seleccionadas algunas calas alternadas (1, 4, 6, 8, 10 y 12) para realizar las exploraciones arqueológicas que permitieran contar con un registro puntual, a manera de sondeo, del estado de conservación que presentaba el edificio, el mismo que permitió conocer elementos de su arquitectura y áreas que representaban posibles daños estructurales, esto con la finalidad de intervenir minuciosamente en su



Disposición de calas de excavadas y calas sin excavar en la ladera este del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Vista aérea de la ladera este del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

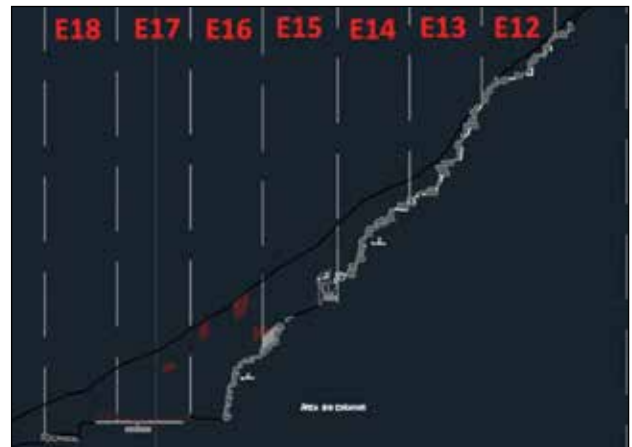
consolidación y restauración a fin de devolver la estabilidad del edificio, mejorar su firmeza y poder intervenir la parte superior en la que existía una grieta de tres centímetros de ancho que atravesaba el edificio de norte a sur, que se infería era evidencia de un desfase del edificio hacia la ladera este.

Los resultados obtenidos en el 2019 fueron un importante registro de la secuencia arquitectónica que se había realizado en la ladera este durante el

periodo Clásico temprano (300-650 d. C.), hasta el último momento constructivo, ubicado cronológicamente gracias a la cerámica de los contextos excavados, en la segunda mitad de la época III B (650-950 d. C.). Fue muy importante también la identificación de los procesos de depósito con la caída o pérdida de algunos muros en las etapas posteriores al abandono de Monte Albán y las actividades antrópicas de épocas recientes.



Imagen que muestra en el extremo izquierdo los muros aparentes (norte-sur) de la última etapa constructiva; marcado con números identificamos a los muros contrafuerte (este-oeste) que delimitan los bloques de vaciado; a la derecha identificamos los núcleos constructivos que denotan el proceso de caída o derrumbe / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Perfil arquitectónico de la cala 1 en el que se distingue la arquitectura de la fachada este en el último momento de ocupación / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Proceso de excavación de las calas trazadas en la ladera este del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación a los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Respecto a la arquitectura de esta fachada, se identificó que el desplante de este edificio fue construido directamente sobre roca madre a 18 metros por debajo del nivel de la Plaza Principal, en el piso de la última etapa de modificación arquitectónica se encontraba a cinco metros por arriba de la roca madre (13 metros por debajo del nivel de la Plaza). En este sentido se identificó que los rellenos constructivos se componían por una

serie de muros aparentes que contenían muros contrafuertes y estos a un entramado sistema de cajoneo que constituía los núcleos constructivos. Por otra parte, los estudios de resistividad eléctrica indicaban algunas alteraciones en el subsuelo, por lo cual se programaron pozos de sondeo.

Durante la temporada de trabajo 2020 se seleccionaron espacios concretos de la ladera este y de la parte superior del edificio para realizar pozos de sondeo, además de la liberación de las calas no excavadas durante la temporada 2019 (calas 2, 3, 5, 7, 9 y 11), así como ampliar la exploración en la sección norte de la ladera para identificar los elementos arquitectónicos existentes en las calas 13, 14, 15, 16 y 17. Los resultados permitieron reafirmar diferentes aspectos planteados en la temporada 2019 respecto al complejo sistema constructivo empleado por los zapotecos tanto para la construcción o ampliación del Edificio P como para contención y fortalecimiento de los paramentos que presentaban problemas estructurales desde la época prehispánica.

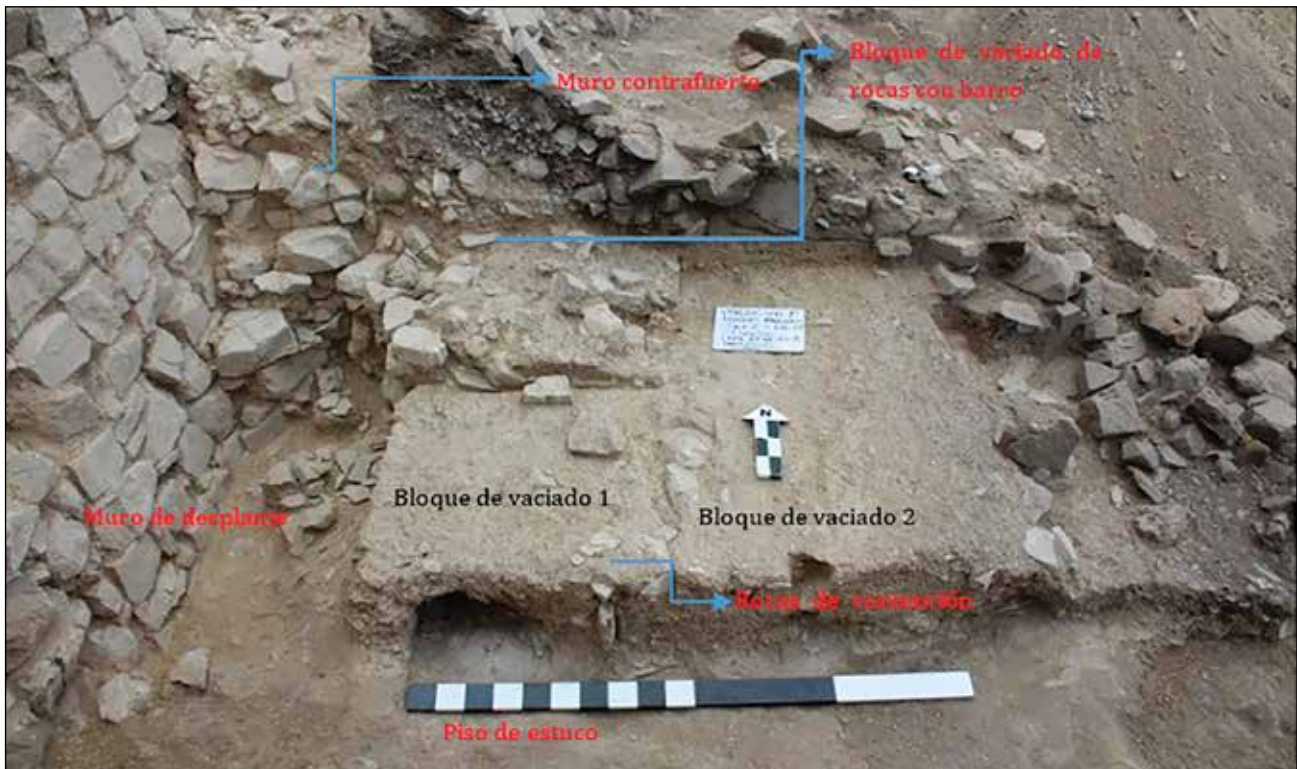


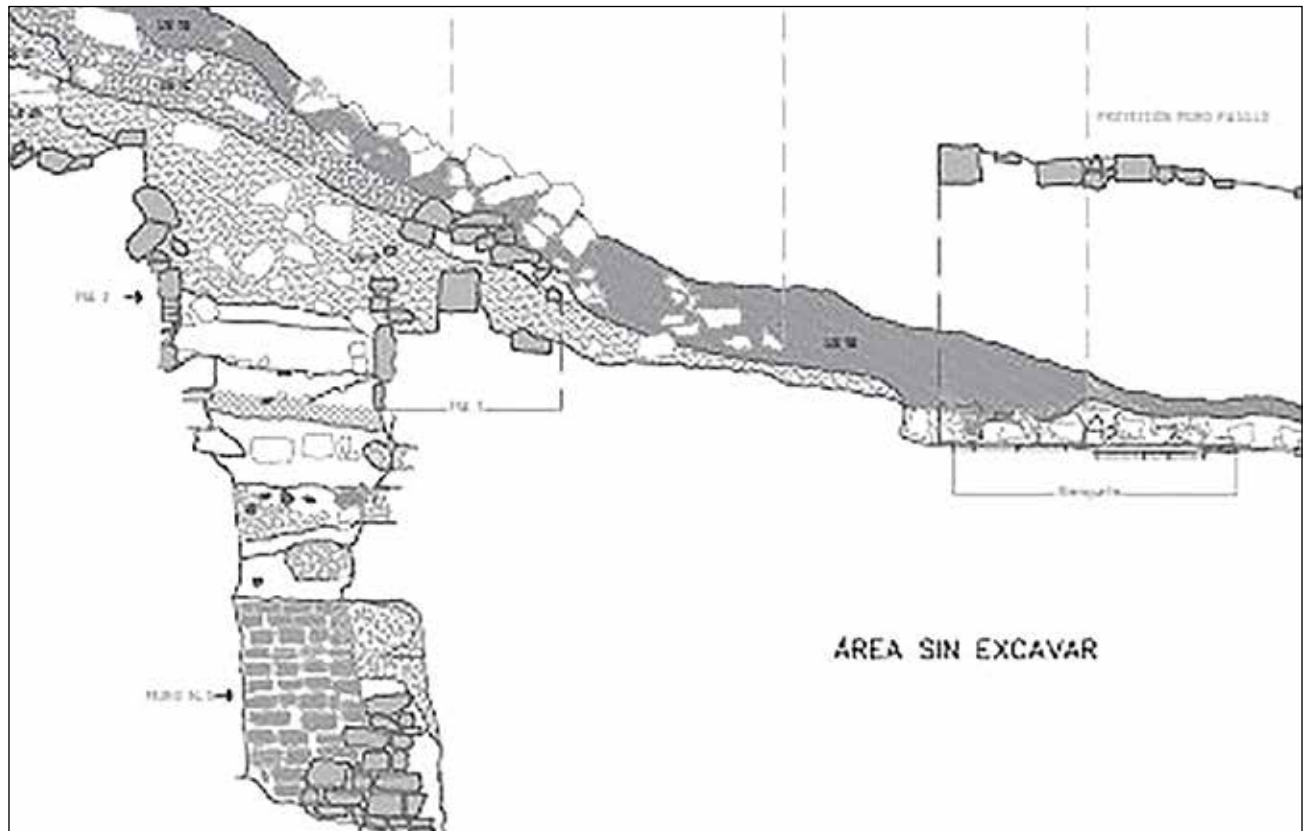
Imagen de los cajones de vaciado colocados directamente sobre el piso y la Ofrenda 1 / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación a los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

De esta manera, las exploraciones permitieron identificar, registrar y liberar varias ofrendas de materiales cerámicos y líticos que constituían la evidencia de rituales de abandono del edificio, identificar el muro de desplante de la fachada este, muros aparentes de la parte media de la ladera, muros contrafuertes y núcleos constructivos. Elementos que permitieron conocer el avanzado conocimiento de las propiedades físicas y químicas de las materias primas como arcilla, cal y piedra, que al combinarse con el agua constituyeron la parte medular de su complejo sistema constructivo.

Para ampliar la información respecto a los muros de desplante y la identificación de los muros que definían la fachada este, así como conocer la profundidad a la que se encontraba la roca madre y el estado de conservación que mantenían las subestructuras o etapas constructivas previas a la última etapa (entre 800 y 850 d. C.), se decidió

realizar tres pozos de sondeo distribuidos en zonas donde los estudios de resistividad eléctrica manifestaban alteraciones o cambios.

El pozo de sondeo 1, iniciado en la temporada 2019, se ubicó en la cala 6 (cuadros n8e18-e19) que corresponde a la banquetta (cuatro metros de ancho) que se encontraba frente al muro de desplante de la fachada este. En este pozo se observaron dos etapas constructivas previas al último momento, identificando que la primera etapa de este espacio fue aproximadamente entre la época ii y iiiA de Monte Albán (200-350 d.C.) a partir de un muro de contención construido directamente sobre roca madre a seis metros de profundidad del nivel de la banquetta de la última etapa constructiva. Este muro de 1.37 metros de alto por 80 cm de ancho se levantó sobre roca caliza previamente tallada para formar un ángulo recto que constituía una pared de 2.40 metros (no



Detalle del pozo de sondeo 1 donde se observa el muro que se construyó sobre roca madre para nivelar y estabilizar el terreno para la ampliación arquitectónica del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Excavación en los cuadros E12 y E13 de las calas 7 y 8 para liberar las rocas de los muros escalonados y del muro de soporte del edificio. Este muro se encuentra al nivel de la plaza principal. Se observa el hueco del muro faltante / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

se identificó el fondo) que delimitaba o formaba una terraza. Esta terraza ubicada al este fue modificada en tres momentos constructivos previos al patio de enlajado que colocaron los zapotecos en el último periodo de ocupación.

El pozo de sondeo 1 fue el primer espacio en el que se identificaron los bloques de vaciado al distinguir la diferencia entre capas estratigráficas que tenían poca diferencia en la coloración del suelo pero que se diferenciaban por tener mayor o menor proporción de residuos de cal y piedras. En estas capas se hallaron algunos tiestos de cerámica, principalmente de pastas gris, crema y café, entre los que se pudieron identificar diversos tipos diagnósticos con los que se estableció la secuencia cronológica y constructiva de este espacio y del edificio.

El pozo de sondeo 2 fue planeado para corroborar la existencia de fallas estructurales que se habían identificado en los estudios de resistivimetría, justo en la sección media del edificio, las que fueron interpretadas como afectaciones estructurales que presentaba el edificio. Esta excavación, que contemplaba parte de las calas 6 y 7, permitió corroborar que parte de un muro de 90 centímetros de ancho por 1.20 metros de alto había sido

destruido en la época prehispánica pero que no se sustituyó por otro nuevo sino se reforzó el sistema reticular con muros y bloques de vaciado (barro y rocas pequeñas) para absorber y soportar la carga de los cuerpos superiores, esto quizá con la finalidad de evitar más peso en esta sección. De tal manera que los bloques de modelado de barro sirvieron para lograr el volumen de la fachada este y muy posiblemente también esta solución se aplicó para que la sección de los vaciados de barro funcionara como zona de amortiguamiento cuando se suscitaban movimientos telúricos.

Estos resultados permitieron reafirmar que en la sección media del edificio existe una pequeña falla en dirección noreste a sureste que fue conocida por los zapotecos, por lo cual el sistema arquitectónico implementó bloques de vaciado y muros contrafuerte que constituían el núcleo constructivo, mismo que al colocarle una coraza de protección a base de rocas unidas con una argamasa de cal y de muros aparentes, contruidos con sillares de 40 centímetros de ancho por 60 cm de largo y 20 cm de grueso, conformaban la estética visual de la fachada.

La excavación de los pozos de sondeo 1 y 2, así como la liberación de elementos arquitectónicos del



Vista aérea (dron) de las grietas de la parte superior del edificio, la fachada y la ladera este, desde donde desplanta el Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

cuerpo superior del edificio, hace posible identificar que los constructores zapotecos colocaron muros de piedra de entre 90 centímetros a 1.20 metros de ancho por 1.20 metros de grueso en al menos tres secciones puntuales (desplante, parte media y parte alta), los cuales funcionaban de la misma manera que los bloques de modelado de sus núcleos constructivos, es decir, los muros realizados a partir de bloques que funcionaban de forma independiente pero que al ser colocados como un sistema de cuatraperío soportaban o absorbían el flujo de carga del edificio.

Igualmente se identificó que los muros aparentes de las calas 8, 9 y 10 que correspondían a la parte media del edificio, así como parte de los núcleos internos, sufrieron una caída en un solo momento o evento catastrófico que originó depósitos constructivos en orientación sureste, muy posiblemente se corresponde al abandono de Monte Albán, ya que presentaban evidencia de intentos por reparar los daños sin llegar a concluir dichos trabajos.

La liberación de muros en la parte superior del Edificio P permitió identificar en perfil dos pisos de estuco que se registraron también en el interior del pozo de sondeo 3, mismo que se realizó en la sección superior del edificio, espacio que correspondía a la parte media del templo. Este pozo se planteó con la finalidad de conocer la profundidad a la que llegaban los daños ocasionados por el sismo y que se manifestaban con la grieta de tres centímetros de ancho que atravesaba el edificio en orientación norte-sur.

El pozo de sondeo mencionado se excavó en el lugar en donde se había registrado un hundimiento del suelo, tras el evento sísmico, muy similar al registrado en el edificio A en donde se identificó que el daño había llegado a nueve metros de profundidad. La excavación permitió conocer que el hundimiento se debió al acomodo que sufrieron algunos rellenos de piedra y tierra con los que se tapó un espacio excavado por el arqueólogo Ernesto Gonzales Licón del Centro Regional INAH Oaxaca en 1984. El pozo hecho



Muro escalonado o muro contrafuerte en la cala 9. Este se desplanta sobre una superficie plana, lo que permite inferir que los paramentos internos (subestructuras) se encuentran en buen estado de conservación / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

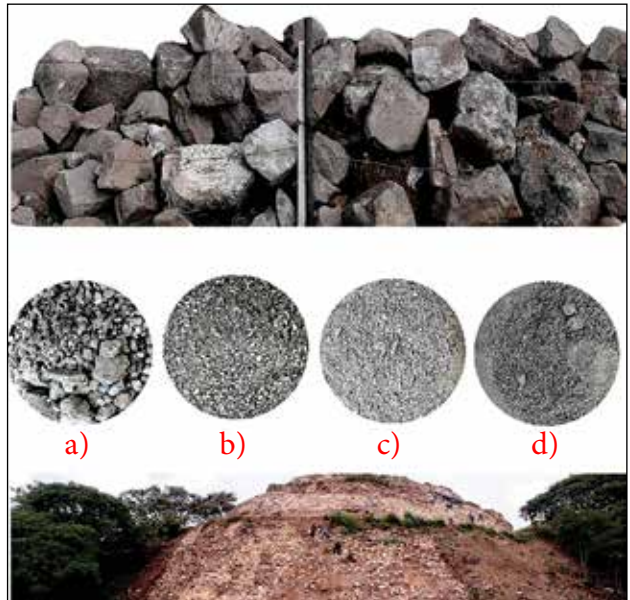
en esa época alcanzó una profundidad de 1.84 metros hasta llegar a un piso de estuco que se corresponde con uno de los pisos identificados en los muros liberados de la fachada este del edificio y que se han ubicado cronológicamente en la época IIIA (300-650 d. C.).

La excavación de este proyecto permitió registrar algunos muros de adobe que se encontraban desplantados sobre el piso de estuco y que correspondían a las paredes del templo en la época IIIA. De igual forma se identificó que la grieta provocada por los sismos del 2017 no pasó o no atravesó el piso de estuco de la época IIIA pero que, los muros que soportan el edificio por el lado este se encontraban debilitados y en riesgo de ser destruidos ante la pérdida de volumen que había sufrido el edificio en la parte noreste. Fue por esta razón que se tomó la decisión de restaurar los muros existentes, reforzar los cimientos y colocar una coraza de protección de piedras con cal hidratada, para evitar la filtración de agua y el reblandecimiento tanto de los cimientos como de los muros existentes en este espacio. De esta manera se aseguró que el edificio pudiera expulsar el exceso de humedad absorbido e impedir que penetre más agua hacia el interior del edificio.



Vista aérea de los cuerpos del Edificio P de la fachada este / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS: ARQUITECTURA DE TIERRA



En esta imagen se muestra la fachada este del Edificio P, se pueden observar los materiales predominantes que son la tierra y la piedra. En la parte superior se observan las piedras calizas de mayor tamaño y la granulometría de las mezclas de tierra. a) gravas, b) arenas, c) limos, d) arcillas / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Derivado de los trabajos arqueológicos que se realizaron en la fachada este del Edificio P, que consistieron en 17 grandes calas realizadas en la temporada 2019-2020, se pudieron observar los diferentes sistemas constructivos del edificio. Los resultados de las excavaciones hicieron posible el análisis de muestras de suelos, pisos y elementos



Calas 5 y 6, perfiles en cuadro n7E17. Se distinguen los diferentes tipos de mezclas de barro que utilizaban los zapotecos para hacer bloques de modelado. Se distinguen dos bloques de barro y las rocas delimitan un bloque de rocas con barro / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Detalle de muro contrafuerte y sección de muro escalonado en la cala E9 hacia cala E11 y E12. Se distingue que los paramentos de los cuadrantes E12 se encuentran en buen estado de conservación mientras que los bloques de vaciado de los cuadrantes E13 y E14 se han destruido en su totalidad / Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán y Atzompa.

constructivos, así como diferentes aspectos de arqueología experimental, estos permitieron llegar a la conclusión de que la tierra es la base para la mayoría de los sistemas constructivos que utilizaron los antiguos constructores zapotecos en este monumento.

Para efectuar el estudio de la arquitectura del Edificio P se analizaron dos aspectos fundamentales: el primero corresponde a la materia física del edificio, es decir, el conjunto de materiales y técnicas con los que se edificó; el segundo aspecto son los valores relacionados con el espacio arquitectónico, definidos por la relación entre los sistemas constructivos y las evidencias arqueológicas.

Los estudios previos sobre la arquitectura en Monte Albán han sido descriptivos y no han considerado las diferencias entre las propiedades mecánicas de la tierra y la piedra, el comportamiento ante la humedad (capilar y ambiental), la resistencia de carga y resistencia sísmica, contracción y



Fotografía de la fachada este, se pueden observar los núcleos de barro de los sistemas constructivos / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

empuje. Por otra parte, las afectaciones que sufrieron algunos edificios debido a los sismos de 1999 y la atención inmediata por un equipo multidisciplinario de trabajo en el que participaron ingenieros civiles, arquitectos, arqueólogos y expertos en materia de restauración, cimentaron las bases de trabajo que contempla una visión distinta a la del simple registro arqueológico, puesto que los sismos en el área fueron tan frecuentes en la época prehispánica que supusieron tanto un conocimiento profundo de esa condición, como el desarrollo de un sistema arquitectónico complejo que debía ser estudiado bajo la óptica de distintas disciplinas y puntos de interés para hacer frente a problemáticas de esta índole (Robles, 2009).

Hasta la fecha no se ha integrado un documento preciso que describa los procesos de construcción de los edificios que componen la gran plaza, por lo tanto, recurrimos a la interpretación y estudio de los elementos existentes de la arquitectura del Edificio P para proponer una interpretación del sistema constructivo implementado por los zapotecos, y de esta manera atender la problemática del riesgo sísmico de la zona y de los efectos que este tipo de fenómeno podrían causar en los edificios construidos en zonas de ladera. En este sentido, los constructores antiguos debieron

considerar diversos aspectos como la naturaleza del terreno sobre el que se edificaba, para definir las materias primas a emplear, o el mejoramiento de dichas materias primas para lograr paramentos estables, con un volumen adecuado y deseado, y que además tuvieran la capacidad de estabilidad y contención.

Por lo tanto, nuestra interpretación de las evidencias arqueológicas desde una mirada de la arquitectura e ingeniería nos permite presentar un análisis de los procedimientos técnicos mediante los cuales fue posible construir el Edificio P, determinando las fases para su edificación como se detalla enseguida:



En esta imagen se observa la utilización de firmes de barro cocido, en la sección superior de la fachada este, esquina sur / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

- a) La obtención de materia prima para la construcción del edificio.
- b) La primera fase de construcción se considera la estructura general del edificio, los desplantes y rellenos del asentamiento y emplazamiento de este, el contexto que lo rodea.
- c) La segunda fase de construcción considera la realización de elementos de apoyo, el acabado de firmes, pisos y banquetas, elementos arquitectónicos que definen al edificio, igual que las cubiertas.
- d) La tercera y última fase de construcción es en la que se agregan relieves, molduras, tableros, estuco y pintura mural, elementos de ornamentación.

La identificación del sistema constructivo en el Edificio P tiene como fundamento el empleo de un diseño o modelo que cumple con ciertas exigencias funcionales del elemento construido y que contempla acciones de modificación que podría o no sufrir el edificio. Esto considera las calidades de las materias primas, las posibilidades de sustitución o mejoría, así como la vulnerabilidad de los materiales ante diferentes factores de tipo natural (exposición al agua, lluvia, sol, viento, sismos, etcétera) y antropogénico.

Es importante tener en cuenta que tanto los materiales empleados como las técnicas o métodos de utilización de los mismos y el diseño arquitectónico, son parte de una evolución constructiva que dio resultados favorables previos y por ende su aplicación y funcionalidad contemplan solventar las necesidades estructurales concretas. Esto denota una amplia historia constructiva, conocimientos de las actuales ciencias de arquitectura e ingeniería pues cada elemento constructivo fue diseñado, planeado y levantado para cumplir funciones específicas de soporte, estabilidad estructural, aumento de volumen, encapsulado o sellado de elementos constructivos para evitar la filtración de agua y así mantener el adecuado funcionamiento del mismo.



Cala 2, cuadros N3E16 y N3E17. Vista en planta de bloques de vaciado de barro frente al muro de desplante de la fachada este. Se distinguen algunas rocas que delimitan los bloques de vaciado de barro y se distinguen los bloques de vaciado de barro con piedras, así como la coraza de protección que cubría a los bloques / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Tomando como referencia los estudios sobre la arquitectura monumental basada en sistemas de uso de tierra, ahondados mediante las observaciones de campo que se realizaron durante la temporada de trabajo 2019 y 2020, nos planteamos como necesidad emergente definir y emplear conceptos que puedan describir ampliamente la modalidad de esta materia prima. La mejoría en la resistencia de la tierra (identificada en los análisis de suelos), su función y acabado, considerados en el empleo y combinación de las materias primas como la tierra, arcilla, cal, piedra, agua y madera y fibras vegetales, es parte de un complejo sistema arquitectónico original hasta hoy no descrito en ninguna investigación previa.

En este sentido, cabe señalar que los sistemas constructivos del Edificio P suelen estar constituidos por unidades (bloques de vaciado), estas a su vez por elementos (vaciados, muros, pisos, aplanados, firmes, etcétera) construidos a partir de materias primas determinadas (tierra, arcilla, roca, agua, madera). Así mismo, podemos mencionar que es evidente el conocimiento y prevención originales de los movimientos telúricos, puesto que el diseño

estructural permite que las secciones de piedra trabajen de manera independiente pero también de forma conjunta con las secciones de tierra.


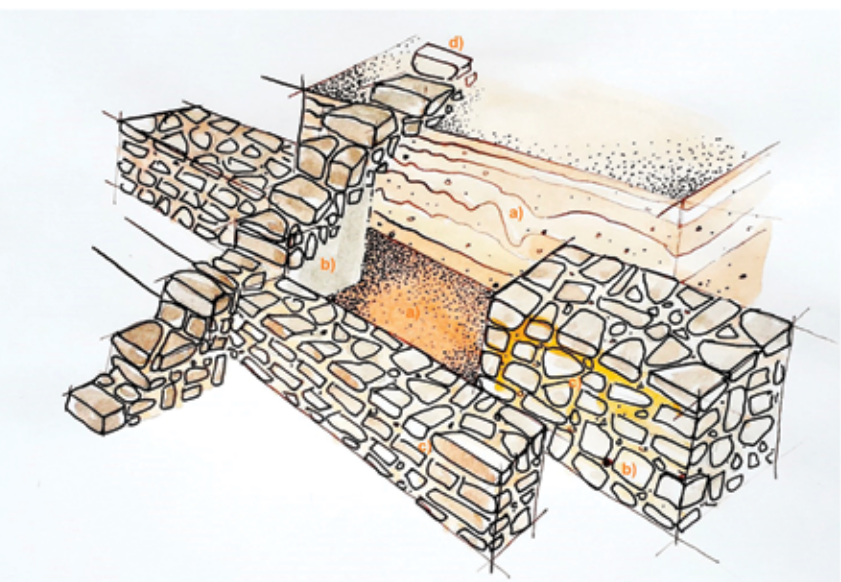


A continuación se enlista cada uno de los elementos identificables dentro del sistema arquitectónico de bloques modelados del Edificio P.

- Muro de contención de piedra
- Bloques de vaciado de barro delimitado con piedras
- Bloques de vaciado mixto
- Modelado de barro
- Muros de piedra
- Vaciado de barro con piedras
- Vaciado de barro mejorado
- Vaciado de barro simple
- Piso de estuco
- Firme de estuco
- Firme de barro
- Firme de barro cocido
- Juntas constructivas de barro
- Adobes
- Enlajados
- Aplanados de estuco
- Bajareque




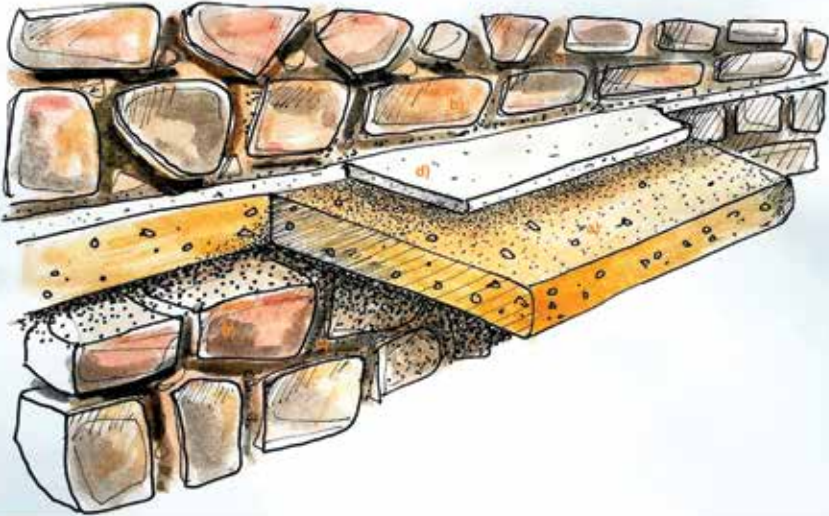

Vista de dos bloques de modelado en la cala 14, cuadro N16E10. Se aprecian las rocas de mala calidad que son empleadas para delimitar los vaciados de barro que se distinguen en capas de distintas proporciones / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA EDIFICIO P-ISOMÉTRICO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO P. Muro de contención</p>
	 <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Vaciado de barro mejorado b) Muro de piedra c) Juntas constructivas de barro <p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. LUIS GARCÍA LALO</p> <p>ESCALA: SIN ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p>
<p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CENTRO INAH OAXACA</p> 	

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA EDIFICIO P-ISOMÉTRICO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO P. Bloque de vaciado de barro delimitado con piedras</p>
	 <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Vaciado de barro mejorado b) Muro de piedra c) Juntas constructivas de barro d) Muro de contención <p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. LUIS GARCÍA LALO</p> <p>ESCALA: SIN ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p>
<p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CENTRO INAH OAXACA</p> 	

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA EDIFICIO P-ISOMÉTRICO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO P. Bloque de vaciado mixto</p>
	<div data-bbox="1104 283 1339 430">  </div> <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Vaciado de barro mejorado b) Muro de piedra c) Juntas constructivas de barro d) Muro de contención e) Vaciado de barro con piedras f) Contención de piedra g) Firme de estuco h) Sello superior con enlajado de piedra <p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. LUIS GARCÍA LALO</p> <p>ESCALA: SIN ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p> <p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CENTRO INAH OAXACA</p>
	


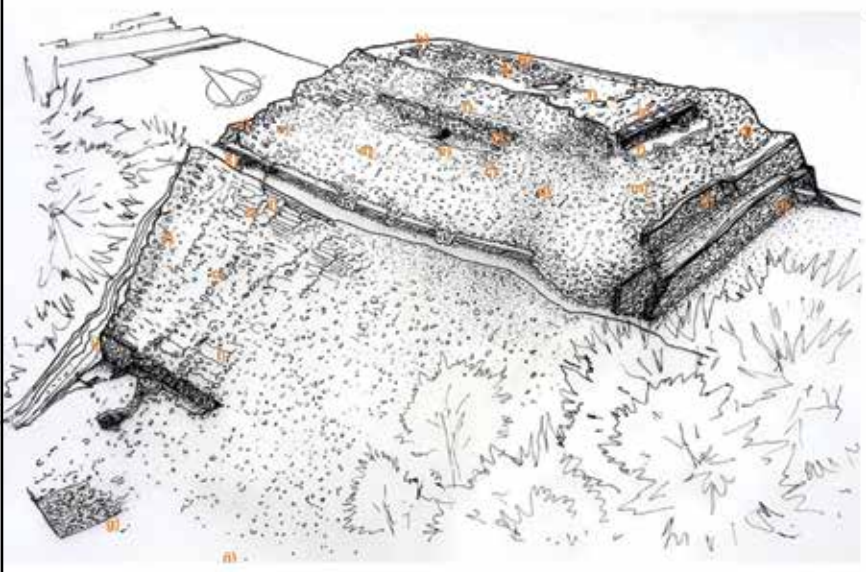


	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA EDIFICIO P-ISOMÉTRICO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO P. Muros de piedra</p>
	<div data-bbox="1104 1228 1339 1375">  </div> <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Vaciado de barro mejorado con piedras b) Muro de piedra c) Juntas constructivas de barro d) Vaciado de barro mejorado <p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. LUIS GARCÍA LALO</p> <p>ESCALA: SIN ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p> <p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CENTRO INAH OAXACA</p>
	

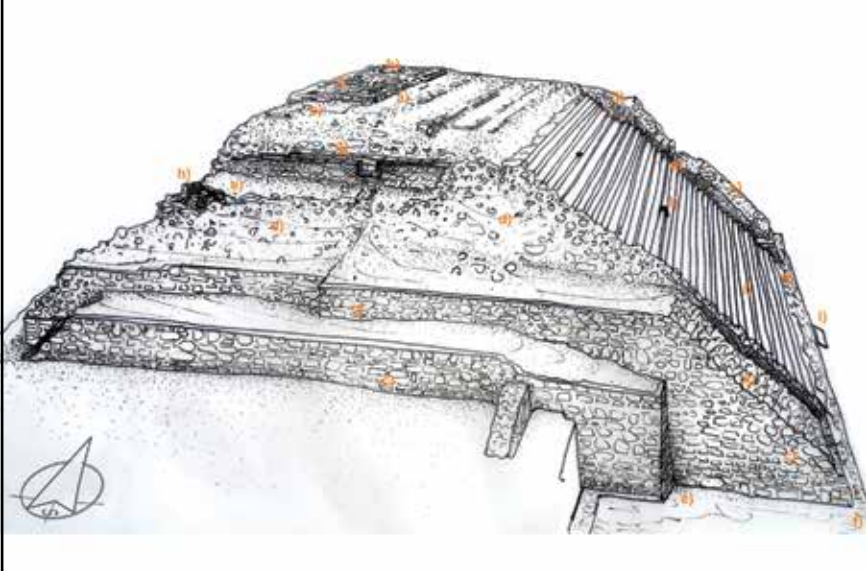

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA EDIFICIO P-ISOMÉTRICO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO P. FIRMES DE BARRO-FIRMES DE ESTUCO</p>
	 <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Firmes de barro b) Muro de piedra c) Juntas constructivas de barro d) Firme de estuco
<p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. LUIS GARCÍA LALO</p> <p>ESCALA: SIN ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p> <p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CENTRO INAH OAXACA</p>	
	

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA EDIFICIO P-ISOMÉTRICO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO P. FIRME DE BARRO COCIDO</p>
	 <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Piedra b) Juntas constructivas de barro c) Firme de barro d) Firme de barro cocido
<p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. LUIS GARCÍA LALO</p> <p>ESCALA: SIN ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p> <p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CENTRO INAH OAXACA</p>	
	

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA EDIFICIO P-ISOMÉTRICO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO P. Adobes</p>
	 <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Adobes b) Piedra c) Juntas constructivas de barro d) Vaciado de barro <p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. LUIS GARCÍA LALO</p> <p>ESCALA: SIN ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p> <p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CENTRO INAH OAXACA</p>
	

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA EDIFICIO P-PERSPECTIVA SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO P. Perspectiva sur-norte</p>
	 <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Camara del paso cenital b) Alfarda c) Muro de piedra caliza d) Nucleado de piedra caliza e) Escalinata f) Piso de estuco g) Banqueta enlajada h) Sección del tablero escapulario i) Tumba 135 <p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. LUIS GARCÍA LALO</p> <p>ESCALA: SIN ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p> <p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p> <p>CENTRO INAH OAXACA</p>
	

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA EDIFICIO P-PERSPECTIVA SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO P. Perspectiva norte-sur lado este</p>	
		 <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Templo b) Monolito c) Muro de piedra caliza d) Nucleado de piedra caliza e) Nicho f) Piso de estuco g) Piso enlajado de piedra h) Tablero doble escapulario i) Muro de contención j) Tablero doble escapulario k) Horno l) Bloques de vaciado de barro m) Drenaje n) Estela danzante ñ) Tumba
<p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. LUIS GARCÍA LALO</p> <p>ESCALA: SIN ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p>		<p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p>
		<p>CENTRO INAH OAXACA</p>

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA EDIFICIO P-PERSPECTIVA SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DEL EDIFICIO P. Perspectiva norte-sur lado este</p>	
		 <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Templo b) Monolito c) Muro de piedra caliza d) Nucleado de piedra caliza e) Piso de estuco f) Piso enlajado de piedra g) Tablero doble escapulario h) Drenaje i) Tumba 135 j) Camara del paso cenital k) Alfarda l) Escalinata
<p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. LUIS GARCÍA LALO</p> <p>ESCALA: SIN ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p>		<p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA</p>
		<p>CENTRO INAH OAXACA</p>

ESTUDIOS RELACIONADOS CON LA TIERRA COMO MATERIAL ORIGINAL DE FÁBRICA

Para caracterizar adecuadamente la tierra como el componente principal dentro del sistema constructivo del edificio, esta tuvo que ser sometida a una serie de pruebas físico-químicas que nos permitieron corroborar nuestros supuestos. Para ello, primero se realizó una investigación sobre las arcillas, las maderas o fibras vegetales y las herramientas de trabajo que fueron utilizadas para los procesos de manufactura del Edificio P. Posteriormente se realizaron pruebas en los apisonados hallados en la ladera este, pruebas de sedimentación, de inmersión, de pH y de alcalinidad, de mecánica de suelos y pruebas experimentales con las arcillas. A continuación se resumen las actividades realizadas:

Arcillas. Son rocas sedimentarias metamorfozadas, constituidas por silicatos de aluminio hidratados procedentes de la descomposición de rocas de feldespato. Presentan diversas coloraciones según las impurezas que contienen, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando son puras. Una propiedad de las mezclas que tienen las arcillas es su plasticidad; mediante la acción del agua se puede obtener las formas que uno desee. La importante cualidad de las arcillas para su utilización en técnicas constructivas es que poseen, por su menor tamaño (láminas planas de micelas), una mayor superficie específica, dando como resultado que expongan mucha superficie donde pueden realizarse, entre otras reacciones, las de intercambio catiónico.

El conocimiento empírico adquirido por la constante utilización de este material fue importante para los constructores zapotecos en su desarrollo cultural desde las épocas tempranas, cuando la arcilla se utilizó en la construcción de tapiales y tierras modeladas, posteriormente evolucionó hacia la manufactura de vasijas y la fabricación de adobes.

Las arcillas utilizadas en el Edificio P, para la elaboración de las mezclas de lodo, pudieron haberse obtenido de los mismos bancos de materiales pétreos.

Mediante los estudios de sedimentación e inmersión fue posible identificar que la combinación adecuada de arcillas y limos dejados a madurar en agua y proporciones de cal hidratada, permiten lograr una mezcla o diferentes mezclas que potencializan las características de las arcillas, logrando que el resto de los limos tengan un comportamiento acorde al de las arcillas, ofreciendo mayor resistencia al proceso de acumulación y pérdida de humedad y temperatura. Sin embargo, la exposición a la intemperie propicia que las mezclas pierdan propiedades de adherencia.



Depósito de tierra después de llover, se observa que el agua no penetra con facilidad en la tierra; en la parte externa por el proceso de sedimentación se observan las arcillas / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Madera y fibras vegetales. Los materiales orgánicos perecederos como maderas y fibras empleadas en el Edificio P son los más difíciles de identificar dado que sólo se han hallado improntas en bajareques que fueron reutilizados en algunos vaciados de lodo o en bajareques que cayeron de la parte superior y que formaron parte del templo. Sin embargo, la facilidad en el manejo de esta materia prima y las herramientas de tecnología expedita halladas en la ladera del Edificio P, permiten inferir que la madera y diversas fibras como tiras y cestería fueron empleadas en los procesos de obtención de materias primas, acarreos, preparación de mezclas, armado de andamiajes y en la construcción misma de los paramentos del edificio.

La presencia de adobes en el Edificio P lleva a inferir que los constructores zapotecos efectuaban algún tipo de corte de madera, como duelas, para hacer los cajones de moldeo de los adobes. También, por la altura del edificio, consideramos que se elaboraban delicadas estructuras de madera o andamios para alcanzar las partes altas del edificio.

De igual forma se identificaron fragmentos de carbón en algunos vaciados de lodo, lo que hace suponer que el carbón y la ceniza, muy posiblemente obtenidos en la quema de cal y de los



Fragmento de bajareque hallado en la parte superior del Edificio P sobre el cual se distinguen improntas que ha dejado la materia orgánica / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

firmes de barro cocido, fueron materias empleadas en la elaboración de mezclas para rellenar los cajones modelados.

La utilización de fibras vegetales como herramientas de trabajo está presente de manera implícita en la producción de cordelería (mecates) con algunas fibras como el ixtle, con lo que se podían producir cribas con entramados de mecates para seleccionar diferentes tipos de agregados. Para cubrir la necesidad de recipientes de acarreo de los materiales y mezclas se pudieron haber utilizado canastos hechos con alguna técnica de cestería de carrizo o una fibra similar.

Durante los análisis de suelos, el proceso de sedimentación de las muestras permitió observar la presencia de fibras vegetales de menor tamaño que se añadían a las mezclas de barro, esto hizo posible distinguir que al igual que en la fabricación del adobe, la utilización de fibras como desgrasantes en la elaboración de las mezclas de vaciado de barro les otorgaba mejor cohesión y durabilidad.

Herramientas de trabajo. Para la implementación de las diversas técnicas constructivas relacionadas con materiales como tierra, piedra y cal, los constructores originales necesitaron de herramientas que los ayudaran con las labores, así, consideramos que para las mezclas de barro tenían que contar con cribas para seleccionar los agregados de cada mezcla, así como artesas para sedimentar las tierras y obtener arcillas más puras, punzones de madera para sacar las tierras de los bancos, mazos de piedra y de madera para triturar los terrones de arcillas, palas de madera para mover los depósitos de arcillas, así como recipientes que pueden ser utilizados para la transportación de piedras, barro y tierra, hechos de materiales como fibras vegetales o cerámica. Para transportar el agua se necesitaría de un recipiente cerámico, o bules (calabaza) por su capacidad impermeable.

Para la producción de piedra útil para la construcción, las herramientas fueron mazos de



Roca que presenta hendidura en la parte media, evidenciando que fue utilizada como mortero improvisado para moler algún tipo de material. De igual forma presenta huellas de percusión en algunos de sus lados / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

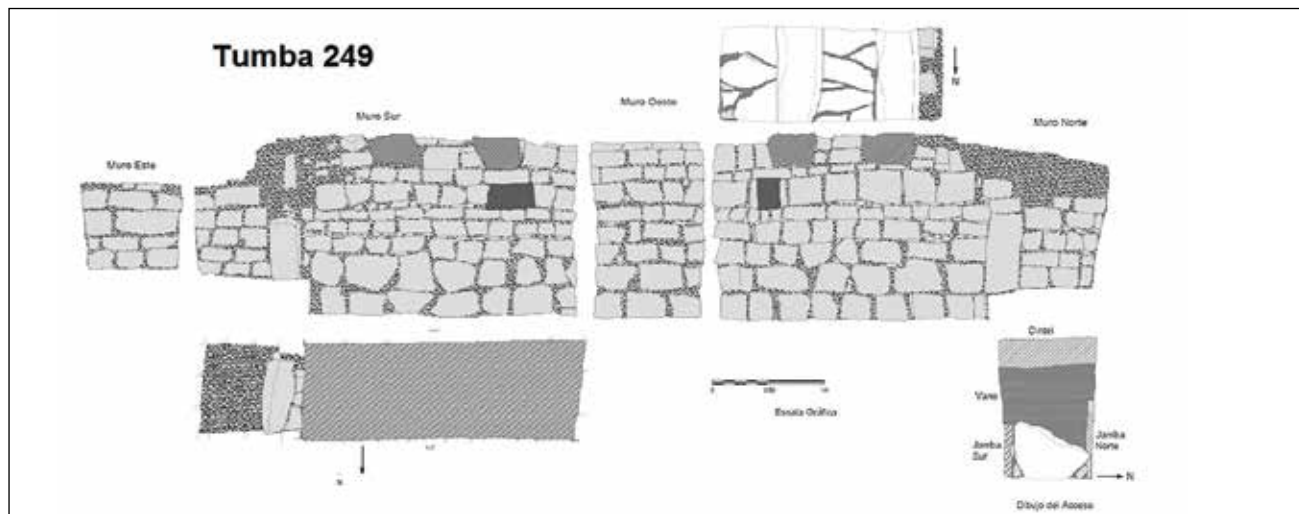
piedra y punzones de madera o piedras de mayor rigidez sobre los afloramientos rocosos. Para carear la piedra en forma de sillar se utilizaban herramientas de piedra de mayor rigidez que la piedra caliza (como los cantos de río, de los que se recuperaron algunos en los rellenos). Para facilitar el proceso de labrado las piedras tendrían que estar mojadas o haber sido sumergidas en algún depósito de agua de mayor dimensión.

TUMBA 249

Este recinto funerario se encontró en la parte inferior de la ladera este del Edificio P, donde comienza la zona de pendiente, en la Cala 11, en los cuadros N13E21 y N13E20, hacia el eje transversal de la parte media de la edificación.

Tiene una planta rectangular con diferentes elementos constructivos que consisten en un área vestibular, un acceso con jambas y los restos de una laja que funcionó para restringir la entrada. En el interior yace la cámara funeraria con dos nichos laterales, con una longitud de 2.06 metros de largo por 0.78 de ancho, y una orientación de 275° con un ligero ángulo en relación al eje este-oeste.

El área del vestíbulo tiene una planta cuadrangular de 0.54 metros en el eje este-oeste por 0.72 metros en el norte-sur. El piso corresponde a un firme de tierra arcillosa preparada y apisonada. El sistema constructivo consiste en muros rectos elaborados con bloques recortados y careados de roca arenisca, las rocas tienen forma rectangular, estos bloques se encuentran pegados con una mezcla de tierra-arena; entre las juntas de mayor amplitud se hallan pequeñas rocas semi-redondeadas, el espesor de las juntas varía de 0.01 a 0.05 metros. Los bloques en promedio tienen una dimensión de 0.18 metros de largo por 0.12 metros de alto.



Registro gráfico de la Tumba 249 / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

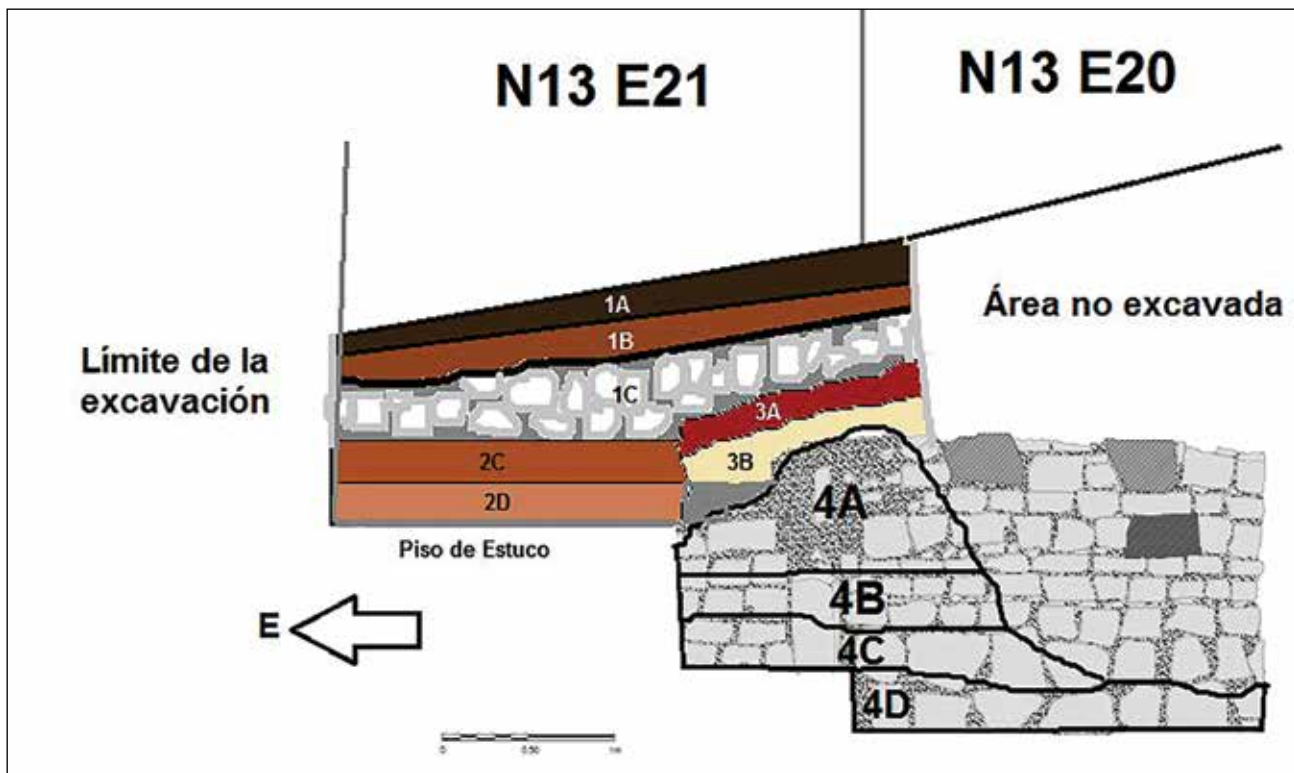


Imagen de la estratigrafía encontrada en el contexto asociado a la Tumba 249 de Monte Albán. Distribuida en 11 estratos y abarca un área de cuatro por dos metros en la sala 11 / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.

Sobre el área de acceso se encontró una sección conformada por un relleno de piedras, lo que sugirió un contexto alterado relacionado directamente con el área de acceso hacia la tumba. Cerca del acceso, posterior al retiro de los bloques de roca, fue encontrada una concentración de materiales muy fragmentados en la parte interior de la cámara funeraria. El material arqueológico está compuesto por fragmentos de cerámica, lítica, jade, concha, huesos humanos y huesos de animal.

El área de acceso se halló parcialmente destruida de manera intencional durante la época prehispánica, antes de la última modificación en el área que fue hecha en la época IIIB-IV.

La cámara funeraria interna tiene una planta rectangular de 2.15 metros de largo por 0.79 de ancho y una altura máxima de 1.52 metros. El muro norte tiene una longitud máxima de 2.15 metros, con una altura máxima de 1.52 y mínima de 1.32, y está elaborado con bloques de piedra

careada, la forma más común es el bloque rectangular aunque se observan otros cuadrangulares y algunas formas irregulares. El acomodo de la piedra se encuentra dispuesto por hiladas con los bloques alternados. Las juntas están elaboradas con una mezcla preparada a base de tierra con propiedades de un barro similar al de los adobes, de espesor variable de entre 0.01 y 0.06 metros; entre la cuarta y la quinta hilada tiene un sistema de pequeñas piedras alargadas irregulares dispuestas a intervalos regulares a modo de decoración, su tamaño oscila los 0.02 metros de alto y una longitud de 0.07 metros, la separación entre estas pequeñas rocas es de 0.06 metros. Es importante señalar que al no ser elementos estructurales, muchas piezas se desprendieron de su ubicación original y varias piezas se encontraron durante la excavación del interior.

HORNOS DE CAL

Las exploraciones arqueológicas realizadas en la fachada sur del Edificio P arrojaron información muy valiosa y novedosa para la comprensión del sistema constructivo. Uno de los objetivos de esta intervención fue hallar la posible banqueta que delimita este costado con la residencia ubicada en esta misma zona. Al realizar las excavaciones se pudo apreciar una serie de cimientos en forma circular sobre la superficie en la sección media y en el lado oeste, mientras que en el costado este se encontró la banqueta conformada por un alineamiento de piedra que delimitaba el piso de estuco.

Los alineamientos circulares hallados fueron liberados en su interior sistemáticamente, saliendo a la luz las hiladas de los muros que conforman sus paredes. Dichos muros están compuestos por tres hiladas de piedra tipo sillar careadas, de diferentes dimensiones (entre 20 a 30 centímetros), además de que algunas piedras presentan exposición al fuego. En el interior del pozo, entre el relleno, se pudieron observar algunos fragmentos pequeños de carbón. El diámetro de estos elementos es de 2.04 y 1.90 metros. Debido a la particularidad del hallazgo se contó con la asesoría de personal especializado en arqueomagnetismo de la UNAM,

quien proporcionó información sobre el uso del posible elemento, definiéndolos como hornos de producción de cal.



Ortofoto del Horno de cal 1 del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Ortofoto de los hornos de cal hallados en el Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Unidad estratigráfica 4b donde se encontró la concentración de materiales en el área de acceso / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Horno de cal 1 del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Estos hornos para la producción de cal son los primeros descubiertos en Monte Albán, siendo este hallazgo muy coherente debido a que, por la monumentalidad de los edificios, se requerían grandes volúmenes de cal para la construcción de cada una de las estructuras, además de que los arquitectos zapotecos tenían un gran conocimiento de las propiedades y manejo de este producto.

OFRENDAS ASOCIADAS AL EDIFICIO

Durante el proceso de excavación se fueron recuperando materiales, principalmente fragmentos de cerámica, lítica tallada, lítica pulida, concha, lapidaria, hueso y muestras de tierra. Se hallaron también objetos completos cuya presencia permitió documentar el contexto.

La Ofrenda 1 fue localizada en el interior de un cuarto, ubicado en el extremo sur de la parte inferior de la ladera, entre las calas 1 y 2. Esta ofrenda fue dispuesta directamente sobre el piso de estuco y extendida en toda su superficie. Durante la excavación se identificaron 20 objetos que corresponden a piezas completas o semi-completas, sin embargo, en el contexto se encontró una gran cantidad de fragmentos de cerámica, mismos que pueden corresponder con otros objetos. Entre las piezas identificadas se hallan grandes tambores de cerámica, comales, cajetes, vasos, figurillas, manos de metate, alisadores de piedra, un silbato, navajas de obsidiana y ollas.

Parte de la ofrenda se descubrió en la temporada 2019, por lo que ya se tenía el conocimiento previo de la misma. Al retirar los “cajones de vaciado” se localizó una gran cantidad de fragmentos de cerámica, así como objetos completos (dicho elemento fue numerado desde la temporada an-



Ofrenda 1. La imagen superior corresponde con la Cala 1 y la imagen inferior con la Cala 2 donde se puede observar la ofrenda completa / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Ofrenda 1. La imagen superior corresponde con la Cala 1 y la imagen inferior con la Cala 2 donde se puede observar la ofrenda completa / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Detalle de los objetos de la ofrenda, el 20 corresponde con un silbato y el 19 con un vaso garra / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

terior), la nomenclatura parte en dirección este oeste, los números se asignaron de manera consecutiva del 1 al 11. El Objeto 12 corresponde con un posible instrumento musical de percusión, el Objeto 13 con un posible cajete, el Objeto 14 es un cajete con pequeños soportes, el Objeto 15 corresponde con una vasija, del Objeto 17 no se logró identificar la forma, el Objeto 18 es una olla pequeña, el Objeto 19 es un vaso garra y el Objeto 20 un silbato de un personaje antropomorfo con atributos de ave. También se encontraron dos figurillas y un pequeño disco de cerámica.

La Ofrenda 1 en las calas 1 y 2 corresponde con un evento vinculado a la destrucción intencional de



Ofrenda 6. Cilindros depositados como ofrenda en la fachada este del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

las estructuras arquitectónicas del área, junto con la construcción del complejo sistema de arquitectura de tierra a base de “cajones de vaciado” dispuestos para la contención de la ladera. El área fue abandonada posiblemente a raíz de un evento catastrófico, lo que pudo desencadenar una serie de rituales durante los cuales se colocarían ofrendas de abandono en varias áreas de la ladera.

La Ofrenda 6 consta de tres cilindros de cerámica de enormes dimensiones encontrados *in situ*. Estos corresponden a piezas de gran formato hechas de cerámica dispuestas en un orden particular, con una planta triangular en cuyo centro se encontró una losa que corresponde a un elemento arquitectónico de un momento constructivo anterior. El Cilindro 1 tiene una altura máxima de 0.40 metros, con un diámetro de alrededor de 0.40 metros, el Cilindro 2 mide 0.78 metros de alto y tiene un diámetro de 0.27 metros y el Cilindro 3 tiene una altura de 0.62 metros con un diámetro de 0.37 metros.



Ofrenda 3 en el cuadro N6E19 de la Cala 4. Se identifican los diferentes elementos que la integran / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

ANÁLISIS DE MATERIALES ARQUEOLÓGICOS

Durante las dos temporadas de trabajo del Proyecto se llevaron a cabo diversas actividades en gabinete relacionadas con la clasificación y análisis de materiales recuperados en las exploraciones; el lavado del material arqueológico, su marcado y clasificación. Otra de las actividades importantes dentro del proceso de análisis fue el pegado de fragmentos similares en forma y acabado, armando de esta manera piezas completas y semicompletas, para posteriormente continuar con el dibujo de las formas más sobresalientes y concluir con el embalaje de piezas para su resguardo.

El presente apartado resume los resultados de los análisis de los materiales arqueológicos procedentes de las excavaciones realizadas en los edificios intervenidos (Edificio A, Juego de Pelota y Edificio P) por parte del Proyecto. Cabe resaltar que los resultados aquí publicados se concentran en el análisis de la cerámica, por tratarse del material más abundante recuperado en los contextos arqueológicos de dicha exploración. En total se registraron en laboratorio 518 bolsas, de las

cuales 366 corresponden al Edificio A, que incluyen material cerámico, placas de mica, lítica, hueso, estuco y tierra. Del Juego de Pelota se recibieron 152 bolsas con material cerámico, lítica, hueso, estuco y aplanado.

La cerámica analizada del Edificio A consistió en una muestra total de 3,244 tiestos, se registraron las cuatro pastas características de Monte Albán: gris, crema, café y amarilla. La cerámica gris fue la más abundante con 69% de la muestra, después la cerámica crema con 19%, la cerámica amarilla con siete por ciento, siendo la más escasa la cerámica café con cinco por ciento. Las formas más frecuentes fueron los cajetes cónicos, cajetes semiesféricos, vasijas cilíndricas, cántaros, botellones, ollas globulares y sahumeros. En menor medida se registraron cucharones, apaxtles, comales, braceros, fragmentos de tocados de figurillas antropomorfas y figurillas zoomorfas.



Proceso de restauración de las copas del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Proceso de marcado del material cerámico del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Cuerpo cajete cónico G.16.

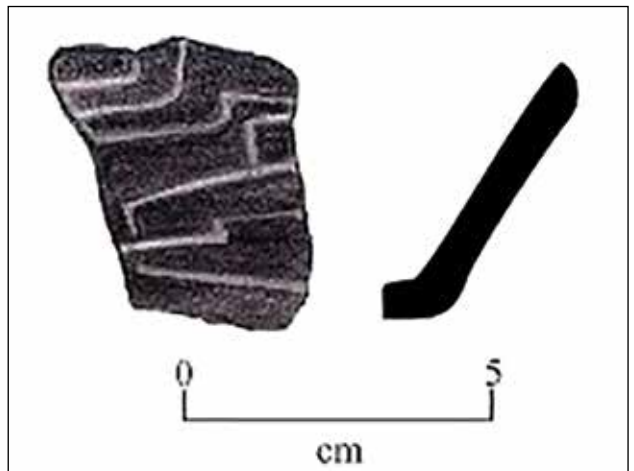
La cerámica analizada del Juego de Pelota consistió en una muestra total de 878 tiestos, registrándose también las cuatro pastas características de Monte Albán. La cerámica gris fue la más abundante con 57%, seguida del grupo de la cerámica crema con 30%, la cerámica amarilla con 11% y siendo más escasa la cerámica café con dos por ciento. Las formas más frecuentes fueron cajetes cónicos, vasos cilíndricos, vasos garras, ollas globulares, fragmentos de figurillas antropomorfas, figurillas zoomorfas y braceros.



Monte Albán II. Pasta crema. Cajete cónico C.11.



Cuerpo A.9.



Monte Albán II. Pasta amarilla. Vasos cilíndricos.

Algunos tiestos analizados provenientes de las excavaciones del Edificio A / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Algunos tiestos analizados provenientes de las excavaciones del Juego de Pelota / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

El análisis del material cerámico nos da la oportunidad de conocer parte de la vida ritual y cotidiana de los habitantes de Monte Albán, específicamente en el Edificio P. Resalta entre la muestra las formas cerámicas correspondientes a la vajilla de instrumentos musicales, tal es el caso de los tambores de cerámica de pasta gris localizados como parte de la Ofrenda 1 referida anteriormente, cabe destacar que esta forma y tipo no había sido reportada hasta el momento.



Cajete cónico Tipo C12.



Cajete cónico Tipo G1.

Algunos tiosos analizados provenientes de las excavaciones del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Por otra parte, también sobresale la presencia de formas utilizadas para la preparación y consumo de alimentos, tales como ollas, comales, cajetes, vasos y platos, abundando la pasta gris para los cajetes, la pasta café para los comales y la pasta crema para los vasos.

Entre los materiales hallados en las unidades estratigráficas correspondientes a la ocupación del Edificio P, sobresalen tipos cerámicos representativos de la época Monte Albán I, tales como G12, G15, G17 y G18, C1, C4 y C20; para Monte Albán II continuaron los tipos referidos anteriormente y se incluyeron algunos tipos como el C11 y C12; para Monte Albán IIIA se clasificaron tiosos del tipo G23.

Cabe resaltar entre la muestra de objetos de la Ofrenda 1 hallada en el Edificio P tres formas cerámicas muy peculiares que sugieren un uso como: instrumentos musicales (tambores).

Sugerimos este posible uso debido a que las vasijas carecen de base y fondo interior en el área del cuello, es decir, se trata de piezas huecas. Es importante señalar que el hallazgo de estas formas es de suma importancia no sólo por el contexto de procedencia de las mismas, sino porque este tipo de objetos no fueron reportados en la tipología cerámica de Caso, Bernal y Acosta (1967). Dentro de la arqueología, principalmente en las fuentes pictográficas, es común encontrar referencias de los instrumentos musicales utilizados en la época prehispánica, destacando en este marco los tambores. Sin embargo, en el registro arqueológico son pocos los ejemplares recuperados debido a la naturaleza perecedera de su materia prima (Méndez y Pimentel, 2010, p. 221), se estima que la mayoría fueron manufacturados en madera, cerámica y posiblemente utilizando calabazos de cucurbitáceas (*ibidem*, p. 229) siendo los ejemplares fabricados en cerámica los mejor conservados.

De acuerdo con la clasificación de Méndez y Pimentel (2010, p. 233) existe un grupo denominado "tambores en forma de copa", que se caracterizan



Tambor 3 hallado en la Ofrenda 1 durante las excavaciones del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Tambor 3 hallado en la Ofrenda 1 durante las excavaciones del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Tambor 1 hallado en la Ofrenda 1 durante las excavaciones del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

por presentar una anatomía en forma de botella, florero o vasija con pedestal. La presencia de este tipo de tambor se ha registrado principalmente en la zona Maya y el norte de México.

Cabe resaltar que los ejemplares de los que se tiene conocimiento varían en tamaño. Para el caso de Oaxaca este tipo de formas sólo se ha reportado en la región del Istmo y de igual manera presentan dimensiones pequeñas (Sánchez S. Gonzalo y Marisol Y. Cortés V., 2012, pp. 78-81), sin embargo, también se tiene conocimiento de unos ejemplares que se encuentran en el Museo Nacional de Antropología en la Sala de las Culturas de Oaxaca.

8. INTERVENCIONES DE RESTAURACIÓN

Los trabajos de restauración arquitectónica que se llevaron a cabo en los distintos edificios involucraron una serie de acciones preliminares de carácter urgente para atender de forma expedita los daños que ocasionaron los sismos de septiembre del 2017. Una vez estabilizados los monumentos a través de apuntalamientos, delimitaciones y cercados, se tuvo el tiempo para la gestión de fondos en todos los niveles. De esta manera, las actividades comenzaron con estudios geofísicos, de materiales, los sistemas constructivos e historia de las intervenciones mediante la revisión bibliográfica. Los trabajos formales de restauración empezaron entre seis y 18 meses después de los sismos.

En un plano general, la secuencia de trabajo fue: 1) integración del equipo técnico; 2) estudios y análisis tecnológicos y físicos; 3) exploración arqueológica para identificar las áreas del subsuelo afectadas y conocer la estabilidad estructural de los edificios; 4) análisis de las particularidades arquitectónicas de cada edificio, las técnicas constructivas y los materiales de construcción empleados por los constructores

zapotecos; 5) análisis de los espacios que presentan debilidad estructural, faltantes de coraza de protección, juntas, grietas, materiales originales (de fábrica) y elaboración de alternativas viables para su intervención.

Las soluciones y propuestas de restauración planteadas requirieron de la inspección de especialistas en diversos temas relacionados con los monumentos, como ingenieros civiles, geólogos, arquitectos restauradores y funcionarios, para evaluar los daños así como entablar discusiones académicas para beneficio del proyecto.

Todos estos trabajos preliminares permitieron que el inicio de los trabajos directamente en los monumentos tuvieran un nivel de análisis técnico previo, discusiones académicas y distribución de actividades entre los integrantes del proyecto.

TRABAJOS DE RESTAURACIÓN EN LOS MONUMENTOS AFECTADOS EN EL CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA

Se muestran los trabajos de restauración de los monumentos 4 y 16, los cuales presentaron las mayores afectaciones por los sismos de 2017 en el Conjunto Monumental de Atzompa. Los procedimientos de restauración y conservación se realizaron primordialmente asegurando la estabilidad estructural de los elementos arquitectónicos, por lo que en ocasiones se requirió hacer una intervención mayor en las partes afectadas.

INTERVENCIÓN EN EL EDIFICIO 4

Este edificio en su forma general inicialmente tuvo una planta rectangular, posteriormente se adosaron los “brazos” hacia el extremo sur y norte

con remetimientos de aproximadamente 5.70 metros en ambos lados, en la fachada este se localizó parte de la escalinata, elemento que presenta dos alfardas distintas correspondientes a los momentos constructivos mencionados, hacia la parte superior se localizaron restos de los muros y pisos que conforman el templo y las banquetas.

Está construido sobre una base plana en las fachada sur, norte y este, teniendo una altura de 7.76 a 8.14 metros aproximadamente con respecto al nivel de piso de banqueta en la plaza y al nivel final de piso del templo en la parte superior, para alcanzar esta altura el edificio fue construido de manera escalonada hacia la parte superior formando al menos dos entrecalles, la primera a una altura de 2.06 metros, con un remetimiento de 0.71 metros y un ancho de 1.40 metros, y la segunda con un ancho de 1.40 metros, localizada a una altura de 1.90 a 2.0 metros con respecto a la primer entrecalle. Hacia el extremo oeste el edifi-



CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA

PROYECTO DE INTERVENCIÓN POR DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 7 DE SEPTIEMBRE

LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS

TEMPLO-EDIFICIO 4



1.- DESPRENDIMIENTO DE APLANADOS EN MUROS DE ADOBE



2.- COLAPSO DE MURO DE ADOBE



3.- DESPRENDIMIENTO DE APLANADOS EN MUROS DE ADOBE



3.- DESPRENDIMIENTO DE APLANADOS EN MUROS DE ADOBE

cio está aparentemente desplantado por debajo del nivel de piso de la plaza, logrando de esta forma más altura; consta de una serie de muros que realizan la función de nivelación de plataforma con respecto al nivel final de la banqueta en la fachada este (muros E, G y H), creando una entrecalle de aproximadamente 0.80 a 1.10 metros de ancho en donde desplanta el muro F, mismo que hace escuadra con los muros A y D de las esquinas remetidas del edificio. Hacia la parte superior no se localizaron elementos que definieran su arquitectura.


Tiene 41.12 metros de frente en el lado este y 26.41 metros en los lados norte y sur, hacia la fachada oeste tiene una longitud de 30.70 metros. El sistema constructivo de sus muros es a base de piedras careadas de diferentes medidas, en algunos casos a plomo y en otros en talud, de igual modo presenta elementos en talud estucados, pisos de estuco en banquetas y entrecalles, en la escalinata los 26 elementos fueron forjados con

piedras calizas y forrados con mezcla de estuco, en el templo se presentó un sistema constructivo mixto, hacia el exterior los paramentos son de piedras careadas y en el interior forjado con bloques de adobe formando una especie de muro cajón entre ambos muros.

Evaluación de daños provocados por el sismo

En la evaluación preliminar de daños se observó que la parte superior del edificio, en donde se ubica el templo, presentó colapsos que requerían de atención inmediata por la exposición de los muros de adobes en las partes colapsadas, así como un hundimiento de siete centímetros en la esquina suroeste del templo, provocando grietas en los muros de piedra que contienen los núcleos de adobe, siendo los muros sur y oeste los que presentaron mayor daño.


En la parte superior de los muros del templo los núcleos de piedra se encontraban disgregados




CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA
 PROYECTO DE INTERVENCIÓN POR DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DELL 7 DE SEPTIEMBRE

LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS


EDIFICIO 4




SEPARACION DE ELEMENTOS




GRIETAS Y FISURAS EN LA ESQUINA ARREMETIDA DE LA ALFARDA




SEPARACION DE ELEMENTOS 3.72M DE ALTURA
FACHADA OESTE MURO BASAL




DESPRENDIMIENTO DE PIEDRA



SEPARACION DE ELEMENTOS EN MURO



GRIETAS EN NUCLEO DE PIEDRA



DESPRENDIMIENTO DE PIEDRA


y agrietados con presencia de raíces y vegetación. El piso de sacrificio del templo se encontraba con grietas y hundimientos de 10 centímetros en la parte suroeste en la esquina interna del templo. Por otro lado, el templo sufrió una deformidad en la parte suroeste de la plataforma superior, dañando la esquina y los muros sur y oeste, mientras que la parte norte presenta fisuras y grietas en muros y pisos, aunque de menor tamaño que las localizadas en la parte sur.

En la plataforma superior se localizaron grietas y disgregación de material en la parte suroeste, así como hundimientos. En la escalinata, en la parte superior, se hallaron grietas en los lados sur

y norte de menor tamaño y de poca deformidad. En la base del edificio se encontraron grietas en las esquinas de la fachada oeste del lado sur, estas se originan verticalmente sobre el escarpio del muro de la alfarda con una deformidad de cuatro centímetros. Se localizó otra grieta en la esquina noroeste en la parte basal del edificio, es vertical sobre el plomo de la esquina con una deformación de cinco centímetros.

Metodología de intervención


Analizado los daños del Edificio 4 se determinó iniciar los trabajos en la parte superior, en el templo, posteriormente realizar los trabajos en la




CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA
 PROYECTO DE INTERVENCIÓN POR DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 7 DE SEPTIEMBRE

LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS


TEMPLO-EDIFICIO 4



1.- DESPLAZAMIENTO EN MURO




2.- DESPLAZAMIENTO EN MURO




3.- DESPLAZAMIENTO EN MURO


Muro sur




1.- GRIETA EN MURO




2.- GRIETA EN MURO



3.- DESPLAZAMIENTO EN MURO







4.- GRIETA EN MURO



5.- DESPLAZAMIENTO DE MURO

Muro oeste

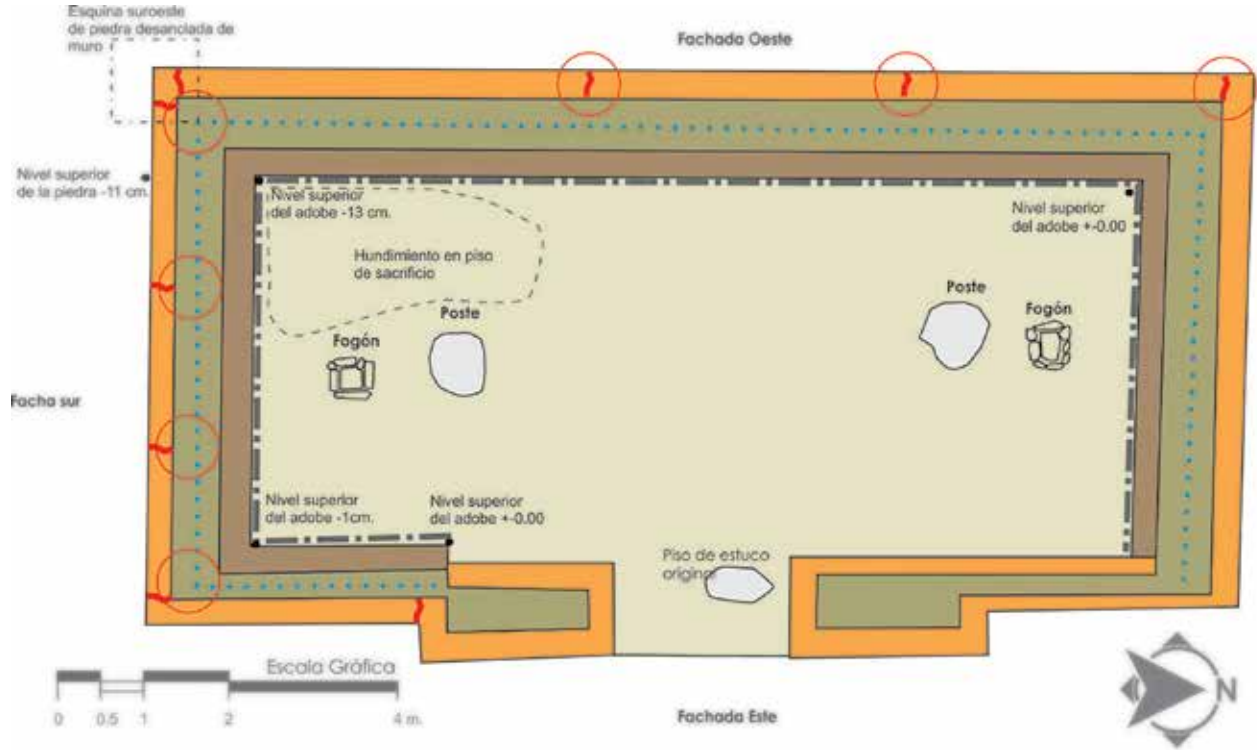





Piso de estuco moderno



CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA
 PROYECTO DE INTERVENCIÓN POR DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 7 DE SEPTIEMBRE
 PRELIMINARES
 ACCIONES DE LIBERACIÓN Y SONDEO DE GRIETAS

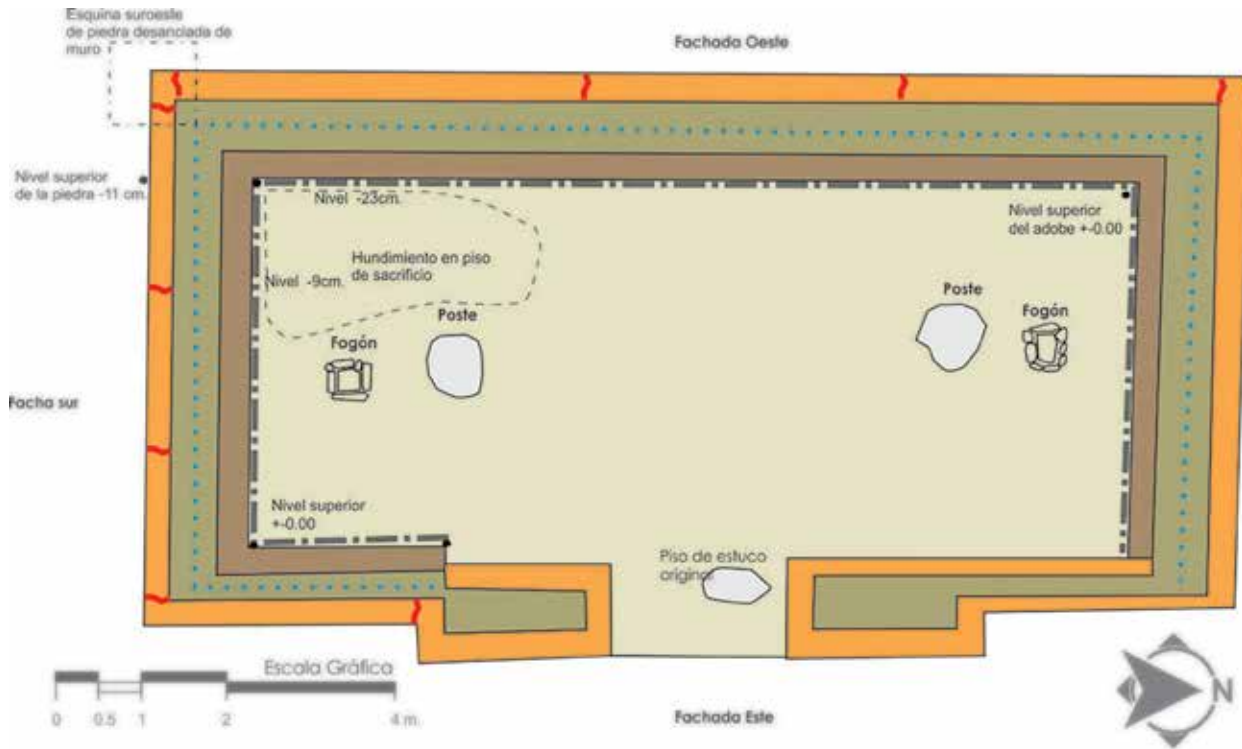
TEMPLO-EDIFICIO 4



SIMBOLOGÍA		ACCIONES
	GRIETAS	Exploración de grietas en la parte externa del muro.
	MUROS DE PIEDRA CAREADA	Liberación de piedra careada que se encuentre suelta
	MUROS DE ADOBE	Liberación de manera controlada retirando piezas dañadas y material de demumbe.
	APLANADOS MURO DE ADOBE	Liberación de manera controlada retirando los aplanados dañados.
	NÚCLEOS RELLENO SUPERIOR DE MURO	Liberación de manera controlada retirando piedras y sellos de cal que se encuentren sueltos.
	RELLENO INTERNO DEL MURO CON TIERRA COMPACTADA	Liberación de manera controlada retirando 20cm de relleno de tierra disgregada en parte superior
	PISO DE ESTUCO MODERNO	Liberación de manera controlada retirando el piso de sacrificio que se encuentren sueltos y colapsados
	LIBERACIÓN DE RELLENO PARA CONSOLIDAR GRIETAS DEL MURO DE PIEDRA.	Liberación de manera controlada retirando el relleno compactado en la parte posterior de las grietas del muro de piedra



CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA
 PROYECTO DE INTERVENCIÓN POR DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DELL 7 DE SEPTIEMBRE
 PRELIMINARES
 ACCIONES DE LIBERACIÓN Y SONDEO DE GRIETAS



SIMBOLOGÍA		ACCIONES
	GRIETAS	Consolidación de elementos dañados mediante inyección y sellado de fisuras; integración mediante aplicación de mezclas de cal elaborada con cal química apagada en obra y en arena en prop. 1:1. Acabado en pintura de tierra.
	MUROS DE PIEDRA CAREADA	Integración de elementos dañados, utilizando piedra arenisca, recibidas y juntadas con mezclas de cal química, apagada en obra y arena cenida en mallo de 3/8" en prop. 1:1, acabado pintura de tierra.
	MUROS DE ADOBE	Integración a base de mezclas de cal química apagada en obra y arena cenida en mallo de 3/8" en prop. 1:1, acabado pintura de tierra, con piedra en un sistema de colado encajonado en la parte superior de muro.
	APLANADOS MURO DE ADOBE	Integración de aplanado en tres capas, a base de mezclas de cal química apagada en obra con acabado en pintura de tierra.
	NÚCLEOS RELLENO SUPERIOR DE MURO	Integración de nucleado para sellar relleno superior, utilizando piedras irregulares recibidas y juntadas con mezclas de cal química apagada en obra y arena cenida en mallo de 3/8" en prop. 1:1. Acabado en tallado fino y pintura de tierra.
	RELLENO INTERNO DEL MURO CON TIERRA COMPACTADA	Integración a base de mezclas de cal química apagada en obra y arena cenida en mallo de 3/8" en prop. 1:1, acabado pintura de tierra, con piedra en un sistema de colado encajonado en la parte superior de muro.
	PISO DE ESTUCO MODERNO	Integración de 5 cm, de piso de estuco en tres capas, a base de mezclas de cal química apagada en obra con acabado en pintura de tierra.

escalinata y en las esquinas de la alfarda sur de la fachada este y la esquina basal norte de la fachada oeste, con las siguientes acciones de conservación, para la reintegración y estabilización de los elementos arquitectónicos afectados.

Intervención en templo

Muros de adobe

- Liberación de manera controlada retirando piezas dañadas y material de derrumbe.
- Integración con base en mezclas de cal y piedra en un sistema de colado encajonado en la parte superior del muro de 35 centímetros de espesor.

Aplanados de muro de adobe:

- Limpieza de muro de adobe en cara expuesta, retirando material suelto con brocha y


cucharilla, con aplicación de agua de cal por aspersión.

- Integración de aplanado en tres capas:
- Primera capa elaborada con cal química apagada en obra, arena y mucílago de nopal en proporción 1:2:1/2.
- Segunda capa elaborada con cal química apagada en obra y arena cernida con malla de 3/8" en proporción 1:1.
- Tercera capa elaborada con cal química apagada en obra y arena fina cernida en tela de mosquitero en proporción 1:1. Acabado con lechada de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco a una mano con brocha de 4". Se espolvoreará toda la superficie con la misma tierra fina seleccionada como acabado final.




CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA
 PROYECTO DE INTERVENCIÓN POR DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 7 DE SEPTIEMBRE
 PRELIMINARES
 ACCIONES DE LIBERACIÓN Y SONDEO DE GRIETAS


TEMPLO-EDIFICIO 4




MURO SUR DE ADOBE ANTES DE LOS TRABAJOS




MURO SUR DE ADOBE ANTES DE LOS TRABAJOS



Liberación de muros controlada retirando 20cm de relleno de tierra desmenuada en parte superior




Esquina suroeste



Esquina suroeste



Nivel superior del adobe +0.00
 Nivel superior del adobe +1.5 cm




Liberación de muros controlada retirando 20cm de relleno de tierra desmenuada en parte superior




Esquina suroeste interna



Esquina suroeste interna



Liberación de muros controlada retirando 20cm de relleno de tierra desmenuada en parte superior



Liberación de muros controlada retirando 20cm de relleno de tierra desmenuada en parte superior



CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA

PROYECTO DE INTERVENCIÓN POR DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 7 DE SEPTIEMBRE
PRELIMINARES

ACCIONES DE LIBERACIÓN Y SONDEO DE GRIETAS

TEMPLO-EDIFICIO 4



Núcleos de relleno superior de muro

- Liberación y despiece de manera controlada de material suelto en la superficie a trabajar.
- Integración de nucleado para sellar relleno superior utilizando piedras irregulares recibidas y junteadas con mezclas de cal química apagada en obra y arena cernida en malla de 3/8" en proporción 1:1.
- Acabado en tallado fino y pintura de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado con brocha de 2". Se espolvorea la superficie con la tierra fina como acabado final, se coloca en las juntas un rajoneo incrustando gravilla de hormigón de 3/8".

Piso de estuco moderno

- Despiece y remoción de la capa de sacrificio con estuco moderno integrado, con la finalidad de sustituir elementos deteriorados y disgregados.
- Integración de estuco de cinco centímetros de espesor en tres capas:
- Primera capa de estuco con cal química apagada en obra y arena en proporción 1:1:1.
- Segunda capa de estuco con cal química apagada en obra y arena cernida con malla de 3/8" en proporción 1:1.
- Tercera capa de estuco con cal química apagada en obra y arena fina cernida en tela de mosquitero en proporción 1:1.
- Acabado pulido fino y lechada de tierra al fres-

co a dos manos, composición de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado con brocha de 4”.

Muro de piedra lado oeste

- Liberación de manera controlada retirando relleno de tierra y material suelto.
- Desmante y remoción de piezas de piedra arenisca en muro.
- Integración de elementos dañados utilizando piedra arenisca, recibidas y junteadas con mezclas de cal química apagada en obra y arena cernida en malla de 3/8” en proporción 1:1, acabado de pintura de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado, con

mucílago de nopal aplicado con brocha de 1”. Se espolvorea la junta con la tierra fina como acabado final.

- Se coloca en la junta un rajuelo incrustando gravilla de hormigón de 3/8” para hacer notar la intervención.
- Integración de rellenos por medios manuales en capas de 20 centímetros, cuatrapiado con piedras y mezclas de cal química, arena en proporción 1:1.



CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA
 PROYECTO DE INTERVENCIÓN POR DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 7 DE SEPTIEMBRE
 PRELIMINARES
 ACCIONES DE LIBERACIÓN Y SONDEO DE GRIETAS

TEMPLO-EDIFICIO 4

Estado del piso de estuco de sacrificio antes de su intervención.








Handimiento en piso de sacrificio



Separación de piso de estuco original







Handimiento en piso de sacrificio



CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA
 PROYECTO DE INTERVENCIÓN POR DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 7 DE SEPTIEMBRE
 ACCIONES DE INTEGRACIÓN Y CONSOLIDACIÓN

TEMPLO-EDIFICIO 4



Muro de piedra lado sur

- Liberación de manera controlada retirando relleno de tierra y material suelto.
- Desmonte y remoción de piezas de piedra arenisca en muro.
- Integración de elementos dañados, utilizando piedra arenisca, recibidas y juntadas con mezclas de cal química apagada en obra y arena cernida en malla de 3/8" en proporción 1:1, acabado con lechada de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado con brocha de 1". Se espolvorea la junta con la tierra fina como acabado final.

- Se coloca en la junta un rajoneo incrustando gravilla de hormigón de 3/8" para hacer notar la intervención.
- Integración de rellenos por medios manuales en capas de 20 centímetros, cuatrapeado con piedras y mezclas de cal química, arena en proporción 1:1.

Esquina suroeste

- Liberación de manera controlada retirando relleno de tierra y material suelto.
- Desmonte y remoción de piezas de piedra arenisca en muro.

- Integración de elementos dañados utilizando piedra arenisca, recibidas y junteadas con mezclas de cal química apagada en obra y arena cernida en malla de 3/8" en proporción 1:1, acabado con lechada de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado con brocha de 1". Se espolvorea la junta con la tierra fina como acabado final.
- Se colocó en la junta un rajuelo incrustando gravilla de hormigón de 3/8" para hacer notar la intervención.
- Integración de rellenos por medios manuales en capas de 20 centímetros. cuatrapeado con piedras y mezclas de cal química, arena en proporción 1:1.



Consolidación de elementos dañados mediante inyección y sellado de fisuras / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Intervención esquina sur de la alfarda este

- Liberación de manera controlada de excedente de tierra y material suelto en la superficie a trabajar.
- Consolidación de elementos dañados mediante inyección y sellado de fisuras y grietas, integración por medio de aplicación de mezclas de cal elaboradas con cal química apagada en obra y arena en proporción 1:1. Acabado de pintura en tierra, composición de tierra fina con color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco, con brocha se espolvorea toda la superficie pintada con la misma tierra fina seleccionada, como acabado final.
- Liberación de manera controlada retirando relleno de tierra y material suelto.

Desmante y remoción de piezas de piedra arenisca en muro

- Integración de elementos dañados utilizando piedra arenisca, recibidas y junteadas con mezclas de cal química apagada en obra y arena cernida en malla de 3/8" en proporción 1:1, acabado con lechada de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado con brocha de 1". Se espolvorea la junta con la tierra fina como acabado final.
- Se colocó en la junta un rajuelo incrustando gravilla de hormigón de 3/8" para hacer notar la intervención.



Colocación de relleno compactado de tierra con cal química / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

- Integración de rellenos por medios manuales en capas de 20 centímetros cuatrapeado con piedras y mezclas de cal química, arena en proporción 1:1.

Intervención en muro basal esquina noroeste

- Liberación de manera controlada de excedente de tierra y material suelto en la superficie a trabajar.
- Consolidación de elementos dañados mediante inyección y sellado de grietas y fisuras, integración por medio de aplicación de mezclas de cal elaborada con cal química apagada en obra y en arena en proporción 1:1. Acabado de pintura en tierra, composición de tierra



Consolidación de elementos dañados mediante inyección y sellado de grietas / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

fina con color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco, con brocha se espolvorea toda la superficie pintada con la misma tierra fina seleccionada, como acabado final.

- Liberación de manera controlada retirando relleno de tierra y material suelto.
- Desmonte y remoción de piezas de piedra arenisca en muro.
- Integración de elementos dañados utilizando piedra arenisca, recibidas y juntas con mezclas de cal química apagada en obra y arena cernida en malla de 3/8" en proporción 1:1, acabado con lechada de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado con brocha de 1". Se espolvoreó la junta con la tierra fina como acabado final.
- Se colocó en la junta un rajoneo incrustando gravilla de hormigón de 3/8" para hacer notar la intervención.
- Integración de rellenos por medios manuales en capas de 20 centímetros, cuatrapeado con piedras y mezclas de cal química, arena en proporción 1:1.
- Colocación de tierra, mejorada con cal química, compactada con medios manuales sobre la superficie del terreno.

Intervención en escalinata parte superior

- Liberación de manera controlada de excedente de tierra y material suelto en la superficie a trabajar.
- Consolidación de elementos dañados mediante inyección y sellado de grietas, integración por medio de aplicación de mezclas de cal elaborada con cal química apagada en obra y en arena en proporción 1:1. Acabado de pintura en tierra, composición de tierra fina con color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco, con brocha se espolvorea toda la superficie con la misma tierra fina seleccionada, como acabado final.



Consolidación de elementos dañados mediante inyección y sellado de grietas / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Registro fotográfico al final de las intervenciones (Archivo técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa)



Después de la intervención***INTERVENCIÓN EDIFICIO 6******Descripción arquitectónica general del monumento***

El Edificio 6 se encuentra al norte de la Plaza B, en planta tiene forma rectangular. Presenta una longitud de 21.65 metros de este a oeste, de 22 metros de norte a sur, y una altura de 4.65 metros respecto al nivel de la Plaza B. En la cima se encuentran los restos de un templo el cual se halló muy bien definido por la presencia de un piso de estuco. El edificio tiene una escalinata de 7.45 metros de largo, ubicada en la parte central de la fachada sur, la cual contiene escalones de estuco con sillares de piedra, con un peralte de 0.28 metros y una huella de 0.38 metros. La escalinata

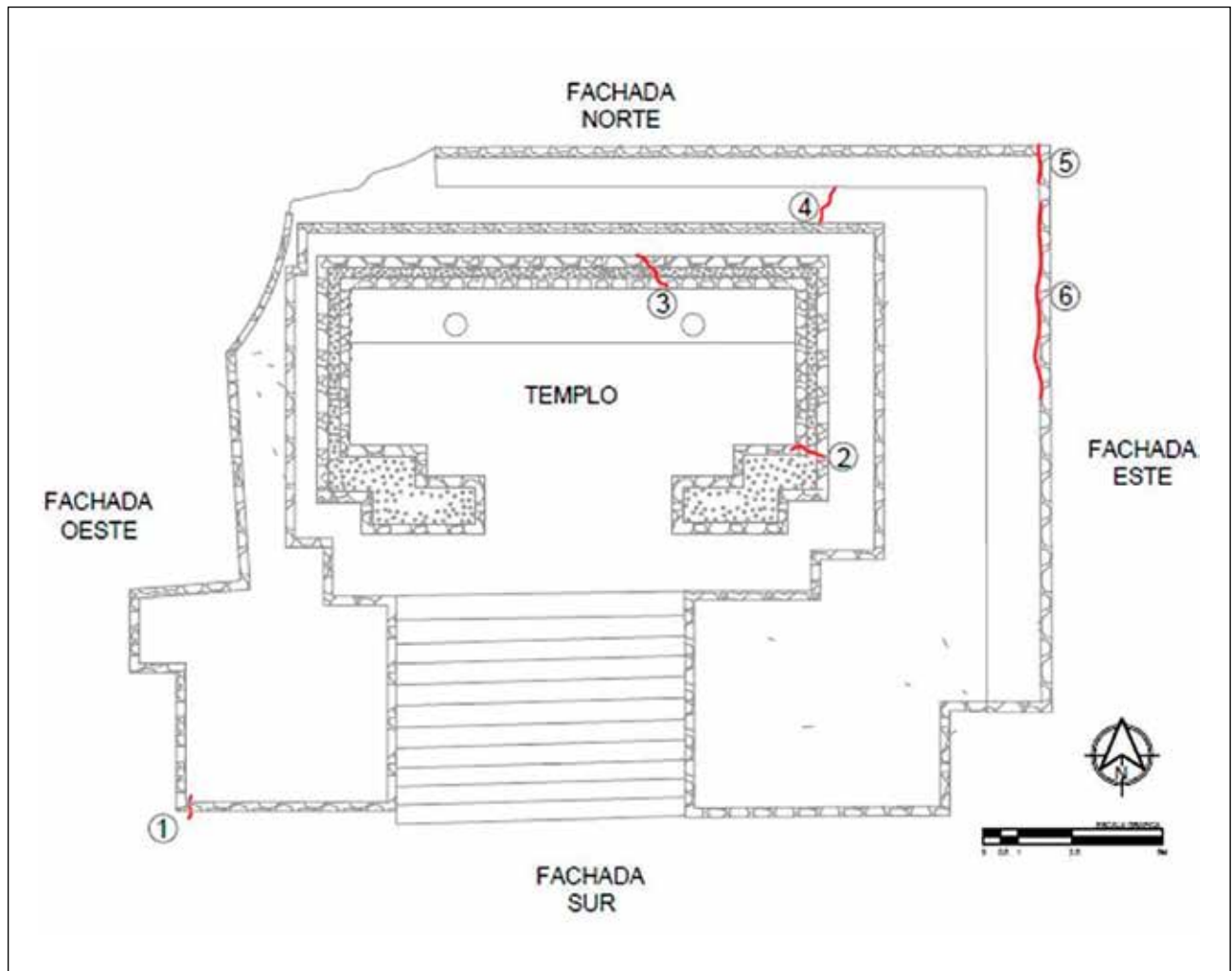


Vista general del Edificio 6. Registro fotográfico al final de las intervenciones / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

se encuentra enmarcada por dos alfardas de una longitud de 7.10 metros respectivamente. Al este del edificio se observa una pequeña plataforma adosada de 13.19 por 6.93 metros y una altura de 2.71 metros respecto al nivel de la Plaza B. La tumba en el interior tiene una longitud de 8.46 metros, en cuanto a la profundidad del piso de estuco en el templo, hacia el nivel más bajo de la tumba tiene 5.65 metros y el ancho es variable de 1.90 a 1.53 metros. La tumba consta de tres cámaras funerarias, numeradas en el orden en el cual fueron encontradas de la parte superior a la inferior. También cuenta con escalinatas y un cubo de piedra recortada a modo de antecámara.

Evaluación de daños provocados por el sismo

El Edificio 6 presentó grietas y fisuras de forma vertical y horizontal en los muros y pisos en la zona noreste; se observó la continuidad de grietas en esta zona desde la base del edificio hasta la parte superior; en la esquina noreste, en la parte media del templo, la grieta que se formó rompió una piedra de la esquina, siendo esta esquina la más afectada del edificio. La construcción no presenta deformaciones graves; en la continuidad de las juntas constructivas y en los paramentos de muro no se observaron desplomes ni hundimientos.



Edificio 6. Vista en planta. Registro de daños.



CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA
 PROYECTO DE INTERVENCIÓN POR DAÑOS OCASIONADOS POR EL SISMO DEL 7 DE SEPTIEMBRE
 LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS



1.- GRIETA EN CORNISA



2.- GRIETA EN MURO CAJON DEL TEMPLO



3.- FISURA EN NUCLEO DE PIEDRA



4.- GRIETA EN MURO NUCLEO



5.- PROLONGACION DE LA GRIETA DEL MURO NORTE



6.- DESPRENDIMIENTO DE ESTUCO MODERNO

Metodología de la intervención

Después de la revisión del edificio se decidió iniciar las intervenciones en las grietas de la parte superior del edificio en la zona del templo, en los muros este y norte, posteriormente intervenir la grieta que atraviesa la parte superior de la esquina del templo hasta la parte basal en donde se ubicó la ruptura de una piedra esquinera.

Analizado los daños se realizaron las consiguientes acciones de conservación para la reintegración y estabilización de los elementos arquitectónicos afectados de la esquina noreste. En el muro este en la parte basal del edificio se encontró una grieta que corre horizontalmente separando un sello de estuco actual que corona el muro este en la zona de la esquina noreste.

Las acciones de conservación y de restauración del templo fueron las siguientes:

Intervención en grieta del templo muro este, oeste y norte

- Liberación de manera controlada de las juntas constructivas, retirando piezas dañadas y material suelto.
- Consolidación de elementos dañados mediante inyección y sellado de fisuras, integración por medio de aplicación de mezclas



Edificio 6. Intervención en grieta del templo muro oeste / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

de cal elaborada con cal química apagada en obra y en arena en proporción 1:1. Acabado de pintura en tierra, composición de tierra fina con color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco, con brocha se espolvorea toda la superficie pintada con la misma tierra fina seleccionada, como acabado final.

Intervención en grietas y fisuras del muro este y de la esquina noreste del basamento del Edificio 6

- Liberación de manera controlada de las juntas constructivas, retirando piezas dañadas y material suelto.
- Liberación de manera controlada de piedras calizas dañadas y material suelto.
- Consolidación de elementos dañados mediante inyección y sellado de fisuras, integración por medio de aplicación de mezclas de cal elaborada con cal química apagada en obra y en arena en proporción 1:1. Acabado de pintura en tierra, composición de tierra fina con color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco, con brocha se espolvorea toda la superficie pintada con la misma tierra fina seleccionada, como acabado final
- Reintegración de piedra caliza mediante aplicación de mezclas de cal elaborada con cal química apagada en obra y en arena en proporción 1:1. Acabado en lechada en tierra, composición de tierra fina con color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco, con brocha se espolvorea toda la superficie con la misma tierra fina seleccionada, como acabado final.

Cabe hacer mención de la intervención realizada a la cámara funeraria número 1, 2 y 3 de este edificio, que estuvo encaminada a la estabilización de los aplanados que presentaron microfisuras y grietas ocasionadas por el movimiento telúrico, mismas que propiciaron la filtración de humedad al interior, activando los ciclos salinos

que, con el aumento y disminución de temperatura ambiental, provocaron la aparición de velos y concreciones salinas sobre las superficies originales y las juntas de intervenciones anteriores (véase Anexo 9, Tomo I, pp. 113-143).



Grieta de la esquina noreste del Edificio 6 con reintegración de piedra esquinera / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Grieta de la esquina noreste del Edificio 6 mostrando fractura de piedra esquinera / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

INTERVENCIÓN EDIFICIO 16

Como resultado de los sismos el Edificio 16 se hundió y se fracturó el piso de sacrificio en el interior del templo hacia sus lados norte y este. El muro del primer y segundo cuerpo de la fachada norte se agrietó en sus muros tipo cajón en ambos extremos, al igual que sus núcleos superiores, presentando desplazamientos en estos dos cuerpos. La fachada este también presentó daños considerables en el muro de desplante, siendo más graves en el segundo cuerpo, con grietas y desprendimiento del muro con desplazamiento.

Descripción arquitectónica

Plataforma piramidal de dos cuerpos con templo en la parte superior.

Es una estructura de 5.10 metros de ancho en dirección norte-sur y 14.00 metros en dirección este-oeste, en lo que corresponde al área del templo, en su fachada sur presenta restos de otros momentos constructivos que se encuentran adosados a la estructura, con dimensiones de 16.40 por 4.80 metros, muestra sus esquinas remetidas en el lado este y oeste. En total se documentaron tres momentos diferentes de su construcción.

Sistema constructivo

Las fachadas este, norte y oeste se constituyen de dos cuerpos. El primero es un muro de arranque o desplante a base de sillares de piedra careada de forma regular con dimensiones que varían entre 0.25 y 0.46 metros de ancho por 0.30 a 0.60 metros de alto, con un espesor de 0.30 a 0.35 metros.

El segundo cuerpo está conformado por un muro a base de sillares de piedra careada de forma regular levantando a dos caras, la exterior e interior, existiendo entre estas un relleno formando un muro tipo cajón de un ancho total de 0.84 a 0.88 metros.

La fachada sur contempla una banqueta como desplante del edificio, presenta alfardas correspondientes al primer cuerpo, llegando a un piso de estuco que se proyecta a todo el contorno de las fachadas oriente y poniente. Una escalinata con sistema constructivo a base de piedra careada de forma rectangular que llega a la banqueta del templo.

En el espacio que ocupa el templo se aprecian dos momentos constructivos definidos por el cambio de niveles en el piso de estuco. Hacia los costados norte y este se observa un piso de restauración de estuco integrado en un nivel inferior al piso original que se extiende hacia los costados oeste y sur.

Trabajos preliminares

Antes de iniciar los trabajos de restauración de daños en esta área se efectuó un registro fotográfico

de los elementos afectados, se analizó las propuestas de intervención y se determinaron las soluciones para la misma. A partir de ello se establecieron los trabajos preliminares, que en este caso fueron los siguientes:

- Se habilitó un área de trabajo
- Acarreo de material, arena y sacos de cal hasta el área de trabajo por medios mecánicos y manuales.
- Se trasladaron contenedores para agua e hidratación de cal.
- Abastecimiento de agua hacia el área de trabajo por medios mecánicos y manuales.
- Apagado de cal Quimex® 95, (sacos de 25 kilogramos en tambos de 200 litros).
- Colado fino y selección de color para la elaboración de lechadas (acabados).
- Recolección y preparación de nopal para obtención de mucílago.

Cada actividad preliminar se realizó anticipadamente, evitando así la falta de material, obteniendo un mejor rendimiento en la ejecución de las actividades.

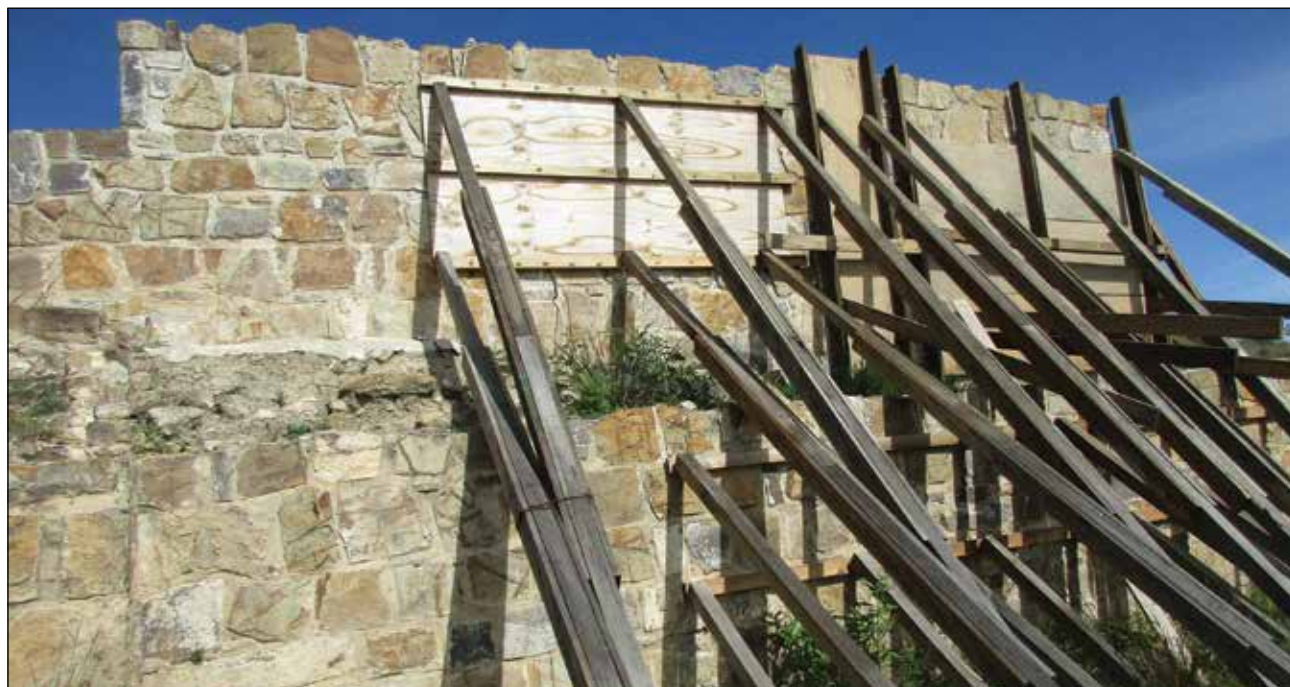
Fachada oriente

La fachada oriente presenta dos cuerpos. El primero es un muro de arranque o desplante a base de sillares de piedra careada de forma regular con dimensiones que varían entre 0.25 y 0.46 metros de ancho por 0.30 a 0.60 metros de alto. De una longitud de 8.27 metros y una altura variable de lado sur de 1.20 metros, la cual incrementa hacia la esquina norte llegando a 2.20 metros con un espesor de 0.30 a 0.35 metros.

El segundo cuerpo conformado por un muro a base de sillares de piedra careada de forma regular levantado a dos caras, al exterior e interior, existiendo entre estas un relleno formando un muro tipo cajón de un ancho total de 0.84 a 0.88 metros y de una longitud de sur a norte de 7.28 metros.

Estado de conservación

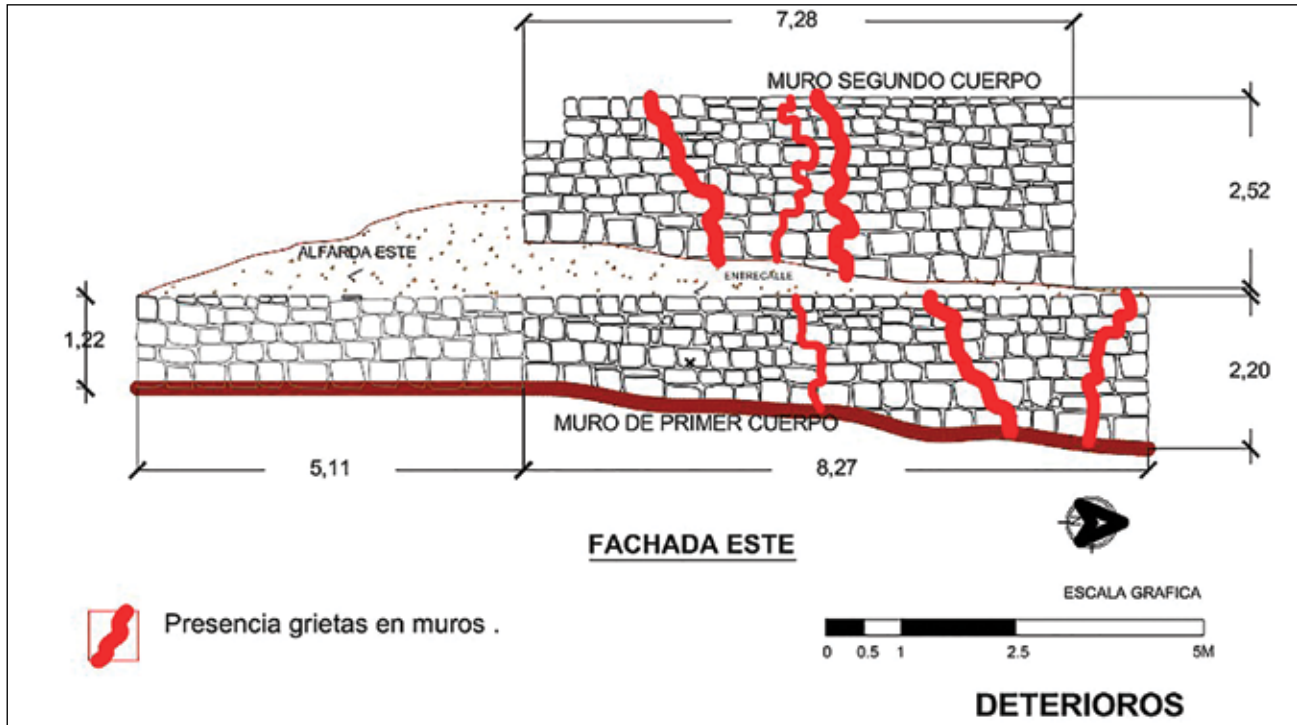
El muro del primer y segundo cuerpo se había apuntalado desde el momento posterior al sismo del 07 de septiembre de 2017, con piezas de madera tales como polines, duelas y hojas de triplay



Fachada oriente del Edificio 16. Estado de la fachada al inicio de los trabajos / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

concentradas en las partes donde se presentaron las grietas. En el muro del primer cuerpo el daño se muestra en la esquina noreste y la parte central, existiendo grietas desde el sillar de desplante hasta el enrase de muro. En el muro del segundo cuerpo el daño fue grave tanto en la cara interior

como en la exterior, se hallaron grietas que traspasaron el muro, al igual que se presentó disgregación de materiales, desprendimientos y desfase de piezas de piedra entre los sillares llegando hasta los sellos de núcleos superiores del muro.



Fachada oriente. Estado de conservación / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Trabajos de restauración

Para dar inicio con los trabajos en el primer y segundo cuerpos de la fachada oriente antes de retirar los apuntalamientos dispuestos, se liberó el muro interior del segundo cuerpo en la parte que corresponde al templo con la supervisión de un arqueólogo, se retiraron los rellenos liberando un espacio de 0.80 metros de ancho y 1.84 metros de profundidad hacia el desplante en su lado norte y 1.42 metros en su costado sur. Se corroboró que las grietas se extienden del desplante hasta el enrase en ambas caras del muro tipo cajón, al igual provocó la sección y separación de muro, existiendo desfase y desplome. Valorando el grado de los daños y para proporcionar nuevamente soporte y estabilidad a todo el paramento se procedió a realizar los trabajos preliminares para la reintegración de 90% del mismo.

Primeramente se procedió con el retiro de los sellos nucleados (capa de protección o sacrificio) en la parte superior del muro, que consistió en la remoción de piedra y material suelto utilizando herramientas manuales como marro y cincel. Se elaboró



un registro fotográfico del estado de conservación del paramento para después enumerar cada pieza de manera progresiva (1, 2, 3 etcétera) con pintura de cal de derecha a izquierda, posteriormente se volvió a realizar el registro fotográfico para obtener un larguillo impreso junto con el registro gráfico. Después se procedió al desprendimiento y remoción de muro dañado, colocando las piezas ordenadamente para su posterior reintegración.

Fue necesario el retiro parcial del muro del segundo cuerpo de manera temporal aligerando así el peso y empuje hacia el muro del primer cuerpo, se procedió a la remoción de la parte afectada de este paramento valorando el grado de daño y proporcionando nuevamente soporte y estabilidad, para ello se realizaron trabajos de reintegración de 85% del muro afectado.

Enseguida se procedió a la remoción de sillares de piedra arenisca en el muro dañado, colocando las piezas ordenadamente para su posterior reintegración.

Hacia la esquina noreste de muro de primer cuerpo, donde se une con el paramento norte, se



Fachada oriente del Edificio 16. Grietas con separación de elementos en muro de primer y segundo cuerpo, lado oriente / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fachada este del Edificio 16. Daños ocasionados por el sismo en el primer y segundo cuerpo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fachada oriente del Edificio 16. Retiro de los nucleados en la parte superior del muro de segundo cuerpo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fachada oriente. Esquina noreste del Edificio 16. Se integró y consolidó una base con piedra arenisca antes de iniciar el desplante de muro / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fachada oriente del Edificio 16. Desmonte y remoción de sillares de piedra arenisca en muro dañado / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

integró y consolidó una base con piedra arenisca antes de iniciar el desplante del muro, se dispuso a 1.60 metros de largo hacia su costado este y 1.30 metros de largo en el costado norte con el fin de brindar soporte, esto debido a la disgregación de la plataforma donde desplanta este edificio, al límite con la esquina noreste. Igualmente, atendiendo a la recomendación hecha por el Consejo de Arqueología, se preparó una bajada de aguas pluviales desde la parte superior en el espacio interior que delimita el templo.

Con apoyo de larguillo impreso de registro fotográfico y gráfico, se reintegraron los sillares de piedra dañados del primer cuerpo integrando un soporte para los rellenos internos, siguiendo la disposición de los elementos estables que presenta en su costado sur proyectados hacia la esquina noreste. Se integró una hilada de piedra al límite del nivel de la entrecalle para proporcionar soporte a los rellenos que delimitan a este elemento. Las hiladas de piedra fueron recibidas y sus juntas entalladas con mezcla de cal química apagada en obra y arena cernida con malla de 3/8" en proporción 1:1. El acabado patinado fue hecho con lechada de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado,



Fachada oriente del Edificio 16. Reintegración de sillares de piedra en el muro del primer cuerpo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

con mucílago de nopal aplicado con brocha de 1". Se espolvoreó la junta con la tierra fina como acabado final.

Integrado el primer cuerpo de la fachada este y existiendo el soporte y estabilidad adecuados, se procedió al desplante del muro a dos caras de tipo cajón correspondiente al segundo cuerpo.

Con apoyo de larguillo impreso de registro fotográfico y gráfico se reintegraron los sillares de piedra dañados del segundo cuerpo, integrando a continuación los rellenos internos, siguiendo la disposición de los elementos estables que presenta en el costado sur, proyectados hacia la esquina noreste a 6.60 metros a lo largo con una altura total del desplante al enrase de muro de 2.52 metros. Las piezas de piedra fueron recibidas y junteadas con mezcla de cal química apagada en obra y arena cernida con malla de 3/8" en proporción 1:1. El acabado se logró con lechada de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado con brocha de 1". Se espolvoreó la junta con la tierra fina como acabado final.



Fachada oriente del Edificio 16. Reintegración de sillares de piedra en el muro del primer y segundo cuerpo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fachada oriente del Edificio 16. Reintegración de sillares de piedra en el muro del segundo cuerpo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fachada oriente del Edificio 16. Estado de la fachada después de los trabajos / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fachada norte del Edificio 16. Estado de la fachada al inicio de los trabajos / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Fachada norte

En el primer cuerpo el muro en dirección este-oeste presenta una longitud total de 13.07 metros, siendo su disposición de mayor altura de 2.20 metros hacia el lado este hasta la esquina noreste. El muro se construyó originalmente con base de bloques de piedra careada con dimensiones que varían entre 0.12 y 0.58 metros de ancho por 0.20 y 0.44 metros de alto. El segundo cuerpo fue conformado por un muro con base de sillares de piedra careada de forma regular levantado a dos caras, exterior e interior, existiendo entre estas un relleno formando un muro tipo cajón de un ancho total de 0.84 a 0.88 metros y de una longitud de este a oeste de 10.22 metros.

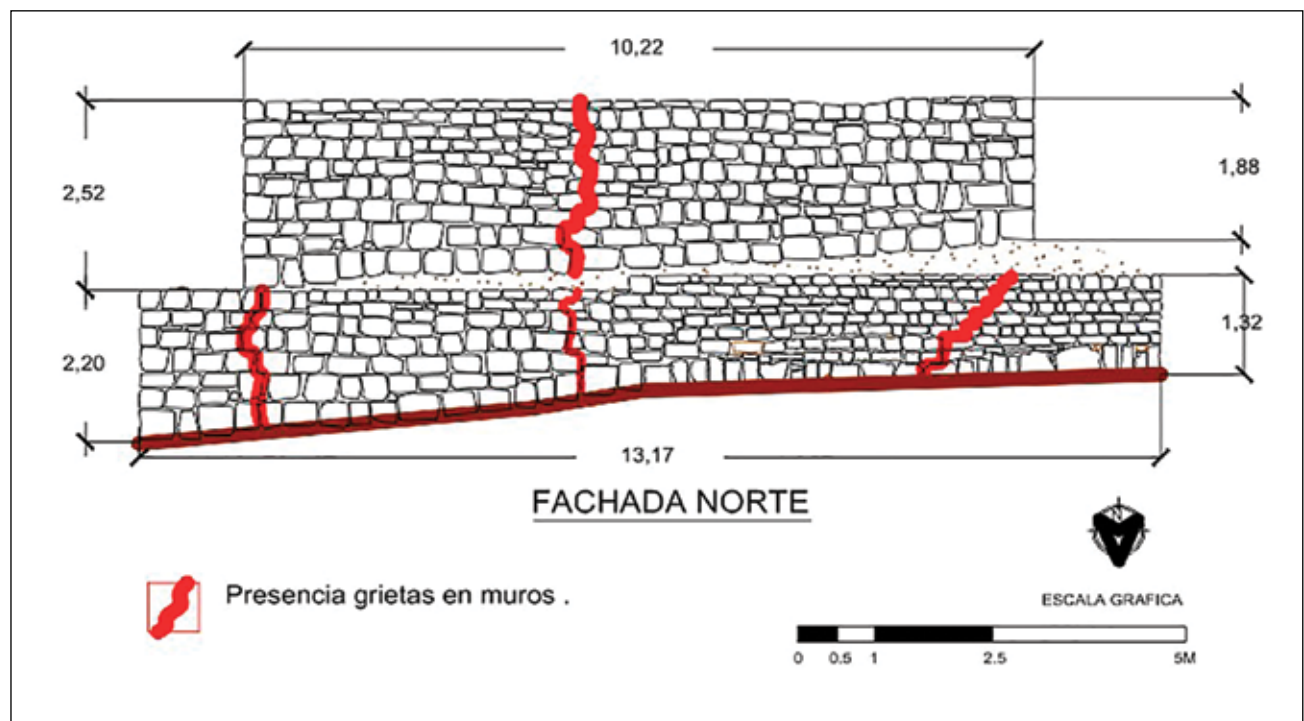
Estado de conservación

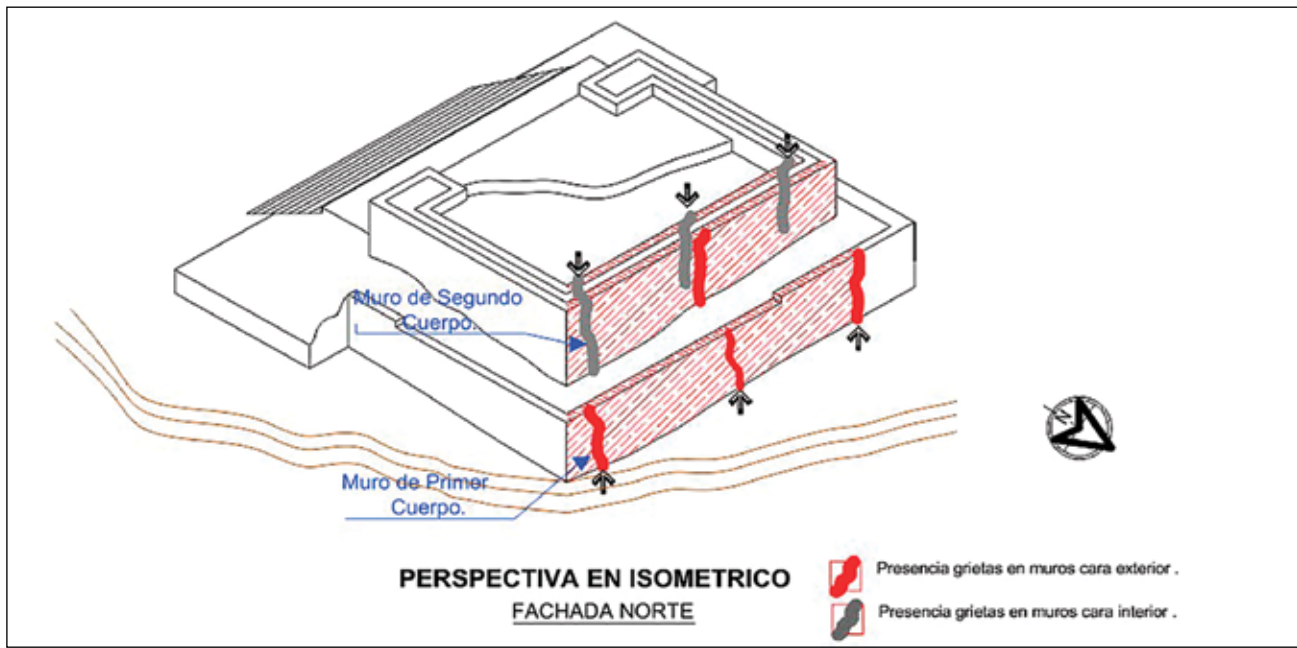
Igual que en la fachada este, el muro del primer y segundo cuerpos fue objeto de apuntalamiento con elementos de madera como polines, duelas, barrotes y hojas de triplay concentrados en las partes donde se presentaron los daños derivados del movimiento telúrico de septiembre de 2017. En el muro del primer cuerpo el daño se muestra

de la esquina noreste, la parte central hasta 1.90 metros antes de llegar a la esquina noroeste. Las grietas se presentaron desde los sillares de desplante hasta el enrase de muro. En el muro del segundo cuerpo, tanto la cara interior como la exterior presentaron grietas que la traspasaron de lado a lado, así mismo hubo disgregación, desprendimientos, fracturas y desfase de piezas de piedra entre los sillares, llegando hasta los sellos de núcleos superiores de muro.

Trabajos de restauración

Primeramente se retiraron los apuntalamientos dispuestos en el primer y segundo cuerpos. Después, valorando el grado de los daños y para proporcionar nuevamente soporte y estabilidad a todo el paramento, se procedió con los trabajos preliminares para la reintegración de 85% del mismo. Se retiró el sello de núcleos en la parte superior del muro, esto consistió en la remoción de piedra y material suelto utilizando herramientas como mazo y cincel. Se efectuó un registro fotográfico del estado de conservación del paramento para enseñar a enumerar cada pieza de manera progresiva





Fachada norte. Edificio 16. Daños ocasionados por el sismo en el primer y segundo cuerpo.

con pintura de cal de derecha a izquierda, posteriormente se volvió a realizar el registro fotográfico para obtener el larguillo impreso junto con el registro gráfico. Se procedió a la remoción de sillares de piedra del muro dañado, colocando las piezas ordenadas para su posterior reintegración.

Fue necesario desmontar el muro del segundo cuerpo aligerando el peso y empuje hacia el muro del primer cuerpo. Se desmontó la parte afectada de este paramento. Valorando el grado de los daños y para proporcionar nuevamente soporte y estabilidad se procedió a los trabajos preliminares para la de reintegración de 90% del muro afectado.



Fachada norte del Edificio 16. Numeración de piezas sillares de piedra / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fachada norte del Edificio 16. Desmonte y remoción de sillares de piedra arenisca en muro dañado de primer y segundo cuerpos / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Se elaboró un registro fotográfico del estado de conservación del paramento para después enumerar cada pieza de manera progresiva con pintura de cal, de derecha a izquierda, enseguida se volvió a realizar el registro fotográfico para obtener un larguillo impreso junto con el registro gráfico.

Se procedió al desmontaje y remoción de sillares de piedra arenisca en el muro dañado, colocando las piezas ordenadamente para su posterior reintegración.

Con apoyo del larguillo impreso de registro fotográfico y gráfico se reintegraron los sillares de piedra dañados del primer cuerpo, propiciando un soporte para los rellenos internos, siguiendo la disposición de los elementos estables que presenta en su costado oeste proyectados hacia la esquina noreste. Las piezas integradas fueron recibidas y junteadas con mezcla de cal química apagada en obra y arena cernida con malla de

3/8” en proporción 1:1. El acabado fue realizado con lechada de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado con brocha de 1”. Se espolvoreó la junta con la tierra fina como acabado final.

Una vez integrado el primer cuerpo de la fachada norte, existiendo el soporte y estabilidad adecuados, se precedió al desplante del muro a dos caras, de tipo cajón, correspondiente al segundo cuerpo.

Con apoyo del larguillo impreso de registro fotográfico y gráfico se reintegraron los sillares de piedra dañados del segundo cuerpo, colocando los rellenos internos, siguiendo la disposición de los elementos estables que presenta en su costado oeste, proyectado hacia la esquina noreste a 10.22 metros a lo largo con una altura total del desplante al enrase de muro de 2.52 metros. Las piezas componentes del muro fueron recibidas y junteadas



Fachada norte del Edificio 16. Reintegración de sillares de piedra en el muro del primer cuerpo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Estado de la fachada norte del Edificio 16 al final de los trabajos / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fachada oriente del Edificio 16. Reintegración de sillares de piedra en el muro del segundo cuerpo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Fachada oriente del Edificio 16. Reintegración de sillares de piedra en el muro del segundo cuerpo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

con mezcla de cal química apagada en obra y arena cernida con malla de 3/8" en proporción 1:1. Acabado con lechada de tierra, composición de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado con brocha de 1". Se espolvoreó la junta con la tierra fina como acabado final.

Templo

Sellos de núcleos superiores en muro

Se integraron los núcleos de sacrificio (sellado) en la parte superior de los muros tipo cajón del templo utilizando piedra irregular (bola) de iguales proporciones a las retiradas, recibidas y junteadas con mezcla de cal química apagada en obra y arena cernida con malla de 3/8" en proporción 1:2. El acabado entre las piedras fue de entallado fino y lechada de tierra, de composición de tierra fina en color seleccionado, con aglutinante de mucílago de nopal aplicado con brocha de 2". Se espolvoreó la superficie con la tierra fina como acabado final.



Templo del Edificio 16. Proceso de integración de sellado de muros superiores con nucleados / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Piso de estuco

Estado de conservación

En el espacio que ocupa el templo del Edificio 16 se aprecian dos momentos constructivos definidos por el cambio de niveles en el piso de estuco. Hacia los costados norte y este se observa un piso de restauración de estuco integrado en un nivel inferior al piso original que se extiende hacia los costados oeste y sur.

El piso del nivel inferior presentó daños graves por hundimientos diferenciales en toda la superficie, provocando desprendimientos, grietas y disgregación a este nivel.

Trabajos de restauración

Con el fin de sustituir los recubrimientos de sacrificio dañados (que fueron colocados en la temporada 2012), primeramente se retiraron de manera controlada las capas de estuco desprendidas y disgregadas. También se liberó de forma controlada el excedente de material suelto en la superficie.

Después se hidrató el núcleo aplicando baños de agua de cal por aspersion, se agregaron ribetes o cintillos de protección al límite norte del piso de estuco original, el cual se dispone a un nivel superior. Posteriormente se afinaron niveles para corroborar la correcta pendiente, llevándolos hacia la esquina noreste donde se encuentra la bajada de aguas pluviales que se acondicionó, para ello nos

auxiliamos de la muestra original, hasta el nivel donde llegaría nuestra capa de piso de sacrificio teniendo un máximo de 0.08 metros de espesor.

La capa de estuco nuevo se integró paulatinamente auxiliándose de muestras de nivel o pequeños bancos dispuestos en la superficie, tomando el tiempo suficiente para el fraguado entre cada capa integrada se trabajó de manera continua en toda la integración del recubrimiento de sacrificio.

Se colocó la primera capa de estuco como base, elaborado con una mezcla de cal, arena y gravilla en proporción 1:1:1. Se hidrató y compacto con pisón de madera para evitar fisuras.

Después se continuó con la integración de la segunda capa de estuco de 0.01 metros de espesor, mezcla a base de cal y arena colada con malla de 3/8" en proporción 1:1. Se dejó secar de manera controlada hidratando con agua y mucílago de nopal, para evitar agrietamientos. Se integró la última capa de mezcla fina y homogénea a base de cal y arena, ambas coladas con tela mosquitera, en proporción 1:1, alisándola mediante cucharilla; se aplicó sobre la superficie de esta última capa el matiz con base de tierra fina en color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado con brocha al fresco. Se espolvoreó con la tierra fina como acabado final. Esto para atenuar y reducir el blanco intenso de la capa de sacrificio integrada.



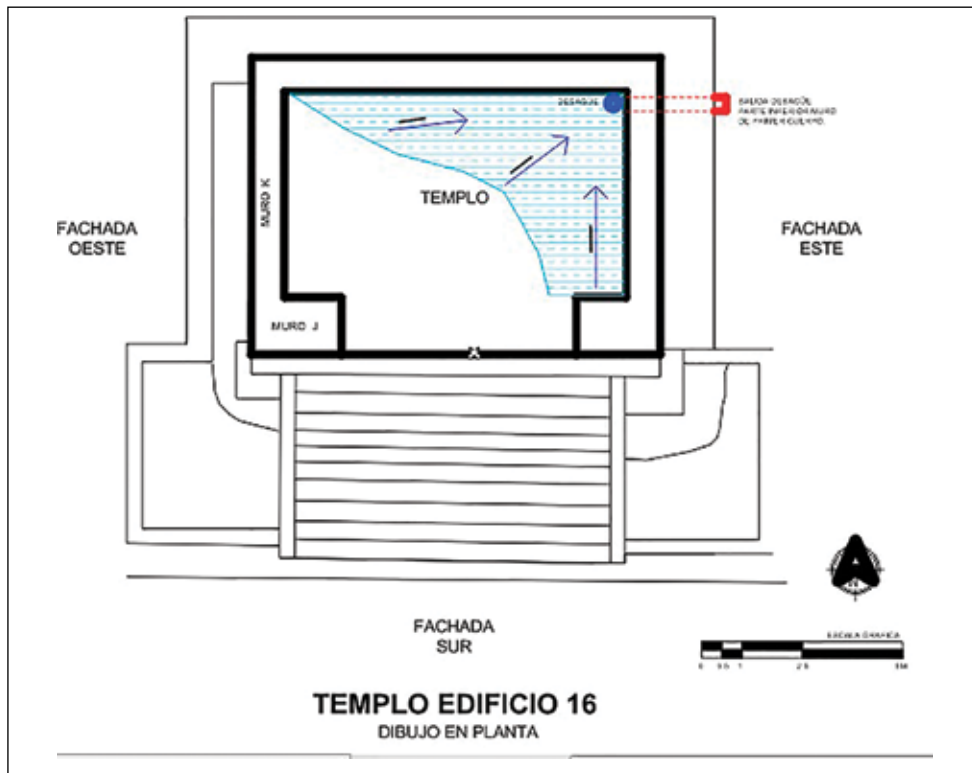
Templo del Edificio 16. Costado norte y oeste. Retiro de piso moderno integrado / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Templo del Edificio 16. Estado de los pisos de sacrificio al interior del templo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Templo del Edificio 16. Costado norte y oeste. Integración de matiz al piso de estuco como acabado final / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Bajada de aguas pluviales que se acondicionó en el templo para su correcto desagüe / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Templo del Edificio 16. Costado norte y oeste. Integración de la tercera capa de estuco en el piso de sacrificio y ribetes en el segundo piso de otro momento constructivo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Templo del Edificio 16. Costado norte y oeste. Integración de matiz al piso de estuco como acabado final / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

*Registro fotográfico al final de las intervenciones realizadas en el edificio 16
Fachada oriente. Vistas de frente*



*Registro fotográfico al final de las intervenciones realizadas en el edificio 16
Fachada norte. Vistas de frente*



*Registro fotográfico al final de las intervenciones realizadas en el edificio 16
Templo. Parte superior*





Templo del Edificio 16. Costado norte y oeste. Estado antes y después de los trabajos de intervención / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

TRABAJOS DE RESTAURACIÓN EN LOS MONUMENTOS AFECTADOS EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN

INTERVENCIÓN JUEGO DE PELOTA

El Juego de Pelota al lado norte, sector este, de la Plaza Principal de Monte Albán resultó severamente dañado por los sismos, siendo los muros del cabezal sur y talud oeste los que sufrieron aparatosos derrumbes. Esta emergencia obligó a reorganizar las actividades, que consistieron desde acciones protectivas, diagnóstico, valoración por diferentes especialistas, registro, cuantificación, presupuestos de restauración, conciliación con la aseguradora, investigación histórica y arqueología; y la integración de proyectos ejecutivos, entre otras diligencias paralelas.

Después del recorrido las primeras acciones establecidas fueron: acordonar con cinta amarilla de precaución el acceso norte al andador perimetral este del Juego de Pelota y restringir el acceso por la escalinata oeste y la rampa de acceso de la Plaza Principal, con la finalidad de salvaguardar la integridad de los visitantes y del personal que labora en la Zona ya que continuaban las réplicas del sismo y el andador sufrió daños en el tramo

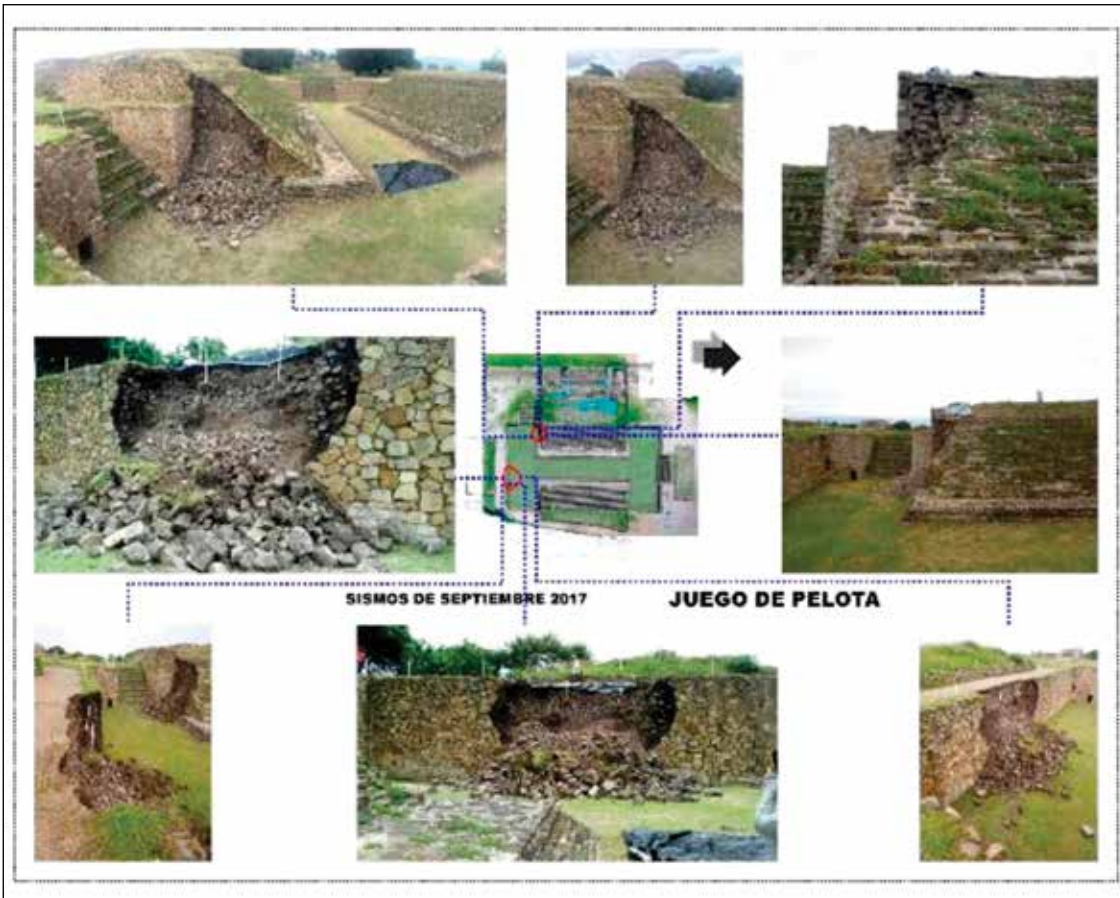
sur, donde se colapsó el muro de contención y se observaban grietas de este a oeste.

Se realizó la documentación gráfica y fotográfica, los levantamientos generales del edificio, plantas, alzados y cortes. Posterior al registro se liberó el material colapsado de una manera ordenada, primeramente se trabajó en el muro largo del cabezal sur y después en el muro sur que delimita el talud poniente.

Muro cabezal sur

Se seleccionaron las piedras colapsadas conforme con su ubicación, forma, origen y orden de caída para conocer si pertenecían al núcleo del elemento, a la cara externa del muro o el recubrimiento escalonado de lajas pequeñas; se liberó todo el material de relleno dejando las piedras de la fachada colapsadas en el piso para identificar, según el orden del colapso, a qué hilada del muro pertenecían. De esta forma se fueron apilando ordenadamente para su posterior utilización.

Después de observarlo se pudo establecer que se trataba de un relleno suelto al que sólo se le volcó piedra y se le vació tierra, carecía de compactación y estructura, también se encontraron huecos, hendiduras y galerías, lo que provocó la filtración de agua pluvial, arrastrando los granos más finos, dando como resultado poca estabilidad estructural



Daños que presentó el complejo del Juego de Pelota / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Colapso del muro sur, cabezal sur / Foto: Archivo Técnico ZAMA, sismos de 2017.



Daños en el cabezal sur, foto tomada en planta / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Liberación de relleno endeble de la parte posterior del cabezal sur / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



uniforme; cabe resaltar que dicho relleno es actual y se encontraba completamente mojado.

Debido a la vulnerabilidad del relleno se decidió liberar y retirarlo hasta que se observó el núcleo original prehispánico, consistente en un relleno de lodo con piedra con buena definición y un alto grado de compactación; durante la liberación se encontró una franja de puro lodo con buena consistencia y firmeza, muy duro al tacto y de alta resistencia a las herramientas manuales, por ende se conservó con el objetivo de nivelar esta área y dar soporte al relleno de material inerte. Así mismo, se roció agua de cal constantemente para dar más estabilidad.

Se realizó en el corte expuesto un minucioso estudio estratigráfico para comprender el orden de construcción del monumento.

Para la reintegración del muro se utilizaron las piedras producto del colapso, las cuales se colocaron en una mezcla de cal apagada y arena en proporción

1:2, de forma homogénea y con una consistencia maleable y dúctil. Esta mezcla se utilizó en todas las intervenciones por su buen desempeño.

Las fotografías que se tienen en el Archivo Técnico de la ZAMA previas al sismo sirvieron



Procesos de restauración del cabezal sur del Juego de Pelota / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Procesos de restauración del cabezal sur del Juego de Pelota / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Detallando el cabezal sur del Juego de Pelota / Foto: Archivo técnico Proyecto de conservación de los edificios dañados por los sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

como referencia para reintegrar las piezas en su lugar, muy sintomático resultó el hecho de que el muro original consistente en tres hiladas de piedra no sufriera ningún daño, sólo se colapsó la restauración del muro tipo mosaico, pero aun así se le dio el mismo trato de intervención histórica.

La base del muro se amplió en 0.60 metros contemplando tener una mejor distribución de las cargas estructurales y el empuje del relleno, para terminar en una corona de 0.40 metros, dicho muro se reintegró a una altura de 3.80 metros, además el acomodo de las piedras se estableció con traslapes horizontales en el interior del relleno y se colocaron hidrodrenes de cpvc de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, sobre una cama de gravilla y cubierto de arena, distribuidos de modo uniforme en su superficie a cada metro en forma vertical y horizontal, para el desalojo de filtraciones de humedad. Las juntas se entallaron con espátula de metal, se colocó el distintivo de piedras en las juntas (rajueleo) para diferenciar las intervenciones de los muros prehispánicos y por último se le aplicó un acabado de lechada de tierra y agua de cal en la junta fresca para su integración visual con el resto del muro.



Muro sur terminado / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Proceso de recuperación del relleno en la parte posterior del cabezal sur del Juego de Pelota / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

El relleno reintegrado en la parte posterior del muro sur consistió en un agregado de tierra inerte, sin material orgánico, compactado con pisón de mano y humectado con agua de cal, en capas consistentes de 0.20 metros, intercalando capas de piedras producto de la liberación del andador, colocadas con una distancia de 0.05 metros entre ellas. Se les agregó una nueva capa de tierra que se compactaba nuevamente, de tal manera que la capa primera de tierra y la capa segunda se unieran dejando la capa de piedras al centro. Así se recuperó el relleno del andador sur del Juego de Pelota, quedando un núcleo uniforme, se le roció agua de cal con un aspersionador en todos los perfiles y muros interiores para que mediante la capilaridad penetrara el agua y fortaleciera el relleno. Por último, todo el muro se pintó con agua de lodo para que se integrara visualmente al resto de la estructura.

Muro talud oeste

Este muro sufrió un colapso en la mayor parte de su superficie, en este caso se vio afectado el muro prehispánico principalmente. Igual que el muro sur, se retiró el material colapsado y se dejaron en el piso las piezas para ubicarlas en su posible lugar correspondiente, tratando de conservar su posición se apilaron ya limpias de los agregados de tierra y en el orden en el que se encontraron; se liberó el muro hasta su núcleo original en donde se observó una matriz de tierra en la parte inferior de gran solidez estructural, con piedras acomodadas en lo que fue una subestructura del mismo y un relleno donde sólo se tiró el material pétreo y se recubrió con tierra orgánica con fuertes cantidades de arcillas, sin ningún traslape y con una nula compactación, presentando serias deficiencias estructurales y con una gran filtración de humedad al subsuelo y muros interiores, problemas similares a los hallados en el cabezal sur.



Proceso de apisonado del relleno en la parte posterior del cabezal sur del Juego de Pelota / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Colapso del muro talud oeste / Foto: Archivo ZAMA, sismos del 2017.



Markado de piedras con agua de cal para el proceso de restauración / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Se retiró en su totalidad el relleno endeble y se liberó hasta la sub estructura para tener un área estable e iniciar la reintegración del muro con el apoyo de fotografías previas al derrumbe. El procedimiento consistió en buscar las piedras y presentarlas por hiladas, se comparaban con las fotografías y después del visto bueno del arqueólogo se procedía a recibirlas con mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2, formadas y siguiendo el nivel correspondiente. Así mismo, se habilitaron y colocaron hidrodrenes de CPVC de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, sobre una cama de gravilla y cubierto de arena a manera de filtro, distribuidos de manera uniforme en su superficie a cada metro en forma vertical y horizontal. Las juntas constructivas se entallaron con espátula, en el muro restaurado se marcaron con rejoneo, es decir, con piedras en el perímetro de las piedras para que visualmente se identificaran las intervenciones.

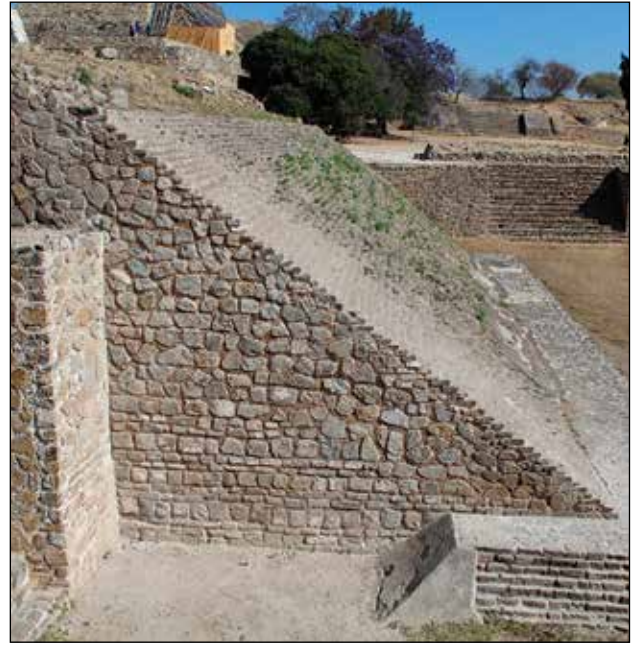
El relleno posterior se reintegró con las mismas piedras producto del colapso y que no formaban parte del muro, previa humectación de los muros con agua de cal y aglutinadas con mezcla de cal y arena en proporción 1:2, traslapadas en por lo menos un tercio de su longitud para asegurar su estabilidad estructural y evitar en lo posible juntas contiguas lineales.



A la izquierda, desplante del muro talud oeste; a la derecha, proceso de integración del muro talud / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Después de la liberación completa del relleno volteado de esta área se procedió a la intervención del alzado este del talud en el interior del pasajuego. Se inició con la reintegración de las piezas de piedra, mismas que tienen una forma cuadrangular de dimensiones pequeñas con características propias de las rocas areniscas; siguiendo el nivel predeterminado por su extensión al norte se recibieron los elementos pétreos con mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2, asentándola de modo uniforme y siguiendo el nivel del lado norte, fue necesario liberar parte de las piedras que quedaron en la orilla del colapso, ya que presentaron fisuras y alabeos por el desprendimiento de parte de este muro talud.

Las piedras se marcaron con números consecutivos con pintura de cal, se registraron con fotografía y se procedió a liberarlas con cincel y



Trabajos de restauración del talud oeste terminado / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Proceso de compactación del relleno en la parte posterior del talud oeste (izquierda) y de alisado de juntas (derecha) / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

marro para posteriormente apilarlas en un área segura para su posterior reintegración. Las juntas se entallaron con espátula hasta alisarlas completamente, por último, se le dio el acabado a base de lechada de lodo.

Proceso de recuperación del desagüe oeste

La intervención en el desagüe en este monumento se realizó, sobre todo, por la necesidad de drenar la gran cantidad de agua pluvial que se acumulaba en la Plaza Principal. Los trabajos implicaron tanto la intervención a los elementos arquitectónicos originales, como la integración de materiales modernos para posibilitar su uso original de desfogue del agua. Sin esta intervención la humedad acumulada en la Plaza habría seguido afectando todos los monumentos en su entorno inmediato.

Después de la excavación arqueológica del elemento se inició con la remoción de las juntas de lodo, se liberó hasta una profundidad de 0.03 metros; una vez terminada se procedió a consolidar los muros interiores con una mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2, rellenando toda la junta hasta el fondo previa humectación con agua de cal; se entallaron con espátula de metal y se le colocó una lechada de lodo. En las áreas con faltantes de piedras se reintegraron piezas con las mismas características formales, teniendo cuidado de marcar con rajuelo estas intervenciones. Así mismo, se colocaron tres losas de



Reintegración y consolidación de muros del desagüe oeste / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

la techumbre donde inicialmente se rellenó con una mezcla de tierra y agua de cal en proporción 5:3, el cual se aplicó dentro de un socavón y se rellenó hasta recuperar completamente su núcleo y poder colocar la losa faltante al oeste. Debajo de las escalinatas se colocaron refuerzos de concreto armado con una separación de 0.10 metros en ambos lados, asentadas sobre un muro de piedras que le confiere estabilidad estructural; sobre estos se recibieron las escalinatas, las cuales se liberaron previo registro fotográfico para su reintegración posterior.

Al extremo oeste se realizó un registro de piedra asentada con cal apagada y arena en proporción 1:2, colocándole un aplanado con cal arena fina, cubierto con una rejilla de metal de



A la izquierda, integración de registro pluvial y rejilla; a la derecha, integración de losas de concreto / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Integración de estuco de sacrificio en el piso del desagüe / Foto: Archivo Técnico ZAMA, sismos de 2017.

1.20 por 0.60 metros, con piedra laja a manera de filtro para evitar el paso de materiales grandes o basura, se cubrió con una malla de criba de 0.06 milímetros con sus respectivas manijas para levantarlas y darle mantenimiento.

Este registro de captación de agua tiene un desnivel de 2% de pendiente hacia el este, por lo que se controla el paso del agua al desagüe. El desagüe presentó restos de estuco en el piso ya deteriorado, por ello se cubrió con una interface de tierra cribada inerte, posteriormente se integró un firme de estuco de sacrificio de 0.02 metros de espesor a base de cal apagada y gravilla y un acabado pulido con masilla de cal y pintura de lodo; al extremo este se realizó un dentellón de 0.10 metros de espesor para evitar su erosión y se colocó en toda la extensión del desagüe este, con una longitud de 15 metros. Para finalizar se habilitó una reja de madera con malla de criba para evitar el paso de animales e insectos dentro del desagüe, que se puede retirar de forma manual fácilmente para acceder al interior y darle mantenimiento.

Desagüe este

Este desagüe ya había sido intervenido anteriormente en su acceso desde la cancha del Juego de Pelota. Como primer paso se desazolvó en su entrada y se reintegraron algunas piezas faltantes en el techo y en el muro. Se consolidaron también las

juntas constructivas con mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2, entalladas con espátula.

Al extremo este se realizó la cala 1, donde se localizó el sistema hidráulico de conducción de agua a la ladera este, después de hacer el registro correspondiente se procedió a intervenir esta área.

Inicialmente se liberaron las juntas de barro a una profundidad de 0.03 metros, se limpió de material suelto y se entalló con mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2, después se integró un muro de piedra en ambos lados del desagüe para nivelarlo y dar soporte a la integración de losas modernas con una separación de 0.10 metros en ambos lados con el objetivo de proteger el desagüe que corre más al este y tiene una profundidad de cuatro metros, al mismo tiempo que establecer la pendiente necesaria para habilitar dos tramos de tubo de PEAD de seis metros de longitud y 15" de diámetro, para conducir el agua pluvial que se acumula en la Plaza Principal, para ser conducida a través del Pasajuego, hacia la ladera este.

El tubo se asentó en una cama de tierra cribada y se cubrió hasta 0.20 metros para evitar



Procesos de consolidación del desagüe este / Foto: Archivo Técnico ZAMA, sismos de 2017.



Vista de la cala 1 con el desagüe este / Foto: Archivo Técnico ZAMA, sismos de 2017.

pinchaduras en su extensión, se recibió en el extremo oeste en la caja de registro con mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2 en todo su diámetro, y se integró una bóveda de piedra laja recibida con aglutinante de cal y arena sobre el registro de visita. Se marcó un desnivel de 3% hasta el extremo final este, donde desemboca en una cama de piedras entalladas con cal y arena para evitar la erosión de la ladera y donde rompe la caída de agua, al final se le colocó una rejilla para evitar el paso de animales e insectos.

También fue necesario rellenar un pozo de exploración a cuatro metros de profundidad en el extremo este de la cala 1, este proceso se realizó en capas de 0.20 metros con capas alternadas de tierra y piedra producto de la excavación del mismo pozo hasta recuperar su nivel inicial. Una vez colocado el tubo se rellenó la cala de nueve metros de profundidad y 10 metros de extensión, con el mismo sistema usado con anterioridad a base de capas de tierra y piedra alternadas y compactadas con agua de cal hasta adquirir la resistencia apropiada.

Muro alfarda sur

Este muro nucleado se intervino debido a grietas presentes en su alzado sur, para ello se liberaron las grietas con cincel y marro, ya que las juntas son una mezcla de cemento y cal arena de alta dureza en algunas áreas, con el cuidado pertinente se liberaron

algunas piezas que presentaban fracturas y se integraron otras con las mismas características, siguiendo el método de marcar las piedras con un número consecutivo con pintura de cal. Este procedimiento permitió observar que el relleno de la alfarda se encontraba en buenas condiciones y que las grietas sólo eran superficiales.

Como medida de prevención, el relleno se humedeció con agua de cal con ayuda de un aspersor manual, sucesivamente se procedió a reintegrar las piedras liberadas humedeciendo con agua de cal el área de trabajo, se recibieron con una mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2, teniendo el cuidado de reintegrarlas en el mismo orden del numerado y siguiendo con el nivel establecido; fue necesario habilitar andamios para alcanzar la altura de reintegración del muro, las juntas se entallaron con espátula para finalmente darle un acabado de pintura de lodo.



Vista del tubo instalado que conduce el agua de la Plaza Principal por el Juego de Pelota hacia la ladera este / Foto: Archivo Técnico ZAMA, sismos de 2017.



Muro alfarda sur terminado / Foto: Archivo Técnico ZAMA, sismos de 2017.



A la izquierda, el proceso de desmantelamiento de las piedras del muro de la alfarda sur; a la derecha, el acomodo de piedras previamente numeradas para su reutilización / Fotos: Archivo Técnico ZAMA, sismos de 2017.

INTERVENCIÓN EDIFICIO A

Descripción del área intervenida

El edificio A fue un templo construido originalmente de mampostería de piedra sedimentaria arenisca, núcleos de piedra y tierra pobremente compactada, las juntas entre las piedras fueron de cal pobre con lodo; aparentemente todo el edificio estuvo revestido de una capa de estuco. Las excavaciones han mostrado que el interior del edificio está estructurado en un sistema de cajones de relleno, mismos que se dispusieron en retículas para darle consistencia estructural.

La mayor parte de los daños derivados de los movimientos telúricos de 2017 se registraron en los muros del segundo cuerpo del Edificio A, este tiene una altura promedio de 3.40 metros. Se integra en su costado norte por un muro en talud, en la esquina noroeste se divide en dos tramos por una entrecalle y al centro tiene un muro nucleado. En su lado este continúa el muro en talud, en la esquina sureste se observa un talud escalonado. Al costado sur presenta muro en talud, en la esquina suroeste se divide en dos secciones por una entrecalle, al centro presenta un muro nucleado.

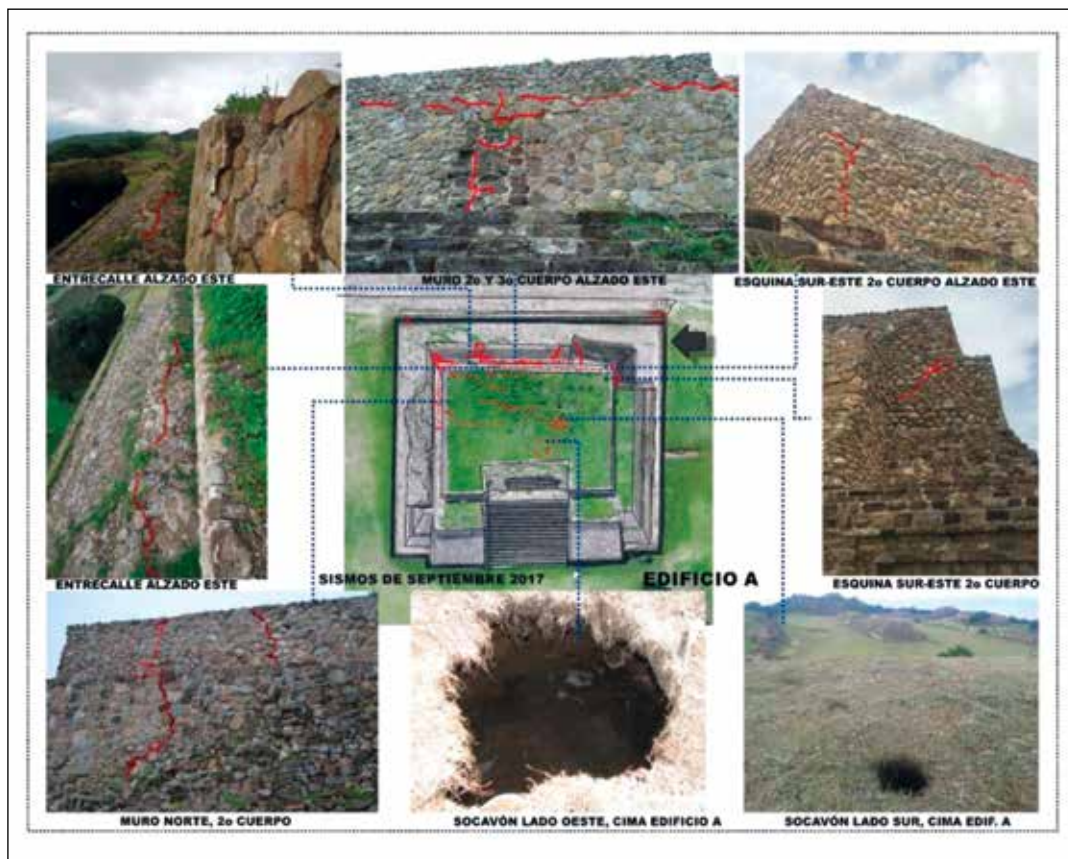
Los trabajos de sismos se iniciaron con base en el Proyecto emergente de restauración por los efectos de los sismos de septiembre de 2017 de la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa.

Planteamiento del problema

De manera puntual se identificaron seis grietas verticales que corren de la cresta del muro hacia la parte inferior del mismo. Por lo tanto, se supervisó el desmantelamiento de las secciones dañadas con la intención de retirar los rellenos inadecuados, además de definir los límites de la intervención del Proyecto Especial Monte Albán 1992-1994 (PEMA 92-94) y los rellenos prehispánicos. Una vez definidos los rellenos se inició el proceso de reintegración de las secciones del muro.

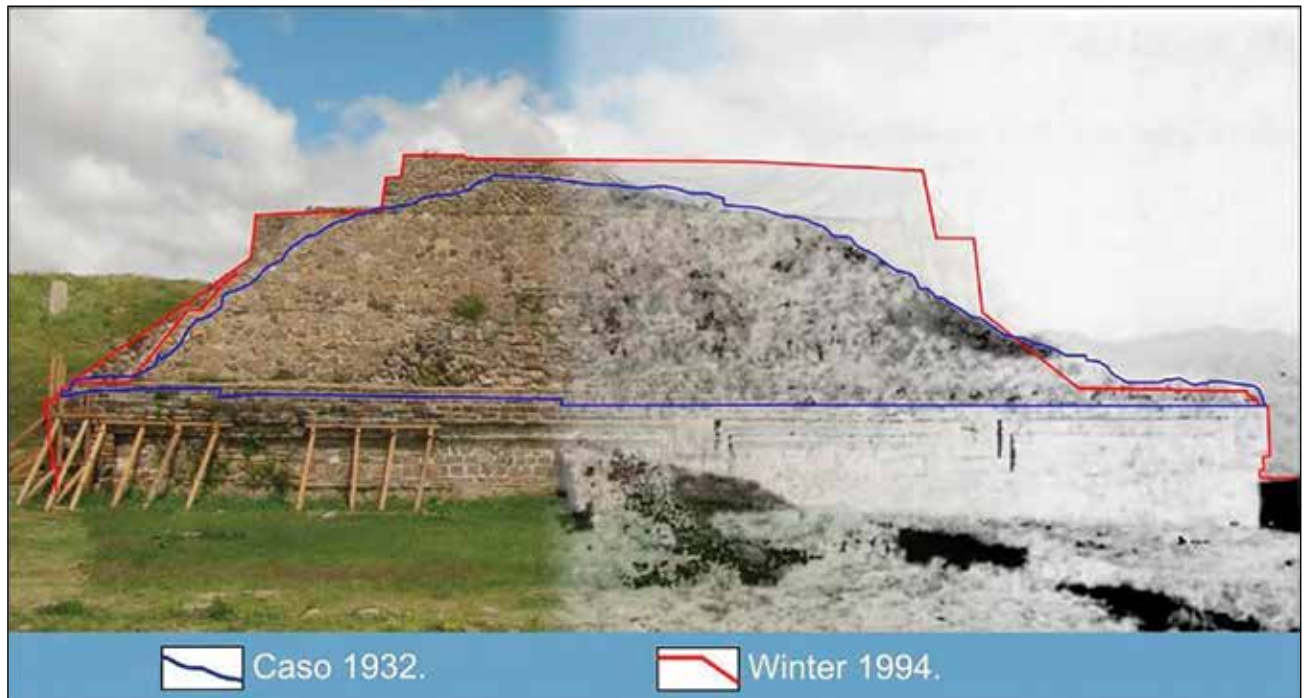
Objetivo de las intervenciones

El objetivo principal fue la intervención emergente para resarcir los daños causados por el sismo. El propósito es incidir sobre las causas de deterioro, respetando la autenticidad e integridad del edificio, mejorando las condiciones constructivas de las intervenciones que garanticen su estabilidad estructural y que esta sea acorde con los sistemas constructivos originales.



Criterios de intervención

- Las intervenciones en el Edificio A fueron realizadas con la finalidad de resarcir los daños causados por los sismos, incidiendo en las causas del deterioro y no solamente en los efectos, respetando la integridad y originalidad del edificio, basándose en la comprensión y el respeto de su materia, manufactura y sistemas constructivos originales. Así mismo, se identificó la historicidad, es decir, las diferentes intervenciones que en él se han llevado a cabo a través del tiempo, con valores arquitectónicos significativos, inmersos en un contexto urbano, con una imagen consolidada.
- La intervención de conservación se implementó con la finalidad de efectuar soluciones reversibles y una adecuada compatibilidad entre los materiales de los componentes originales y aquellos añadidos durante las intervenciones actuales.
- Se respetó el valor histórico de las intervenciones efectuadas por Alfonso Caso en la década de los años treinta del siglo pasado, marcando la diferencia entre las áreas intervenidas y las originales. Por lo tanto, se trataron como auténticos tanto los elementos originales como los reconstruidos en los años treinta.
- La restauración se realizó mediante un proceso metodológico basado en el trabajo de un equipo interdisciplinario, con la finalidad de contribuir al estudio y comprensión del patrimonio cultural que representa Monte Albán.
- Las decisiones en cuanto a la conservación e intervención del edificio se hicieron de forma consensuada por un grupo de asesores de distintas disciplinas, tomando en cuenta su experiencia y conocimientos en las áreas de arqueología, restauración, geología e ingeniería (por nombrar sólo algunas).
- En los procesos de restauración se tomaron en cuenta los resultados obtenidos con la implementación de estudios tecnológicos de fotogrametría, geofísica, resistividad eléctrica, escáner 3D (entre otros), que se entrelazan con los resultados de la excavación arqueológica.



Proyección gráfica del Edificio A posterior a las intervenciones de Alfonso Caso y las intervenciones del PEMA 92-94. / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

Principales factores de deterioro

Al analizar los daños que mostró el edificio se detectaron una serie de factores que propiciaron los deterioros, estos se mencionan a continuación:

- *Factores de origen:* El emplazamiento de la estructura en relación con alguna falla geológica que, gracias a los trabajos geofísicos de este proyecto, ha sido confirmada en el lado este de la plaza. De igual forma se consideran como factores de origen los agentes internos, donde intervienen la distribución de estratos y discontinuidades en los elementos del edificio, las diferentes técnicas de manufactura y la sobreposición de diversas etapas constructivas, con posibles elementos originales no identificados que tienen espacios abiertos, con probables desplomes de muros o techumbre.
- *Pérdida de capacidad de carga:* Los cuerpos inferiores e internos fueron diseñados por los constructores prehispánicos para soportar una capacidad de carga menor a la que tenían, por lo que la construcción de muros, apisonados y nucleados de cemento con piedras fueron colocados durante las restauraciones de 1992-1994 con el Proyecto Especial Monte Albán. El sobrepeso y la falta de compactación en rellenos colocados representó 80% de los daños del edificio tras los sismos del 2017.
- *Erosión interna:* Flujos de agua con transportación de rellenos finos que generan oquedades.
- *Presión hidrostática:* Penetración de agua de lluvia que al combinarse con rellenos inadecuados que absorben humedad se expanden y ocasionan presión en los muros.
- *Intervenciones históricas:* Rellenos deficientes para recuperar el volumen perdido, recubrimientos sin características de muro de contención, falta de salidas de agua, calas y túneles de las intervenciones arqueológicas mencionadas.
- *Intervenciones recientes:* Estrechamente relacionado con la pérdida de capacidad de carga,

se refiere a las intervenciones del PEMA (92-94) en las cuales se le agrega a este edificio un tercer cuerpo (originalmente tuvo dos), con el afán probablemente de uniformar su volumen con otros basamentos piramidales de la Plaza Principal. Como resultado de una gran carga adicional de piedra y cemento, mas tierra de rellenos, se generaron múltiples fallas y deterioros durante los sismos. Además del falseamiento de la volumetría original.

Metodología empleada

Para atender los daños en el edificio se planteó el desmantelamiento de muro del segundo cuerpo en secciones verticales, iniciando por el lado norte, el lado este y esquina sureste, finalizando con la intervención de la escalinata y desmantelamiento total de muros del tercer cuerpo que se encontraba generando sobrepeso al edificio. Las áreas agrietadas tuvieron una liberación mínima 0.50 metros de cada lado.

Las acciones se orientaron a retirar las secciones de muro agrietadas e identificar el estado de conservación de su interior y si el relleno era arqueológico o artificial. Únicamente se retiraron los rellenos de los trabajos de intervención del proyecto PEMA 92-94.

Para desmantelar los muros con las grietas identificadas se realizó el proceso de anastilosis, dibujando y fotografiando las rocas del área afectada, para que después de su intervención se pudieran colocar en el espacio que les correspondía. De igual forma se realizó un registro fotográfico antes, durante y después de los trabajos, así como mediciones y descripciones de los rellenos.

Con los datos obtenidos se inició la restauración con labores de liberación y consolidación de los daños estructurales con materiales producto del mismo edificio, como piedra y tierra, reforzados a base de cal apagada y agregados pétreos, replicando en todo momento el sistema constructivo prehispánico de muros de cajón y rellenos de

piedra asentado con lodo y enriquecido con cal apagada, solamente los muros exteriores se trabajaron con juntas de cal apagada y arena, colocando hidrodrenes de CPVC de 3/4" de diámetro a cada metro, se reestructuraron los muros afectados desde el núcleo hasta los muros exteriores, con un acabado de lechada de tierra.

Trabajos preliminares

Acordonamiento de área. Posterior al sismo se aplicaron los protocolos de seguridad, iniciando con un recorrido realizado por el Comité de Seguridad instantes después del sismo e identificar los daños que presentaba el edificio. El acordonamiento se hizo con cinta precautoria como medida de seguridad en la base del Edificio A, lados norte y sur, así como en la fachada este, para evitar accidentes.

Limpieza y señalamiento de daños. La limpieza fue llevada a cabo para registrar de forma

oportuna los daños sufridos en la cima del edificio, así como de muros, pisos, banquetas y entrecalles. De igual forma se colocaron banderas señalando las grietas en la cima para el registro correspondiente.

Colocación de testigos. El edificio ya presentaba problemas de grietas y fisuras por lo cual se le habían colocado testigos de yeso, a consecuencia del sismo estos se perdieron, por lo que fue necesario instalar nuevos testigos en los lugares que ya existían y colocar otros en puntos estratégicos a lo largo de las fracturas y grietas para monitorear el comportamiento de la edificación.

Apuntalamiento. Estas labores se realizaron inmediatamente después del sismo con polines y barrotes para soportar las cargas del segundo y tercer cuerpos; el alzado este fue apuntalado en su totalidad, las esquinas noreste y sureste del primer cuerpo donde se localizan los tableros



Apuntalamiento del alzado este, tableros doble escapulario, esquinas noreste y sureste / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

doble escapulario, además de la esquina suroeste donde sólo presentó abombamientos y deformaciones. El apuntalamiento evitó que se colapsaran algunos elementos frágiles como la fachada este, donde se observó una deformación y ruptura de algunos puntales y barrotes que tuvieron que ser sustituidos por unos nuevos, en una ocasión más se tuvo que reapuntalar y troquelar el apuntalamiento de todo el edificio debido a que la madera, al estar a la intemperie, se secó y sufrió dilatación en su superficie, provocando despegue o ruptura de tirantes y puntales.

Restauración y consolidación de muros y elementos arqueológicos en el interior del socavón

Uno de los deterioros visibles más aparatosos fue el pozo o socavón que se formó a partir de la cima del edificio y hasta su base. Para realizar la consolidación de los muros que perfilan el socavón (Pozo 1), primero se humectaron los perfiles con agua de cal apagada por medio de una bomba manual de aspersión, para mejorar la adherencia y consolidar los rellenos, se efectuó este procedimiento dos veces por día, una al iniciar la jornada y la segunda antes de terminar el día, con el propósito de darle el tiempo suficiente para absorber por capilaridad el agua y un secado óptimo.

Posteriormente se liberó la junta de material suelto, como tierra y fragmento de piedras, con cincel y/o picahielos, hasta una profundidad

entre dos y tres centímetros, dependiendo de la colocación de la piedra; se limpió con brocha o cepillo de cerdas de plástico quitando impurezas y elementos disgregados, se humedeció con agua de cal apagada. De igual forma se procedió a consolidar los elementos pétreos en todos los perfiles del Pozo 1 iniciando en el lado norte, con mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2, colocando la mezcla en la junta y presionando con espátula hasta que penetrara en toda la hendidura y se adhiriera lo mejor posible, dejando fraguar para posteriormente entallarla con espátula dándole un acabado pulido y por último aplicar pintura de tierra por medio de una brocha.

Esta consolidación se efectuó desde el borde de la cima hacia abajo del interior del socavón, en sus cuatro perfiles, descendiendo por tramos de dos metros, apoyados sobre el entarimado que se armó en la parte superior del tendido, soportado por el apuntalamiento del socavón.

Cada tramo fue consolidado cuidadosamente para reforzar los perfiles, y evitar los colapsos y desplomes como medida de seguridad.

En el último tercio fue necesario realizar inyecciones de lodo con agua de cal hidratada en las grietas y hendiduras de los diferentes perfiles, en algunas áreas del muro oeste y del muro sur. Para ello se elaboró el lodo con la tierra producto de la excavación y se mezcló con agua de cal apagada en proporción 5:4.



Colocación de sellos de cal para registro y monitoreo de movimiento del edificio / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.



Detalle de la restauración en el interior del socavón / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.



Liberación de junta constructiva en el tablero este, esquina norte / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

La mezcla resultante, de textura homogénea y fluidez constante, se vació por gravedad utilizando un embudo de plástico hasta saturar las galerías. Conforme se llenaba se iba cambiando de grieta o hendidura hasta que todas quedaron selladas, dando tiempo a fraguar, y por último se entallaron las juntas para terminar con un acabado de pintura de tierra.

Conforme se avanzó en la consolidación de los cuatro alzados del socavón, fue necesario

retirar y desmontar el apuntalamiento y la tarima para ir colocándola a una altura manejable y acorde con los trabajos requeridos. Descimbrar el apuntalamiento requirió un trabajo cuidadoso debido a la inestabilidad de los perfiles y la forma en que se armó la estructura de madera.

Para los registros con el *scanner* 3D se habilitó un andamio de madera con una tarima con el área suficiente para colocarlo y hacer los registros necesarios a diferentes alturas por parte del equipo de registro 3D, se diseñó de manera tal que se armara y desarmara a diferentes alturas y su acceso fuera fácil, pero con la seguridad y estabilidad necesarias para el instrumento y el operador, se apoyó en todo momento de personal para la ejecución de las actividades.

Intervención en muros del área este

Para la consolidación de los muros prehispánicos del área noroeste se liberaron las juntas con picahielo, posteriormente se rellenaron con una mezcla de cal hidratada y arena en proporción 1:2,

incorporada de manera uniforme, con la que se rellenaron las juntas hasta una profundidad de dos a tres centímetros. Finalmente se entallaron con una espátula hasta alisar la junta y se aplicó pintura a base de tierra cernida y agua de cal.

En donde no existía muro se aplicó una capa de sacrificio de aplanado a base de cal apagada y arena en proporción 1:2, mezclado hasta obtener una pasta homogénea, esta mezcla se aplicó al perfil previa humectación del área con agua de cal, se revocó siguiendo los relieves de la superficie y se alisó con una espátula para lograr un acabado pulido, a continuación recibió dos manos de pintura de tierra con agua de cal para un acabado integral.

Intervención en el tablero noreste del primer cuerpo

El tablero de la esquina noreste inicialmente se limpió y se enumeró con pintura de cal y un pincel en sus alzados norte y este y se realizó su registro fotográfico para elaborar la fotogrametría como apoyo para la restitución de los elementos pétreos. En un primer momento se pensó en llevar a cabo una anastilosis del tablero este del alzado norte, al realizar la liberación de la junta con cincel y marro, se estableció que el aglutinante de las piezas se compone de cal y arena y una proporción de cemento, lo que provocó que en algunas áreas, principalmente el dado que sobresale del



Registro de la cimentación de la esquina noreste para fortalecer su estructura y resane / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

tablero, la junta presentara mayor dureza y fuera necesario retirar la mezcla de manera cuidadosa para no correr el riesgo de fracturar los sillares. Se liberó la junta y algunas invasiones de pastos y vegetación menor, este desecho se almacenó a un costado del edificio.

En la esquina del tablero, al liberar las juntas se pudo determinar que las fracturas no atravesaban hasta el relleno por lo que se tomó la decisión de sólo consolidar aquellas donde no se presentara cementante en exceso, en este punto se observó que el relleno se encontraba suelto con material orgánico, raíces y tallos, por lo que se disgregaba con facilidad.

Intervención en la esquina noreste del primer cuerpo

Se liberó la esquina noreste de la entrecalle reconstruida del primer cuerpo. En un área de 3.20 por 2.20 metros presentaba fisuras e invasión de pastos, es un acabado nucleado de piedra aglutinada con mezcla de cal, arena y cemento, donde fue liberada en sus juntas un piso nucleado, por medios manuales con cincel y marro, se recuperó el material y se procedió a retirarle los pegostes de mezcla, seleccionarla y estibarla en un área cercana para su próxima reutilización, los fragmentos de mezcla fueron retirados y apilados en la parte norte para su posterior arrastre fuera del área abierta al público.



Liberación de junta constructiva en el tablero de la esquina noreste / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

Al retirar la capa de piedras de la entrecalle apareció otra capa de tierra sin compactación y con agregados orgánicos, al retirar este relleno se observó el relleno prehispánico, consistente en piedra aglutinada con lodo, en algunas áreas al borde del tablero y al oeste se encontró relleno moderno.

Se procedió a realizar un pozo de sondeo en la esquina noreste del tercer cuerpo al pie del muro con una profundidad de 2.8 metros. Se excavó de forma controlada y se observó el sistema de relleno utilizado, a base de elementos pétreos sin careo con tierra, sin compactación ni traslape; se localizaron elementos de madera que fueron utilizados como puntales en una excavación arqueológica

El relleno estaba alterado con elementos ajenos al contexto arqueológico, revuelto y sin compactación ni agregados inertes, con múltiples galerías y hendiduras; al liberar completamente el pozo se ubicó un muro en el perfil este, conformado por piedras careadas aglutinadas con lodo y con vista al oeste, al norte se observaron pisos de estuco y se procedió a realizar el registro fotográfico y de dibujo correspondiente.

Se inició la consolidación de los muros 1 y 2 liberando las juntas hasta una profundidad de tres centímetros con picahielo, posteriormente se humectaron con agua de cal, para ser rellenados con mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2, mezclado uniformemente, con la cual se rellenaron las juntas en toda su profundidad, se entalló con espátula hasta lograr su alisado para terminar con un acabado a base de pintura de tierra.

El piso de estuco se intervino con humectación de agua de cal y se recubrió con una interfase de tierra inerte cribada.

Se procedió al relleno del Pozo 1, en la esquina noreste entre el primer y segundo cuerpos, por capas de 20 a 30 centímetros de lodo y piedras acomodadas en traslapes de más de 1/3. Se inició con una capa de lodo elaborado con tierra cribada producto de la excavación y agua de cal apagada en proporción 5:3, mezclada de manera

uniforme, obteniendo un aglutinante de consistencia firme y suave, que se extendió por la superficie a rellenar, se colocó una cama de piedras acomodadas que quedó encajada y sobre la cual se tendió lodo y nuevamente el acomodo de piedra de tal forma que se estableciera un cuatrapeo tanto vertical como horizontal, de esta forma se reforzó el relleno y se le dio soporte a la esquina noreste del segundo cuerpo del Edificio A.

Se retiró el relleno de un espesor aproximado de 0.10 metros en la parte posterior del tablero y se aplicó agua de cal para fortalecer esta área.

Se liberó una franja de 0.50 metros en todo el perímetro posterior del tablero lado norte, se reforzó con un muro de piedra asentado sobre una mezcla de cal apagada y arena en proporción 2:1, colocando las piedras con un cuatrapeo horizontal de tal forma que sustentara el tablero en su área posterior.

Intervención en el tablero de la esquina noreste

En el tablero este del alzado norte se iniciaron los trabajos de consolidación y relleno de las juntas con argamasa de cal apagada y arena en proporción 2:1, se procedió a entallar las juntas con una profundidad de dos a tres centímetros, con espátula, previa limpieza y humectación con agua de cal, para finalizar se le dio un acabado con lechada de lodo aplicada al fresco para una mejor adherencia.

Se retiraron los puntales de apoyo y se limpiaron y borrarón los números de cal con cepillo de cerdas de plástico.

En el tablero norte de la fachada este se observó que la grieta se hizo más evidente y el testigo de yeso se destruyó, al iniciar con la liberación se constató que la fractura no llegó al núcleo del primer cuerpo pero el relleno posterior contenía materiales orgánicos y se disgregaba con facilidad.

Se realizó la anastilosis del tablero en un área de 0.50 metros en ambos lados de la grieta y se desmontaron las piezas del tablero, enumerándolas para



Tablero doble escarpulario en la esquina noreste en su intervención / Foto: Archivo técnico ZAMA 2019.



Tablero esquina noreste y relleno prehispánico / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

tener referencia al momento de reintegrar el muro, se liberaron con cincel y marro todas las juntas que aglutinaban las piedras para poder separarlas con cuidado y resguardarlas en un área segura, se consolidó el relleno posterior del tablero con humectación de agua de cal apagada y lodo preparado con agua de cal en proporción 5:3, también se trabajó el relleno prehispánico integrándolo con el relleno reforzado, traslapando las piedras del núcleo asentadas con lodo para formar un solo relleno que reforzara la esquina noreste del primer cuerpo.

Se reintegró el tablero norte del alzado este entallando las juntas con argamasa de cal apagada y arena en proporción 1:2 y las piezas desmontadas, siguiendo la numeración y conservando los niveles y perfiles del tablero, las juntas liberadas se consolidaron con la misma mezcla, en puntos estratégicos se colocaron hidrodrenes de CPVC de ½"

de diámetro, para permitir la salida de humedad del relleno. La limpieza del tablero y el borrado de los números de referencia se realizó al final.

Una vez recuperado el nivel establecido de la entrecalle, se reintegró el piso nucleado mediante un aglutinante de cal y arena en proporción 1:2, se humedeció con agua de cal, se colocó una base de la mezcla donde se asientan las piezas pétreas de tal manera que formaran una capa impermeable y se alisó con espátula para posteriormente darle el acabado de pintura de tierra.

Intervención en la cala 1 y escalinata del tercer cuerpo

Para la liberación del área de las escalinatas en el arranque del tercer cuerpo se inició con la cala 1, a cargo de la arqueóloga Karla I. Aguilar Vásquez. Se limpió el área y se enumeraron con pintura de cal las escalinatas, después se realizó el registro gráfico con fotografías para realizar la fotogrametría de este elemento, se liberaron las juntas con cincel y marro, en un área de dos metros de ancho por 2.70 metros de largo, se retiró el material marcado para su posterior reintegración, el material liberado del relleno de tierra y piedra se almacenó en la cima, el material producto de la liberación de las juntas de cemento, cal y arena se almacenó al lado norte del edificio para su posterior retiro. Al final de la liberación se ubicaron dos muros prehispánicos de un posible acceso y un firme de tierra compactada; después de realizar el registro



Reintegración de relleno y escalinatas del lado norte / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.



Restauración en la Cala 1 y escalinata del tercer cuerpo / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

correspondiente se inició con la liberación de las juntas con picahielo, continuando con la consolidación de los muros a base de argamasa de cal apagada y arena, rellenando las juntas y entallando para un acabado con pintura de tierra.

Se inició con el relleno de la cala 1 con el material producto de la liberación, tierra previamente cernida con agregado de agua de cal, hasta formar una pasta homogénea para colocar un firme de lodo sobre la que se acomodó el relleno de piedra arenisca con traslapes horizontales hasta recobrar el nivel que guardaba.

Para la liberación de la escalinata del lado norte inicialmente se marcaron las huellas y los peldaños con pintura de cal, se quitó la junta con cincel y marro cuidadosamente para no dañar las piezas de mampostería, se retiró el relleno orgánico hasta dejar al descubierto otro relleno en forma

escalonada con cierta estructura y con argamasa de lodo, se registró en fotografía, se liberaron las juntas de este relleno escalonado, se humectó con agua de cal y se procedió a consolidar con mezcla de cal apagada y arena en proporción 2:1, entallando las juntas y pintando con lodo. Se reintegró el relleno con lodo reforzado con cal apagada y sobre este relleno se reintegraron las escalinatas siguiendo la numeración y respetando los niveles y paños de las huellas y peraltes, con una mezcla de cal apagada y arena, entallando las juntas con espátula y colocando el rejoneo en las áreas que lo tenían, para finalizar pintando con lodo las juntas.

Intervención en el muro perimetral del tercer cuerpo

Como parte de la propuesta de quitar el exceso de peso en el lado oriente se inició la demolición del muro perimetral del tercer cuerpo, con 6.73 metros al lado norte, 16.82 al lado este y 6.80 metros al lado sur.

La liberación se realizó con cincel y marro, quitando por hiladas las piedras del muro de 1.60 metros de altura. La junta consistía en una mezcla de cemento, cal y arena en proporciones desconocidas, de dureza excesiva; algunas áreas estaban fracturadas o presentaban hundimientos. Se comenzó de norte a sur recuperando el material, almacenándolo para su reutilización y retirándole los restos de mezcla, este escombros fue trasladado al norte del edificio por medio de un tobogán.



Retiro de los muros perimetrales del tercer cuerpo que generaban sobrepeso estructural al edificio / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

Relleno del socavón (Pozo 1)

El arqueólogo a cargo identificó que el sistema de construcción prehispánico se realizó con base en muros de cajón formados por hiladas de piedras acomodadas sin un orden y carente de traslape, por lo cual su estructura de carga no era uniforme, lo que provocaba inestabilidad y falla estructural.

Una vez terminada la consolidación de los perfiles del Pozo 1 se procedió al relleno del socavón siguiendo la técnica prehispánica constructiva. Se reutilizó la tierra producto de la excavación que había sido almacenada en el lado norte, se cribó para quitarle impurezas y agregados pétreos de mayor diámetro y se le adicionó agua de cal apagada para producir un lodo con mayor adhesión y firmeza; sobre una capa de lodo se colocaron hiladas de piedra con un traslape a tres cuartos como mínimo, siguiendo los alineamientos de los muros de cajón se levantaron hasta una altura de 1.5 metros, con las juntas entalladas se procedió a rellenar los cajones con una capa de lodo de 20 centímetros de espesor sobre la cual se asentaron piedras de la misma excavación, de forma cuatrapeada en su lado horizontal y aglutinadas con lodo. Conforme se iban rellenando los muros de cajón al nivel del muro reintegrado se iniciaba nuevamente el proceso de reintegrar el muro hasta una altura de 1.5 metros para posteriormente ser rellenado con el mismo sistema constructivo.



Terminación del relleno del Pozo 1, socavón / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

Para finalizar se recobró el nivel de arranque del tercer cuerpo con una capa cernida de tierra compactada con pisón de mano y humedecida con agua de cal, estableciendo una pendiente mínima de 2% hacia el lado este.

De este modo se terminó de rellenar el socavón, dándole el refuerzo estructural con materiales originales y mejorados. El proceso constructivo fue lento, dado que se encontraba a ocho metros debajo de la cima; el material suministrado se bajó por medio de una red o cubeta atada a una cuerda soportada por un caballete de madera y una polea. Conforme se rellenaba de nivel los trabajos fueron extendiéndose, al fondo con medidas de 1.8 por un metro y terminando en un área de tres por dos metros, cada día antes de terminar la jornada se rociaba el relleno y los perfiles con agua de cal para reforzar las caras internas del Pozo 1, esta actividad se realizó en dos meses.

Esquina noroeste y suroeste del tercer cuerpo

Como parte de los trabajos de arqueología se procedió a liberar el área noroeste y suroeste de la cima del tercer cuerpo, al momento de dejar expuesto el relleno y algunos elementos arquitectónicos como muros, y un cajón de ofrenda, se realizó el registro gráfico respectivo, se procedió a liberar el perímetro de cada piedra y las juntas de los muros con picahielo por ser un aglutinante de tierra, se limpió de los excedentes de tierra y se humectó con agua de cal, se consolidó con una mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2 en toda la superficie, tanto en el núcleo de firme como de los muros en sus diferentes alzados, se entallaron las juntas de los muros y se le dio un acabado con pintura de tierra, sobre este se colocó un firme de tierra cernida producto de la misma liberación, compactada con agua de cal en capas de 0.20 metros y con un desnivel y pendiente de 2% al oriente para drenar el agua pluvial, dejando expuestos los elementos arquitectónicos que sobresalen del nivel del piso.

La caja de ofrenda también se consolidó con argamasa de cal y arena, se cubrió con una capa cernida de tierra humectada con agua de cal, apisonada en capas de 0.20 metros, dándole un desnivel para evitar acumulación de agua.

Entre los muros 26a y 26b se localizó un relleno moderno al volteo sin compactación ni aglutinantes, con múltiples galerías y huecos. Se decidió inyectar con lodo elaborado con agua de cal y tierra cernida en proporción 5:3, con textura homogénea y fluidez, por gravedad se inyectó en un pozo de 0.10 por 0.10 metros hasta saturar las galerías (cada que se llenaba el pozo se le agregaba agua de cal con el fin de arrastrar los agregados finos y asentar la mezcla en el fondo), al final se ocuparon 30 botes de lodo de 19 litros; se logró llenar esta área y recobrar su estabilidad estructural.

Muro norte del segundo cuerpo

Para la liberación de la Grieta 1 del segundo cuerpo alzado norte se retiraron los puntales del centro que daban apoyo al muro y se decidió dejar los del costado para darle soporte durante los trabajos de restauración.

Se construyó un andamio utilizando los puntales para realizar con seguridad los trabajos de liberación. Se enumeraron las piedras con pintura de cal para que en el momento de reintegrarlas se mantuviera el orden y acomodo correcto. La liberación se realizó a mano con marro y cincel, en un área de 0.50 metros a partir del eje de la grieta, para un total de un metro; en algunas áreas para no quitarle estabilidad al muro fue necesario disminuir o aumentar esta medida de tal forma que fuera fácil maniobrar tanto en el exterior como en el interior.

Se retiraron las piezas numeradas y se resguardaron en un área aledaña al pie del segundo cuerpo, se liberó el relleno de esta grieta, que se notaba alterado y con desechos modernos, se retiraron las piedras en donde se observaban daños o malos asentamientos, la tierra extraída se almacenó en la

cima para su posterior reutilización, una parte de las piedras se almacenó en la cima y otra al pie del segundo cuerpo para evitar movimientos innecesarios de material.

Se le dio seguimiento a la grieta hasta el nucleado de la entrecalle del primer cuerpo, lo que resultó en un área liberada de 1.85 metros en su parte más ancha y 0.48 en la más estrecha, con una profundidad de 2.70 metros, con un relleno volteado, con basura moderna y galerías y cavidades, no se observó una cohesión entre este relleno y el muro exterior.

Se realizaron los registros gráficos correspondientes y se limpió la tierra suelta, se humedeció con agua de cal y se reintegró el relleno a base de aglutinante de tierra cribada y agua de cal mezclado en proporción 5:3 hasta hacerlo homogéneo y adherente, se humectó el relleno y se procedió a colocar una capa de lodo en donde se asentaron las piedras, procurando establecer traslapes verticales y horizontales, cada vez que se recuperaba un nivel de un metro se iniciaba con la integración de las piezas exteriores, estableciendo un cuatrapeo para que formaran un solo muro de contención con una base de un metro para terminar en 0.40 metros en la coronación.

Al reintegrar el muro exterior se siguieron los niveles y la inclinación del muro talud, asentados con una mezcla de cal apagada y arena, entallando las juntas con espátula y colocando el rejoneo en las áreas marcadas para terminar con pintura de tierra al fresco.

Para la liberación de la Grieta 2 del segundo cuerpo, ubicada en el alzado este, el área liberada tenía un ancho máximo de 3.38 metros, en su parte estrecha de 0.60 metros y una profundidad de 3.40 metros.

Se inició la numeración del área de la grieta con agua de cal, se desmanteló con marro y cincel en una superficie de 0.50 metros en ambos lados del eje de la grieta, recuperando el material para su posterior utilización, almacenando una parte

en la cima y otra al pie del muro talud este; el relleno se observó alterado con elementos modernos en la parte posterior, mientras que el interior del núcleo se encontraba en buen estado, compuesto de piedras regulares asentadas con tierra; se liberó el relleno volteado y suelto.

Se humectó con agua de cal y se tendió una capa de lodo adicionada con agua de cal en proporción 5:3, donde se colocaron las piedras producto de la liberación cuatrapeadas en por lo menos un tercio de su longitud, se realizó por tramos de un metro de altura, procurando que el muro exterior se entrelazara con el núcleo para formar un solo conglomerado.

El muro exterior se reintegró siguiendo la numeración marcada, apoyado con un reventón y siguiendo el escarpio del muro, estas piezas están aglutinadas por una mezcla de cal apagada y arena en proporción 2:1, entallando las juntas con espátula; se colocaron hidrodrenes de CPVC de 3/4" de diámetro y siguiendo las recomendaciones se encamisaron para evitar el paso de sedimentos finos, en una distribución a cada metro de distancia o altura, procurando llegar hasta el núcleo sobre una cama de gravilla y filtro de arena.

Se reintegró hasta recobrar el volumen y la altura marcada del muro a 3.4 metros.

Se aprovechó y se consolidó la última hilada del muro este que en algunas áreas se agrietó



Consolidación terminada en la grieta 1, alzado norte / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

y en otras se fracturó; se numeraron con pintura de cal, y se liberó en las fracturas y grietas, se consolidó con mezcla cal apagada y arena en proporción 1:2. Entallando con espátula las juntas y dándole un acabado al fresco de pintura de tierra.

Se limpiaron, con cepillo de cerdas de plástico, los excedentes de mezcla y los números pintados de cal.

El área liberada de la Grieta 3, ubicada al sur de la fachada este, tenía una profundidad de 3.4 metros, con un ancho en su parte más amplia de dos metros y en la más estrecha de 0.77 metros.

Se armó un andamio de dos cuerpos y un tendido de madera para facilitar y brindar seguridad a los trabajos.

El procedimiento inició con la asignación de números y marcas de nivel con pintura de cal. Una vez realizado el registro gráfico se procedió a dismantelar el muro exterior de forma manual con marro y cincel, resguardando sus partes en un área segura, para el núcleo se utilizó picoleta, barretas y recogedores de metal; se liberó el relleno volteado y sin cohesión, las piedras liberadas se almacenaron en la parte superior del edificio y la otra mitad al pie del muro este para su reutilización.

La reintegración del núcleo se inició con piedras asentadas con base en una mezcla de tierra cernida con agua de cal en proporción 5:3, con cuatrapeo vertical y horizontal, procurando en



Restauración del muro en resane de la grieta 2 / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.



Anastilosis para atención del muro en la grieta 3 / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

todo momento establecer una cohesión entre el muro exterior y el núcleo del muro este en tramos de un metro de altura.

En el muro exterior se reintegraron las piedras siguiendo el nivel y orden de la numeración, asentándolas con una mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2, conservando el talud del muro, se entallaron las juntas con espátula y se le dio el acabado pintando las juntas con pintura de tierra; se colocaron hidrodrenes de CPVC de $\frac{3}{4}$ " de diámetro encamisados para evitar el paso de finos y permitir el flujo de la humedad, distribuidos en toda la grieta a cada metro de distancia.

La superficie liberada de la Grieta 4, localizada al sur de la fachada oriente, tuvo una anchura máxima de un metro, mínima de 0.60 metros y una profundidad de 1.25 metros.

Se marcó con niveles y se numeró con pintura de cal, se tomaron fotografías para el registro y se liberó con cincel y marro. Del muro exterior, de tipo mosaico, se recuperaron las piezas para su posterior reintegración, que se almacenaron en

un área en la cima del edificio; se retiró parte del relleno con material orgánico y se observó que el núcleo prehispánico era estable, la grieta era superficial por lo que se retiraron únicamente las piezas a lo largo de la misma. En el área inferior sólo se liberó la grieta, se le aplicaron inyecciones de lodo adicionado con agua de cal apagada para una mejor consolidación.

Para la reintegración de los elementos liberados, estos se asentaron con lodo en el interior del pozo y en el muro exterior se utilizó una mezcla uniforme de cal apagada y arena en proporción 1:2, siguiendo las marcas del nivel y la numeración; se colocó un hidrodren de CPVC de $\frac{3}{4}$ " para el desalojo de la humedad, se entallaron las juntas con la misma argamasa de cal apagada y se recolocó el rejoneo, finalizando con pintura de tierra para un acabado integral.

En la esquina sureste del segundo cuerpo de la grieta 5 se observó una fisura tanto en el muro sur y oeste del segundo cuerpo como en el muro escalonado, este muro es del tipo nucleado;

se enumeró y se marcó con niveles, se realizó el registro gráfico y se desmanteló el muro en toda la esquina utilizando marro y cincel. La junta estaba conformada por una mezcla de cemento, cal y arena, por lo que algunas áreas estaban más duras, se procedió con cuidado para no fracturar ninguna piedra y recuperar el material en buenas condiciones, que se resguardó en la cima del lado sur para posteriormente reutilizarlo. El escombros se retiró al lado norte del edificio.

Se habilitó un andamio para la realización de los trabajos y un tendido.

El área liberada tuvo una longitud máxima de 1.45 metros y una profundidad de 1.75 metros, en la que se observó un relleno con elementos modernos para recuperar volumen. Se registró gráficamente el relleno.

Se procedió a reintegrar el muro ampliando la base a 0.80 metros y terminando en un coronamiento de 0.40 metros, mejorando el traslape en la esquina del muro; se reforzó con piedras de mayores dimensiones asentada en una mezcla de lodo adicionada con agua de cal, previa consolidación y compactación con pisón y agua de cal. Se entallaron las juntas con espátula, se habilitaron hidrodrenes de CPVC de $\frac{3}{4}$ " encamisados con tela anti-hierba a cada metro, distribuidos en todo el muro hasta recobrar el nivel en su lado este; se le dio un acabado de pintura de lodo.



Esquina sureste y muro restaurado 7 / Foto: Archivo Técnico ZAMA, 2019.

La grieta 6 se localiza al sur del muro este (un escalonado en la esquina sureste del primer cuerpo) y abarca desde la parte superior hasta la entrecalle del primer cuerpo. Se trabajó en un área de 1.65 por 1.10 metros y una profundidad de 1.60 metros.

En la parte afectada se numeraron las piedras y se realizaron marcas de nivel con pintura de cal para su posterior reintegración, se registró con fotografías y se desmanteló a partir del eje de la grieta y hasta 0.50 metros a cada lado, en algunas áreas sólo se liberó la junta; se recuperó el material retirándosele el exceso de mezcla y resguardando las piezas desmanteladas a un lado del muro escalonado, la tierra se apiló a un costado del muro este, se limpió el relleno y se observó tierra disgregada y un acomodamiento de piedras sin careo; se humedeció el relleno con agua de cal y se reintegraron las piedras liberadas asentadas con una mezcla de cal apagada y arena en proporción 1:2; se entallaron las juntas y se mimetizaron con color tierra. Algunas piezas que se encontraban fracturadas se pegaron con masilla de cal.

Al finalizar los trabajos de intervención se desmantelaron los andamios, se limpiaron los muros borrando la numeración y se retiró el escombros para posteriormente retirarlo de la Zona Arqueológica de Monte Albán.

Comentarios finales

A través de los trabajos en el segundo cuerpo del Edificio A se identificaron los límites de los sistemas constructivos empleados en la intervención arqueológica llevada a cabo en los años noventa y los rellenos prehispánicos.

Se infiere que los rellenos superficiales fueron puestos para dar volumen al edificio. Así mismo, se observó que en todas las secciones trabajadas el muro y el nucleado no fueron cuatrapiados entre sí, lo que no generó estabilidad y no cumplió la finalidad de cargar.

En las secciones de las grietas 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se identificó el sistema constructivo original. Consiste en un nucleado de bloques de piedra de tamaño regular de 0.30 metros de largo por 0.20 metros de ancho, amarrados entre sí con una matriz de tierra sólida. Estas áreas no presentan alteración, sus rellenos son muy estables.

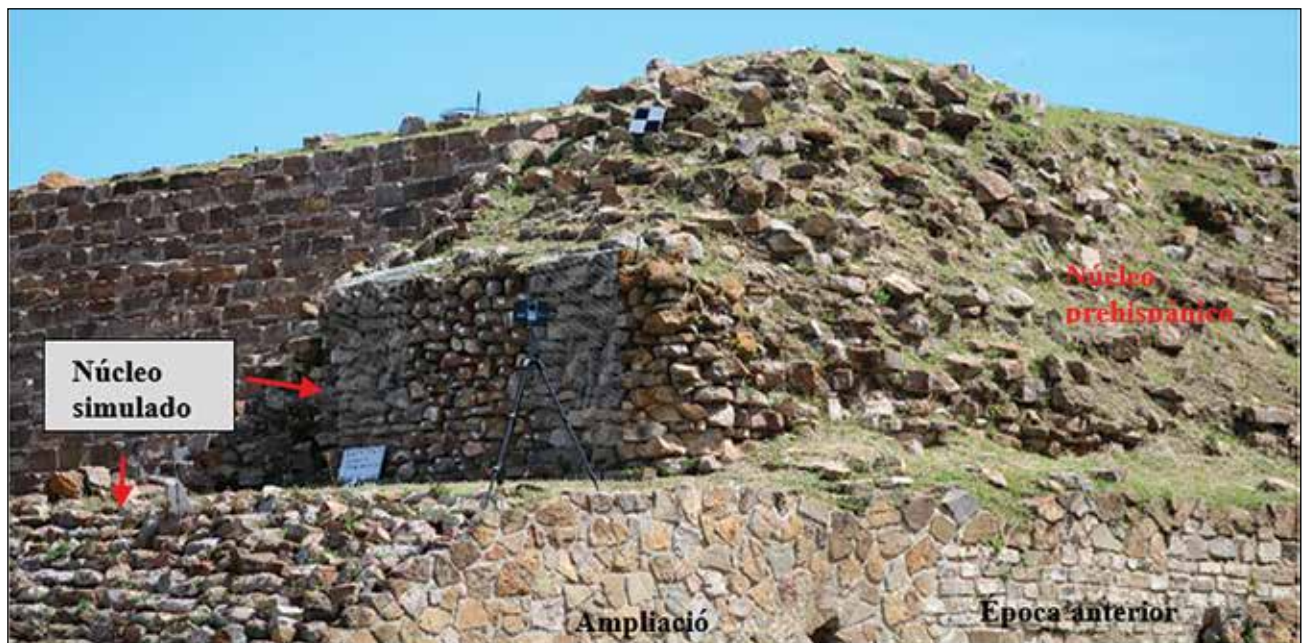
INTERVENCIÓN EN EL EDIFICIO P

El Edificio P es un basamento de forma piramidal ubicado en el margen oriente de la Plaza principal de Monte Albán, colinda al norte con el Edificio II y al sur con el Palacio. Las medidas y morfología que presentan sus fachadas oeste, sur y norte son resultado de las intervenciones arqueológicas realizadas por Jorge R. Acosta y Alfonso Caso entre los años 1930 y 1940, así como las realizadas por Ernesto Gonzales Licón en 1984 y Marcus Winter 1992-1994.

Podemos distinguir desde la Plaza Central que en el Edificio P la amplia escalinata abarca casi la totalidad visual de este, delimitada por alfardas, con la secuencia tablero, talud, tablero. La escalinata tiene 23 metros de longitud y está compuesta

por 34 escalones en el acceso principal al templo superior; en la parte media se localiza un acceso que conduce al interior del basamento por un pasillo o túnel que Caso dejó expuesto, en el cual se encuentra una pequeña cámara que en forma de nicho funciona como tragaluz cuando el sol está en su cénit los días 8 de mayo y 5 de agosto. De acuerdo con lo anterior se considera que el edificio tuvo un carácter astronómico y ritual vinculado con el ciclo de las lluvias, la fertilidad y la agricultura. Las alfardas que flanquean la escalinata tienen dimensiones de 5.70 metros de ancho y una altura en promedio de siete metros con un ángulo de reposo de 38° a 45° de inclinación. En el arranque y al centro de la escalinata, en el eje oeste-este, se encuentra la Tumba 135, que corresponde a la segunda mitad del periodo Clásico tardío (750-950 d. C.).

En las fachadas norte y sur se pueden observar los tres cuerpos escalonados con los que contaba el edificio en la última y penúltima etapas constructivas. Es importante mencionar que las actuales fachadas, norte de 29.14 metros y sur de 30.43 metros, tienen medidas diferentes por la destrucción que presenta principalmente la esquina noreste del



Registro de elementos arquitectónicos y análisis del estado de conservación en el Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

edificio en el lado norte. Tanto las calas abiertas que dejó el equipo de Caso como las de exploraciones del presente proyecto nos permiten afirmar que, al menos en la época Monte Albán IIIA o Clásico temprano (subestructura), las fachadas oeste, norte y sur en el segundo y tercer cuerpos del edificio se encontraban decoradas con tableros doble escapulario.

La parte superior del edificio se encuentra delimitado por dos banquetas y un templo en forma de "C". Las medidas de este cuerpo superior son de 24 metros en el lado oeste, mientras que los laterales por el lado sur son de 12.32 metros, y en los lados norte y este el edificio ha perdido elementos. Sin embargo, se pueden distinguir en los cuatro lados diferentes muros de contención que delimitaban al edificio en la penúltima etapa constructiva y en etapas anteriores.

En la fachada sur el primer cuerpo que delimita y contiene el edificio está diseñado por un muro de 24 metros de largo que tiene en la parte media un sistema de piedras lajas rectangulares, complementado con piedras careadas que definen la altura de 1.70 metros, el cual es la base para un segundo muro conformado por rocas calizas rectangulares y careadas, presentando el mismo estilo y simetría que el segundo cuerpo del lado norte en donde también se observa una esquina remetida en la parte media del edificio. Sobre el muro de este cuerpo aún se conserva parte de un piso de estuco que posiblemente permitía el uso del espacio como una entrecalle que separaba el segundo del tercer cuerpo. En la esquina sureste se observan piedras calizas y areniscas que forman la esquina redondeada, prolongando el muro hacia la fachada este.

La fachada este del edificio ha sido conocida sólo gracias a las exploraciones de las temporadas 2019-2020. Esto ha permitido descubrir los sistemas constructivos relacionados con la contención y apoyo de los basamentos en un sistema que continúa hacia los edificios denominados II

Romano y El Palacio (es decir, al norte y al sur del Edificio P).

La base del edificio en la fachada este se integra como un conjunto de muros independientes que se unen por medio de pequeños muros contrafuertes, muy posiblemente formando una estructura lateral similar al de la fachada oeste. Si bien únicamente se liberaron fracciones del muro de desplante, se infiere que las dimensiones del edificio sean similares a las de la fachada oeste, es decir, la parte del Edificio P pudo medir 35.27 metros pero se integraba a un muro más amplio que dividía el nivel de la plaza con un nivel de terraza circundante a la Plaza Principal. Es importante mencionar que el nivel de desplante del Edificio P desde la parte este es un piso de estuco que actúa como firme sobre el que se colocó un piso enlajado con piedra caliza amalgamada con una mezcla de barro, mismo que se ubica a 23 metros por debajo del nivel más alto del edificio y a 13 metros por debajo del nivel de la Plaza Principal.

En la parte media del desplante del Edificio P se encontró la Tumba 249, que corresponde a la transición entre la época IIIA y IIIB-IV (entre 500 y 650 d. C.), momento constructivo en el que se hacían algunas ampliaciones en la fachada este. Presenta una planta regular con piedras careadas en forma de sillares pegadas con mezclas de barro, la techumbre es de tipo escalonado con una base de vigas de piedras calizas colocadas sobre los muros laterales a cada 40 centímetros, sobre las cuales se colocaron lajas de piedra caliza pegadas con barro en capas traslapadas.

Diagnóstico de daños y afectaciones

El proceso de diagnóstico del edificio se realizó clasificando los deterioros para determinar el tipo de intervención que se efectuaría, de esta manera el proyecto de restauración funcionó como directriz para resolver y comprender los problemas que ocasionó el sismo a nivel 1) estructural, 2) funcional y 3) estético. Este diagnóstico, por lo tanto, se basó en la premisa de que las manifestaciones

provocadas por el sismo (grietas, desfases, hundimientos y pérdida de elementos) tienen un origen interno del edificio. Por ello, fue de gran relevancia la realización de estudios apoyados en las ciencias de la tierra de forma integral, para proponer un diagnóstico específico de conservación.

Gracias a las exploraciones arqueológicas de las temporadas 2019 y 2020 se identificó y analizó la composición de los diferentes materiales de fábrica, mismos que permitieron definir que el edificio fue construido con una arquitectura a base de tierra, ya que la revisión de sus antecedentes históricos nos ayudó a conocer una secuencia de su proceso de deterioro, así como entender las diferentes estrategias de conservación utilizadas en intervenciones pasadas.

Con estas acciones se pudieron definir diversos hechos que afectan al monumento, detectando un patrón de causas secuenciales que se manifiestan con grietas, fisuras, desplazamientos, deformidades y socavones, la acción de los sismos, así como intervenciones pasadas con base en cemento, que han provocado daños de manera considerable en su estructura original.

Mediante el análisis de los deterioros fue posible diagnosticar algunos factores que ocasionan daños en la estructura del Edificio P:

Falta de mantenimiento. El mantenimiento de los edificios prehispánicos es un factor determinante que hace la diferencia entre su buen y mal estado de conservación. Al realizar el diagnóstico detectamos zonas con problemas que requerían de atención inmediata como deshierbe, barrido y limpieza de elementos arquitectónicos, así como resanes, consolidaciones y renovación de mezclas constructivas, acciones que evitarían tener que llegar al punto de la restauración. Cumplir con un adecuado programa de mantenimiento reduce en gran medida los riesgos o el encadenamiento de los deterioros.

En el Plan de manejo de Monte Albán (Robles, 2005) se plantea, en el área de mantenimiento,

seguridad e infraestructura, que un programa de mantenimiento es el eje de la operación del área abierta al público, toda vez que comprende las actividades elementales para el funcionamiento de la zona arqueológica. Esta área provee de los elementos básicos para la realización de una buena visita al sitio, como son actividades de desyerbe, desazolvo y limpieza en áreas verdes, las áreas de descanso, templos, palacios, residencias y tumbas, tanto en el interior como en la periferia.

En el futuro debemos plantearnos estrategias encaminadas a resolver los problemas con un mantenimiento de carácter preventivo y realizar diagnósticos periódicos con especialistas de diferentes grupos interdisciplinarios que nos permitan visualizar un panorama más amplio respecto a la conservación de los edificios, es necesario insistir en que estos monumentos no se pueden quedar sin mantenimiento periódico pues estaríamos provocando mayores deterioros y pérdida de fragmentos de los edificios hasta que la situación se vuelva crítica.

El emplazamiento del Edificio P. Los constructores zapotecos desplantaron el edificio sobre roca madre para ganarle espacio a la ladera, zona vulnerable ante la naturaleza sísmica de la zona. La altura misma del edificio, la lluvia y la acumulación de agua y la pérdida de propiedades mecánicas de sus mezclas constructivas son sólo algunos aspectos determinantes del estado vulnerable en el que se encuentra el edificio.

Pérdida de materiales finos. Este problema recién descubierto es difícil de observar y monitorear debido a las consolidaciones a base de cemento que se realizaron en proyectos anteriores. Se suscita ante la falta de sus aplanados y cubiertas originales, propiciando la filtración y acumulación de agua hacia el núcleo constructivo, causando la pérdida de materiales finos (arcillas, limos y arenas) por efectos de arrastre por el agua. En la ladera este se detectaron zonas afectadas por la pérdida de finos a causa de la acumulación de humedad



CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA

EDIFICIO P

PLANTA ARQUITECTÓNICA



PLANTA ARQUITECTÓNICA



LOCALIZACIÓN

SIMBOLOGÍA

	Presencia grietas en muros.		Disgregación del material en junta constructiva.
	Presencia de fisuras en muro.		Disgregación de estuco.
	Disgregación de relleno constructivo.		Estuco original
	Presencia de vegetación somera.		Disgregación de estucos en el Templo.
	Disgregación del material de relleno.		

ELABORÓ:
PERSONAL TÉCNICO DEL PROYECTO

ESCALA: ESPECIFICADA
ELAB: MARZO 2019
IMPRESIÓN: MARZO 2019

DIRECTORA DEL PROYECTO:
DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA

CO-DIRECCIÓN:
MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA
DR. OSVALDO STERPONE

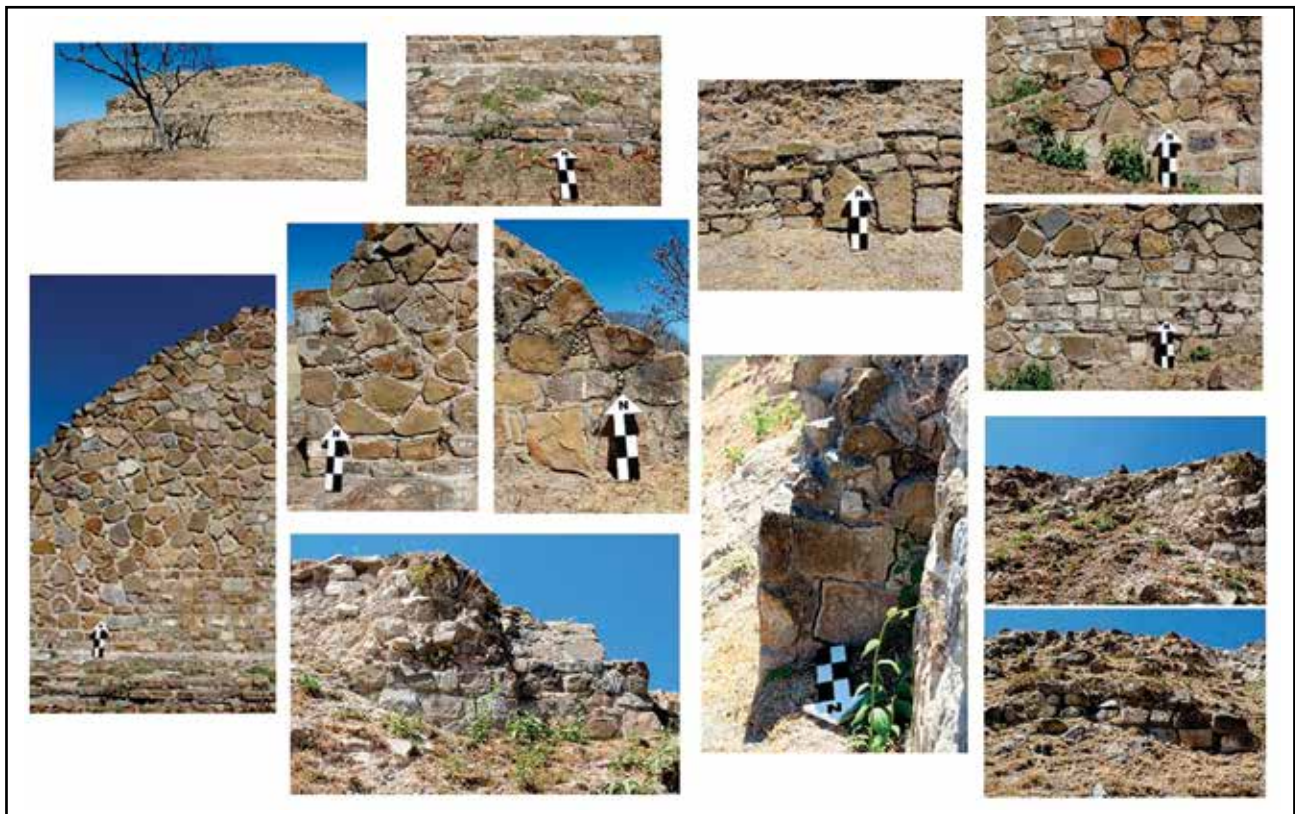










Registro de daños provocados por los sismos del 2017 en el Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Problemas de conservación

Entre los principales problemas de conservación de este monumento y sus causas se encuentra la falta de mantenimiento periódico que ha propiciado espacios en donde se acumulaba el agua y las intervenciones de restauración realizadas entre los años 1940 y 1990 en las que se utilizaron mezclas a base de cemento.

La lluvia y la humedad en la arquitectura de tierra es un factor de vital importancia que hay que atender en el edificio, al ser latente la acción de la pérdida de materiales finos (arcillas, limos y arenas) en los núcleos originales. Como un padecimiento silencioso, esta pérdida de finos en el Edificio P inicia y evoluciona sin poderlo percibir de forma inmediata hasta que se suscita un movimiento sísmico importante que deja ver grietas, deformidades, colapsos y desplazamientos de secciones originales.

Se hallan capas diferenciales plásticas y estructurales de corazas extremadamente duras y rígidas que han dañado a los elementos de barro y piedra que tienen capacidades más plásticas y flexibles. Por lo tanto, las acciones de conservación están enfocadas en tratar de sellar las partes superiores y expuestas con mezclas de cal y arena para evitar la acumulación de agua, y mezclas de barro y cal para pendientes adecuadas.

En las fachadas oeste, norte y sur los problemas que se observaron fueron la aparición de grietas y fisuras en las juntas constructivas de los muros, se pudieron analizar las deformidades en las secciones originales del edificio causadas por la humedad, lo que provoca un daño en los núcleos estructurales de barro y piedra. En la parte superior del edificio se formó una grieta con dirección norte-sur cercana al lado este, esta tenía una profundidad de un metro aproximadamente, dejando endeble el borde este en la parte superior.

En la fachada este, con la excavación arqueológica se pudieron determinar las afectaciones causadas por los sismos que se han suscitado

desde la época prehispánica y que los antiguos constructores zapotecos trataron de resolver con estrategias constructivas basadas en tierra. Se observaron muros de contención dañados en la base de la fachada, la pérdida de material estructural en casi toda la fachada, deformidades en los muros, secciones de la fachada alteradas por los sismos y la humedad, y pérdida de finos (arcillas, limos y arenas) provocada por la acumulación de agua en la Plaza Principal y en el propio edificio, misma que encontró salida en sectores concretos de la ladera este, propiciando así el debilitamiento de elementos arquitectónicos.

Acciones de intervención

Las acciones de intervención en el Edificio P consistieron en la aplicación de procedimientos técnicos cuya finalidad fue resolver los mecanismos que lo alteran e impedir que surjan nuevos, buscando garantizar su permanencia. En la mayoría de las fachadas e intervenciones utilizamos las siguientes proporciones y acabados de las mezclas con la finalidad de resolver el problema de conservación que presentaban los diferentes elementos arquitectónicos en sus cuatro flancos.



Limpieza y liberación de juntas constructivas / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

NOMBRE	TIPO DE MEZCLA	PROPORCIÓN	ACABADO FINAL
Juntas constructivas	Cal química hidratada y arena cernida en cribas de 0.5 cm.	1:3	Las juntas son alisadas con laminillas metálicas de 1" de forma manual, posteriormente se colocan 2 capas de pintura a base de arcillas con la técnica al fresco con brochas de 2", añadiendo a la mezcla agua y baba de nopal, en la parte superior se espolvorea arcilla fina hasta conseguir una pátina que baje la intensidad del color blanco de la cal y se pueda integrar en el edificio. Por último se colocan piedras de 3/4" en forma de rajuelo para identificar las restauraciones.
Consolidación de elementos originales	Cal química hidratada y arena cernida en cribas de 0.5 cm.	1:2	Las juntas son alisadas con laminillas metálicas de 1" de forma manual, posteriormente se coloca 2 capas de pintura a base de arcillas con la técnica al fresco añadiendo a la mezcla agua y baba de nopal, hasta conseguir una pátina que baje la intensidad del color blanco de la cal y se pueda integrar en el edificio.
Rellenos a base de barro	Cal química seca y Tierra producto de la excavación (Arcillas 20% limos 40% y arenas 40%)	1:6	Dependiendo la zona en donde se coloquen los rellenos, si es un muro o nucleado el sellos final será una junta constructiva y si es en piso o firme será un piso de estuco, en elementos expuestos como oquedades se tratará de que se desarrolle solo pasto en la parte superior del barro.
Vaciados de barro mejorado	Cal química seca y Tierra producto de la excavación (Arcillas 20% limos 40% y arenas 40%)	10% de cal por volumen de tierra	Por lo general en la parte superior se coloca un nucleado de piedra caliza con una mezcla de cal y arena. También se utiliza como desplante para muros.



Preparación de cal química para los procesos de restauración y consolidación / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Fachada este

Se realizó la excavación arqueológica para detectar los efectos del sismo en la ladera y poder determinar la vulnerabilidad del emplazamiento del Edificio P. Se consolidaron elementos originales de la fachada con mezclas de cal química y arena, se recuperó el volumen perdido en las secciones afectadas con una mezcla de barro y cal química y se integró un muro de contención sobre el pasillo de servicio para contener el volumen superior en forma de nucleado de esta sección.

- Integración del muro de contención en la parte inferior de la fachada este.
- Consolidación e integración de muros de piedra del sistema constructivo de bloques de vaciado de barro.
- Integración de muro de contención de piedra caliza (en vereda).
- Colocación de muros de contención.



Vista de la ladera este. Se identifican muros contrafuertes, muros aparentes, núcleos y rellenos constructivos / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

La colocación de los muros de contención permite soportar la integración de volumen mediante el uso de mezclas de barro para estabilizar los nucleados constructivos originales. La fachada este presenta gran pérdida de volumen, principalmente hacia la esquina noreste, donde era más notoria por la falta de elementos arquitectónicos y núcleos originales que fueron arrastrados por agua de lluvia y otros agentes físicos. Por lo tanto, para reducir los vacíos y mejorar la estabilidad estructural de la parte superior se rellenaron estas áreas con una mezcla de barro y cal química en proporción 1:4, posteriormente se colocó un nucleado de piedra caliza de tamaño irregular, con una mezcla de cal química hidratada y arena que permitía mejorar el terminado en las juntas constructivas donde se dio un acabado de manera similar a los otros paramentos. Con esta acción se reintegró parte del volumen perdido en la zona superior, así como evitó a corto, mediano y largo plazo la filtración de agua en los núcleos originales del edificio, previniendo el deterioro y la erosión de los muros originales.

Integración de volúmenes nucleados

Un problema importante de conservación en la fachada este era la falta o pérdida de volumen de la arquitectura del edificio hacia la parte norte de

la fachada este desde el pasillo de servicio hacia la zona superior del edificio. A través de los procesos de excavación en esta zona se liberaron algunas partes de los muros originales sin lograr definir las esquinas. Por ello se decidió integrar un nucleado de piedra caliza que proporcionara volumen y estabilidad a los elementos originales del complejo, rellanado zonas de mucha pérdida de volumen con mezclas de barro y cal, utilizando piedra para estabilizar las mezclas; en la última capa del nucleado se colocó piedra caliza pegada con una mezcla de cal hidratada y arena. La integración del nucleado de piedra también sirve para identificar la arquitectura original del edificio y la intervención actual respetando los valores de autenticidad, dando una solución estructural al problema de la pérdida de volumen y evitando el paso directo de la humedad en los núcleos originales.

Integración de juntas constructivas en los nucleados, muros de contención y muros aparentes originales en esta zona con una mezcla de cal química hidratada y arena

- Colocación de juntas constructivas a base de cal y arena que permite que los elementos arquitectónicos tengan mejor plasticidad y margen de contracción (el comportamiento de secado de las mezclas de cal ante la pérdida de humedad). Una característica de las juntas constructivas a base de cal es la permeabilidad que permite la pérdida de humedad a través de las juntas, algo muy importante para los núcleos originales del edificio.

Estabilización de la esquina sureste

Integración de muro de piedra en la sección de las calas 5, 6 y 7 de la parte superior.



Consolidación y restauración de muros arqueológicos de soporte del edificio, reintegración de volumen y colocación de coraza de protección en diferentes secciones de la fachada este / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Proceso de estabilización de la esquina sureste y parte media de la ladera este. Se consolidaron los elementos originales con una mezcla de cal y arena y se colocó una esquina de piedra caliza para contener los nucleados así como estabilizar esta zona / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Fachada norte

En esta fachada se liberaron juntas constructivas de cemento y se colocaron unas nuevas con mezclas de cal química y arena, se rellenaron oquedades en las partes superiores de los muros y se tapiaron calas arqueológicas existentes con la finalidad de que no acumularan agua, también se recuperó un drenaje prehispánico cerca de la esquina este.

- Liberación de juntas constructivas a base de cemento.
- Consolidación de juntas constructivas a base de cal.
- Integración de rellenos.

En la fachada norte el tema de los rellenos es de suma importancia por tratarse de un problema grave del edificio la falta de sustento de las partes inferiores y la acumulación de agua de lluvia en las oquedades. Se localizaron áreas que no



Reintegración de rellenos, resane y restauración de muros en el primer y segundo cuerpo del lado norte / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Colocación de núcleos, sellos y resanes de estuco en el segundo cuerpo del Edificio P, lado norte / Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

contaban con rellenos en los muros de piedra caliza que sirven de contrafuerte al edificio para su estabilización, las partes de coronamiento de los muros no contaban con las pendientes necesarias para sellar los muros y evitar la acumulación de agua. Se colocó barro mejorado con cal química y compactada a mano y con pisón, dando las pendientes necesarias del relleno hacia los bor-

des del muro y en la última capa del relleno se selló con agua y cal para evitar la acumulación de agua en el interior del edificio.

En la fachada norte se localiza una ventana arqueológica para observar una subestructura del edificio del lado este, en esta zona la pérdida de volumen del edificio es notoria por la falta de elementos arquitectónicos que contengan el desplazamiento de la estructura en la parte superior; en este espacio se observa la acumulación de agua en el interior de la cámara por lo que se determinó relleno con barro mejorado con cal química y colocar un muro de piedra caliza para tapan el acceso y contener el relleno. Después de estas acciones se continuó con el nucleado en la parte frontal, consolidando esta zona para estabilidad del lado este en la parte superior de Edificio P, evitando la acumulación de humedad en esta zona.

Recuperación de un drenaje en la esquina noreste

Dentro de los trabajos de consolidación en la zona media de la fachada norte, en la parte superior del lado este, se detectó un drenaje prehispánico. Las liberaciones se realizaron mediante excavación arqueológica para mostrar los elementos constructivos del drenaje y determinar su cauce, con la intención de poder utilizarlo para canalizar el agua de la zona superior del edificio hacia la parte baja del mismo; al parecer este continúa de forma vertical y escalonada sobre el lado este hasta la base del edificio, la última sección estaba colapsada y azolvada por lo que se decidió hacer la salida sobre el coronamiento del primer muro y dirigir el agua hacia la esquina noreste. Los elementos originales del drenaje se consolidaron con una mezcla de cal hidratada y arena; para estabilizarlo se integraron piedras para el brocal en la parte superior y se colocó una malla metálica de 0.5 centímetros para evitar la acumulación de hojas y entrada de animales, en la parte baja se integró una salida de agua con piedras calizas pegadas



Vista del lado norte del Edificio P después de su restauración / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

con una mezcla basada en cal hidratada y arena y se continuó un nucleado de piedra asentado con barro en la parte superior.

Fachada oeste

Se liberaron todas las juntas constructivas con base de cemento y se colocaron nuevas de cal química y arena, se consolidó la alfarda sur y norte con mezclas de cal química y arena, se recuperó el volumen con mezclas de barro y cal química, se limpió la escalinata con agua y cal y cepillos de cerdas naturales. En la Tumba 135 se consolidó el interior y se niveló el piso, se colocó una tapa metálica y losas de concreto en la parte superior para evitar la acumulación directa de agua. En la cámara de la observación del paso cenital se consolidaron las paredes con una mezcla de cal química y arena y se integró un piso enlajado de piedra caliza con dirección este-oeste hacia una salida de agua que se ubica en el acceso. Se protegieron los pisos de estuco original con pisos de sacrificio de cal química y arena para evitar la disgregación y pérdida de material.

- Liberación de juntas constructivas a base de cemento.
- Consolidación de juntas constructivas a base de cal.
- Limpieza de la escalinata.

Se liberaron las grietas con cincel y marro para posteriormente consolidarlas con una mezcla de cal química. También se consolidaron las grietas sobre las juntas constructivas con una mezcla de cal química hidratada en obra y en las partes profundas se inyectó agua con cal.

Se realizó a mano y con cepillos de cerdas de raíz la limpieza de estucos originales en el peralte de la escalinata, quitando hongos y líquenes, y posteriormente la escalinata completa con una mochila de aspersión utilizando una solución de agua y cal con una bomba de presión manual y cepillos y escobas de cerdas sintéticas, quitando la acumulación de tierra, hongos y líquenes de las piedras; los trabajos de limpieza se iniciaron de la parte superior hacia abajo. La aspersión de agua y cal sobre las piedras y estucos sirve para limpiar de hongos y proteger la parte externa de la piedra expuesta al medio físico.



Alfardas y escalinata que constituyen la fachada oeste del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Limpieza de escaleras y colocación de mezcla de agua y cal para sellado e intervención / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Consolidación e integración de núcleos constructivos en la alfarda sur

La alfarda sur de la fachada oeste del Edificio P se exploró detectándose que las piedras que la cubrían sólo se encontraban sobrepuestas. La piedra irregular estaba colocada en el talud en forma de núcleo; la colocación era en hiladas en la parte media y la parte superior contaba con tres hiladas de piedra sobrepuesta, sin mezclas que sellaran las piedras con los núcleos de la alfarda; tenía exceso de piedra en la parte superior provocando inestabilidad, en esta sección de la alfarda el agua penetraba de forma directa y provocaba la aparición de líquenes y hogos en las piedras, por lo que se decidieron las siguientes acciones para evitar la filtración a los núcleos originales y la estabilización de los mismos:

- Se retiraron a mano las piedras de la alfarda sur para su posterior integración, en la parte media superior había un exceso de piedra colocada en varias capas y los núcleos de relleno debajo de la capa de piedra se encontraban muy erosionados y disgregados por las lluvias que penetraban de forma directa en algunos lados.
- Después de retirar las piedras y seleccionar las de calidad se mejoró el relleno erosionado con una capa de barro con cal, posteriormente se colocaron las piedras junteadas con una mezcla de cal química hidratada y arena, se colocó un relleno en la parte superior, de tierra mejorada con cal apisonada, con pendiente hacia la parte suroeste.

Consolidación y restauración del cubo del paso cenital

El cubo del paso cenital, que es una instalación original con fines de observación astronómica, estaba en mal estado de conservación debido al exceso de humedad que captaba el edificio en la parte superior, el agua filtrada provocaba goteras en las losas que conforman el soporte a la techumbre durante



Vista del lado oeste después de su intervención / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

el tiempo de lluvias y acumulación de líquenes y moho durante la temporada de sequía, provocando la disgregación de elementos, sobre todo en las juntas constructivas de barro con las que se encontraban unidas las rocas de los muros laterales ubicados en las paredes norte y sur.

De igual forma la falta de un piso en la entrada a la cámara de observación cenital y un adecuado sistema de desagüe que permitiera la salida de agua que entraba a este espacio durante la temporada de lluvias provocaba que el agua captada se filtrara hacia el interior del edificio. Esto pudo corroborarse con los estudios de resistivimetría que se habían realizado en la Temporada 2019 pues en los resistivigramas 7, 8 y 9, que corresponden a la sección media del edificio, se distingue que la humedad penetró hasta las subestructuras de los cuerpos de las primeras etapas constructivas, poniendo en riesgo la estabilidad estructural del complejo, principalmente la sección del lado este donde la coraza de piedras o los muros que contenían los núcleos constructivos se habían perdido, quedando expuestos los bloques de vaciado de lodo.

Limpieza del cubo del paso cenital

Los trabajos de limpieza general de la cámara consistieron en el desyerbe, a mano, de grietas, sellos y pisos, para lo cual se utilizaron herramientas

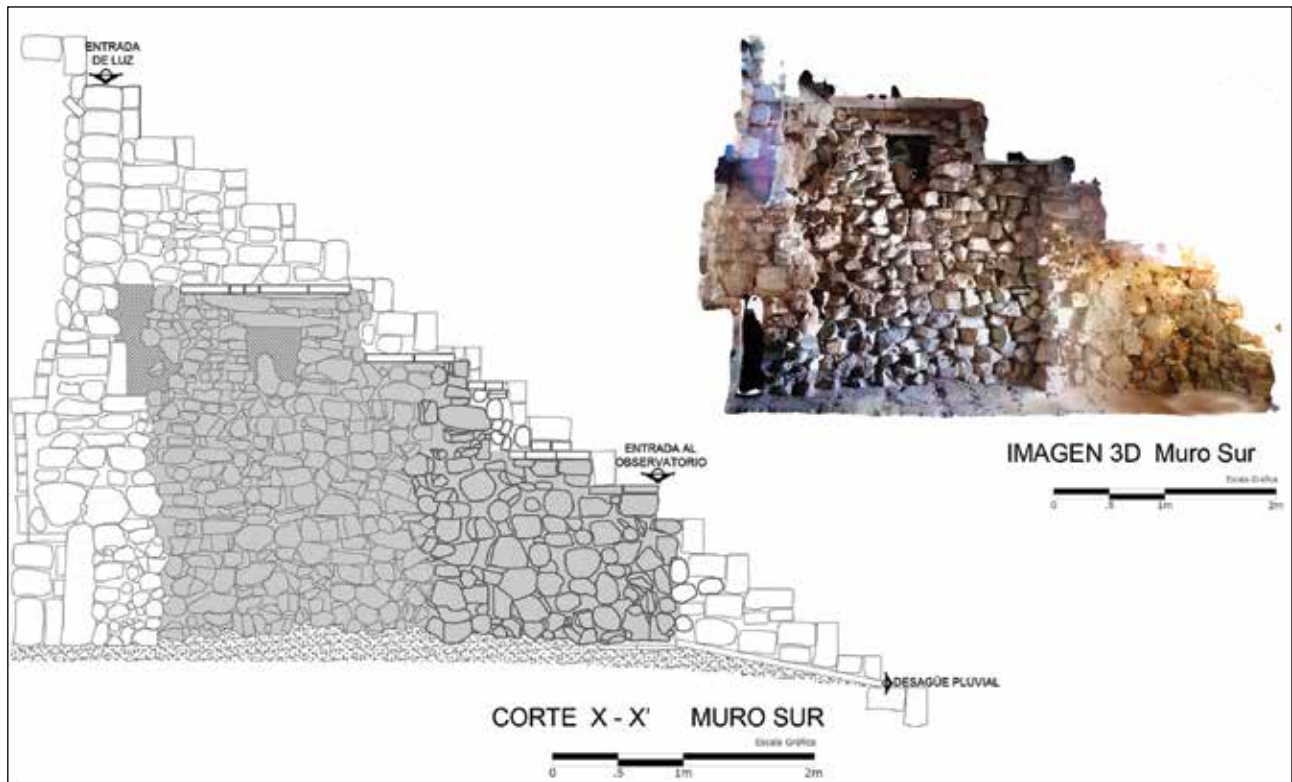
como tijeras, picahielos y punzones. Para la limpieza de hongos y líquenes se empleó un aspersor con agua de cal que se roció sobre las piedras y con ayuda de cepillos de cerdas sintéticas se trabajaron los muros para remover microorganismos y asegurar que las mezclas en las juntas taparan adecuadamente los poros y espacios vacíos entre las rocas.

Al momento de efectuar los trabajos de limpieza del muro sur se identificó un nicho que tenía en su interior piso de estuco y que continuaba por debajo de las rocas careadas, lo que hizo suponer que dicho estuco pudo ser un firme constructivo o pertenecer a una subestructura del edificio. La revisión arquitectónica de elementos que correspondieran con este estuco tanto en el exterior como en el interior de la cámara permitieron identificar que el piso se corresponde con otro que el equipo de trabajo de Alfonso Caso dejó expuesto en una cala de exploración realizada en la sección norte de la escalinata.

El piso de la cala norte de la escalinata es el nivel de piso de la subestructura de la Época IIIA puesto que se encuentra por arriba del nivel de un tablero doble escapulario (Caso, 2003) que decoraba la alfarda norte en este periodo temporal. Considerando la observación anterior, suponemos que durante la primera etapa constructiva de la Época IIIA el piso identificado dentro de la cámara de observación cenital fue el firme o piso, por lo cual la disposición arquitectónica debió ser totalmente diferente a la actual.

Consolidación de los muros norte, sur y este del paso cenital

Se realizó la consolidación de los muros del interior de la cámara del observatorio con una mezcla de cal química hidratada en obra y arena que permite que los elementos arquitectónicos tengan mejor plasticidad y contracción (el comportamiento de secado de las mezclas de cal ante la pérdida de humedad), sin embargo, el secado de esta mezcla



Registro gráfico de los elementos arquitectónicos intervenidos en el interior del observador del paso cenital / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Registro e intervención en nicho identificado en el muro sur del paso cenital / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Registro de la intervención en el piso y muros del paso cenital / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

fue mucho más lento que en las secciones externas debido al exceso de humedad en el interior de la cámara, por lo cual fue necesario dejar reposar las mezclas de cal dos días antes de colocar el acabado final de las juntas constructivas.

Como acabado final de las juntas constructivas se colocó una lechada de tierra fina que se mezcló con agua y cal para dar un color similar al de las rocas de los muros. Para diferenciar entre las áreas intervenidas de las áreas originales se colocaron piedras de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, entre las juntas constructivas. Es importante mencionar que el piso de estuco, o el posible nicho que se encontraba en el muro sur, se cubrió para evitar la penetración de humedad y disgregación del núcleo constructivo, esto se logró colocando un nucleado de piedras y barro. De igual forma, en el muro este se integraron piedras alrededor del nicho debido a que presentaba evidencia de pérdida de elementos constructivos, logrando con ello sellar el muro y evitar que afectara aquellos por los que entra el haz de luz.

Integración de piso de piedra laja

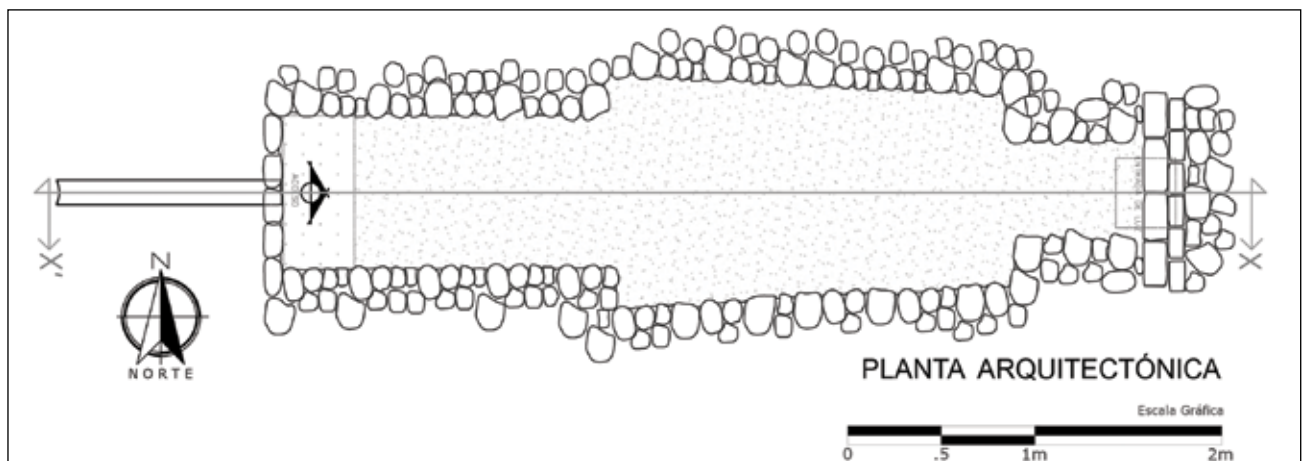
El piso de la cámara contenía rellenos de tierra con una superficie irregular, lo que provocaba la acumulación de agua en la parte media y que el desagüe localizado en el límite oeste de la cámara

no cumpliera su función al no encausar el agua que la cámara absorbía durante la temporada de lluvias. La intervención consistió en retirar la tierra de relleno del piso de forma manual, después del cálculo de niveles se colocaron niveles de hilo para integrar el piso enlajado con una pendiente de 10%, para la correcta salida del agua. El piso de piedra laja se integró con lajas de roca caliza de 0.10 a 0.20 metros y grosores de entre 0.05 a 0.10 metros, unidas con mezcla de cal química hidratada en obra y arena.

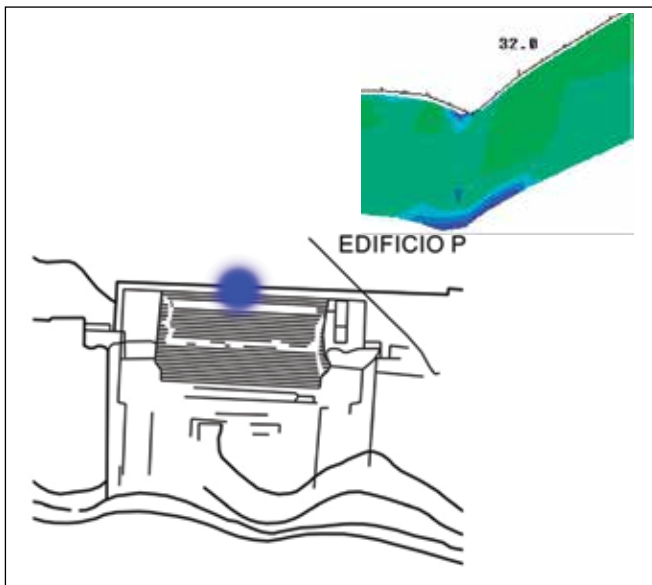
Restauración y conservación de la Tumba 135

La Tumba 135 se ubica en la parte inferior de la escalinata del Edificio P en la fachada oeste; su acceso es una escalinata de piedra caliza colocada para los visitantes, esta zona se encuentra descubierta, lo que ha provocado en la tumba y en la fachada oeste del Edificio P, principalmente en la escalinata central, diversas afectaciones a causa de acumulación de lluvia y daños que genera la humedad retenida en el interior del edificio, afectando el estado de conservación de los elementos arquitectónicos.

El objetivo principal de la intervención en la Tumba 135 fue evitar que la lluvia penetrara de forma directa en la cámara mediante la colocación de una tapa metálica y tapas de concreto armado en su área de acceso. Para determinar los daños



Dibujo en planta de los espacios intervenidos en el paso cenital del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



MICROLOCALIZACIÓN



Registro de resistividad que indica la concentración de humedad que se filtra al interior del Edificio P desde la Tumba 135 / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

ocasionados por la acumulación de agua se realizaron lecturas con el resistímetro SYSCAL PRO, de tal manera que se pudiera determinar el estado que guardan las fábricas y los materiales que le dan forma y sobre los que se sustenta el Edificio P.

De acuerdo con el informe técnico de resistividad, en la mayoría de los modelos se aprecia la infiltración de agua de lluvia desde la parte superior del basamento, y esto contribuye a la recarga del acuífero. La tendencia de la infiltración del agua se demarca bien en los modelos de las líneas 4.1., 4.2., 5.1., 5.2., 7.1., 7.2., 10.1. y 10.2. La permeabilidad hidráulica acusa una tendencia y vía preferencial de flujo hacia el lado este, no hacia el oeste. También se observa que el acuífero que se origina por la filtración del agua de lluvia desde la plaza es más profundo que la secuencia estratigráfica de los materiales de fábrica que le sirven de soporte a la escalinata y la fachada poniente del Edificio P.

En la fachada oeste se observaron problemas ocasionados por la acumulación de humedad en el interior del edificio, provocado en gran medida por la entrada directa de agua de lluvia en el espacio de acceso a la Tumba 135; observando que las piedras de la escalinata central se tornaron de color negro

por efecto de los hongos y musgo desarrollados en las juntas constructivas, también las piedras calizas presentaban cambio de coloración. La humedad en el edificio ocasionó daños en las juntas constructivas haciendo que se disgregaran y se perdiera material constructivo, las piedras calizas fueron afectadas con disgregaciones en la parte expuesta, salinizaciones y el desarrollo de vegetación con micro raíces incrustadas provocando fracturas.

El criterio general de conservación fue enfocado a la protección de los elementos originales, muros, pisos y demás elementos arquitectónicos de la tumba, buscando la estabilidad de los mismos y su integración visual.

Acciones de trabajo:

- Limpieza y desyerbe.
- Limpieza de hongos y líquenes.
- Retiro de dos hiladas de piedra en la parte superior con la finalidad de recibir las losas de concreto y tener un nivel de tierra en la parte superior de las losas.
- *Consolidaciones.* Se realizó la integración de juntas constructivas en el borde superior del acceso de la tumba, donde se colocaron las tapas de concreto armado.

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS BIENES CULTURALES INMUEBLES DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN.		REGISTRO FOTOGRÁFICO	
NOMBRE: Edificio P, Tumba 135 UBICACIÓN: Se localiza en el margen oriente de la plaza principal de Monte Albán, colinda al norte con el edificio II y al sur con el Palacio. La Tumba 135 se localiza al centro de la escalinata en parte inferior del edificio. ÉPOCA: Monte Albán II (200 A.C.- 200 D.C.) y Monte Albán III (200 D.C.- 600 D.C.) DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA: La tumba 135 se compone de una cámara en planta de forma escalonada, reduciendo sus dimensiones al final de la cámara, cuenta con un vestíbulo descubierta donde se colocó una escalera de acceso. SISTEMA CONSTRUCTIVO: En la cámara se puede observar paredes con mampostería de piedra con sillares pequeños de forma rectangular, con un techo de piedra colocado en bóveda, en el vestíbulo se observan paredes con mampostería de piedra de forma irregular.		Escalinata de piedra 	
DETERIOROS GENERALES CAMARA Y VESTIBULO <ul style="list-style-type: none"> • Presencia de vegetación menor. • Color negro en piedras por hongos. • Disgregación de juntas constructivas. • Grietas y fisuras. • Pérdida de piedras en techumbre. • Humedamiento del piso. • Acumulación de agua. 	TIPO DE INTERVENCIÓN Desperfe manual. <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza manual con cepillos de raso y agua de cal. • Consolidación de juntas constructivas con mezclas de cal química. • Integración de tapa metálica para acceso a la tumba. • Colocación de losas de concreto armado para área del vestíbulo. • Retiro de escalinata contemporáneas. • Integración de pasto sobre losas de concreto. • Recuperación de volumen sobre la superficie de la tumba. 		
ANTECEDENTES DE INTERVENCIÓN Los monumentos arqueológicos de Monte Albán ante los desastres naturales: el sismo de 1999 / coordinadora Nelly M. Robles García		Fachada principal Camara	
URGENTE <input checked="" type="checkbox"/> CORTO PLAZO <input type="checkbox"/> NIVEL DE ATENCIÓN MEDIANO PLAZO <input type="checkbox"/> LARGO PLAZO <input type="checkbox"/>		REGISTRO: Personal Técnico del Proyecto FECHA: Agosto 2019	

Registro de deterioros y acciones a realizar en la Tumba 135 / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

- *Integración de losas de concreto.* Se colocaron tres losas de concreto armado de 65 x 210 x 10 centímetros con un traslape de cinco centímetros de espesor para evitar filtraciones en las juntas constructivas de las losas; cada losa fue armada con varilla de 3/8" a cada 15 centímetros y se utilizó una mezcla concreta reforzada de cemento, arena y grava triturada de 3/4" $f'c=250\text{kg}/\text{cm}^2$ con un peso estimado de 150 kilogramos por losa. Las losas de concreto descansan sobre los muros perimetrales de piedra del acceso de la tumba en la zona del vestíbulo, dejando un nivel de 25 centímetros para un relleno de tierra y colocación de pasto en la parte superior de la tumba para su integración visual.
- *Colocación de una tapa metálica.* Se instaló una tapa metálica con respiradero de 167 x 90 x 15 centímetros sobre un muro de piedra caliza, recibida con un sello de cemento para soportar el contra marco de la tapa con una mezcla de cemento y arena en proporción 1:4. El muro

se construyó con piedra caliza de 210 x 100 x 35 centímetros, con una mezcla de cal química, arena y cemento en proporción 1:3:3/4 y marcadas con un acabado en pintura en tierra, composición de tierra fina con color seleccionado, aplicado con brocha se espolvorea toda la superficie pintada con la misma tierra fina seleccionada, como acabado final. Se respetó el valor histórico de las intervenciones efectuadas en la década de los años treinta del siglo pasado, marcando la diferencia entre las áreas intervenidas y las originales a partir de aparejos poligonales y la aplicación de rajueleos entre los morteros.

- *Instalación de escalera.* Se colocó una escalera metálica marinera de 167 por 65 centímetros en la parte norte de la tumba, cerca de la fachada este, y empotrada al muro norte de piedra que recibe la tapa metálica; la instalación de esta escalera servirá para dar acceso al vestíbulo de la tumba de forma controlada.



Registro 3d de la tumba y registro fotográfico después del resane y sellado de juntas de los muros internos y externos / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Colocación de techumbre / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Fachada sur

En la fachada sur del Edificio P se detectaron grietas en el lado oeste por efecto del sismo, así como un desplome del muro original en esta zona. Los muros inferiores que sirven de contrafuerte de la fachada carecían de sellos en los coronamientos, también faltaban rellenos superiores en el primer cuerpo del muro, por lo que se decidieron las siguientes acciones:

- *Limpieza y desyerbe.*
- *Liberación de juntas constructivas.*
- *Integración de rellenos.* Se localizaron áreas que no contaban con rellenos en los muros de piedra caliza que sirven de contrafuerte al edificio para su estabilización, así mismo, las partes de coronamiento de los muros no contaban con la pendiente necesaria para sellarlos y evitar la acumulación de agua. Se decidió colocar una mezcla de tierra mejorada con cal química compactada a mano y con pisón, dando las pendientes necesarias del relleno hacia los bordes del muro; en la última capa del relleno se selló con agua y cal para evitar la acumulación de agua en el interior del complejo.

- *Consolidación de desplome de muro.* En la sección oeste de la fachada sur, en el segundo muro, se detectó una grieta vertical y por acciones del sismo en esta sección del muro original se desplomó, por lo que se decidió realizar una anastilosis para reintegrar las piedras originales y corregir el desplome y el riesgo de un futuro derrumbe en esta zona. Se enumeraron y registraron las piedras antes de ser retirado el muro, el desmantelamiento se realizó a mano y con cincel y marro, para la consolidación del muro y la reintegración de las piedras originales se utilizó una mezcla de cal química y arena, también se decidió ampliar la sección del muro en la parte interna para una mejor estabilidad.
- *Consolidación de elementos dañados.* Mediante inyección y sellado de grietas y fisuras, integraron con aplicación de mezclas de cal elaborada con cal química apagada en obra y arena en proporción 1:1, acabado de pintura en tierra, composición de tierra fina con color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco con brocha, espolvoreo de



Sección del muro dañada por efecto del sismo, mostrando grietas y desplomes. Numeración para hacer anastilosis / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

toda la superficie pintada con la misma tierra fina seleccionada como acabado final.

- *Integración de juntas constructivas con cal química.* Se colocaron juntas constructivas elaboradas con cal química apagada en obra y arena en proporción 1:2, con acabado de pintura en tierra, composición de tierra fina con color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco con brocha, espolvoreo de toda la superficie pintada con la misma tierra

fina seleccionada como acabado final. Se respetó el valor histórico de las intervenciones efectuadas en la década de los años treinta del siglo pasado, marcando la diferencia entre las áreas intervenidas y las originales a partir de aparejos poligonales y la aplicación de rajuleos entre los morteros. La colocación de juntas constructivas basadas en cal y arena permite que las estructuras pierdan humedad en los núcleos.



Restauración del muro sur / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompán.

Templo

Se reintegró el piso enlajado con una mezcla de cal química y arena en las zonas de pérdida de material, para sellar en esta zona el paso de la humedad se colocó un piso de sacrificio a base de cal y arena en el lado norte, para proteger los pisos de estuco originales que fueron dañados por el sismo se instaló un nucleado de piedra con una mezcla de cal y arena en el borde este y para contener los empujes del templo en la sección este se inyectó con agua de cal la grieta norte-sur en la parte superior del templo.

- *Colocación de relleno en el pozo de exploración.*

La reintegración del volumen extraído en el Pozo de sondeo 3 se realizó con una mezcla a base de barro mejorado con cal, misma que permite mayor homogeneidad y compatibilidad con los elementos originales. Los rellenos se hicieron en capas intercaladas de mezclas de barro mejorado con cal y piedra caliza hasta obtener un volumen de tres metros cúbicos. Se dejó la preparación con firme de barro y cal para colocar un piso de estuco y posteriormente un enlajado de piedra como sello final.

- *Liberación de elementos arquitectónicos.* En la parte superior del edificio se liberaron los elementos arquitectónicos mediante la exploración arqueológica, el objetivo fue determinar los límites arquitectónicos del templo, así como escalinatas y banquetas; dentro de esta exploración se hallaron dos tlecuiles en los extremos sur y norte, asociados con el templo.

- *Liberación de grietas.* La excavación arqueológica realizada debajo del nivel de piso de piedra laja del templo permitió identificar varios sistemas constructivos con base en adobe que daban soporte y estabilización al templo, a una profundidad de 1.20 metros.

La exploración nos permitió identificar que la grieta con dirección norte-sur que afectaba la zona del templo tenía una profundidad de 80 centímetros y no continuaba hacia abajo, lo que sugiere que la zona del templo



Proceso de nucleado de piedra en el borde este del Templo en la parte superior del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

estaba propensa a tener daños por los sismos en un movimiento horizontal hacia la zona este, en donde el edificio había perdido mucho material arquitectónico que provocaba el debilitamiento de esta sección.

- *Consolidación e integración del piso enlajado de piedra.* Como acciones previas se estableció la zona con una mezcla de barro y cal en una capa de ocho centímetros de espesor, para recuperar el nivel del piso final se rellenaron las zonas de mayor pérdida de volumen con una mezcla de barro, cal y piedras de 3/4", dejando la base estable para recibir el piso enlajado de piedra; en zonas del piso enlajado original se dejaron *in situ* las piedras del piso, sólo se nivelaron algunas zonas donde la pendiente no era óptima para retirar el agua del templo. La consolidación del piso se realizó con una mezcla de cal y arena, las piedras lajas se obtuvieron de las excavaciones en la parte inferior de la fachada este, seleccionando la piedra laja que tuviera un espesor de seis centímetros, tratando de acoplar las secciones originales de los niveles de piso terminado del templo con las nuevas integraciones de piso, se dejó la pendiente hacia la parte norte del templo para canalizar una parte del agua hacia esta zona y otra parte hacia la sección oeste.

- *Colocación de piso de estuco de sacrificio.* Este piso proporciona estabilidad a la zona afectada por el sismo; la esquina noreste presentaba una erosión muy grave por la pérdida de material y la disgregación de los núcleos constructivos originales por el efecto de las lluvias. El piso también servirá para monitorear la grieta que se localiza en esta zona al identificar los desplazamientos en esta área afectada.
- *Nucleado de piedra sobre el borde superior del lado este del templo.* Realizado para estabilizarlo ante la pérdida de material original del edificio. Esto se logró colocando piedra caliza de forma irregular siguiendo la pendiente del edificio, asentada con una mezcla de cal y arena. Con esta intervención se detuvo el proceso de erosión en esta zona, vulnerable a las lluvias y a los movimientos sísmicos.
- *Nivelación y relleno de la parte superior del edificio.* En la parte alta del edificio se localizaron varias zonas donde la pendiente no propiciaba la salida correcta del agua y provocaba estancamientos. Después de consolidar el piso del templo y la zona noreste, las áreas oeste y sur, se decidió colocar una capa de sacrificio de ocho centímetros de barro mejorado con cal para rellenar y dar pendiente hacia los límites de la parte superior y propiciar la salida del agua, así como la proliferación futura de pasto sobre este sello.



Proceso de exploración en la parte superior del Edificio P, se aprecia uno de los tlecuiles hallados / Foto: Archivo técnico Proyecto conservación a los edificios dañados por los sismos de 2017 en Monte Albán y Atzompa.

INTERVENCIÓN DEL SISTEMA IV

Localización de la unidad

El Sistema IV se localiza en el extremo oeste de la Plaza Principal de Monte Albán. Es un conjunto arquitectónico de carácter ceremonial, compuesto por un templo, un patio con adoratorio y una plataforma transicional. Su última fase constructiva corresponde a la época Monte Albán IIIB-IV (600-850 d. C.).

Descripción arquitectónica

El conjunto arquitectónico está formado por una plataforma rectangular que cierra por el oriente, un patio delimitado por un muro perimetral, un adoratorio cuadrangular ubicado al centro del patio y un basamento piramidal de planta rectangular que delimita al conjunto por el poniente. Este basamento está conformado por tres cuerpos escalonados, orientados en el eje oriente-poniente, cuya fachada principal se compone de una escalinata monumental delimitada por alfardas anchas que rematan el segundo cuerpo de la estructura. En la parte superior se sitúa un templo de forma rectangular, cuenta con un pórtico al cual se accede a través de una banqueta sobre la que se localiza el desplante de cuatro columnas.

El basamento del templo posee una escalinata flanqueada por dos alfardas que a su vez se estructura con los cuerpos escalonados que componen al edificio en un sistema talud-tablero. Estos tableteros se encuentran decorados por el sistema archi-



Sistema IV. Vista del lado sureste / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

tectónico denominado “doble escapulario” al que Alfonso Caso identificó como uno de los estilos arquitectónicos propios de los zapotecos.

El sistema constructivo del edificio es de muros de mampostería a base de piedras careadas de diferentes medidas. en algunos casos a plomo y en otros en talud, pisos de estuco en banquetas y entrecalles. En la escalinata los elementos fueron forjados con piedras y forrados con mezcla de estuco. En el templo se dispone de un sistema donde los paramentos son de piedras careadas, formando una especie de muro cajón.

Los cuerpos escalonados del edificio presentan una arquitectura muy elaborada, decorada con tableros, taludes, cornisas y entrecalles hechas de bloques de piedra recortados y trabajados.

Evaluación de daños provocados por los sismos del 2017

Se identificaron varias grietas y fisuras en diversas zonas del Sistema IV. En el templo del basa-

mento piramidal, en la parte superior, en los muros de los lados sur, oeste y norte en secciones horizontales y verticales sobre las juntas constructivas, principalmente en la parte media de estos. De igual forma en el lado oeste y norte en los remates superiores de los núcleos de los muros. Por otra parte, se observan grietas y desprendimientos en los nucleados de la esquina noreste.

En el templo se observa la aparición de oquedades o hundimiento en un espacio donde no había piso de estuco, además de un desnivel hacia el interior del templo que acumula el agua pluvial. Los pisos de estuco muestran acumulación de tierra que ha favorecido la presencia de vegetación; las fisuras y disgregación de material en el piso se presentan principalmente en las áreas que corresponden al templo y el pórtico.

En el piso enlajado de la parte superior del segundo cuerpo del lado sur del edificio se observan dos fisuras sobre las juntas constructivas en sentido norte-sur.



CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA
 REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D
PLANO: ESTADO DE CONSERVACIÓN. EDIFICIO IV



SISTEMA IV

NORTE

● ÁREAS A INTERVENIR



ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN
SIMBOLOGÍA

Presencia grietas en muros.	Disgregación del material en junta constructiva.
Presencia de fisuras en muro.	Disgregación de estuco.
Disgregación de relleno constructivo.	Estuco original
Presencia de vegetación somera.	Disgregación de estucos en el Templo.
Disgregación del material de relleno.	Presencia de humedad.

ÁREA: REGISTRO Y DOCUMENTACIÓN EN IMAGEN 3D
PERSONAL TÉCNICO: MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA
 ARQ. DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES

ESCALA: ESPECIFICADA

DIRECCIÓN GENERAL:
 DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA

CO-DIRECCIÓN:
 MTR. JOSÉ HUCHIM HERRERA
 DR. OSVALDO STERPONE






En el muro perimetral sur del patio abierto se encuentra una grieta en su parte superior en sentido este-oeste a lo largo de 20 metros, con dimensiones máximas de 0.05 metros de espesor; no presenta deformaciones graves en las juntas constructivas, y en los paramentos de muro no se observaron desplomes ni hundimientos.

Trabajos preliminares

Antes de iniciar los trabajos de restauración de daños en esta área se elaboró el registro 3D y el fotográfico de los elementos afectados, se analizaron las propuestas de intervención y se determinaron las soluciones.

A partir de ello se establecieron los trabajos preliminares, que en este caso fueron los siguientes:

Se habilitó un área de trabajo

- Acarreo de material, arena y sacos de cal hasta el área de trabajo por medios mecánicos y manuales.
- Traslado de contenedores para agua e hidratación de cal.
- Abastecimiento de agua hacia el área de trabajo por medios mecánicos y manuales.
- Apagado de cal Quimex 95 (sacos de 25 kilogramos en tambos de 200 litros).
- Colado fino y selección de tierra para la elaboración de lechadas (acabados).
- Recolección y preparación de nopal para obtención de mucílago.

Cada actividad preliminar se realizó anticipadamente, evitando así la falta de material, obteniendo un mejor rendimiento en la ejecución de las actividades.

Metodología de la intervención

Analizado los daños en el edificio, se determinó iniciar los trabajos en la parte superior correspondiente al templo, posteriormente en el piso enlajado del segundo cuerpo del lado sur, para finalizar con el muro perimetral del patio abierto del lado sur, siguiendo acciones de conservación



Templo del Edificio IV. Estado de conservación / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

para la reintegración y estabilización de los elementos arquitectónicos afectados.

Intervención en el templo

Muros de piedra

Reposición de juntas constructivas en muros del templo

- Liberación de manera controlada de excedente de material suelto en la superficie a trabajar.
- Despiece y remoción de la junta constructiva hasta los 3.5 centímetros de profundidad utilizando herramientas manuales como marro y cincel, con la finalidad de sustituir elementos dañados.
- Consolidación de elementos dañados mediante inyección e integración aplicando mezclas de cal elaborada con cal química apagada en obra y arena en proporción 1:1. Acabado en juntas con entallado fino y lechada de tierra, composición de tierra fina con color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco con brocha, se espolvorea toda la superficie pintada con la misma tierra fina seleccionada como acabado final. Se colocó en las juntas un rejoneo incrustando gravilla de hormigón de 3/8", con el objetivo de marcar las áreas intervenidas.



Templo del Edificio IV. Reposición de juntas constructivas en muros del templo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Templo del Edificio IV. Reposición de juntas constructivas en muros del templo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Piso de estuco original

Consolidación y sellado de fisuras

- Se liberó de manera controlada el excedente de material suelto en la superficie.
- Se hidrató aplicando baños de agua de cal por aspersión.
- Consolidación de elementos dañados mediante inyección e integración, aplicando dos capas de mezclas de cal rústica y fina elaborada con cal química apagada en obra y arena en proporción 1:1.

Templo del Edificio IV. Consolidación y sellado de fisura. Liberación / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Templo del Edificio IV. Consolidación y sellado de fisura. Piso de estuco original / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Piso de estuco integrado

Se integró sobre 85% de la superficie del piso del templo un recubrimiento de sacrificio de siete a 12 centímetros de espesor, necesario para la correcta salida de agua pluvial fuera del recinto.

La capa de sacrificio se integró paulatinamente auxiliándose de muestras de nivel o pequeños bancos dispuestos en la superficie, tomando el tiempo suficiente para el fraguado entre cada capa.

- Se integró la primera capa de sacrificio base, elaborada de una mezcla de cal, arena y grava en proporción 1:1:1. Se hidrató y compactó con pisón de madera para evitar fisuras.
- Se continuó con la integración de la segunda capa, mezcla de cal y arena colada con malla de 3/8" en proporción 1:1. Se dejó secar de manera controlada hidratando con agua y mucílago de nopal para evitar agrietamientos.
- La tercera y última capa fue de una mezcla fina y homogénea de cal y arena, coladas con tela mosquitera, en proporción 1:1, alisándola

con cucharilla; se aplicó sobre la superficie de esta última capa el matiz con base de tierra fina en color seleccionado con mucílago de nopal aplicado con brocha al fresco. Se espolvoreó con la tierra fina como acabado final, esto para atenuar y reducir el blanco intenso de la capa de sacrificio integrada.



Templo del Edificio IV. Integración de capa de sacrificio en áreas faltantes / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Templo del Edificio IV. Proceso de integración de piso de estuco moderno / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Intervención en el piso enlajado de la parte superior del segundo cuerpo

- Liberación de manera controlada de las juntas constructivas hasta 3.5 centímetros, retirando piezas dañadas y material suelto.
- Consolidación de elementos dañados mediante inyección y sellado de fisuras, integración a través de aplicación de mezclas de cal elaborada con cal química apagada en obra y arena en proporción 1:1. Acabado de pintura en tierra, composición de tierra fina con

color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco con brocha, se espolvorea toda la superficie con la misma tierra fina seleccionada como acabado final. Se colocó en las juntas un rejoneo igual al retirado.



Templo del Edificio IV. Piso enlajado de la parte superior del segundo cuerpo del lado sur. Proceso de liberación / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.

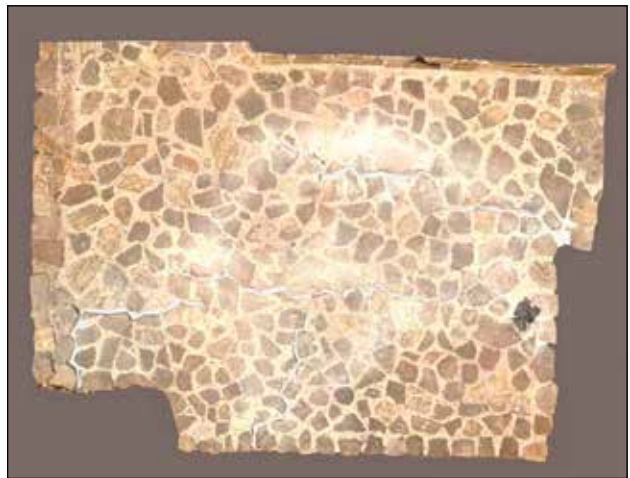


Foto con scanner FARO 3D. Templo del Edificio IV. Sección piso enlajado de la parte superior del segundo cuerpo del lado sur. Juntas liberadas / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.



Templo del Edificio IV. Piso enlajado de la parte superior del segundo cuerpo del lado sur. Consolidación de elementos dañados / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.



Intervención en el muro perimetral sur del patio abierto

- Liberación de manera controlada de las juntas constructivas, retirando piezas dañadas y material suelto.
- Consolidación de elementos dañados mediante inyección de mezclas finas de cal, arena y arcillas en la grieta a lo largo de 20 metros.
- Sellado de fisuras y reintegración de piezas de piedra mediante aplicación de mezclas de cal

elaborada con cal química apagada en obra y arena en proporción 1:1. Acabado con una lechada de tierra, de composición de tierra fina con color seleccionado, con mucílago de nopal aplicado al fresco con brocha. Se espolvorea toda la superficie húmeda con la misma tierra fina seleccionada como acabado final. Se colocó en las juntas un rejoneo igual al retirado.



Templo del Edificio IV. Muro perimetral sur del patio abierto. Liberación de elementos dañados / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Templo del Edificio IV. Muro perimetral sur del patio abierto. Consolidación de elementos dañados / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANTES DE LA INTERVENCIÓN

DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN



Interior del templo. Vista del lado sur hacia el lado norte / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Interior del templo. Vista de lado norte hacia el lado sur / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANTES DE LA INTERVENCIÓN

DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN



Interior del templo. Muro de lado norte / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANTES DE LA INTERVENCIÓN

DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN



Esquina noreste del templo. Vista de frente / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

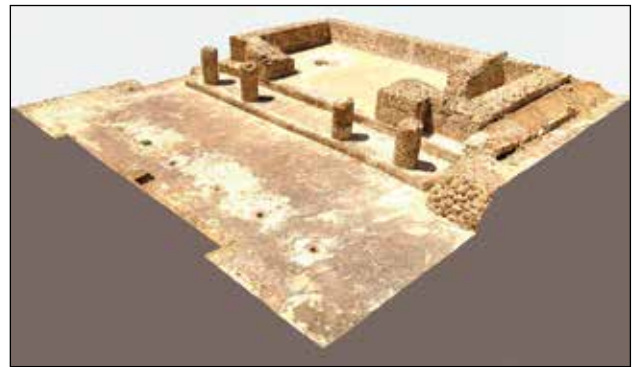
REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANTES DE LA INTERVENCIÓN

DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN



Muro perimetral del patio abierto del lado sur, parte superior. Vista de lado oeste hacia el lado este / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Templo del Edificio IV. Diferentes perspectivas después de las intervenciones en el templo. Registro con vuelo de dron (izquierda) y *scanner* 3D FARO (derecha) / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



9. ANÁLISIS DE SUELOS Y PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA LADERA ESTE DEL EDIFICIO P

Los estudios de resistividad eléctrica, igual que los resultados de las exploraciones arqueológicas y los análisis realizados a diferentes muestras de suelo de la ladera este del Edificio P de Monte Albán, nos han permitido considerar que este complejo se encuentra en un estado de debilidad estructural, principalmente en su base, la cual genera inestabilidad en la parte media de la ladera, en tanto que es el espacio donde el edificio ha perdido componentes arquitectónicos que cumplían la función de contención de bloques de vaciado, así como parte de los muros contrafuertes que permitían la seguridad estructural de la ladera.

Las excavaciones hechas en la zona de desplante, en el lado este, permitieron identificar grietas en orientación noreste-sureste que debilitaron la parte sureste del edificio, mientras que en la parte media de la ladera este las afectaciones fueron mayores y se suscitó un desplazamiento de elementos constructivos en dirección noreste, indicando que con los movimientos telúricos

y debilitamiento estructural que presentaba esta zona, los muros aparentes, muros contrafuertes y rellenos constructivos de la penúltima etapa constructiva se desplazaron hacia el noreste, propiciando así el debilitamiento estructural de los cuerpos superiores, los cuales sucumbieron ante los movimientos telúricos del año 2017.

Actualmente la ladera este del Edificio P presenta desprendimiento de rocas, las cuales formaban parte de muros aparentes de 1.20 metros de alto que se encontraban recubiertos por un talud de rocas que conformaban la coraza de protección. Aunado a ello, la filtración de humedad en los cuerpos superiores y la penetración de la humedad y agua que desde la Plaza Central busca salida hacia la ladera este, han provocado la pérdida de arcillas que propiciaban la adherencia de los vaciados de barro (o muros cajón) que constituyen los núcleos constructivos del edificio.

En resumen, la inestabilidad mecánica que se observa en la ladera este del Edificio P y la pérdida de material fino, principalmente en la parte central de la ladera y hacia su extremo noreste, aunado al hecho de que la observación fina de los sistemas constructivos nos mostró que



Toma de muestras de suelo en la esquina sureste del Edificio P con un muestreador manual / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

no se trata de un solo sistema homogéneo sino de una colocación de tipos de rellenos y tierras tratadas para que trabajasen juntas y le dieran cohesión a toda la ladera, nos obligó a tomar diversas muestras del suelo para realizar estudios concernientes al pH, alcalinidad, sedimentación, inmersión y mecánica de suelos con la finalidad de determinar la composición de los depósitos de suelos y materiales pétreos que componían los bloques de vaciado, apisonados y elementos arquitectónicos deteriorados que conforman este lado del edificio.

La realización de estos estudios nos permitió elaborar una propuesta estructural para estabilizar la ladera, sobre todo en la zona de desplante del lado este y en la zona media. Esta última, como ya se ha mencionado, corresponde al espacio más afectado a través del tiempo por la pérdida de elementos arquitectónicos.

PRUEBAS DE SEDIMENTACIÓN

La prueba de sedimentación realizada en campo es una técnica de análisis que proporciona información del contenido de los elementos constructivos de la tierra. La sedimentación es una operación consistente en la separación por acción de la gravedad de los elementos sólidos de los líquidos en una suspensión diluida, para obtener una suspensión concentrada y un líquido claro. Se tomaron muestras de las zonas de excavación para determinar los porcentajes de arcillas y agregados de las mezclas constructivas; de las muestras recolectadas es necesario saber la granulometría, dado que para determinar la mezcla es necesario separarla para los resultados finales.

TOMA DE MUESTRAS

Las muestras de tierra se recolectaron con pala muestreadora manual y cucharillas metálicas,

y fueron almacenadas en bolsas plásticas de un kilogramo marcadas con los datos de origen del núcleo de donde se extrajo el material.

PROCEDIMIENTO

Se colocó una muestra de tierra en un recipiente de vidrio y se le agregó agua en 50% del volumen, se agitó durante 40 segundos y se dejó reposar

para valorar los diferentes componentes de la tierra y determinar la calidad de la arcilla. Se tomó el tiempo de sedimentación desde el inicio de la prueba hasta que el agua del recipiente se volvió cristalina. El comportamiento de las arcillas es determinante para realizar diferentes procesos constructivos que utilizan las mezclas de tierra.

EJEMPLO DE REGISTRO DE UNA PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN

MUESTRA NO.	LUGAR DE ORIGEN	OBSERVACIONES	FECHA
01	Depósito de la excavación del lado norte del Edificio P	Esta muestra presenta 15% de arcillas, 20% de limos, 25% de arenas y 40% de gravas	5/nov/2020

Procedimiento

Al inicio durante 20 segundos y al colocarlo sobre una base sólida se pudo observar:
 -Los elementos más pesados, como gravas y arenas, se depositaron en el fondo del recipiente.
 -El agua contaba con muchas partículas suspendidas de arcilla, su color es más intenso.
 -En la parte superior quedaron flotando las impurezas y materia orgánica de menor tamaño.
 A los 40 minutos de la prueba:
 -Se podían observar los sedimentos de gravas, arenas, limos y arcillas.
 -El agua todavía mantenía una coloración por las partículas suspendidas de arcilla.
 --Sobre las arcillas se depositaron pedazos de materia orgánica de mayor tamaño que contenía la muestra.
 Después de 12 horas:
 -La sedimentación de elementos era más clara definiendo las porciones por elementos que contiene esta muestra de tierra.
 -El agua se observa clara y sin impurezas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA MUESTRA



TABLA COMPARATIVA DE LAS MUESTRAS REALIZADAS

Técnica constructiva de tierra	% Arcillas	%Limos	%Arenas	%Gravas	Elementos adicionales	PH
Tierra sin determinar el sistema constructivo. Depósito de la excavación del lado Norte del edificio P	15%	20%	25%	40%		
Juntas constructivas. Muro de soporte Cala 2	25%	25%	50%			8
Bloque vaciado de barro. Cala 5 capa 1D	30%	20%	50%			8
Vaciado de barro mejorado. Cala 2. Entre rocas	15%	20%	65%		Cal viva	8.5
Vaciado de barro mejorado. Cala 2. Sobre rocas	15%	15%	70%		Cal viva	8.5
Muestra de bloque de barro sobre ofrenda parte inferior lado sur. mezcla mejorada con cal	25%	25%	50%		Cal viva	8

PRUEBAS DE INMERSIÓN

Esta prueba consiste en la medición de la degradación en agua de las diferentes muestras de barro obtenidas de las excavaciones arqueológicas, se realizó con la finalidad de observar su proceso de desintegración y la reacción de cada muestra. Para efectuar estas pruebas se utilizaron recipientes de vidrio con tapa, las cuales permiten observar la permeabilidad y compresión, elementos que nos permiten plantear las estrategias más adecuadas de conservación del Edificio P. La permeabilidad es la capacidad que tiene un material de facilitar un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de sus componentes una cantidad apreciable de fluido en

un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es mínima. La velocidad con la que el fluido atraviesa el material depende de tres factores básicos:

- 1) La porosidad del material
- 2) La densidad del fluido considerado, afectada por su temperatura
- 3) La presión a que está sometido el fluido

Las muestras que se seleccionaron para estas pruebas permitieron identificar la presencia de cal viva en las mezclas de barro. La cal funciona como estabilizante o estabilizador consolidante que ayuda a las arcillas en la acción aglutinante. Durante el proceso natural de carbonatación de esta sustancia, químicamente hidróxido de calcio, sirve de liga a las partículas del suelo, además de disminuir sus niveles de absorción hídrica, por

tanto, permite saber su posible retracción al seco. Presenta además la cualidad de no modificar la porosidad de la tierra, con lo que se mantiene

tanto su capacidad de adherirse a otros materiales constructivos como facilitar el intercambio de aire y vapor de agua con el medio ambiente.

EJEMPLO DE REGISTRO DE UNA PRUEBA DE INMERSIÓN

MUESTRA NO.	LUGAR DE ORIGEN	OBSERVACIONES	FECHA
02	Muestra de bloque de barro sobre ofrenda, parte inferior, lado sur. Mezcla mejorada con cal. Fachada este del Edificio P	Esta muestra es de seis por siete centímetros, de forma irregular, con proporciones de la mezcla de barro de 25% de arcillas, 25% de limos y 50 % de arenas. Cal viva menor a 5% del volumen	09/dic/2020

Procedimiento

- Se tomó una muestra del núcleo original de seis por siete centímetros aproximadamente, de forma irregular, mediante cucharillas metálicas.
- Se colocó la muestra en un recipiente de vidrio con agua en 50% del frasco.
- Introducida la muestra se dejó en un lugar para monitorearla sin perturbaciones, se procedió a tapar y esperar los resultados.
- Hora de inicio de la prueba: 12:15 horas. 09 de diciembre del 2020:
- Al inicio de la prueba la muestra comenzó a desprender burbujas de hidróxido de calcio $Ca(OH)_2$ en exceso, las cuales se colocaron alrededor de la muestra y las que se desprendían se iban hacia la superficie.
- El agua se enturbia ligeramente.
- A las 13:00 horas en la parte superficial del agua flotaron los cristales de cal.
- En este proceso la muestra se disgregó en 5% del volumen.
- A las 15:55 horas la muestra no manifestaba cambios de disgregación y seguían flotando pocos cristales de cal en la superficie del agua.
- A las 10:00 horas del 14 de diciembre del 2020:
- Se sigue mostrando la presencia de calor y las burbujas de $Ca(OH)_2$ salen en menor cantidad, depositándose en la parte superior del frasco de vidrio.
- No se ha perdido mayor volumen de la muestra.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA MUESTRA

Al inicio de la prueba la muestra comenzó a desprender burbujas de hidróxido de calcio $Ca(OH)_2$ en exceso, las cuales se colocaron alrededor de la muestra y las que se desprendían se iban hacia la superficie. El agua sufre coloración se enturbia ligeramente.



Se sigue mostrando la presencia de calor y las burbujas de $Ca(OH)_2$ salen en menor cantidad, depositándose en la parte superior del frasco de vidrio. No se ha perdido mayor volumen de la muestra. Poca presencia de cristales de cal suspendidos en el agua.



PRUEBAS DE PH Y ALCALINIDAD

El pH o la cantidad de iones de hidrógeno existentes en una muestra de suelo es un parámetro relevante en los estudios edafológicos de los estratos arqueológicos pues aportan información respecto a la taxonomía, antigüedad, uso y toxicidad de los mismos (Ortiz, 2003). En los estudios arqueológicos, los análisis de pH permiten determinar si las muestras tienen huella de actividades humanas dado que los valores naturales de acidez y alcalinidad que sobrepasan la medida estándar permitirán saber si la alteración química del suelo fue debido al uso o si hubo una alteración intencional del mismo (Barba y Manzanilla, 1987; Barba *et al.*, 2014).

Existen diferentes métodos e instrumentos para cuantificar el pH del suelo, siendo los métodos potenciométricos basados en electrodos los más precisos y exactos, sin embargo, la medición de pH con tiras de papel reactivo es una metodología rápida y económica para determinar si el suelo es ácido, neutro o alcalino (Beretta *et al.*, 2015). La matriz de papel contiene un polímero sintético impregnado con reactivos que cambian su color a diferentes valores de pH, la principal limitante de este método es la capacidad del ojo humano, que solo puede discriminar el cambio de color de la sustancia indicadora de pH cuando una de las formas coloreadas de la sustancia está presente en una concentración diez veces superior a la otra, lo que corresponde a variaciones de una unidad de pH (*ibid*).

Si bien los estudios de pH, fosfatos y otros análisis químicos realizados en pisos y suelos arqueológicos tienen como objetivo conocer las diferentes áreas de actividad (Barba *et al.*, 2014), en los estudios realizados a los suelos provenientes de la ladera este del edificio P el objetivo primordial fue la identificación de calcio en proporciones por arriba del estándar en los estratos 1C, 1D, 2, 2A, 2B, los cuales se habían identificado en las tem-



Corroborando valores de pH registrados en la muestra del suelo del estrato 1C / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

poradas de excavación 2019 y 2020 como estratos mejorados para lograr mezclas de barro con las que se diseñó y construyó un sistema de bloques de vaciado para lograr un sistema reticular con el que se logró aumentar el volumen del edificio y al mismo tiempo lograr que las mejoras de los suelos permitieran mayor estabilidad estructural. Por lo tanto, el estudio de pH permitiría conocer si además de la combinación de suelos y arcillas se identificaba la presencia de carbonatos de calcio como evidencia de una mejora de las mezclas de barro en los bloques de modelado. Para ello, se tomaron muestras de los estratos mencionados en la parte baja de la ladera, parte media y parte alta.

Los resultados que se presentan en este reporte provienen de diez muestras diferentes tomadas en las partes baja y media de la ladera, puesto que son los espacios donde se identificaron abundantes y diferentes estratos en los bloques de modelado que conforman los núcleos arquitectónicos. Es importante mencionar que las tiras de papel o reactivos de pH en un rango de valores de 0 a 6 nos indican acidez, mientras sea un valor menor, el nivel de acidez será mayor; mientras que si el valor es de 8 o mayor el pH será básico o alcalino, incrementándose mientras el valor se acerque al 14; si los valores se encuentran entre 6 y 7 nos indicarán que el suelo es neutro, siendo 7 el punto

estándar en cuanto a la medición de valores; mientras mayor o menor sea en comparación con los valores neutros, el suelo presenta un nivel de alteración ácida o alcalina (Beretta *et al.*, 2015).

Procedimiento

- 1) Toma de muestras durante el proceso de exploración, almacenándolas en bolsas de un kilogramo y anotando sus datos de procedencia.
- 2) En el laboratorio las muestras de suelo se tamizaron para conocer la granulometría de los suelos, el porcentaje de arenas e identificar posibles partículas de cal.
- 3) Se tomó una muestra de 10 gramos del suelo, se colocó en un frasco de análisis al que se le agregaron 25 mililitros de agua destilada y se agitó, se dejó reposar durante 30 minutos y luego se agitó nuevamente midiendo inmediatamente el pH. Para ello se sumergió una tira de papel en la solución, se dejaron pasar cinco minutos y luego se leyó el resultado.
- 4) Los resultados de las tomas de las diez muestras se vaciaron en la tabla comparativa a continuación.

Considerando los valores observables en la tabla y los apuntes de laboratorio, enseguida se detallan algunas particularidades de los estratos



Preparación de las muestras para la aplicación de papeles reactivos para medición del pH y alcalinidad / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

provenientes del área de desplante del Edificio P y de la parte media de la ladera este.

ESTRATO 1B

La muestra analizada proveniente de la Cala 13 fue solo un parámetro de comparación con los estratos 1C, 1D, 2 y 2A, los cuales tienen valores de pH más altos. Esta capa es el depósito de arrastre o erosión del edificio que con el paso del tiempo se ha intemperado y mezclado con materia orgánica, por lo cual su acidez y permeabilidad son altas. Las arcillas de este estrato se han encapsulado como pequeños terrones que se han adherido a la cerámica que se puede hallar en esta capa.

MUESTRA	ESTRATO	PROCEDENCIA	PROFUNDIDAD	RANGO DE PH	PERMEABILIDAD
1	1C	Cala 2 N4E18	1.83m	9	muy baja
2	1D	Cala 5 N7E18	1.60m	8.5	baja
3	2	Cala 2 N6E16	1.60m	8	baja
4	2A	Cala 2 N4E17	1.70m	8	baja
5	2A	Cala 5 N7E16	1.60m	8.5	muy baja
6	1D	Cala 6 N8E16	1.60m	8	muy baja
7	1C	Cala 7 N9E16	60cm	9	Muy baja
8	2	Cala 5 N7E15	90cm	8	Baja
9	2	Cala 12N14E16	1.60m	8.5	Muy baja
10	1B	Cala 13N15E16	40cm	6	Alta

ESTRATO 1C

Su coloración negra a café oscuro le distingue en las diferentes áreas de la ladera este, mostrando que hay variaciones en cuanto a coloración, compactación y granulometría. Las diferentes muestras de laboratorio de este estrato permitieron observar que las partículas de cal que contenía no solo incluían cal hidratada sino también sin hidratar, ya que al tapar los frascos se observó que generaban calor durante el tiempo de reposo, esto fue claramente distinguible por las gotas de agua adheridas al frasco de vidrio. Esta observación ya se había planteado en campo al identificar una pequeña telaraña blanca que se formaba en este estrato cuando entraba en contacto con el agua o la humedad. Aunado a ello, el valor más elevado de pH de esta capa fue 9, indicando un alto contenido de carbonatos en la mezcla.

Tanto las observaciones de campo como los datos de laboratorio nos permiten identificar que el Estrato 1C fue una mezcla preparada especialmente con alto contenido de limos y aproximadamente 20% de arcillas, con una mixtura de cal hidratada y cal quemada sin hidratar. Esto permite inferir que su función principal fue actuar como un sello que impidiera el ingreso de humedad pero que a su vez facilitara que la misma pudiera



Muros contrafuertes y bloques de vaciado en la ladera este del Edificio P en donde se identificaron diversas mezclas de arcillas, limos y cal que combinados con piedra conformaron los núcleos constructivos / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

salir del edificio en caso de haber sido encapsulada, además de que la humedad relativa le permitía mantener la adherencia con la que se unían las rocas que forman la coraza que protege al edificio.

Este estrato es quizá una de las mezclas más importantes ya que fue diseñada para funcionar por un largo periodo, mismo que se podría prolongar mientras se encontrase cubierto, es decir, si sobre la coraza de piedras que forman el Estrato 1C hubiese una capa de estuco o un muro aparente y después un aplanado de estuco. Así, la mezcla de barro y cal del Estrato 1C mantendría protegido al núcleo del edificio conformado por los bloques de modelado elaborados con los estratos 1D, 2 y 2A, los cuales fueron diseñados y colocados como parte fundamental de los núcleos constructivos.

Es importante mencionar que un fragmento de barro de cinco centímetros sumergido en agua el día 7 de noviembre se mantenía generando calor aún dos meses después, pues la pequeña muestra de barro ha encapsulado las arcillas y partículas de cal liberándolas gradualmente conforme pasa el tiempo y con la humedad van penetrando al núcleo. Sin embargo, la pérdida de masa o desintegración del fragmento de barro es mínima (menos de 5%), por lo cual podemos distinguir la efectividad de dicha mezcla para cumplir sus funciones como una capa impermeable que pudiese encapsular los núcleos constructivos.

ESTRATO 1D

Este es el estrato principal que conforma los núcleos constructivos y las diferentes mezclas de barro de los bloques de vaciado. Su granulometría es muy fina, sin embargo, tiene una mezcla de arenas y en algunos contextos se pueden identificar gravillas de gneis, cal, calizas y de río, lo que nos permite distinguir una variedad de estos estratos a pesar de mantener una coloración similar al café claro. El valor de pH de las dos muestras tomadas fue de 8 y 9, valores altos

que nos permiten distinguir una alteración intencional de los suelos.

En la sedimentación de este estrato dentro del frasco de prueba se calcula que las mezclas de barro contenían entre 20 a 25% de arcillas finas que fueron mezcladas con cal hidratada, por lo general no triturada o disuelta en su totalidad ya que se identificaron fragmentos o gravillas en el proceso de tamizado.

En la muestra recolectada en la capa 6, el Estrato 1D era un bloque de vaciado de piedras con barro, mientras que la muestra de la Cala 5 corresponde a una capa de vaciado dentro de un bloque que se encontraba a su vez entre dos bloques de barro con piedras. Esto nos facilitó distinguir que cuando la mezcla de barro se mezclaba con piedras tenía una proporción mayor de cal, permitiendo que la mezcla tuviese mayor plasticidad y dureza.

Esta observación importante, de campo y laboratorio, nos lleva a inferir que los bloques de piedra están diseñados para soportar la carga estructural del edificio, mientras que los bloques de barro funcionan como unidades de amortiguamiento, permitiendo que los movimientos o alteraciones que el edificio pudiese recibir por actividades antrópicas o naturales fuesen absorbidas por las mezclas de barro, evitando con ello que los bloques y muros aparentes que cubrían a los núcleos constructivos funcionaran como unidades arquitectónicas independientes, y por tanto, se impide la pérdida completa de los paramentos que componen los cuerpos del edificio. Esta inferencia nos muestra la razón de que en secciones como las calas 2 y 3 se conservaron los muros aparentes, en las calas 1, 4, 5 y 6 se conservaron los muros contrafuertes y la coraza de protección de los bloques de vaciado, y cómo en las secciones del desplante del edificio se conservaron los bloques de vaciado de la ampliación que estaban realizando los zapotecos previo al abandono de la ciudad.



Medición de valores de pH del Estrato 1D / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

ESTRATOS 2 Y 2A

Originalmente se pensaba que estos estratos, caracterizados por su coloración blanca, eran mezclas que contenían una mayor proporción de cal hidratada, sin embargo, las muestras analizadas en laboratorio con papeles reactivos de pH permitieron distinguir que tienen menos cantidad de cal que el Estrato 1C y mantienen una proporción equivalente con el Estrato 1D.

Nuestra pregunta inmediata fue: ¿Por qué entonces tiene una coloración tan blanca? En los recorridos de superficie que realizamos hacia la cañada este del Edificio P identificamos dos bancos de piedra, en ellos se pudo distinguir que la estratigrafía geológica de capas de calizas y areniscas mantenían en intermedio algunas capas de arcillas y tierra blanca con un alto contenido de calcio. Esta observación fue relevante para el trabajo en el laboratorio ya que nos permitió distinguir que las mezclas de tierra de los estratos 2 y 2A tienen un alto contenido de suelos obtenidos en estratos similares que fueron mezclados con las mismas proporciones de cal o proporciones similares al Estrato 1D.

De igual forma, en el tamizado de las muestras se identificó que la granulometría de este estrato corresponde principalmente a arenas y gravillas, por lo que es comprensible que esta mezcla fuese usada para cubrir elementos como la ofrenda matada de las calas 1 y 2 o que fuese la mezcla preferentemente usada en los bloques de modelado mixtos o vaciados que se encontraban sobre superficies más firmes como pisos de estuco o espacios como la zona alta del edificio o el tercer cuerpo, donde no se deseaba sobrepeso para los elementos estructurales sino aumentar la volumetría de las últimas etapas constructivas, y debido a ello las mezclas de gravillas, arenas y estos barros eran de menor peso y plasticidad, sin embargo, su permeabilidad era alta.

Lo anterior explica por qué estos estratos en zonas como el Pozo de sondeo 2 (Cala 6 N8E11), la esquina sureste (calas 1-3, E10) o los bloques de

vaciados de la última etapa de uso estaban constituidos con este tipo de mezclas, las cuales fueron expuestas al ambiente natural (lluvia, sol, aire) posterior a la excavación pero no se erosionaron, al contrario, la lluvia propició que se formara una capa o costra sólida que protegía el resto del estrato.

La diferencia más notable entre los estratos 2 y 2A es la mayor cantidad de arenas y gravas que contiene el Estrato 2A, puesto que la cantidad de cal hidratada y mezcla de arcillas aparentemente presenta las mismas proporciones.

MUESTREO EXPERIMENTAL DE APISONADOS

Como ya se ha mencionado, el sistema constructivo empleado en el Edificio P se basa primordialmente en el manejo de tierra mediante el mejoramiento de su capacidad de carga, plasticidad y dureza gracias a la maduración o reposo de la tierra en agua. En este sistema una de las técnicas observables es la exposición de la tierra mejorada (lodo) al fuego por un tiempo prolongado para que dicha mezcla sea más resistente, aumentando su durabilidad y dureza. Las dudas que surgieron sobre las características del procedimiento de este sistema constructivo fueron evidentes al desconocer reportes anteriores de esta técnica y método constructivo en edificios de Monte Albán y de cualquier otro sitio arqueológico, por lo cual decidimos realizar una prueba experimental para determinar el tipo de mezcla que se usó y el tiempo aproximado de cocción del elemento.

La primera muestra se efectuó con tierra sustraída de las áreas de excavación de la parte media de la fachada este. Esta tierra corresponde a la capa identificada como Estrato 1D, la cual tiene una coloración café claro y se distingue una proporción de arcillas en ella. Se eligió este estrato



Muestra de tierra procedente del área de excavación para realizar las pruebas de cocción. Al lado izquierdo se muestra el molde de tabicones para contener la tierra y poder sondear los resultados / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

para el desarrollo de la prueba porque esta mezcla resultante es la más empleada en la arquitectura de la fachada este.

Prueba 1: Se colocó la tierra sin mezclar con agua y se depositó en un molde a base de tabicones de cemento de 20 x 20 x 14 centímetros. Posteriormente se apisonó la mezcla a mano para propiciar una superficie más dura.

Se procedió a colocar materia orgánica en la parte superior de la muestra para empezar el proceso de cocción. Al principio la intensidad de combustión fue baja en la primera hora, posteriormente en la segunda hora de combustión se aumentó la intensidad de la quema colocando más maderas para incrementar la temperatura.

Después de dos horas de cocción se retiraron los tabicones de cemento y se observó la muestra. En la parte superior presentaba una coloración más oscura por la combustión de la materia orgánica; la mezcla presentaba mucha disgregación y se notaba poco estable.

Prueba 2: La segunda muestra que se realizó fue con el mismo tipo de tierra del Estrato 1D, proveniente de las áreas excavadas en la sección media de la fachada este.

Es importante mencionar que esta prueba no consideró dejar reposar la tierra en agua por un par de días para el proceso de pudrición o hidratación, como se infiere que se realizó originalmente, sin embargo, se realizó una mezcla de



En la imagen superior se puede observar la coloración del barro por efecto de la combustión. En la imagen inferior se observa la tierra compactada después de la combustión / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

tierra extraída de la excavación y se le agregó agua hasta obtener una consistencia moldeable, posteriormente se depositó en un molde de tabicones de cemento de 20 x 20 x 14 centímetros, se apisonó a mano y se dejó reposar por unos minutos.

Se procedió a colocar materia orgánica en la parte superior de la muestra para empezar el proceso de cocción. Al principio se inició con una intensidad baja en la primera hora, mientras que en la segunda hora se aumentó la intensidad de la quema colocando más maderas para incrementar la temperatura.

Después de cuatro horas de cocción se retiró el marco de tabicones de cemento y se observó la muestra. En la parte superior se observaron marcas de color negro por la acción de la quema del

material orgánico, mientras que en los perfiles de la muestra se apreció el color rojizo del barro quemado; no presentó agrietamientos ni disgregaciones, por el contrario, la muestra tenía más estabilidad y adquirió mayor dureza.

En conclusión, después de haber realizado las dos pruebas, notamos que la segunda, hecha con una mezcla de barro, es más parecida a la que tiene el Edificio P en la fachada este. De igual forma, los colores de la cocción durante cuatro horas son más similares a la original, y pudimos determinar que la técnica constructiva empleada por los constructores zapotecos para aumentar la resistencia y capacidad de carga de secciones de bloques modelados de vaciado era la colocación de un firme de lodo mejorado, que fue expuesto en fresco al fuego por un periodo similar al empleado en las pruebas (cuatro horas).

Estas pruebas permitieron corroborar que en la combustión en los procesos constructivos, la tierra o el estuco mejoraron tanto las mezclas de barros como la resistencia física y mecánica del acabado constructivo, logrando estabilidad estructural en zonas concretas del edificio y evitando así que la humedad se transfiera a los núcleos constructivos.

ANÁLISIS DE MECÁNICA DE SUELOS

El doctor ingeniero Karl Terzaghi define la mecánica de suelos como “la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas



Revisión de campo de los elementos arquitectónicos de las excavaciones de la ladera este del Edificio P por ingenieros del Departamento de Ciencias de la Tierra del ITO / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no contenido de materia orgánica”.

El estudio de mecánica de suelos, por lo tanto, es prioritario en la construcción, para conocer las propiedades físicas y mecánicas que presenta el suelo natural o cultural sobre el que deseamos realizar una edificación. Posteriormente se podrá establecer un conocimiento ordenado de los factores que definen su comportamiento y su capacidad portante para resistir cargas.

A continuación se presenta una tabla con el resumen de las pruebas llevadas a cabo para las muestras extraídas de la ladera este del Edificio P.

Este estudio consiste en la exploración del suelo mediante calicata, excavaciones pequeñas o

UBICACIÓN	MUESTRA N°	PRUEBAS REALIZADAS								CLASIFICACIÓN S.U.C.S.
		PESO VOLUMÉTRICO SECO Tn/m ³	PESO ESPECÍFICO RELATIVO	GRANULOMETRÍA			LÍMITE DE CONSISTENCIA			
				% QUE PASA			LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
				MALLA N° 4	MALLA N° 40	MALLA N° 200	%	%	%	
Cala N° 2 - N4E17	1	1.24	2.67	85.23	33.80	3.30	27.15	22.5	4.65	SM-ML
Cala N° 7 - N9E15	2	1.24	2.62	62.81	32.27	2.26	32.67	11.59	21.08	SC-CL
Cala N° 15 - N17E12	3	1.24	2.59	83.64	34.56	2.97	33.78	27.16	6.62	SM-ML

medianas de forma manual para extraer muestras alteradas o inalteradas; también se realizan sondeos para la perforación del suelo con un mecanismo cilíndrico o barreno que va extrayendo la muestra dentro del mismo cilindro. Posteriormente se llevan las muestras a un laboratorio para aplicar las pruebas necesarias con respecto al tipo de obra a construir sobre el suelo. Finalmente, se realiza un informe de los resultados que arrojen las pruebas.

PROPUESTA DE ESTRUCTURACIÓN DE LA LADERA ESTE DEL EDIFICIO P CON BASE DE GAVIONES

Podemos determinar, a partir de los resultados obtenidos, que los eventos sísmicos ocurridos el mes de septiembre del año 2017 propiciaron la desestabilización de la ladera debido a la pérdida de la coraza de protección o muros de la última y penúltima etapas constructivas, aumentando la filtración de agua y humedad en el interior de sus elementos estructurales que, siendo un sistema de cajoneo de barro y piedra, quedó expuesto y frágil ante las lluvias, la actividad sísmica de la región, la erosión por gravedad y otros agentes naturales y antrópicos que ponen en serio riesgo de afectación al complejo.

En términos de ingeniería mecánica podemos determinar el tipo de falla que se generó con los eventos antes mencionados como falla por deslizamiento rotacional, la cual suele presentarse en taludes artificiales. Se considera que dentro del talud existe un estado de esfuerzos cortantes que superan y vencen de manera más o menos rápida a la resistencia del esfuerzo cortante del suelo, por lo que se llegan a formar grietas a tensión, provocando un plano de deslizamiento en forma de arco de circunferencia con una superficie cóncava hacia arriba.

A partir de los resultados de los estudios y el deslizamiento rotacional provocado por los sismos, se optó por levantar un muro de contención a base de gaviones para reforzar la ladera este y con ello evitar el deslizamiento y neutralizar los empujes que el edificio llegara a generar a futuro.

El sistema de gaviones encajonados es un conjunto de elementos modulares fabricados con una red de malla hexagonal a doble torsión, elaborada con alambre fuertemente galvanizado, permitiéndole protegerse contra la corrosión. Para mejorar la estabilidad y seguridad del elemento a proteger, los gaviones se encuentran reforzados en los bordes con alambre más grueso y divididos en celdas mediante diafragmas. Estos módulos se rellenan con piedras (se propone tipo caliza) formando estructuras flexibles que actúan monolíticamente y son permeables. Cabe mencionar que este sistema se ha implementado en distintas áreas de la ingeniería, principalmente en carreteras y en la estabilización de laderas pues ha resultado una excelente solución práctica para la realización de obras de contención en cualquier ambiente, lugar y clima.

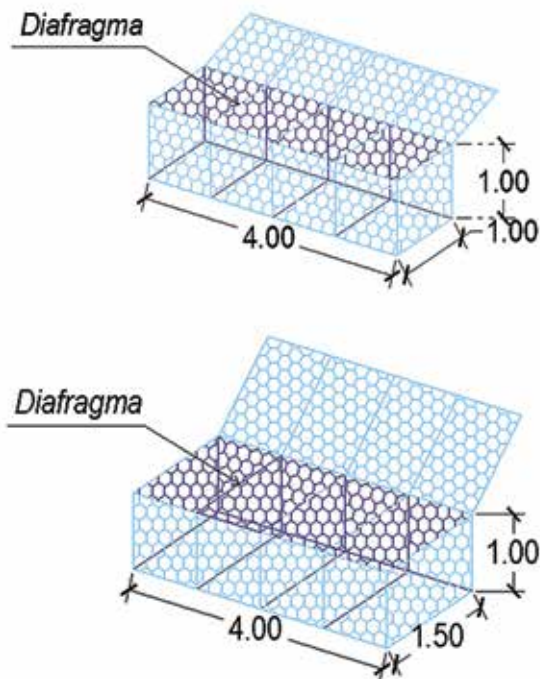
El conjunto del entramado de gaviones permite mantener la integridad de la estructura en caso de recibir una fuerza de empuje y asentamiento de suelos dado que los alambres que constituyen la red transmiten y distribuyen las tensiones en toda la estructura. Este sistema es altamente permeable debido a que los espacios del relleno compuesto por rocas funcionan como drenes, permitiendo el escurrimiento de las aguas de filtración y eliminando de esta manera los efectos de la presión hidrostática.

Medidas de los Gaviones				
Tipo	L (m)	A (m)	H (m)	# celdas
Gavión tipo A	4.00	1.00	1.00	4
Gavión tipo B	4.00	1.50	1.00	4

Existen antecedentes de intervenciones de conservación en las que se han utilizado estructuras de gaviones en la ladera oeste de Monte Albán para proteger y brindar estabilidad a los edificios IV, M y L. Esta solución propuesta en el proyecto del Fondo Nacional de Desastres Naturales (Robles, 2009) ha tenido favorables resultados en la estabilización de los edificios tratados ante los movimientos telúricos y ha brindado solución a problemas de erosión por la caída de agua y la gravedad que genera la pendiente de la ladera oeste.

En este entendido, se proponen dos estructuras para la ladera este, la primera en la base del edificio para reforzar la parte más importante de la estructura y la que más se necesita reforzar, y la segunda en la parte del talud de la ladera en la cual trabajará como soporte para evitar que se genere erosión y con ello que se siga desprendiendo parte del muro inclinado.

El muro estará compuesto por gaviones tipo caja, de malla hexagonal de doble torsión de tipo ocho por 10 centímetros de abertura, diámetro



Detalle y especificaciones de los gaviones tipo caja propuestos.

de 2.7 milímetros con celdas o diafragmas. Se proponen dos tipos de gavión con respecto a su anchura, como se presenta a continuación:

Para el relleno de los gaviones se considera utilizar rocas calizas de 6" de diámetro como mínimo, similares a las rocas existentes dentro de la zona arqueológica, esto con el fin de no incorporar otros tipos de rocas o piedras, y para darle una imagen compatible con los aparejos originales del muro, a la vez que optimizar los costos.

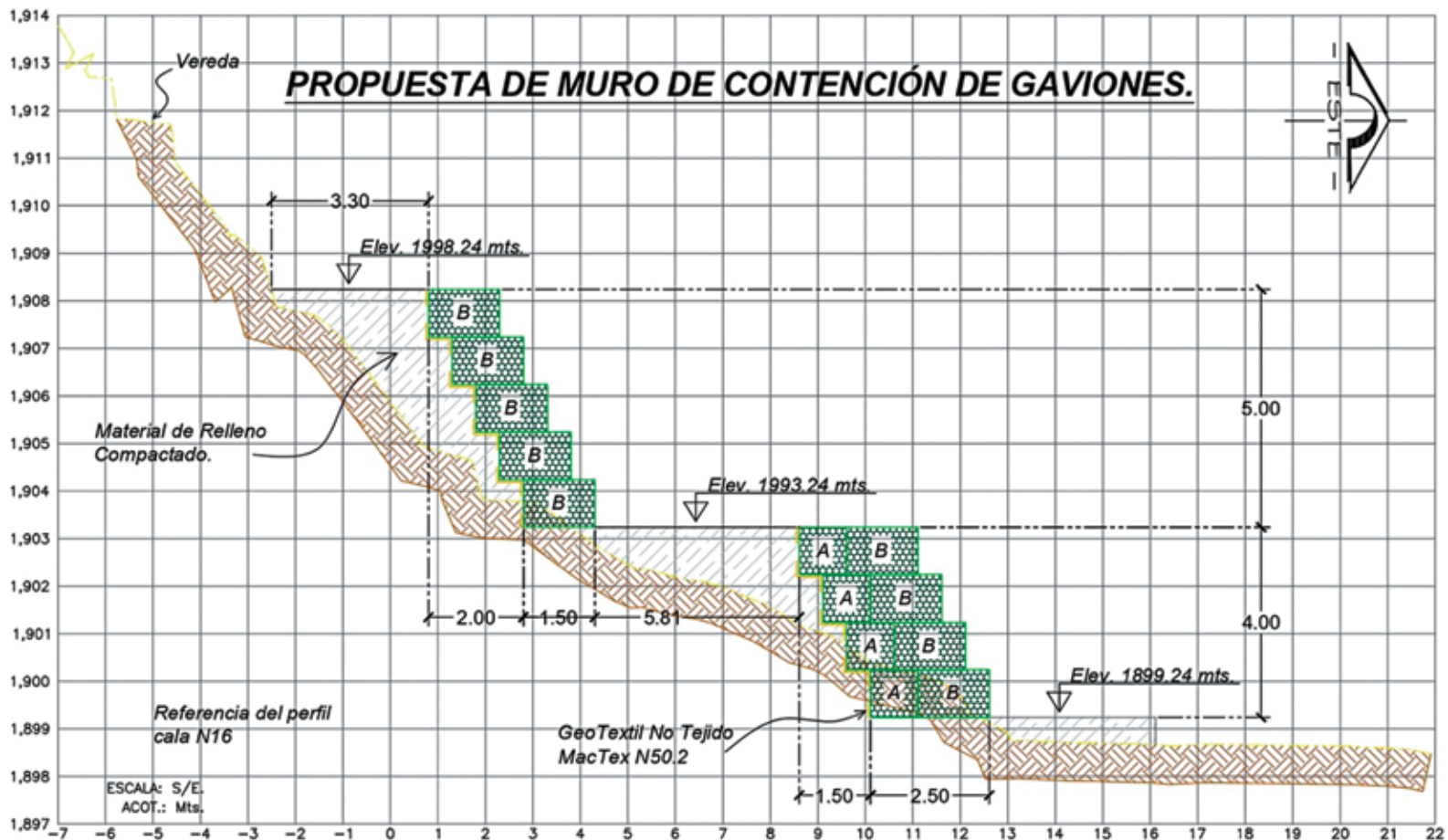
Asimismo se propone colocar un geotextil no tejido de poliéster MacTex N50.2, esto con el fin de permitir el paso de fluidos a través de la estructura, reteniendo las partículas del suelo, y también como un medio de separación entre los suelos o el relleno compactado y el muro de gavión, para evitar que los finos se introduzcan en los gaviones.



Revisión y evaluación del desempeño de gaviones en la ladera oeste de Monte Albán, instalados como parte del "Proyecto emergente de Restauración por los efectos del Sismo del 30 de septiembre de 1999". Participan ingenieros del Departamento de Mecánica de Suelos del IIT / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Detalle de la propuesta de gaviones estructurados en el trazo de la Cala 6. Se muestra la estratigrafía y pozo de sondeo realizados en la exploración arqueológica / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.





10. COOPERACIÓN INTRA E INTERINSTITUCIONAL

MONITOREO E INTERCAMBIO ACADÉMICO CON INGENIERÍA CIVIL DEL ITO, EL INSTITUTO DE GEOFÍSICA DE LA UNAM, EL CONSEJO DE ARQUEOLOGÍA Y LA COORDINACIÓN NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA

Uno de los objetivos académicos del proyecto es el intercambio de experiencias y conocimientos relacionados con el manejo de alternativas y soluciones ante eventos catastróficos, como es el caso de los sismos. Así mismo, partir del aprovechamiento de las experiencias anteriores en Monte Albán y Atzompa que nos ofrecieran pautas para la toma de las mejores decisiones posibles.

En este sentido, se organizó un grupo de trabajo entre ingenieros civiles del área de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que conjuntamente con arquitectos y arqueólogos del proyecto, realizaron reuniones de trabajo y

recorridos en campo para revisar y evaluar los elementos arquitectónicos y estructurales que permitieron a los zapotecos antiguos soportar edificios sobre rellenos arquitectónicos, laderas y zonas “inestables” de terrenos. Con ello fue posible revisar y proponer soluciones adecuadas para la preservación de los monumentos arqueológicos existentes, con el fin de resarcir los daños que provocan los fenómenos naturales.

Una atención puntual mereció el tema del manejo del agua y los efectos nocivos que causa la humedad en los edificios, una de las fuentes principales de deterioros en la arquitectura, en el caso de Oaxaca, igual o más nociva que la actividad sísmica.

Cabe señalar que, durante las temporadas de trabajo se tuvieron dos reuniones del equipo para los análisis estructurales (el 19 de agosto y el 1 de octubre de 2020) y dos visitas de campo (el 21 de julio y el 1 de octubre de 2020).

Estas reuniones tuvieron como propósito formalizar acciones conjuntas y tomar decisiones ante las problemáticas que involucran varias especialidades.



Visita de los doctores Pedro Francisco Sánchez Nava y Laura Ledezma en Atzompá y Monte Albán / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.



Reunión técnica con ingenieros del ITO, UNAM y el personal técnico del Proyecto / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.



Visita técnica con ingenieros del ITO, UNAM y el personal técnico del Proyecto a los edificios siniestrados en Monte Albán / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.

VISITAS INSTITUCIONALES DE SEGUIMIENTO

Durante las temporadas de trabajo en Monte Albán y Atzompá se recibió la visita del coordinador nacional de Arqueología del INAH, el doctor Pedro Francisco Sánchez Nava, y de la doctora Laura Ledesma Gallegos, presidenta del Consejo de Arqueología del mismo Instituto, esto como parte de la revisión y seguimiento de los avances del trabajo llevado a cabo en los diferentes edificios dañados por el sismo del 2017, principalmente en el Juego de Pelota, el Edificio A y el Edificio P, además de participar en las reuniones con personal técnico del ITO y la UNAM.

Estas visitas por parte de los directivos del Consejo y la Coordinación de Arqueología del INAH se efectuaron en julio del 2020, participando también en las reuniones con el personal técnico de la UNAM y del ITO.

La segunda visita se verificó en octubre de 2020, con recorridos en los edificios siniestrados mostrando los avances en los trabajos, además de los hallazgos realizados durante las exploraciones.

VISITAS ACADÉMICAS

Por ser uno de los primeros y novedosos proyectos con una visión integral, el Proyecto de Atención a los Daños por Sismos generó gran interés entre investigadores de otras áreas, propiciando un fructífero intercambio de ideas y discusiones académicas.

Entre estos investigadores resaltan las visitas de reconocidos arqueólogos como los doctores Saburo Sugiyama, Gary Feinman, Linda Nichol, Leonardo López Luján, Martha Lorenza López Mestas Camberos del Centro INAH Jalisco; el arqueólogo Mario Córdova Tello del Centro INAH Morelos; la directora del sitio arqueológico de Altamira, en España, Pilar Fatás; el doctor Eugene Logan Wagner de la Universidad de Austin, Texas, Estados Unidos de América; Fidel Ugarte de la Dirección de Medios del INAH; además del personal y miembros del World Monuments Fund (WMF), Stephanie Ortiz, Jessica Glaser y Javier Ors; así mismo, los directivos de American Express, Richard Brown y Paige Blansfield; el ingeniero César Chávez Rendón del Jardín Etnobotánico de Oaxaca; e integrantes del Museo Nacional de Japón, Kawano Kazutata, Inoue Yoichi y Kaoru Suzuki. También se contó con la presencia del doctor Rohit Jigyasu, especialista en gestión de planes de riesgos en los sitios de Patrimonio Mundial y coordinador científico del Programa Internacional sobre Gestión del Riesgo de Desastres del Patrimonio Cultural, miembro del ICCROM, participó en el encuentro *Watch Day* con una conferencia magistral titulada “Mantenimiento, monitoreo e integración para reducir los riesgos de desastres para el Patrimonio Cultural: desafíos y oportunidades”, en el Centro Cultural San Pablo de la ciudad de Oaxaca, recalando la importancia de contar con un plan preventivo de acciones para los monumentos pertenecientes al Patrimonio Cultural en caso de siniestros de índole natural y antropogénica.



Visita a Monte Albán de Pilar Fatás, directora del Sitio de Altamira / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita de Stephanie Ortiz a Monte Albán / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita a Monte Albán del ingeniero César Chávez Rendón del Jardín Etnobotánico de Oaxaca / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita a Monte Albán de Fidel Ugarte, personal de la Dirección de Medios del INAH / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita del doctor Leonardo López Luján en Atzompa / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita a Monte Albán de Javier Ors, personal del WMF / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita del doctor Saburo Sugiyama a Monte Albán / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita del doctor Eugene Logan Wagner en Atzompa / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita a Monte Albán de Kawano Kazutata, Inoue Yoichi y Kaoru Suzuki, personal del Museo Nacional de Japón / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita a Monte Albán de Paige Blansfield, personal de American Express / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita a Monte Albán de Richard Brown, personal de American Express en Monte Albán / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Visita de la doctora Martha Lorenza López Mestas Camberos del Centro INAH Jalisco y el arqueólogo Mario Córdoba Tello del Centro INAH Morelos al Laboratorio de Atzompa / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

SEGUIMIENTO. REPORTES TÉCNICOS ANUALES AL CONSEJO DE ARQUEOLOGÍA

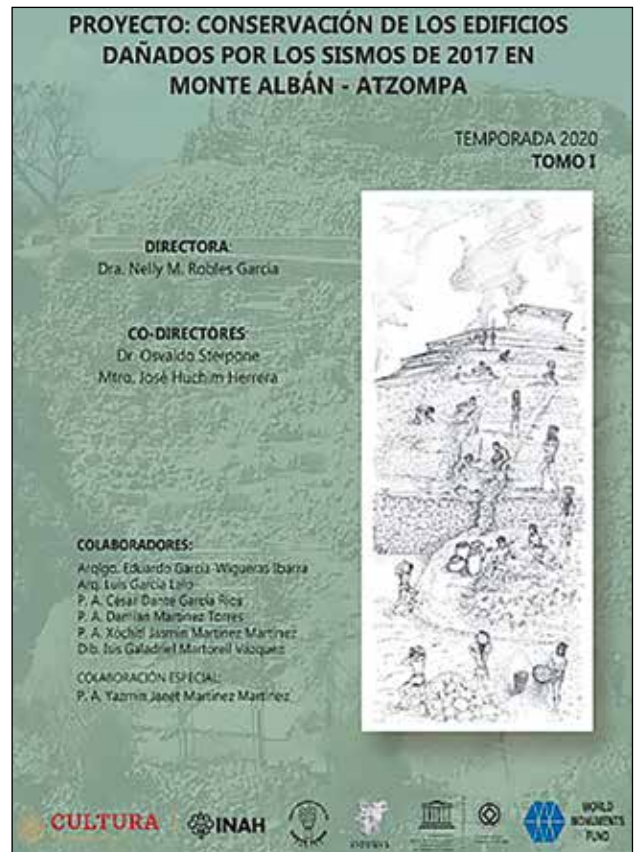
Como parte fundamental de la entrega de resultados, anualmente se elaboraron informes técnicos finales dirigidos al Consejo de Arqueología para mostrar los avances obtenidos durante los trabajos de excavación arqueológica y restauración.

Se entregaron dos Informes anuales titulados: “Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa” en las temporadas 2019 y 2020 (anexos 9 y 10), en los que se reportaron los trabajos de excavación arqueológica, restauración arquitectónica, actividades de laboratorio, difusión, vinculación académica y con la comunidad

realizados cada temporada. En cada uno se plantearon y se cumplieron metas y objetivos de las propuestas generales del proyecto.



Visita y participación del doctor Rohit Jigyasu en el Centro Cultural San Pablo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Portadas de los Informes anuales del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán y Atzompa de las temporadas 2019 (izquierda) y 2020 (derecha).

REPORTES AL WMF

El World Monuments Fund (WMF), institución pilar para llevar a cabo este proyecto, solicitó reportes que avalaran los avances de las actividades de divulgación y vinculación con universidades.

En respuesta, durante la ejecución del proyecto se realizaron ocho informes trimestrales sobre los avances técnicos y logísticos que se iban cumpliendo puntualmente en cuanto a los objetivos planteados en el proyecto. Cada informe, compuesto por archivos de texto (*Word*) acompañados de anexos fotográficos y planos que ilustraban las actividades reportadas fue adjuntado a una liga de internet.

Los avances reportados abarcaron temas como:

- *Exploración arqueológica, consolidación y restauración.* Estas actividades se reportaban dependiendo del edificio en atención (Edificio A, Edificio P, Edificio Sistema IV, etcétera).
- *Registro y documentación mediante el uso de nuevas tecnologías.* Se reportaron los avances de los registros que se realizaban tanto en Monte Albán como en Atzompa con el escaneo 3D de los edificios, de vuelos realizados con dron, registros de resistivimetría y uso de georradar. Dichas actividades se efectuaban antes, durante y después de las labores de excavación y restauración de cada edificio.
- *Trabajos de gabinete para el procesamiento de datos.* Se reportaron los avances del procesamiento de datos llevados a cabo con el equipo de cómputo especial para procesar los registros que se tomaron en campo con los equipos tecnológicos.

- *Avances en laboratorio de materiales arqueológicos.* Se precisaron las actividades en el análisis, consolidación y restauración de materiales cerámicos, principalmente, procedentes de los edificios en los que se realizaban las intervenciones arqueológicas, como el Edificio A y Edificio P de Monte Albán.

Aunado a lo anterior, se reportaban las actividades hechas para conjuntar las dinámicas académicas y de investigación realizadas con instituciones educativas como la Facultad de Arquitectura “5 de Mayo” de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca (UABJO) y el Departamento de Ciencias de la Tierra del ITO, dado que estudiantes de estos dos centros académicos se sumaron al proyecto como parte de sus actividades de servicio social, pasantías y residencias profesionales, colaboración interinstitucional que se mantuvo para analizar y atender, desde distintos ángulos de visión profesional, el problema de la conservación de los edificios dañados por los sismos del 2017 en las zonas arqueológicas ya referidas.



11. CAPACITACIÓN AL PERSONAL TÉCNICO

CURSOS PARA EL USO DE TECNOLOGÍAS APLICADAS EN EL REGISTRO, INVESTIGACIÓN Y PRESERVACIÓN ARQUEOLÓGICA

Gracias al apoyo brindado por el World Monuments Fund y a las gestiones de la dirección del Proyecto, se obtuvieron mayores alcances en términos de recursos humanos, técnicos y tecnológicos. La adquisición de instrumentos de geofísica y *scanner* 3D, dron, georradar de penetración, magnetómetro, estación total y GPS de precisión, permitieron también atraer el apoyo de dos importantes aliados, los arqueólogos José Huchim Herrera y Osvaldo Sterpone, investigadores del Centro INAH Mérida y del Centro INAH Hidalgo, respectivamente, quienes como codirectores del Proyecto fueron fundamentales para el efecto de las capacitaciones que recibió el personal técnico para el uso adecuado de las nuevas tecnologías adquiridas.

Los cursos y talleres ejecutados se hacen mención enseguida.

CURSO-TALLER PARA EL USO DE LOS EQUIPOS DE GEOFÍSICA Y TOPOGRAFÍA. USO Y APLICACIONES DEL *SCANNER* 3D

Durante el periodo del 4 al 15 de febrero de 2019 se llevaron a cabo diversas sesiones de capacitación en el uso adecuado de los instrumentos de precisión adquiridos para el buen desempeño de las actividades de documentación geofísica, arqueológica y de conservación de la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa. Con la colaboración de la empresa Geoelec, se recibió la instrucción teórica y práctica de los instrumentos de geofísica, resistivímetro *SYSCAL PRO SWITCH* de 48 Electrodo, Iris instruments; Ground Penetrating Radar (*GPR*) con antenas de 250 y 800 MHz, *MALA Geoscience*; magnetómetro modelo g-858 con opción gradiómetro, Geometrics, Inc.; y estación total *SOKKIA*, contando con la colaboración del ingeniero Francisco Torres, especialista de dicha empresa.

De igual manera, del 13 al 15 de febrero se realizó la capacitación del uso adecuado de los



Sesión práctica, montaje y uso de georradar / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

scanner 3D marca FARO, modelo S70M. De parte de esta empresa, se recibió la información teórico-práctica a cargo de la ingeniera Mildred Velázquez Reyes, quien procedió a compartir sus conocimientos en una sesión teórica sobre el uso de magnetómetro en las instalaciones del laboratorio de materiales de Atzompa. También se impartió el Curso taller sobre el uso del equipo de Geofísica Georradar de Penetración por parte del personal de Geometrics, Inc., con experiencias de captura de imágenes y elaboración de modelos 3D. Estos cursos estuvieron destinados para que tanto el personal técnico del proyecto como los estudiantes de diferentes instituciones tuvieran acceso a los conocimientos actualizados y a la práctica en el uso de los equipos antes mencionados.



Sesión teórica sobre el uso de magnetómetro y georradar / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Las sesiones teóricas se llevaron a cabo en el Laboratorio del Proyecto Conjunto Monumental de Atzompa, mientras que las prácticas de campo fueron implementadas directamente en diferentes ambientes de las Zonas Arqueológicas de Monte Albán y en Atzompa.

Las personas que conformaron el grupo que recibió la capacitación en esta primera edición fueron:

- Héctor Díaz Pérez. Estudiante de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Mario Leopoldo Pamplona Ruiz. Estudiante de Ingeniería en Geología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Rosario Guadalupe Balam Lara. Estudiante de Arqueología de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Miguel Ángel Galván Benítez. Estudiante de Arqueología de la Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. INAH-Zona Arqueológica de Monte Albán.
- Luis García Lalo. Estudiante de Maestría en Conservación de Monumentos de la Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. INAH-Proyecto Arqueológico Atzompa.
- Laura Gilabert. Estudiante de Maestría en Arquitectura de la Universidad de Valencia, y España.
- Damián Martínez Torres. Pasante de la carrera de Arquitectura de la Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. INAH-Proyecto Arqueológico de Atzompa.
- Natalia Paola Vázquez. Arqueóloga por la Escuela Nacional de Antropología e Historia. INAH-Dirección de Operación de Sitios.
- Nadia Ivette Sosa Martínez. Arqueóloga por la Escuela Nacional de Antropología e Historia. INAH-Dirección de Operación de Sitios.
- Yoshio Castelán Luqueño. Ingeniero en Geología por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. INAH. Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas.

- Julio Manlio Zúñiga Cruz. Arquitecto por la Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. INAH-Zona Arqueológica de Monte Albán.
- Vania Carrillo Bosch. Arqueóloga por la Escuela Nacional de Antropología e Historia. INAH Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas.
- César Dante García Ríos. Arqueólogo por la Escuela Nacional de Antropología e Historia. INAH Proyecto Arqueológico Atzompa.
- Osvaldo Sterpone Canuto. Arqueólogo. INAH-Centro INAH Hidalgo.
- José Huchim Herrera. Arqueólogo. INAH-Centro INAH Yucatán.
- Nelly Robles García. Directora del Proyecto.

Las sesiones de trabajo se enfocaron al correcto armado de los aparatos y la comprensión de sus diferentes componentes y periféricos, además de charlas con apoyo de pizarrón y *Power-Point*; en el campo se armaron los equipos, se eligieron las áreas a muestrearse y se puso en funcionamiento cada equipo.

El trabajo de gabinete para el procesamiento de datos facilitó conocer el funcionamiento básico de los programas para la comparación de los resultados. Por supuesto, tratándose de equipos de última generación, surgieron múltiples preguntas, sobre todo por parte de aquellos integrantes del



Curso taller para el uso de *scanner 3D* / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

grupo que tenían cierta experiencia en el manejo de equipos similares, de tal manera que este curso fue muy importante para actualizar sus conocimientos y aprender las bondades y variantes de las nuevas versiones de cada uno de los dispositivos.

De manera simultánea se visitaron las áreas de trabajo en donde se llevaban a cabo actividades de restauración de edificaciones siniestradas, el Juego de Pelota y Edificio A de Monte Albán, y los edificios 1, 16 y 4 de Atzompa. Así como áreas de agrietamientos y deslizamientos de capas geológicas expuestas en los caminos de acceso a Atzompa. Esto último para explicar a los asistentes la envergadura del siniestro, así como informar acerca de los alcances del Proyecto.

De esta manera, el primer grupo capacitado participó en la realización de estudios en campo de los diferentes edificios siniestrados por los sismos del 2017, asegurando el adecuado manejo y operación de los equipos adquiridos.

CURSO-TALLER DE TOPOGRAFÍA Y GEOPOSICIONAMIENTO DE PRECISIÓN: USO DE GPS GRX2 MARCA SOKKIA Y USO DE ESTACIÓN TOTAL MARCA SOKKIA CON PLOMADA LÁSER DE 5 SEG. DE PRECISIÓN, MODELO IM-55

Los días 21 y 22 de febrero de 2019 se realizó en la Zona Arqueológica de Monte Albán el curso de capacitación para el uso de GPS GRX2 marca SOKKIA, impartido por los ingenieros José Luis Ramírez Barragán y Jacob García Arellanes, ejecutivo de ventas y capacitador, respectivamente, de la empresa FP Topografía, S. A. de C. V.

Tanto en las sesiones teóricas como en las prácticas se utilizaron los equipos adquiridos con dicha empresa, lo que permitió conocer los alcances, problemáticas y vicisitudes que se pudieran presentar en relación con la obtención de datos altimétricos y cartográficos. Estas sesiones detallaron el uso adecuado de los equipos en obtención de datos cartográficos y su geoposicionamiento.

El temario que abarcó el curso-taller fue:

- Conformación de los equipos: partes y funciones.
- Selección de los puntos de control guía para el levantamiento topográfico.
- Montaje y centrado de la estación total.
- Creación de archivo de trabajo.
- Operación y toma de datos o puntos georreferenciados.
- Procesamiento de datos obtenidos en campo.

Las prácticas de campo fueron en el Conjunto Monumental de Atzompa y en los edificios centrales del área abierta a la visita pública de Monte Albán, estableciendo puntos guía de georreferencia para complementar la información altimétrica de los edificios A, P y Juego de Pelota. Estos puntos guía seleccionados en las partes más altas sirvieron de apoyo en las labores de registro y documentación de datos en las exploraciones arqueológicas, así como la georreferenciación de planos arquitectónicos, fotografías y como referencias para la



Taller de uso de estación total para registro topográfico, uso de GPS de precisión / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

elaboración de registros fotogramétricos en cada uno de los edificios mencionados.

Considerando que el uso de la estación topográfica se limita debido a la vegetación arbórea que rodea a los monumentos arqueológicos, como es el caso de Monte Albán, el GPS permitió corroborar la obtención de datos altimétricos finos que se pueden empatar con las mediciones que realizan los equipos de geofísica como el resistivímetro y el georradar.

TALLERES IMPARTIDOS POR PERSONAL TÉCNICO DEL PROYECTO SOBRE EL USO DE LOS EQUIPOS TECNOLÓGICOS ADQUIRIDOS

Como parte fundamental de las actividades del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa, se realizaron cursos-talleres destinados a replicar la información teórico-práctica sobre el uso de equipos de geofísica, registro 3D, topografía y geoposicionamiento de precisión que durante el 2019 recibió el personal técnico del proyecto por parte de los representantes de las empresas proveedoras de la tecnología.

El personal del proyecto adelante enlistado replicó los conocimientos adquiridos al mismo tiempo que reforzó sus conocimientos con los trabajadores que opera en diferentes dependencias del INAH en labores de registro, investigación, conservación y mantenimiento de los bienes muebles e inmuebles catalogados como Patrimonio Cultural de la Nación.

Así mismo, se invitó a participar en dichos talleres a estudiantes de diferentes universidades y campos de estudio vinculados con el desarrollo del Proyecto.



Curso de capacitación de uso de *scanner* con miembros de otras áreas de trabajo de la Zona Arqueológica de Monte Albán y estudiantes de universidades locales / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Los cursos impartidos fueron:

- Del 11 al 13 de marzo. Instrumentos de geofísica: resistivímetro SYSCAL PRO SWITCH de 48 Electrodo, Iris Instruments; Ground Penetrating Radar (GPR) con antenas de 250 y 800 MHZ, MALA Geoscience; y magnetómetro modelo g858 con opción gradiómetro.
- Del 13 al 15 de marzo. Uso de los *scanners* 3D, marca FARO, modelo S70M. Curso de capacitación de uso de *scanner* con personal de otras áreas de trabajo de la Zona Arqueológica de Monte Albán y estudiantes de universidades locales.
- Del 27 al 28 de marzo. Uso de GPS GRX2 marca SOKKIA, así como de la estación total marca SOKKIA, con plomada láser de 5 s de precisión, modelo IM-55. 2.1.4.

CURSO-TALLER DE MANEJO DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (INEGI)

La vinculación entre el Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa con diversas instituciones federales, permitió que el personal técnico recibiera capacitación por parte del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el tema: “Manejo de información geográfica y geoestadística”.

Esta capacitación por parte de especialistas se verificó del 27 de febrero al 1 de marzo, y con ella el personal adquirió valiosas herramientas para la obtención y manejo de datos vectoriales y ráster para generar gráficos informativos.

El curso permitió de igual forma el conocimiento, consulta y manejo de metadatos concernientes a las áreas de Monte Albán y Atzompa, dado que mucha de la información que genera el INEGI se encuentra en archivos vectoriales con un amplio potencial de uso para los sitios históricos y arqueológicos que son patrimonio de la nación, y que por circunstancias naturales o culturales se encuentran en riesgo de afectación o destrucción.

Aunado a ello, se conocieron todas las herramientas para que la información que produce el INAH pudiera ser manejable de manera gráfica y vectorial, siguiendo las disposiciones generales del INEGI. Los asistentes a esta capacitación tuvieron acceso gratuito al programa “Mapa Digital 6.0”, última versión de una plataforma que cuenta con un conjunto de herramientas informáticas para la consulta, interpretación y análisis de la información geográfica y estadística georreferenciada, con la finalidad de ser procesada y exportada a cualquier tipo de formatos vectoriales o ráster, además de la práctica para el uso del programa “Plataforma Digital” del INEGI con uso de datos culturales de la Zona Arqueológica de Monte Albán.



Práctica en el uso del programa “Plataforma Digital” del INEGI / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

CURSO PARA EL MANEJO DE DRON (SISTEMA DE AERONAVE PILOTADA A DISTANCIA)

Dentro de las nuevas tecnologías aplicadas a las investigaciones arqueológicas se encuentran los Sistemas de Aeronave Pilotada a Distancia (RPAS), que se han posicionado como un medio de captura de información rápido y preciso para la generación de nubes densas de puntos, MDE (Modelos Digitales de Elevación), MDT (Modelos Digitales de Terreno), SIG (Sistemas de Información Geográfica) y ortofotos, que facilitan la obtención de medidas lineales, de volumen, curvas de nivel y modelados 3D a través de la fotogrametría.

Por consiguiente, como parte de las capacitaciones impartidas al personal técnico para el uso de los equipos de tecnología avanzada adquiridos, se efectuó un curso teórico-práctico para el manejo de drones los días 21, 22 y 23 de octubre de 2019, impartido por la arqueóloga Vania Carrillo Bosch, de la Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas del INAH.

Los integrantes del proyecto que recibieron esta capacitación fueron:

- Rebeca Donají Aguilar Osorno.
- Miguel Ángel Galván Benítez.
- Luis García Lalo.
- Dante García Ríos.
- Damián Martínez Torres.
- Isis Galadriel Martorell Vázquez.

El curso se desarrolló en dos fases. La primera sesión de capacitación se desarrolló en el laboratorio del Conjunto Monumental de Atzompa y consistió en el conocimiento teórico del manejo de un cuadricóptero DJI Matrice 210 RTK v2[®], la identificación de las partes del equipo, su correcta manipulación y funcionamiento, así como el ensamblaje, mantenimiento, parámetros y procedimientos

de vuelo; el adecuado procesamiento de datos y la legislación de uso que establece la Dirección de Identificación de las partes que conforman el RPAS DJI Matrice 210 RTK v2[®]; las especificaciones del equipo y vuelo; y sobre Aeronáutica Civil de México, instancia encargada de la reglamentación de aeronavegabilidad en cielo mexicano. La importancia del conocimiento de dichas normatividades radica en que los estándares de aeronavegabilidad que se establecen para los RPAS no son menos demandantes que los que aplican para aeronaves tripuladas, ni deben restringir al RPAS del cumplimiento de estos estándares.

La segunda fase consistió en llevar el conocimiento teórico al campo de lo práctico, siendo uno de los objetivos principales efectuar vuelos con dron y obtener imágenes aéreas de alta resolución en campo.

La práctica de vuelo se realizó en la Zona Arqueológica de Monte Albán con un equipo DJI Mavic 2 PRO[®] mediante dos modalidades de vuelo: modo manual y vuelo programado, usándose aplicaciones especiales desde un dispositivo móvil para la manipulación del dron.

Para la toma de datos con el dron fue necesario posicionar, previo al vuelo, puntos de control en áreas clave, los cuales funcionaron como guías al hacer el levantamiento fotográfico.

En la modalidad de vuelo programado se trazaron los transectos que seguiría el dron antes de encenderlo y en el modo manual, se realizaron las tomas considerando un traslape de aproximadamente 70% entre una toma y la siguiente.

Una de las áreas registradas durante la práctica en comento fue el Edificio P de Monte Albán, del cual se creó un archivo de imágenes de esta estructura. Es relevante tener un registro detallado de este edificio puesto que es uno de los monumentos inmuebles en los que se están realizando procesos de intervención arqueológica y de restauración de áreas afectadas por los sismos suscitados en septiembre del 2017.

Para finalizar la capacitación, los datos obtenidos en campo se procesaron en gabinete con el *software* Agisoft Metashape Profesional®, que permite realizar el proceso fotogramétrico de imágenes digitales y generar datos espaciales en 3D, creando así modelos fotogramétricos que pueden ser exportados a otros programas para obtener altimetrías y con ellas cotas de nivel, indispensables para el trabajo arqueológico.

La toma y procesamiento de datos nos permite llegar a la interpretación de los mismos, que es la parte imprescindible para los investigadores con un Modelo Digital de Elevación (MDE) de la plaza principal de Monte Albán.

La práctica en campo sirvió también para entender las problemáticas que pudieran presentarse en la obtención de datos cuando se utiliza una aeronave no tripulada y lo que ha de considerarse para la toma adecuada de decisiones en campo, así como la planeación previa a la ejecución del vuelo.

CURSOS DE PREVENCIÓN DE DESASTRES Y SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Igual que sucedió con los cursos de capacitación en el uso de las nuevas tecnologías, el personal técnico del Proyecto se capacitó en la prevención de desastres relacionados con los sismos, incendios y cualquier otro tipo de actividades que ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores técnicos y manuales, así como a los equipos de trabajo, instalaciones y los propios monumentos arqueológicos. Prevenir y conocer los mecanismos adecuados de acción fue una de las premisas del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán y Atzompa. Por ello se hace mención en los siguientes cursos y talleres que fueron recibidos.



Sesiones de clase teórica con personal de la COESFO y del área de seguridad del Centro INAH-Oaxaca / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

CURSO-TALLER DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN CONTRA INCENDIOS

Como acción fundamental de las capacitaciones y cursos programados para el personal del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa, se realizó un curso para prevenir y atender incendios, coordinado de manera conjunta con la Delegación del Centro INAH Oaxaca y realizado en las instalaciones del Campamento de investigación del Conjunto Monumental de Atzompa.

El curso-taller fue impartido por el ingeniero Félix Reyes Luis y el licenciado José Luis Leyva Toscano, jefe de Brigada y jefe de Departamento de Protección y Vigilancia Forestal, respectivamente, de la Comisión Estatal Forestal de Oaxaca (COESFO). La capacitación tuvo como objetivo la planeación de estrategias y atención inmediata ante incendios provocados y naturales, permitiendo así la preparación adecuada para emprender acciones ante emergencias que puedan afectar el Patrimonio Cultural. La preparación teórica se enfocó en estrategias para enfrentar escenarios que representen riesgos o pérdidas del patrimonio arqueológico e histórico atribuibles a desastres naturales y antropogénicos.

Al respecto, una de las actividades teóricas fue la revisión y planeación de acciones para atender posibles efectos de un incendio en la Zona Arqueológica de Monte Albán y el Conjunto Monumental de Atzompa. La capacitación consideró los planes y la prevención más adecuados, así como la creación de un cuerpo de reacción inmediata para el combate de este fenómeno.

En la primera fase del curso se revisaron los distintos tipos de incendios que existen de acuerdo con las clasificaciones internacionales y los más comunes que suceden en escenarios como el entorno natural de los sitios arqueológicos, por lo tanto, se revisó la categoría en la que se les puede ubicar según el tipo de vegetación de la zona. Para el caso específico de Monte Albán y Atzompa los incendios se dan de forma superficial por la acumulación de vegetación al pie de los árboles; cuando el fuego se propaga en forma horizontal sobre la superficie del terreno y alcanza hasta metro y medio de altura se denominan incendios superficiales, estos afectan combustibles vivos y muertos como pastizales, hojas, ramas, ramillas, arbustos o pequeños árboles de regeneración natural o plantación, troncos, humus, entre otros. De igual forma, se dio a conocer el equipo utilizado para el combate a incendios y se realizó una pequeña demostración contra el fuego, dejando pendiente la realización en campo de una línea negra para aplicar la metodología aprendida en este curso.

El desarrollo y tareas de este curso fomentaron la cultura de prevención enfocada en la gestión de riesgos, con la finalidad de mantenerse constantemente informados sobre las acciones destinadas a la conservación del Patrimonio Cultural. Asimismo, fortalecer la participación articulada de los tres órdenes de gobierno y de la sociedad civil para su aplicación y eficacia.

CURSO DE CAPACITACIÓN DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIVIL ANTE DESASTRES NATURALES

La protección civil es indispensable para la salvaguarda de la población, por eso resulta fundamental la capacitación del personal que labora en el Instituto. En este entendido el proyecto COEDS-17 ha sido partícipe de diferentes cursos y pláticas de especialización en esta materia, a efecto de hacer frente a cualquier fenómeno natural y así evitar o mitigar el riesgo de desastres y sus consecuencias, contribuyendo en la reducción tanto de daños materiales como de pérdidas humanas.

El 25 de abril de 2021 se realizó una plática de capacitación a través de la plataforma *Zoom* con el tema: “Sismos y Plan familiar de Protección Civil”, impartida por el Departamento de Fortalecimiento de Capacidades de la Coordinación Estatal de Protección Civil (CEPCO) conjuntamente con el Centro INAH Oaxaca.

La plática de instrucción abarcó los siguientes tópicos:

- *Fenómenos perturbadores.* En este aspecto se describió la naturaleza de las amenazas que puedan presentarse, según su origen, de modo que se tenga noción de los riesgos a los que todos estamos expuestos. Siendo estos de tipo: natural, clasificados en geológicos e hidrometeorológicos; antropogénico, subdividiéndose en químico-tecnológicos, sanitario-ecológicos y socio-organizativos.
- *Plan Familiar de Protección Civil.* El objetivo es desarrollar acciones de protección y preparación para hacer frente a una situación de emergencia. Es un conjunto de pasos que se deben seguir para detectar y reducir los riesgos, diseñar rutas de evacuación y realizar simulacros, con la finalidad de que las personas sepamos qué hacer antes, durante y después de un desastre.

- *Señales y avisos en materia de protección civil.* Los señalamientos de protección civil cumplen con normas y especificaciones necesarias de conocer para identificarlas de manera correcta y eficaz. En este punto se dio a conocer su clasificación y se explicó el significado de sus formas geométricas, colores de seguridad y de contraste. Con esto se contribuye a mejorar las condiciones de seguridad en los sitios.
- *Conformación de brigadas de protección civil.* Se explicó la importancia de éstas, así como el hecho de conformarlas de acuerdo con el personal disponible y capacitarlas para que con

los conocimientos adquiridos actúen y protejan correctamente a las personas y bienes ante las emergencias que puedan presentarse.

- *Acciones previas y posteriores a un fenómeno.* Se detalló el conjunto de acciones que deben tomarse antes y después de una emergencia, con el objetivo de tener un plan de acción ante alguna eventualidad, minimizando así lo más posible su impacto.

La capacitación finalizó con la realización de una actividad didáctica en una sesión de preguntas y respuestas a través de dispositivos celulares, para reforzar los conocimientos adquiridos.

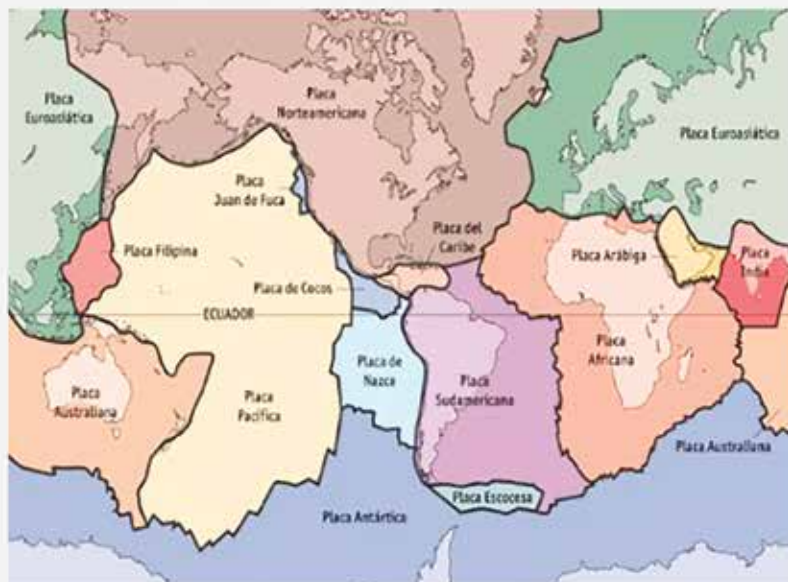


Participantes (12)

Q Buscar un participante

MA	Miguel Angel Galvan Benitez (Yo)		
G	GRACIELA RODRIG... (Anfitrión)		
DG	Dante García Ríos		
GM	Galadriel Martorell		
L	Luis		
R	Raúl		
R	Rubí		
VG	Virgilio Gaitan		
XJ	XOCHITL J. MARTINEZ		
Y	Yazmin		
L	luis		
MA	Monte Alban		

PLACAS TECTÓNICAS





12. CAPACITACIÓN A ESTUDIANTES

Una de las misiones del Proyecto fue la capacitación y vinculación con espacios universitarios donde estudiantes de diversas carreras afines a la conservación del Patrimonio Arqueológico pudieran complementar sus conocimientos adquiridos en las aulas con interacciones profesionales en campo, además de sumar experiencias y participar en la identificación y solución de problemáticas afines.

En este sentido, la capacitación oportuna funciona como un enlace necesario para el desarrollo de ideas, aportes de conocimientos y procedimientos que determinan el desarrollo de actividades que en conjunto estimulan acciones interdisciplinarias.

En el presente apartado se describen las actividades realizadas durante dos capacitaciones en la temporada 2019 del Proyecto, dirigidas especialmente a estudiantes, la primera de ellas en el Instituto Tecnológico de Oaxaca y la segunda, un taller interactivo con estudiantes de la Facultad de Arquitectura “5 de Mayo” de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca (UABJO), así mismo, se incluyen los nombres de los participantes

que apoyaron el Proyecto haciendo servicio social y prácticas profesionales.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA (ITO)

En mayo del 2019 se llevó a cabo una sesión por parte del doctor Osvaldo Sterpone en las instalaciones del Departamento de Ciencias de la Tierra del ITO; su presentación dio a conocer a los ingenieros y a la comunidad estudiantil los resultados de las prospecciones geofísicas efectuadas con tecnología de punta en el Edificio A de la Zona Arqueológica de Monte Albán.

En esta abordó desde el uso y beneficios hasta la interpretación de resultados del resistivímetro, definiendo con base en los trabajos realizados en Monte Albán y Atzompa, que esta tecnología genera imágenes de las capas de suelo, de lo más húmedo (menos resistivo) a lo menos húmedo (más resistivo). El rango de color marca una distinción en la forma como circula la electricidad,

llegando a señalar los estratos más húmedos, que por ende generan menor resistividad y los menos húmedos que evidencian más resistividad. También expuso los patrones de cambio de subsuelo en la línea, que puede traducirse como un cambio de rellenos o solo un cambio en el flujo eléctrico.

La resistividad eléctrica puede funcionar como una herramienta muy útil para la arqueología en cuanto a la predicción de aspectos en las capas del subsuelo, siempre y cuando se realice un muestreo previo para establecer parámetros medibles y se tomen en cuenta las condiciones para efectuar las lecturas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “BENITO JUÁREZ” DE OAXACA (UABJO)

Al inicio de la temporada se diseñó un programa de colaboración entre el Proyecto y la Facultad de Arquitectura “5 de Mayo” de la UABJO, con la finalidad de dar a conocer e incluir a la comunidad estudiantil en las dinámicas de trabajo y aprendizaje que se dan en torno a la conservación del Patrimonio Arqueológico.

Las actividades al respecto se desarrollaron los días 23 y 24 de mayo del 2019, para lo cual fueron convocados los estudiantes de 8º, 9º y 10º semestres de la carrera de Arquitectura, quienes participaron en un curso-taller sobre el estudio, conservación y restauración que se realiza en los edificios dañados por los sismos del 2017.

El taller ofreció una amplia introducción general sobre el emplazamiento urbano de Monte Albán, la conformación de los diferentes edificios que lo componen y la manera como los zapotecos dieron solución a los problemas arquitectónicos para lograr materializar su pensamiento cosmogónico, la centralización del poder y la administración de la ciudad. Se les explicó además,



Estudiantes en el Edificio A recibiendo la explicación del arqueólogo Eduardo García-Wiguera / Foto: Archivo técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa.

cómo los sismos del 2017 habían causado daños en algunos edificios y de qué modo el conocimiento sobre la atención de los edificios dañados por el sismo de 1999 había permitido atenderlos puntual y oportunamente, evitando con ello que las afectaciones fuesen mayores.

Así, los estudiantes conocieron de cerca las necesidades de un registro adecuado de deterioros que se debe considerar en caso de que edificios de valor patrimonial resulten dañados, cuáles son las fases de acción que deben ser planteadas en un programa y cronograma de trabajo, así como la importancia de vincularse con otras instituciones de apoyo en cumplimiento de la importante labor de preservar el Patrimonio Cultural en riesgo.

El personal técnico del Proyecto explicó puntualmente en las áreas de trabajo del Edificio A, Juego de Pelota y Edificio P de Monte Albán, todos los pormenores de las edificaciones que se intervinieron, identificados a partir de las acciones arqueológicas: sus elementos arquitectónicos, composición estructural, las problemáticas de estabilidad que presentan, los periodos de uso y la reutilización de materiales.

Un gran acierto de este taller fue la demostración en campo de la utilidad y aplicación de equipos tecnológicos en los estudios antes, durante y después de las intervenciones arqueológicas y arquitectónicas, resaltando en esta ocasión los aparatos de geofísica y registro 3D, entre ellos,



Clausura del taller de conservación y restauración / Foto: Archivo técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Explicación a los estudiantes sobre el uso de cal y preparación de mezclas en la consolidación y restauración arquitectónica / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Demostración de las aplicaciones del *scanner* 3D en el registro arqueológico y arquitectónico / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa.

el uso de resistivímetro y el georradar, el *scanner* 3D, topografía y fotogrametría.

Durante la visita al Conjunto Monumental de Atzompa los estudiantes pudieron observar las técnicas de restauración arquitectónica, desde el apuntalamiento de los edificios, registro fotográfico, levantamiento de planos y cédulas de deterioros, reintegraciones, procesos de anastilosis para la consolidación, pisos de sacrificio, restauración de paramentos, adecuación de drenajes de desagüe y propuestas de techumbres o protecciones que permitan la conservación integral de un bien inmueble.

Para concluir el taller, los alumnos se organizaron en equipos para discutir acerca de los conocimientos adquiridos y realizar una exposición a manera de retroalimentación en la que se discutieron puntos importantes vinculados con la importancia del uso de las nuevas tecnologías en el apoyo de los procesos de trabajo.

SERVICIO SOCIAL Y RESIDENCIA PROFESIONAL

Con el fin de fomentar y consolidar el desarrollo profesional de los estudiantes a través de la práctica, dentro del Proyecto se estableció la vinculación con diferentes centros de formación universitaria, permitiendo que estudiantes de arquitectura, ingeniería civil y arqueología complementaran su formación teórica asistiendo como practicantes de fin de carrera, servicio social y voluntariado.

Esta vinculación se dio a nivel local, principalmente con el Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Oaxaca (CECYTE) Plantel 40, el ITO y la UABJO, mientras que a nivel internacional se llevó a cabo con la Universidad Estatal de Michigan y la Universidad Estatal de Nueva York, ambas en Albany, y la Universidad de Colorado en Boulder, Estados Unidos de América, centros académicos cuyos estudiantes ya han participado en equipos interdisciplinarios que permiten favorecer el estudio, preservación y conservación del Patrimonio Arqueológico.

El Proyecto ha brindado un espacio donde los estudiantes pueden aplicar sus conocimientos acordes con su formación universitaria, además de generar valores y saberes, de manera que



Héctor Díaz Pérez, estudiante de Ingeniería Civil / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa.

en un futuro sean partícipes sobresalientes en la vida académica y laboral por la que opten.

También, durante las temporadas 2019 y 2020, se recibieron estudiantes de arquitectura que apoyaron en campo con dibujos de planta, corte y alzados de las diferentes áreas de exploración arqueológica, y que posteriormente digitalizaron. Cabe aclarar que en la temporada 2020 algunos ejercicios de esta última actividad se realizaron remotamente, considerando la situación de la pandemia de COVID-19 que impuso nuevas dinámicas de colaboración.

De la misma forma se recibieron estudiantes de arqueología que apoyaron en las exploraciones arqueológicas, trazando y excavando calas, pozos y analizando y clasificando materiales colectados de los diferentes frentes de trabajo.

Por su parte, los estudiantes de ingeniería civil participaron haciendo levantamientos topográficos y análisis de mecánica de suelos. Esto último con la intención de generar una propuesta de obra civil que permitiera fortalecer y mejorar la estructura de la fachada este del Edificio P de Monte Albán.

Los participantes de servicio social y residencia profesional fueron:

- Dulce Azucena Mejía Velasco. Servicio social del CECYTE Plantel 40 “Santa María Atzompa”.
- Heidi Rocío Martínez Jiménez. Prácticas finales de arquitectura de la Facultad de Arquitectura “5 de Mayo” de la UABJO.



Registro topográfico en la parte superior del templo del Edificio P. Estudiantes de ingeniería civil / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Estudiantes Heidi Martínez, Aphizetl Lemus y Soren Frykholm con la cuadrilla de trabajo para la investigación y restauración del Edificio P / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa.

- Imelda Sánchez García. Servicio social de la Facultad de Arquitectura “5 de Mayo” de la UABJO.
- Helenio González Vásquez. Servicio social de la Facultad de Arquitectura “5 de Mayo” de la UABJO.
- Karen Stephanie García Sumano. Servicio social de la Facultad de Arquitectura “5 de Mayo” de la UABJO.
- Héctor Díaz Pérez. Estudiante de Ingeniería Civil, servicio social del ITO.
- Ingeniero Delfino Ortiz Ruiz. Residencia profesional de Ingeniería Civil del Departamento de Ciencias de la Tierra del ITO.
- Soren Frykholm. Prácticas de Arqueología de la Universidad Estatal de Michigan.
- Aphizetl E. Lemus Medina. Prácticas de Arqueología de la Universidad Estatal de Nueva York (Albany).
- Andrew Aceves. Prácticas de Arqueología de la Universidad de Colorado, Boulder.



A la derecha estudiantes de servicio social: Helenio González, Imelda Sánchez y Heidi Martínez en la digitalización de planos elaborados en campo; a la izquierda los estudiantes Aphizetl Lemus y Soren Frykholm, en la ladera este del Edificio P, realizando trabajos de excavación / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa.



13. DIVULGACIÓN

La divulgación es el conjunto de actividades de interpretación de la información que se difunde en la sociedad, siendo accesible a todo tipo de público. Por ende, se ha usado como una herramienta para crear conciencia del cuidado del Patrimonio Arqueológico entre la población en general.

Debido a lo anterior, la divulgación juega un papel muy importante dentro de este Proyecto. Así, se ha tenido la oportunidad de estar en varios foros y encuentros académicos nacionales e internacionales en donde se han expuesto los resultados obtenidos en el Proyecto; cada uno de los integrantes del mismo ha preparado exposiciones con materiales audiovisuales para la explicación de los temas, con el propósito de que el público pueda apreciar a mayor detalle la magnitud de los trabajos realizados, además del diseño de actividades para hacer extensivos dichos resultados a otras personas.

PARTICIPACIÓN DEL ICCROM-WMF- INAH EN EL *WATCH DAY*

El encuentro denominado *Watch Day* fue una actividad concebida y administrada por el World Monuments Fund (WMF), llevada a cabo el 30 de enero del 2019 en las zonas arqueológicas de Monte Albán y Atzompa por el personal técnico del Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017, como una de las iniciativas de interacción entre este organismo y el INAH.



Personal técnico organizador del *Watch Day* / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Otras actividades orientadas a la divulgación fueron las visitas guiadas por los edificios afectados (Juego de Pelota, Edificio A, Edificio P, Casa del Sur, Edificio 4 y Edificio 16), durante las que se compartieron los avances del proyecto de conservación y registro de los monumentos de Monte Albán y Atzompa, en alguna de las etapas de sus tratamientos de intervención.

EXPOSICIÓN FOTOGRÁFICA “MONTE ALBÁN-ATZOMPA DESPUÉS DEL SISMO”

En el marco del *Watch Day* se inauguró la exposición fotográfica “*Monte Albán-Atzompa después del sismo*”, en la cual se presentaron 20 fotografías de los diferentes daños que sufrieron los edificios de estas dos zonas arqueológicas (Juego de Pelota, Edificio P, Edificio A, Edificio 4, Edificio 16), además de los procesos de excavación arqueológica y restauración arquitectónica realizada en cada una de ellas; así mismo, de los diferentes estudios geofísicos (resistividad, magnetometría, etcétera) y de documentación realizados (registro 3D con *scanner* 3D), con la intención de que el público conociera a fondo todo el trabajo que hay detrás del Proyecto.



Inauguración del *Watch Day* a cargo de la doctora Nelly Robles / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Explicación de la exposición fotográfica a cargo de la doctora Nelly Robles / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Recorrido y explicación por parte del personal técnico en los edificios siniestrados de Atzompa / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

En el ámbito académico, las actividades del *Watch Day* incluyeron la conferencia magistral del doctor Rohit Jigyasu, miembro de la ICCROM, titulada “Mantenimiento, monitoreo e integración para reducir los riesgos de desastres para el Patrimonio Cultural: desafíos y oportunidades” en el Centro Cultural San Pablo de la ciudad de Oaxaca.



Recorrido y explicación por parte del personal técnico en los edificios siniestrados de Monte Albán / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Recorrido y explicación por parte del personal técnico en los edificios siniestrados de Atzompa / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Colocación y develación de la placa de Patrimonio Mundial en el Conjunto Monumental de Atzompa / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Conferencia magistral impartida por el doctor Rohit Jigyasu, miembro de la ICCROM en el Centro Cultural San Pablo / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

PARTICIPACIÓN DE LAS COMUNIDADES

El crecimiento urbano es un factor al que se enfrentan Monte Albán y Atzompa, junto con la problemática social que sucede a su alrededor; el tipo de uso y la tenencia de la tierra, por ello se ha planteado hacer arqueología que eduque a través de la información, recuperando valores ancestrales para crear conciencia en el aquí y ahora de la población. Con base en ello, se tomó como herramienta la divulgación y la visita pública para educar a las comunidades, además de desarrollar un trabajo participativo en el que los pobladores colaboran de manera esencial, facilitando la construcción de identidad, sentido de pertenencia y lugares comunes por medio de la arqueología.

La vinculación de este Proyecto con las comunidades circundantes al sitio de Monte Albán y Atzompa (Santa María Atzompa, San Pedro Ixtlahuaca, entre otras) ha sido un factor clave para la realización de estos trabajos.

Así, se priorizó la contratación de los habitantes de estas poblaciones para realizar algunas tareas, quienes conformaron la mano de obra y que, guiadas por personal técnico (arqueólogos y arquitectos), lograron especializarse en excavación arqueológica y restauración arquitectónica, llegando a hacer hallazgos importantes para este proyecto.



Entrega de la guía arqueológica del Conjunto Monumental de Atzompa a las autoridades del Museo Comunitario de Atzompa / Foto: Archivo técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

ENTREGA DE LA GUÍA DE VISITA AL CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA

Como uno de los resultados de la investigación científica realizada en Santa María Atzompa se elaboró una guía de visita al Conjunto Monumental de Atzompa, toda vez que se busca acercar al visitante a la información concerniente a los hallazgos suscitados desde el inicio de las exploraciones en el año 2007 hasta la fecha.

Un paquete de 826 guías fue entregado en una reunión a la que asistieron el personal del Proyecto, el Comisariado de Bienes Ejidales de Santa María Atzompa y el Comité del Museo Comunitario, en donde se verificó esta significativa entrega. El ciudadano Domingo Aguilar García, presidente del Comisariado Ejidal, agradeció a la doctora Nelly Robles García y su equipo de investigadores, por la colaboración y disposición que manifestaron siempre en la divulgación de la información recabada respecto a los antiguos pobladores de este lugar, ya que dicha guía, que además se presenta en lenguaje ameno para el público en general, va acompañada de gráficos y fotografías que les permiten identificar los temas tratados y los conocimientos obtenidos mediante las investigaciones desarrolladas en la zona arqueológica de Atzompa ubicada en el cerro El Bonete.

Esta dotación se suma a otros ejemplares recibidos por el personal de la Biblioteca Pública de la comunidad y algunos más que se entregaron a la Presidencia Municipal, con la finalidad de que la población en general pudiera tener a su alcance información de primera mano respecto a las investigaciones hechas en el sitio arqueológico, además de contar con los materiales arqueológicos de cerámica y lítica que se conjuntan con los gráficos en los que se explica el desarrollo histórico-cultural de Atzompa en la época prehispánica, cuando fungió como uno de los barrios más importantes de Monte Albán.

PONENCIAS Y CONFERENCIAS

Cumpliendo una de las tareas primordiales del Proyecto, los hallazgos que se suscitaron dentro del mismo han sido expuestos en foros académicos, nacionales e internacionales, en los que sus miembros han presentado imágenes acompañadas de textos breves que explican los descubrimientos. Dichos foros han sido coordinados por instituciones de alto valor cultural y académico como el INAH, el ICOMOS y el Webinar Internacional de Arqueología. Entre las ponencias y conferencias impartidas en este contexto destacan las siguientes:

CONFERENCIA MAGISTRAL "ENTRE DOS SISMOS: PROYECTO DE RESTAURACIÓN MONTE ALBÁN-ATZOMPA"

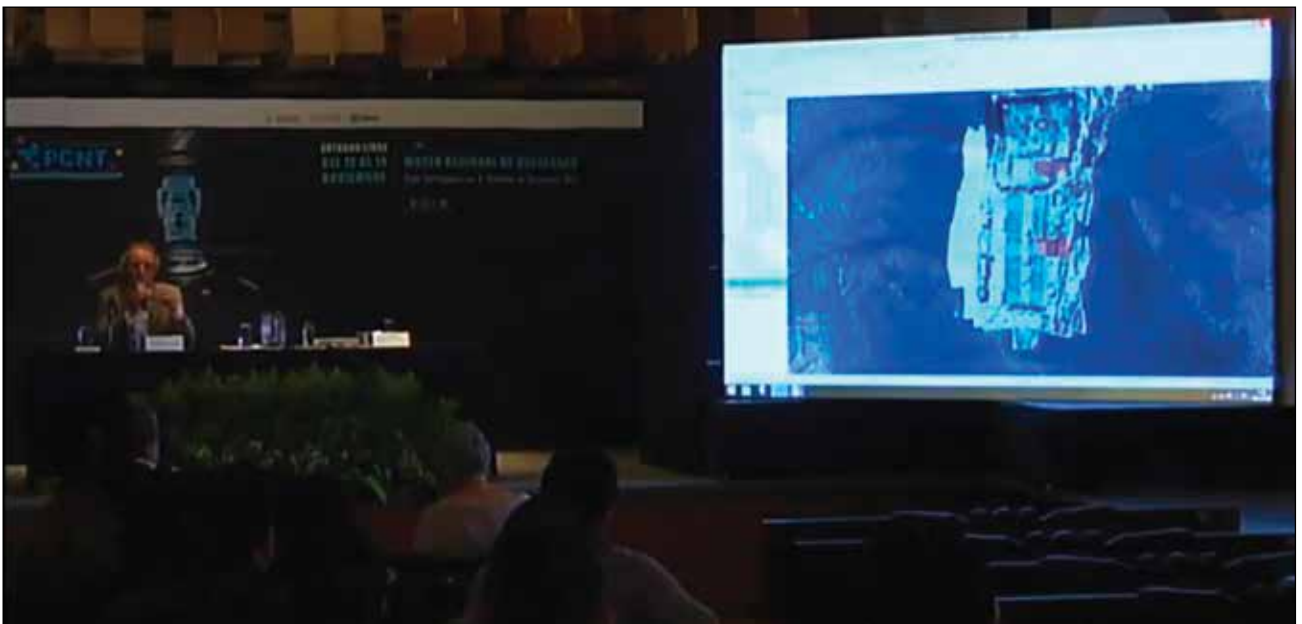
En el marco de la Primera Bienal de Arquitectura de Oaxaca, el Colegio de Arquitectos de Oaxaca invitó a la doctora Nelly M. Robles García para ofrecer una ponencia sobre las estrategias de protección y conservación de los bienes arqueológicos en caso de siniestros, como los sismos suscitados en la zona arqueológica de Monte Albán en 1999, en contraste con los trabajos que se implementaron tras los sismos del año 2017.

Esta ponencia, con asistencia de un gran número de estudiantes de arquitectura, permitió conocer las diferentes fases de trabajo para atender las necesidades de los monumentos arquitectónicos y arqueológicos, las técnicas de registro, de protección, y el desarrollo puntual de los proyectos de atención a los daños, considerando como un importante elemento de trabajo el uso de las tecnologías para facilitar las labores de registro antes, durante y después de la intervención arqueológica y arquitectónica.

Finalizando la ponencia, las preguntas del público en general, los reporteros, estudiantes de arquitectura y personal del Colegio de Arquitectos



Doctora Nelly M. Robles previo a la conferencia del marco del xxxii aniversario de la inscripción de la Zona Arqueológica de Monte Albán y del Centro Histórico de Oaxaca en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.



Doctor Osvaldo Sterpone impartiendo su conferencia durante el Sexto Congreso Internacional "El Patrimonio Cultural y las Nuevas Tecnologías" / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

promovieron un diálogo nutrido sobre la importante labor multidisciplinaria que engloba la atención, estudio y conservación de los bienes patrimoniales.

Por último, el Colegio de Arquitectos de Oaxaca otorgó un reconocimiento a la doctora Nelly M. Robles por su participación en la Primera Bienal de Arquitectura de Oaxaca.

CONFERENCIA “LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS Y LA RECUPERACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO AFECTADO POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA”

Como parte del programa del Sexto Congreso Internacional “El Patrimonio Cultural y las Nuevas Tecnologías”, el doctor Osvaldo Sterpone presentó la conferencia: “Las nuevas tecnologías y la recuperación del Patrimonio Arqueológico afectado por los sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa”, dentro de la Mesa 1 denominada “Arqueología y documentación”. La conservación de los monumentos dañados por los sismos del año 2017 en la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa, así como el trabajo realizado por el grupo interdisciplinario de especialistas que se encargan de diversas tareas demandadas por el proceso de investigación arqueológica vinculado a la conservación de los edificios, fueron los aspectos centrales abordados por el doctor Sterpone; esto con énfasis en la documentación y generación de información a partir de las intervenciones en curso, prestando especial atención a las normas del INEGI para generar productos geográficos y cartográficos veraces y útiles, lo cual es fundamental para la diagnosis y procesos de restauración.

Destacó asimismo que lo anterior conllevó a la búsqueda de instrumentos indispensables para diagnosticar las causas de los fallamientos, por lo cual las herramientas que se utilizaron en el Proyecto fueron adquiridas gracias a la contribución del WMF, la gestión de la doctora Nelly Robles ante esta institución y la coparticipación del INAH.

Al concluir la conferencia se inició una sesión de preguntas y respuestas para que el público interactuara con los ponentes, generándose un diálogo sobre el trabajo interdisciplinario y el interés en replicar el sistema en otras áreas arqueológicas del país.

CONFERENCIA “PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR LOS SISMOS DEL 2017 EN LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN-ATZOMPA”

Con motivo de la conmemoración del xxxii aniversario de la inscripción de la Zona Arqueológica de Monte Albán y del Centro Histórico de Oaxaca en la lista del Patrimonio Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el Centro INAH Oaxaca y la Subdirección de la Zona Arqueológica de Monte Albán organizaron un ciclo de conferencias el día 10 de diciembre de 2019 en el Auditorio Alfonso Caso del Museo de las Culturas de Oaxaca.

En este ciclo de ponencias, la doctora Nelly Robles García impartió la conferencia magistral titulada “Proyecto de restauración de los daños causados por los sismos del 2017 en la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa”, con la que dio a conocer los trabajos de investigación y conservación que se realizaron en el marco del desarrollo del presente Proyecto, detallando la importancia que ha tenido el uso y la aplicación de las nuevas tecnologías en la elaboración de estudios que permiten conocer la magnitud de los daños provocados por los sismos, sin que



Doctora Nelly M. Robles García previo a la conferencia en el marco del xxxii aniversario de la inscripción de la Zona Arqueológica de Monte Albán y del Centro Histórico de Oaxaca en la Lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

implique poner en riesgo el Patrimonio Arqueológico. También, especificó las labores hechas hasta el momento en los edificios más dañados por los sismos en Atzompa y Monte Albán, al igual que los resultados que han arrojado los estudios realizados.

PARTICIPACIÓN EN LA ASAMBLEA GENERAL 2020 ICOMOS-MÉXICO

Durante la Asamblea General del ICOMOS-México, la doctora Nelly M. Robles García impartió una conferencia virtual titulada “Problemática actual de Monte Albán”, actualizando la información del estado de conservación del gran polígono de protección de Monte Albán dentro del contexto urbano de los municipios de Oaxaca de Juárez, Santa Cruz Xoxocotlán, San Pedro Ixtlahuaca y Santa María Atzompa. De igual manera abordó el problema de la invasión urbana que sigue avanzando sobre los espacios arqueológicos ante la falta de acción municipal y los fallidos intentos realizados por el INAH.

PARTICIPACIÓN EN EL SEMINARIO: PLANES DE CONSERVACIÓN Y MONITOREO DE SITIOS DE PATRIMONIO MUNDIAL MÉXICO-CHILE

A solicitud de la Dirección de Patrimonio Mundial del INAH, la doctora Robles García impartió la ponencia “Prevención de Riesgos en los Planes de Conservación del Patrimonio Arqueológico Mundial”, dentro del seminario Planes de Conservación y Monitoreo para Sitios del Patrimonio Mundial en Latinoamérica. México-Chile (INAH, Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio de Chile, Fondo de Cooperación Chile-México), donde trató la metodología que debe aplicar el equipo encargado de los bienes patrimoniales para la correcta atención de su conservación en caso de desastres.

PARTICIPACIÓN EN EL WEBINARIO INTERNACIONAL DE ARQUEOLOGÍA (WIA)

Por invitación del Webinar Internacional de Arqueología, coordinado por la doctora Lourdes Budark de la Universidad Veracruzana, la doctora Nelly M. Robles García ofreció la conferencia “Gestión y Manejo de Zonas Arqueológicas”, en la que abordó los preceptos básicos, tanto teóricos como prácticos, de la gestión arqueológica y su aplicación práctica a través de los Planes de Manejo en sus diferentes versiones, haciendo énfasis en la diferenciación entre la ciencia de la arqueología, la conservación del Patrimonio Arqueológico, y la gestión patrimonial, tres conceptos que interactúan constantemente en la práctica.

PARTICIPACIÓN EN EL CICLO DE CONFERENCIAS EN EL MARCO DEL XXXIII ANIVERSARIO DE LA DECLARATORIA DE MONTE ALBÁN COMO PATRIMONIO CULTURAL DE LA HUMANIDAD

La doctora Robles García también impartió una conferencia destinada al público en general, en ocasión del xxxiii aniversario de la Declaratoria de Monte Albán como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, titulada “La Investigación Arqueológica dentro de la Gestión Patrimonial en Monte Albán-Atzompa”, en la que hizo un recuento de los avances en materia de investigación y de conservación del patrimonio arqueológico de Monte Albán y Atzompa.

CONFERENCIA MAGISTRAL EN EL MARCO DEL VIII ANIVERSARIO DEL CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA

Con el título “Monumentos, Élités y Residencias en Atzompa, Oaxaca”, la doctora Nelly M. Robles García ofreció una conferencia que aborda los contrastes entre la arquitectura, los materiales constructivos, la ornamentación y los materiales arqueológicos asociados a los contextos de diferentes unidades

de exploración en el Conjunto Monumental de Atzompa, que a la postre fueron interpretadas como Unidades Residenciales. También explicó cómo se identificaron los usos de los espacios o áreas de actividad (ritual, preparación de alimentos, manufactura de artesanías, etcétera) dentro de las residencias y de qué forma se articularon los espacios para convertirse en unidades residenciales de élite que se identifican plenamente por su arquitectura formal.

En Atzompa es bastante clara la diferencia entre el espacio monumental (la cima del cerro) y el espacio común utilizado para las viviendas de las clases bajas de la pirámide social. Concentradas en la arquitectura de élite, la mayoría de las publicaciones sobre el tema refieren interpretaciones que se dedican parcialmente a las unidades residenciales, ya que no todos los componentes de esos contextos habían sido identificados. Sin embargo, en Atzompa, a través de la exploración minuciosa fue posible caracterizar espacios de usos definidos como los templos familiares, los juegos de pelota, las casas de servicios, los edificios funerarios, las áreas de actividad artesanal, entre otros. Este cúmulo de contextos arqueológicos nos permitieron tener hoy en día una versión más completa de diferentes tipos de unidades residenciales y caracterizar el modo de vida que llevaron las élites que habitaron Atzompa durante el periodo Clásico tardío.

PONENCIA "ARQUEOLOGÍA DE UN CONTEXTO FUNERARIO DE ÉLITE EN ATZOMPA: LA TUMBA 242" IMPARTIDA POR EL ARQUEÓLOGO EDUARDO GARCÍA WIGUERAS EN EL MARCO DEL VIII ANIVERSARIO DEL CONJUNTO MONUMENTAL DE ATZOMPA

Con motivo del aniversario de la apertura al sitio del Conjunto Monumental de Atzompa, se realizó una presentación virtual para difundir los trabajos de arqueología realizados en el edificio funerario o Edificio 6, en la el arqueólogo Eduardo García Wi-



Transparencia de la conferencia impartida por el arqueólogo Eduardo García Wiguera / Foto: Archivo técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

guera abordó temas relacionados con el contexto de ubicación en el área del conjunto, la descripción general del edificio, la relación con otras estructuras aledañas y los primeros trabajos realizados.

De una manera más descriptiva hizo énfasis en la metodología de excavación, explicando los hallazgos realizados durante las fases de exploración. También mostró las diferentes cámaras funerarias con sus contextos, con énfasis en las pinturas murales de la Cámara 2 y la ofrenda de la Cámara 3, donde se localizaron las magníficas urnas del Señor 8 Temblor y la Señora Agua, además de restos óseos y otros objetos relevantes.

PONENCIA "LA INVESTIGACIÓN ARQUEOLÓGICA DENTRO DE LA GESTIÓN PATRIMONIAL EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA" IMPARTIDA POR LA DOCTORA NELLY M. ROBLES GARCÍA EN EL MARCO DEL XXXIII ANIVERSARIO DE LA INSCRIPCIÓN DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN Y DEL CENTRO HISTÓRICO DE OAXACA EN LA LISTA DEL PATRIMONIO MUNDIAL POR LA UNESCO

La conservación integral de un sitio con la distinción de Patrimonio Mundial, como es el caso de Monte Albán, conlleva una enorme cantidad y variedad de actividades técnicas que garanticen el funcionamiento del bien patrimonial, cuiden su presentación y mantenimiento, atiendan adecua-



Transparencia de la conferencia impartida por los arqueólogos Eduardo García Wiguerras y Dante García / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

damente al creciente número de visitantes y público escolar y mantengan seguras las áreas abiertas, monumentos y museos que lo integran.

Así lo enfatizó la doctora Nelly M. Robles García en su conferencia, insistiendo en que no se debe soslayar la importancia de la investigación científica para continuar con la interpretación adecuada del sitio. Tal es el caso de la investigación arqueológica, que aunque lastimosamente está relegada por las demás actividades prioritarias en el día a día de las diferentes zonas arqueológicas, garantiza la continuidad de la adquisición de conocimientos sobre un sitio o aspecto determinado.

De esta manera, la conferencia abordó la investigación arqueológica que ha permitido documentar hallazgos importantes dentro de los proyectos de atención a los daños causados por los sismos de 2017, ofrendas de abandono, sistemas constructivos, tradiciones funerarias, objetos suntuarios y su asociación con la arquitectura, solo algunos ejemplos de la riqueza arqueológica

que se ha presentado a lo largo de los proyectos técnicos asociados mayoritariamente con la problemática de atención a los daños de sismos en Monte Albán.

PONENCIA "RITUALES Y OFRENDAS DE ABANDONO EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA" IMPARTIDA POR LOS ARQUEÓLOGOS DANTE GARCÍA Y EDUARDO GARCÍA WIGUERAS EN EL MARCO DEL XXXIII ANIVERSARIO DE LA INSCRIPCIÓN DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN Y DEL CENTRO HISTÓRICO DE OAXACA EN LA LISTA DEL PATRIMONIO MUNDIAL POR LA UNESCO

Esta presentación tuvo por objetivo mostrar los contextos arqueológicos excavados que revelaron la presencia de ofrendas. Después de procesar los datos obtenidos a partir de los hallazgos, se pudieron inferir y definir áreas donde se realizaron rituales de abandono y de cierre de espacios, los cuales quedaron evidentes por la cantidad de objetos de

cerámica, la destrucción intencional arquitectónica y el cierre-cancelación del espacio. Esto se encuentra en diferentes áreas y se manifestó de varias maneras, sin embargo, se han encontrado elementos repetitivos en estos contextos.

Se explicó también que existía toda una ritualidad para generar estos contextos que se pueden enlistar en distintos espacios de Atzompa, como la plataforma sur de la Casa de los Altares, el edificio funerario y la Casa del Sur. En Monte Albán se definió el patrón de abandono y cancelación de las diferentes estructuras arquitectónicas de la ladera este del Edificio P. Y que en estos espacios se encontró además de un patrón de destrucción intencional de la arquitectura, ofrendas de cerámica “matada”, de objetos suntuarios como urnas, cajetes, manos de metates, vasijas de gran formato y artefactos de lítica tallada.

PONENCIA “TECNOLOGÍA 3D EN LA CONSERVACIÓN E INVESTIGACIÓN DE MONTE ALBÁN” IMPARTIDA POR EL ARQUITECTO DAMIÁN MARTÍNEZ TORRES EN EL MARCO DEL XXXIII ANIVERSARIO DE LA INSCRIPCIÓN DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE MONTE ALBÁN Y DEL CENTRO HISTÓRICO DE OAXACA EN LA LISTA DEL PATRIMONIO MUNDIAL POR LA UNESCO

El arquitecto Damián Martínez Torres refirió en esta conferencia el uso de tecnología de imagen 3D aplicada en el registro y documentación de elementos arqueológicos y arquitectónicos. Al respecto, se conoce como 3D (tres dimensiones) a la técnica que permite reproducir información visual tridimensional para crear profundidad en una imagen u obtener de manera virtual un objeto o elemento por completo, es decir todos sus lados o caras en conjunto. Para el registro y documentación se utilizó un *scanner* modelo FARO FOCUS S70. La metodología para obtención de dicha información se desarrolló en el siguiente orden:

Levantamiento en campo. Se exponen las estrategias y planeación de posicionamiento sobre terreno.

Programación y alcances del equipo. Tipo de programación y perfil del equipo en la toma de imágenes.

Procesamiento de datos. El procesamiento de los archivos digitales para la obtención de la imagen 3D.

Imagen 3D. Modelos 3D y sus aplicaciones en el registro y la documentación.

PARTICIPACIÓN EN LA 86 REUNIÓN ANUAL DE LA SOCIETY FOR AMERICAN ARCHAEOLOGY (SAA) CON LA MESA “AVANCES EN LOS ESTUDIOS DE LA ARQUITECTURA DE MONTE ALBÁN”

Uno de los foros internacionales de gran relevancia dentro del ámbito arqueológico es la Society for American Archaeology, la cual año con año realiza reuniones en las que participan cientos de estudiosos de diferentes países presentando sus proyectos de investigación. Por ello, se presentó una mesa titulada “Avances en los estudios de la arquitectura de Monte Albán”, conformada por integrantes y personal técnico del Proyecto, a través de la cual se expusieron temas referentes a los hallazgos realizados durante los trabajos de excavación arqueológica y de la intervención de restauración, dando como resultado las siguientes ponencias:

- “El análisis arquitectónico del conjunto Patio Hundido y sus estructuras compuestas: Edificios A y B de Monte Albán”, impartida por la doctora Nelly M. Robles García.
- “La documentación 3D como herramienta para el diagnóstico y la conservación de Monte Albán”, impartida por el maestro José Huchim.
- “Reconstrucción arquitectónica del Edificio P de Monte Albán, una visualización del pasado desde las herramientas digitales”.

impartida por la arquitecta Xóchitl Jasmín Martínez Martínez.

- “Análisis de la arquitectura de tierra en el Edificio P de la Zona Arqueológica de Monte Albán”, impartida por el arquitecto Luis García Lalo.
- “El sistema de desagües del Juego de Pelota de Monte Albán”, impartida por el arqueólogo Miguel Ángel Galván Benítez.
- “Iconografía zapoteca en los tableros doble escapulario de Casa del Sur del Conjunto

Monumental de Atzompa”, impartida por el arqueólogo Dante García.

- “Hallazgos de la excavación de una habitación residencial de la Época IIIB-IV en Atzompa, Oaxaca, México”, impartida por el arqueólogo Soren Frykholm.

Los comentarios estuvieron a cargo del doctor Gary Feinman.

Avances en los estudios de la arquitectura de Monte Albán
 Jueves, 15 de abril - 1:15 p. M. - 3:15 p. M. CDT
 Moderadores: Dante García and Neily Robles García

Mostrar resumen de sesión

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

Chat Materiales

Utilice la función de chat público para compartir sus reacciones y pensamientos con otros miembros de la sesión. ¿Necesitas ayuda con el contenido del chat? Póngase en contacto con meetings@saa.org.

Público

Dante García 13:18
saludos amigos, gracias por acompañarnos

Sarah Barber 13:18
Saludos tod@s

Dante García 13:19
Sarah, Sony! ... que gusto que nos

Subtítulos

EN VIVO

Enviar

Participación del maestro José Huchim en la 86 Reunión Anual de la SAA / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Avances en los estudios de la arquitectura de Monte Albán
 Jueves, 15 de abril - 1:15 p. M. - 3:15 p. M. CDT
 Moderadores: Dante García and Nelly Robles García

[Mostrar resumen de sesión](#)

[Salir de la sesión](#)

Reconstrucción arquitectónica del Edificio P de Monte Albán, una visualización del pasado desde las herramientas digitales

Dr. Ang. Xóchitl J. Martínez Martínez
 P. Arq. César Dante García Ríos
 Arq. Eduardo García Wiqueras

INSTITUTO NACIONAL DE ANTHROPOLOGÍA E HISTORIA MEXICO

saasaa@inmex.mx
cezar@inmex.mx
eduardo@inmex.mx

CULTURA Instituto Nacional de Antropología e Historia

ALL INFORMATION BELONGS TO PRESENTER(S) AND ANY REUSE REQUIRES THEIR PERMISSION(S)

SAA
 Servicio de Atención al Asistente

Chat Materiales

Utilice la función de chat público para compartir sus reacciones y pensamientos con otros miembros de la sesión. ¿Necesitas ayuda con el contenido del chat? Póngase en contacto con meetings@saa.org.

Público

Saludos tod@s

Dante García 13:19
 Sarah, Sorry!... que gusto que nos acompañen, un abrazo enorme!

Ronald Faulseit 13:20
 Hola Dante, gracias por la coordinación

Escribe un [Enviar](#)

[Subtítulos](#)

Participación de la arquitecta Xóchitl Jasmín Martínez Martínez en la 86 Reunión Anual de la SAA / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.

Avances en los estudios de la arquitectura de Monte Albán
 Jueves, 15 de abril - 1:15 p. M. - 3:15 p. M. CDT
 Moderadores: Dante García and Nelly Robles García

[Mostrar resumen de sesión](#)

[Salir de la sesión](#)

Avances en los estudios de la arquitectura de Monte Albán

Utilice la función de chat público para compartir sus reacciones y pensamientos con otros miembros de la sesión. ¿Necesitas ayuda con el contenido del chat? Póngase en contacto con meetings@saa.org.

Público

acompañarnos

Sarah Barber 13:13
 Saludos tod@s

Dante García 13:18
 Sarah, Sorry!... que gusto que nos acompañen, un abrazo enorme!

Escribe un [Enviar](#)

Chat Materiales

Utilice la función de chat público para compartir sus reacciones y pensamientos con otros miembros de la sesión. ¿Necesitas ayuda con el contenido del chat? Póngase en contacto con meetings@saa.org.

Público

acompañarnos

Sarah Barber 13:13
 Saludos tod@s

Dante García 13:18
 Sarah, Sorry!... que gusto que nos acompañen, un abrazo enorme!

Escribe un [Enviar](#)

[Subtítulos](#)

Participación de la doctora Nelly M. Robles García en la 86 Reunión Anual de la SAA / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.

Avances en los estudios de la arquitectura de Monte Albán
 Thursday, April 15 - 1:15 PM - 3:15 PM EST
 Chairs: Dante García and Nelly Robles García

[Show Session Abstract](#)

El sistema de desagües del Juego de Pelota de Monte Albán.

F.A. Miguel Ángel Galván Benítez
 FACHMÉXICO
 Email: benitez_ma12@hotmial.com

CULTURA Instituto Nacional de Antropología e Historia
 CONACULTA
 INAH Méxicó
 WORLD MONUMENTS FUND

ALL INFORMATION BELONGS TO PRESENTER(S) AND ANY REUSE REQUIRES THEIR PERMISSION(S)

SAI
 Society for American Archaeology

Chat Materials

Use the public chat feature to share your reactions and thoughts with other members of the session. Need help with the contents of the chat? Contact meetings@saa.org.

Public

Ronald Faulstich 13:30
 Hola Dante, gracias por la coordinación

Emmanuel Posselt Santoyo 14:04
 saludos y felicitaciones por todas las investigaciones realizadas en Monte Alban

Type a message... [Send](#)

Closed Captioning

Participación del arqueólogo Miguel Ángel Galván Benítez en la 86 Reunión Anual de la SAA / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Avances en los estudios de la arquitectura de Monte Albán
 Thursday, April 15 - 1:15 PM - 3:15 PM EST
 Chairs: Dante García and Nelly Robles García

[Show Session Abstract](#)

Análisis de la Arquitectura de tierra en el Edificio "P" de la Zona Arqueológica de Monte Albán.

Arg. Luis García Lalo
 Dra. Nelly Robles
 Arq. Dante García Hén
 Arq. Eduardo García
INAH Méxicó
 luisal99@hotmial.com

CULTURA Instituto Nacional de Antropología e Historia
 CONACULTA
 INAH Méxicó
 WORLD MONUMENTS FUND

ALL INFORMATION BELONGS TO PRESENTER(S) AND ANY REUSE REQUIRES THEIR PERMISSION(S)

SAI
 Society for American Archaeology

Chat Materials

Use the public chat feature to share your reactions and thoughts with other members of the session. Need help with the contents of the chat? Contact meetings@saa.org.

Public

Dante García 13:19
 Sarah, Sony!.. que gusto que nos acompañen. un abrazo enorme!

Ronald Faulstich 13:30
 Hola Dante, gracias por la coordinación

Type a message... [Send](#)

Closed Captioning

Participación del arquitecto Luis García Lalo en la 86 Reunión Anual de la SAA / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

Avances en los estudios de la arquitectura de Monte Albán
Thursday, April 15 - 1:15 PM - 3:15 PM EST
Chairs: Dante García and Nelly Robles García

Show Session Abstract

Leave Session

Chat Materials

Use the public chat feature to share your reactions and thoughts with other members of the session. Need help with the contents of the chat? Contact meetings@saa.org.

Public

recubiertas de estuco para evitar la erosión de las juntas, pero desafortunadamente no se encontró algún indicio.

Carol Devle 14:27
Felicidades Dante! Apasionante como siempre!!

Type a message... Send

Hallazgos de la Excavación de una Habitación Residencial de la Época IIB/IV en Atzompá, Oaxaca, México



Soren Frykholm
frykholm@umich.edu

Proyecto Arqueológico del Conjunto Monumental de Atzompá
Directora: Dra. Nelly Robles García

CULTURA Instituto Nacional de Antropología e Historia

ALL INFORMATION BELONGS TO PRESENTER(S) AND ANY REUSE REQUIRES THEIR PERMISSION(S)

SAA

Closed Captioning

Participación del arqueólogo Soren Frykholm en la 86 Reunión Anual de la SAA /Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.

Avances en los estudios de la arquitectura de Monte Albán
Thursday, April 15 - 1:15 PM - 3:15 PM EST
Chairs: Dante García and Nelly Robles García

Show Session Abstract

Leave Session

Chat Materials

Use the public chat feature to share your reactions and thoughts with other members of the session. Need help with the contents of the chat? Contact meetings@saa.org.

Public

¡Gracias a todos que hacen de esto un día con buenas ponencias.

Pedro Ramon Celis 14:32
¡Incredible!

Alex Sedño 14:32
Si, Incredible!

Type a message... Send

*Nuevos elementos en la iconografía zapoteca: Un hito en el tablero noroeste de Casa del Sur en el sitio arqueológico de Atzompá



Arqueólogo Dante García Bello
Dra. Nelly Robles García

Web: www.saa.org
meetings@saa.org
www.saa.org

CULTURA Instituto Nacional de Antropología e Historia

ALL INFORMATION BELONGS TO PRESENTER(S) AND ANY REUSE REQUIRES THEIR PERMISSION(S)

SAA

Closed Captioning

Participación del arqueólogo Dante García en la 86 Reunión Anual de la SAA /Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompá.



Participación del doctor Gary Feinman como comentarista en la 86 Reunión Anual de la SAA / Foto: Archivo Técnico Proyecto de Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en Monte Albán-Atzompa.

PROPUESTAS INTERPRETATIVAS

RECONSTRUCCIÓN VISUAL DEL EDIFICIO P

Actualmente las nuevas tecnologías han jugado un papel muy importante para la sociedad, siendo de gran ayuda en el registro y documentación arqueológica y de restauración pues han permitido desarrollar un sinnúmero de modelos 3D de objetos y edificios de algunas zonas arqueológicas, además de algunas reconstrucciones hipotéticas de cómo pudieron ser en la época prehispánica.

En función de lo anterior, se tuvo la iniciativa de realizar un modelo 3D del Edificio P de Monte Albán con base en la evidencia hallada en las exploraciones arqueológicas de este y otros proyectos anteriores de intervención.

El modelo de reconstrucción hipotética 3D del Edificio P está basado en su época de apogeo

(Monte Albán IIIA) y para ello el proceso de ejecución fue el siguiente: primero se analizaron y tomaron en cuenta los datos obtenidos de excavaciones arqueológicas referentes al edificio, además de los levantamientos topográficos hechos previamente; enseguida esa información fue procesada en el programa Autocad® para generar los puntos y la nube de puntos después convertidos a *renders* con el programa Sketchup®, donde se editaron los colores de las fachadas del edificio, el volumen total, entre otros aspectos; por último, estos se trasladaron al programa Timotion® para generar el modelo 3D y darle un mejor acabado y realidad virtual.

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA PROPUESTA VISUAL DE FACHADA ARQUITECTÓNICA A PARTIR DE ELEMENTOS ARQUEOLÓGICOS REGISTRADOS EN EL EDIFICIO P</p>	
 <p>Propuesta de la Fachada Este y Sistemas Constructivos del Edificio P.</p>	 <p>Esquina Sureste de la Fachada Este del Edificio P.</p> 	 <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. XÓCHITL JASMÍN MARTÍNEZ MARTÍNEZ</p> <p>ESCALA: LA INDICADA ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p> <p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CENTRO INAH OAXACA</p>
		

	<p>CONSERVACIÓN DE LOS EDIFICIOS DAÑADOS POR LOS SISMOS DE 2017 EN MONTE ALBÁN-ATZOMPA PROPUESTA VISUAL DE FACHADA ARQUITECTÓNICA A PARTIR DE ELEMENTOS ARQUEOLÓGICOS REGISTRADOS EN EL EDIFICIO P</p>	
 <p>Propuesta de Fachada Oeste de Edificio P Época IIIA</p>	 <p>LOCALIZACIÓN</p> <p>ELABORÓ: ÁREA DE RESTAURACIÓN ARQ. XÓCHITL JASMÍN MARTÍNEZ MARTÍNEZ</p> <p>ESCALA: LA INDICADA ELAB: ENERO 2021 IMPRESIÓN: ENERO 2021</p> <p>DIRECTORA DEL PROYECTO ARQUEOLÓGICO: DRA. NELLY M. ROBLES GARCÍA CENTRO INAH OAXACA</p>	
		

PROPUESTA LITOGRÁFICA DE LA VASIJA EFIGIE DEL SEÑOR 8 TEMBLOR

Una de las características indiscutibles de Atzompa es la maestría de los artesanos alfareros prehispánicos que llegaron a crear piezas excepcionales tanto en técnica como en diseño, siendo las vasijas efigie, también llamadas urnas, de las más vistosas y elaboradas. La finura en los detalles, así como su destreza para manufacturar piezas de gran formato, son dignas de admirar. Una de ellas fue motivo de inspiración para la realización de una obra litográfica por la dibujante del Proyecto, quien colaboró en la integración de una carpeta titulada “Cosecha gráfica”, la cual comprende diez litografías en las que participaron igual número de artistas oaxaqueños como parte de una iniciativa del Colectivo Tequio. La Buena Impresión A. C.

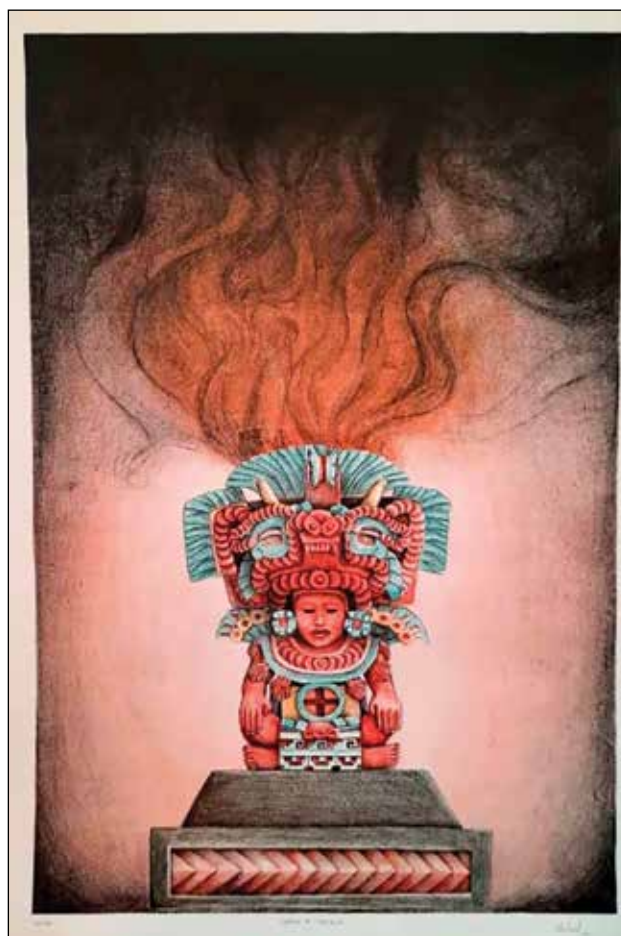
La ejecución de la obra gráfica se llevó a cabo en las instalaciones del taller La Buena Impresión, ubicadas en el centro de la ciudad de Oaxaca. Sobre piedra calcárea preparada, en formato vertical, se realizaron tres dibujos con lápiz graso y fue producida en una prensa eléctrica Voirin de 1909, sobre papel algodón, con una serie total de 30 impresiones.

El elemento principal corresponde a la urna del Señor 8 Temblor, recuperada de la Tumba 242 M. A. en el complejo funerario del Edificio 6, adjunto a la Casa de los Altares, durante las excavaciones del Proyecto Arqueológico Conjunto Monumental de Atzompa 2012 (Robles *et al.*, 2014), que muestra un personaje joven de élite, ricamente ataviado con un pectoral semicircular del cual penden conchas bivalvas; más abajo se encuentran el glifo “Temblor” y el numeral 8, los cuales le otorgan su nombre, y su *maxtlatl* se encuentra decorado por grecas.

Coronando este ajuar, porta un imponente tocado en el que se fusionan atributos de lagarto y mariposa, enmarcados por discos y plumas preciosas (Robles, Pacheco, Olvera, 2014). Aunado a lo anterior, posee una policromía de tonos rojos,



Trazado del dibujo en la matriz de piedra montada en la prensa / Foto: Isis G. Martorell.



Señor 8 Temblor (Isis G. Martorell Vázquez). Litografía. Papel 70 x 47.5 cm. Imagen 63 x 42, 2020 / Foto: Isis G. Martorell.



Detalle de la obra / Foto: Isis G. Martorell.

verdes y amarillos que, en conjunto, la convierten en una pieza dotada de fuerza y misterio.

La obra litográfica es una representación artística de la vasija efigie previamente descrita, la

cual propone una interpretación del objeto en su uso ritual durante las ceremonias funerarias, fungiendo a la vez de brasero. Así, el lagarto y la mariposa, seres de tierra y aire, simbolizan la dualidad del universo, y el humo de incienso de copal que emana del brasero se funde sinuosamente en el aire, creando un vínculo con el plano espiritual; de este modo el combustible terreno es transmutado a través del fuego y elevado a lo etéreo. La gama de colores usada pretende acercarse a los tonos originales de los pigmentos en el vestigio, siendo más vibrantes que los apreciados actualmente en la pieza cerámica, opacados ya por el tiempo.

14. CONCLUSIONES

Este Proyecto, que ha permitido atender de manera integral los daños provocados por los sismos y otros factores a diversos edificios de Monte Albán-Atzompa, significa un hito en los procedimientos para enfrentar los efectos de un desastre sobre el patrimonio construido.

Se recurrió para su ejecución a nuevos planteamientos teóricos y de análisis para el estudio histórico y la conservación, lo que dio pie a la revisión y evaluación de las intervenciones históricas y contemporáneas, a la utilización de nuevas tecnologías, a la participación estudiantil, dentro de una metodología incluyente, mediante la cual se logró que los participantes hicieran propios los problemas que mostraron los monumentos.

Ante la evidencia de que las principales afectaciones por los sismos a los monumentos arqueológicos provienen en gran parte del medio geológico en el que estos se hallan construidos, los estudios con georradar, los de resistividad eléctrica y el uso de magnetómetro hicieron posible conocer a detalle las fallas y problemas que presenta el sustrato rocoso de la Plaza Central de Monte Albán y de algunos espacios del Conjunto Monumental de Atzompa.

Estos datos se corroboraron con exploraciones arqueológicas puntuales que permitieron conocer la profundidad de los daños causados por los sismos y las problemáticas estructurales que presentaban los monumentos, no solo por los eventos sísmicos sino también por otras causas como la acumulación de humedad y la consecuente presencia de vegetación, la pérdida de los componentes químicos de las materias primas empleadas, así como los daños ocasionados por las primeras exploraciones y el sobrepeso generado en los edificios por el abuso en las restauraciones a lo largo de la historia reciente.

Con la arqueología en el centro de un esquema verdaderamente interdisciplinario, más los oportunos apoyos interinstitucionales, los trabajos tuvieron el respaldo académico y asesorías especializadas necesarias, principalmente en áreas y actividades que rebasan los límites de la arqueología y la restauración de monumentos, como fue el caso en los tratamientos sobre la estructuración de taludes.

Los estudios arqueológicos a su vez nos permitieron analizar los diferentes sistemas constructivos de los edificios; mediante los análisis de muestras de suelos, pisos y otros elementos arquitectónicos, así como diferentes ejercicios experimentales, pudimos comprobar que la tierra es la

base para la mayoría de los procesos constructivos que utilizaron los antiguos zapotecos. Además, las excavaciones arqueológicas nos corroboraron la condición fragmentada de los monumentos de esta zona arqueológica, los que, por razones del tiempo en desuso, han perdido sus cubiertas y, aplanados o la “piel” que originalmente los protegía, quedando sus materiales internos expuestos y por ende, a procesos de destrucción permanentes.

Estos procedimientos, por lo tanto, son los mínimos necesarios para lograr atender a fondo la problemática que presentan algunos edificios de Monte Albán respecto al riesgo sísmico al que han estado expuestos, y nos posibilita replantear las acciones que debemos planear y desarrollar para toda la zona arqueológica, a fin de prevenir futuros daños innecesarios en otros edificios a causa de los movimientos telúricos.

En este sentido, con los estudios realizados en este Proyecto pudimos determinar la emergencia que se presenta en la ladera este de la Plaza Principal de Monte Albán. Las condiciones de

inestabilidad y deslizamiento que mostró el Edificio P lamentablemente son solo un ejemplo de la tendencia de los rellenos de la Plaza Principal en ese sector. Por consiguiente, debemos partir de la premisa de que su estudio e intervención reportados aquí constituyan un proyecto piloto para actuar en consecuencia en toda la ladera. Es un hecho que un proyecto de tal magnitud tendrá un costo muy elevado, para el cual se tendrá que establecer una plataforma de trabajo técnico y social que además de beneficiar a la zona de monumentos arqueológicos signifique un ejemplo de participación y conocimiento de y hacia las comunidades involucradas.

Con estas acciones el Proyecto abonará a la causa de la resiliencia del sitio, pues entre más preparados nos encontremos para afrontar los efectos sísmicos y de otra índole, será posible planear proyectos y estrategias de largo plazo que atiendan a los sitios arqueológicos y aseguren un mejor futuro para los monumentos y para la sociedad que se beneficia de estos.

15. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Agisoft-Metashape
2020 <https://www.agisoft.com/>
- Balderrama Alva, Alejandro y Giacomo Chiari
1987 *Protección y exhibición de estructuras excavadas de adobe en la conservación de zonas arqueológicas*. ICCROM/CNCR/DBAN (Ed. N Stanley Prince) pp.113-124.
- Barba Pingarron Luis; Linda Manzanilla
1987 “Estudio de áreas de actividad”. En Linda Manzanilla (Ed.). *Análisis de dos unidades habitacionales mayas del horizonte clásico, Cobá Quintana Roo* (pp. 69-115). Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.
- Barba Pingarrón, Luis; Agustín Ortiz Butrón y Alessandra Pecci
2014 “Los residuos químicos. Indicadores arqueológicos para entender la producción, preparación, consumo y almacenamiento de alimentos en Mesoamérica”. *Revista Anales de Antropología* No. 48-I (2014), pp. 201-239, UNAM, México.
- Bernd Fäthmel Beyer
1986 “Cuatro siglos de interpretación de la arquitectura monumental prehispánica del Valle de Oaxaca: 1580-1984”. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*, núm. 7. UNAM, México.
- Beretta Andrés, Daniel Bassahun, Raquel Musselli, Deborah Torres
2015 “Medición de pH del suelo con papel reactivo”. *Agrociencia Uruguay*, vol. 19-2, julio/diciembre, pp. 68-74. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. Consultado en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v19n2/v19n2a09.pdf>
- Binford, Lewis R.
1964 “A consideration of archaeological research design”. *American Antiquity*, vol. 29, núm. 4, pp. 425-441.
- Brandi, Césare
1963. *Teoría de la Restauración*. Alianza, Madrid.
- Caso, Alfonso
1932 *Las Exploraciones en Monte Albán. Temporada 1931-1932*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia No. 7, México D.F.
1935 *Las Exploraciones en Monte Albán. Temporada 1934-1935*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia No. 18, México D.F.
2003 *Exploraciones en Oaxaca. Quinta y Sexta Temporada 1936-1937*. El Colegio Nacional, México D.F.
- Caso, Alfonso, Ignacio Bernal y Jorge R. Acosta
1967 “La cerámica de Monte Albán”. *Memoria del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, núm. 13. INAH-SEP, México, D.F.
- COMPAÑÍA MEXICANA DE AEROFOTO
2020 http://fundacion-ica.org.mx/nuestro_acervo
- Daneels, Annick
2015 “Los sistemas constructivos de tierra en el México prehispánico”. En M. C. Achig Balarezo (Coord.). *Tierra, Sociedad, Comunidad. 15° Seminario Internacional de Arquitectura y Construcción con Tierra* (pp. 219-232). Universidad de Cuenca y Red Iberoamericana Proterra, Cuenca, Ecuador.

- Fahmel Beyer, Bernd
1991 *La Arquitectura de Monte Albán*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Fielden, Bernard M.
1987 *Between Two Earthquakes. Cultural Property in Seismic Zones*. ICCROM. The Getty Conservation Institute. Roma-Marina del Rey, California.
- Gama Jorge, Tamara Cruz, Teresa Pi-Puig, René Alcalá, Héctor Cabadas, Carolina Jasso, Jaime Díaz, Serafín Sánchez, Fernando López, Rodrigo Vilanova
2012 “Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica”. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 64, núm. 2, pp. 177-188.
- García, Itzel
2017 *Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales*. [Tesis para obtener el título de ingeniero en diseño]. Universidad Tecnología de la Mixteca, Oaxaca, México.
- GIMP
2020 <https://www.gimp.org/>
- Giovanna Liberotti, Annick Daneels
2012 “Adobes en arquitectura monumental: análisis químico-físicos, arqueología y reconstrucción 3D para determinar las técnicas constructivas en los sitios de La Joya (México) y Arslantepe (Turquía)”. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 64, núm. 1, pp. 78-89.
- Harris, Edward Cecile
1993 *Principles of archaeological stratigraphy*. Academic Press Limited, USA.
- Hernández Santana, José Ramón, Mario Arturo Ortiz Pérez, Manuel Figueroa Mah Eng
2009 “Análisis morfoestructural del estado de Oaxaca, México: un enfoque de clasificación tipológica del relieve”. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, ISSN 0188-4611, núm. 68, pp. 7-24. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ibáñez, Juan José y Francisco Javier Manríquez Cosío
2013 *Umbrisoles (WRB)*. Consultado en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2013/01/09/142763>
- INEGI
1998 *Carta Geológico-Minera, Oaxaca de Juárez E14-D47, Oaxaca*. Consultado en: http://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/1926_E14-D36_GM.pdf
- 2004 *Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca*. Consultado en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224394/702825224394_1.pdf. Servicio Geológico Mexicano.
- Juárez Badillo, Eulalio y Alfonso Rico Rodríguez
2005 *Mecánica de Suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Limusa, México.
- Jigyasu, Rohit
2016 “Reducing Disaster Risks to Urban Cultural heritage: Global Challenges and Opportunities”. *Journal of Heritage Management*, vol. 1, issue 1, pp. 59-67.
- King, Joseph, Wijesuriya, G., Copithorne, J.
2006 *Integrating Traditional Knowledge Systems & Concern for Cultural & Natural Heritage into Prevention Risks Management Strategies*. ICCROM, WHC. Consultado en: <https://www.preventionweb.net/publications/>
- Marquina, Ignacio
1951 *Arquitectura Prehispánica*. Instituto Nacional de Antropología e Historia-Secretaría de Educación Pública, México.
- Matos Moctezuma, Eduardo
2010 *Arqueología del México Antiguo*. Jaca Book, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México D.F.
- Méndez Rojas, Alejandro Néstor y Pimentel Díaz, Ángel Agustín

- 2010 *Tipología de los instrumentos musicales y artefactos sonoros arqueológicos de Mesoamérica y el Norte de México*. [Tesis de Licenciatura]. ENAH, México.
- Monjo-Carrio, Juan
2005 “La evolución de los sistemas constructivos en la edificación”. Procedimientos para su industrialización. *Informes de la Construcción*, vol. 57, núm. 499-500, septiembre-octubre/noviembre-diciembre. España.
- Montaño Perches, Regina de los Ángeles
2002 “La historiografía de Monte Albán bajo el punto de vista lakatosiano. Desde una ciudad-fortaleza al de gussíyúu. Un análisis estatal y urbano”. *Revista de Estudios Mesoamericanos*, núm. 3-4, pp. 46-69. UNAM, México.
- Morelos, Noé
1991 “Consideraciones sobre un nivel de análisis del sistema constructivo en Teotihuacán”. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*, núm. 13, pp. 37-48. Centro de Investigación en Arquitectura y Urbanismo, Facultad de Arquitectura, UNAM, México.
- Ortega Gutiérrez, Fernando
1981 “Metamorphic belts of southern Mexico and their tectonic significance”. *Geof. Int.*, vol. 20-3, pp. 177-202. México.
- Ortiz, Gabriela
2003 “La aplicación de análisis químicos para la interpretación de áreas de actividad en la región subandina de Jujuy”. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales*, núm. 20, noviembre, pp. 291-321. Universidad Nacional de Jujuy, Argentina.
- ONU
2015 *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. Ginebra.
- Padilla y Sánchez, Ricardo José
2007 “Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México”. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, tomo LXI, núm. 1, pp. 19-42. Consultado en: https://transboundary.tamu.edu/media/1375/2007_padilla.pdf.
- Res2Dinv
2021 <https://www.geometrics.com/software/res2dinv/>
- Rivero López, Angélica
2004 *Los conjuntos arquitectónicos no residenciales con cuatro estructuras en Monte Albán, Oaxaca*. [Tesis para optar por el grado de Maestría en Antropología]. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Robles García, Nelly M.; Alberto Juárez Osnaya
2004 *Historia de la Arqueología en Oaxaca*. Instituto Oaxaqueño de las Culturas, Gobierno del Estado de Oaxaca, CONACULTA-INAH, Oaxaca, México.
- Robles García, Nelly M. (Coord.)
2009 *Los Monumentos Arqueológicos de Monte Albán ante los Desastres Naturales: El Sismo de 1999*. Colección Científica No. 535, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México D.F.
- Robles García, Nelly M, O. Sterpone, J. Huchim Herrera, C. D. García Ríos, E. García Wigueras I., M. A. Galván Benítez, K. H. Aguilar Vázquez, D. Martínez Torres, I. G. Martorell Vázquez, J. M. Zúñiga, L. García Lalo
2019 *Proyecto: Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa*. Informe Técnico aprobado por el Consejo de Arqueología del INAH.
- 2020 *Proyecto: Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos del 2017 en Monte Albán-Atzompa*. Informe Técnico aprobado por el Consejo de Arqueología del INAH.
- Rico Rodríguez, Alfonso
2005 *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas*. Limusa, México.
- Sánchez García, Ángel
1999 “Las técnicas constructivas con tierra en la arqueología pre-romana del país valenciano”.

- Quaderns de prehistoria arqueología de Castelló*, núm. 20, pp. 161-188. Universidad de Alicante, España.
- Sánchez, Serafín
2005 *Descripción de perfiles estratigráficos en campo y Análisis físicos-químicos de suelos y sedimentos*. CONACULTA INAH, Escuela Nacional de Antropología e Historia. México.
- Sánchez Santiago, Gonzalo y Marisol Yadira Cortés Vilchis
2012 “Instrumentos sonoros prehispánicos hallados en el sur del Istmo de Tehuantepec”. *Arqueología Mexicana*, núm. 113, enero-febrero, pp. 78-81.
- Schávelzon, Daniel
1990 *La conservación del patrimonio cultural en América Latina. Restauración de edificios prehispánicos en Mesoamérica: 1750-1980*. Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas Mario J. Buschiazzi, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Schiffer, Michael Brian
1976 *Behavioral Archeology*. Academic Press.
- Stovel, Herb
2003 *Preparación ante el riesgo: Un manual para el manejo del Patrimonio Cultural Mundial*. ICCROM. Roma, Italia.
- UNESCO
1972 “Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural”. Consultado en: <https://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>
- 1994 *Documento de Nara sobre Autenticidad*. UNESCO, ICCROM, ICOMOS.
- 2010 *Managing Disaster Risks for World Heritage*. UNESCO/ICCROM/ICOMOS/IUCN. Roma, Italia.
- UNISDR
2014 *Informe Regional del Estado de la Vulnerabilidad y Riesgos de Desastres en Centroamérica*. UNISDR, CEPREDENAC. Panamá, Génova.
2016. “La reducción de riesgos de desastres en América Latina y el Caribe: Una guía para el fortalecimiento de las alianzas público-privadas”. SELA, UNISDR. Caracas, Venezuela.
- Vásquez-Rasgado, Pedro Saúl y Gerardo Rodríguez-Ortiz
2018 “Los suelos de los valles centrales de Oaxaca”. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, vol. 5, núm. 2, pp. 156-167.
- Villalobos, Alejandro
2010 “Las pirámides: procesos de edificación. Tecnología constructiva mesoamericana”. *Arqueología Mexicana*, vol. 17, núm. 101, pp. 56-63. Ed. Raíces, México.
- Villaseñor Alonso, Isabel y Luis Alberto Barba Pingarrón
2011 “Estudio de materiales constructivos en la arqueología mesoamericana”. *Anales de Antropología*, núm. 45, pp. 79-98. Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.

DOCUMENTOS CONSULTADOS EN LA LIGA DE LA RED DE INTERNET

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224394/702825224394_10.pdf

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224394/702825224394_11.pdf

<http://usuarios.geofisica.unam.mx/vladimir/sismos/100a%F1os.html>

<http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/index.php/component/content/article/296-sitio/articulos/cuarta-epoca/6802/1467-6802-3-martinez>

http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2020/SSNMX_rep_esp_20200104_Oaxaca_M60.pdf

https://www.youtube.com/watch?v=JmpDc_2-gEs

Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 de la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa, terminó de imprimirse en Oaxaca, México, en noviembre de 2022. La tipografía empleada fue Minion Pro y Myriad Pro. Se tiraron mil ejemplares más sobrantes para reposición.



Varias regiones de México experimentan frecuentes movimientos sísmicos, particularmente aquellas localizadas en áreas con interacción de placas tectónicas, tal es el caso de los estados de Chiapas y Oaxaca como consecuencia del choque frecuente entre las placas de Norteamérica y de Cocos.

Estos fenómenos, que suelen traer aparejadas grandes tragedias por la pérdida de vidas humanas y la devastación de infraestructura de todo tipo, también alteran el patrimonio edificado en las zonas arqueológicas de México.

En este escenario, el caso de Oaxaca resulta significativo, en tanto su actividad sísmica es una de las mayores del país, lo mismo en frecuencia que en intensidad. Los fuertes sismos ocurridos el 7 y el 19 de septiembre de 2017 dejaron su trágica impronta; su fuerza se vio reflejada en múltiples daños en varios estados de la República mexicana y la zona arqueológica de Monte Albán-Atzompa no fue la excepción.

El trabajo que aquí se presenta es resultado de una ejemplar respuesta ante los efectos que sobrevienen a estos inevitables e impredecibles eventos. La respuesta inmediata, las acciones emergentes, el registro detallado de los daños, los diagnósticos certeros, así como una intensa y exitosa gestión en distintos niveles y ámbitos, dentro y fuera de nuestra institución, hicieron posible plantear y llevar a cabo un proyecto que respondiera de forma integral a los daños ocasionados al patrimonio edificado de Monte Albán-Atzompa por los movimientos telúricos de septiembre de 2017.

Es digno reconocer la idoneidad del equipo multidisciplinario que se conformó para realizar este proyecto de conservación, al igual que el empleo de tecnología de última generación como herramientas fundamentales en la ejecución de los trabajos. Esta suma de factores dio como resultado la generación de una sólida y fundamentada metodología cuyas bondades ya se manifiestan en el estado físico de los edificios a medida que se han ido interviniendo.

No es menos importante que como un aspecto toral de este proyecto se haya dado la interacción con otras instituciones, creando una base de conocimiento amplia que servirá como simiente para trabajos semejantes en el corto, mediano y largo plazos.

No hay duda que el proyecto *Conservación de los Edificios Dañados por los Sismos de 2017 en la Zona Arqueológica de Monte Albán-Atzompa*, que dio origen a esta obra, representa una intervención paradigmática que será referencia obligada para la atención en los casos, que aunque no deseados, inevitablemente se repetirán incidiendo, entre otros bienes, en los monumentos arqueológicos.

Dr. Pedro Francisco Sánchez Nava
Coordinador Nacional de Arqueología



CULTURA
SECRETARÍA DE CULTURA



Instituto Nacional
de Antropología
e Historia



**WORLD
MONUMENTS
FUND**