



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ESTUDIOS  
MESOAMERICANOS  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOLÓGICAS

PROPUESTA CRONOLÓGICA DE LAS ETAPAS CONSTRUCTIVAS DEL  
CONJUNTO PLAZA DE LA PIRÁMIDE DEL SOL, TEOTIHUACAN, MEDIANTE  
ARQUEOMAGNETISMO Y LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES  
CONSTRUCTIVOS.

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN ESTUDIOS MESOAMERICANOS

PRESENTA:  
HILDA LOZANO BRAVO

TUTOR  
DR. LUIS ALBERTO BARBA PINGARRÓN  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS, UNAM

DRA. ANA MARÍA SOLER ARECHALDE  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM  
DR. JOSÉ LUIS RUVALCABA SIL  
INSTITUTO DE FÍSICA, UNAM  
DRA. EDITH ORTIZ DÍAZ  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS, UNAM  
DR. JAVIER REYES TRUJEQUE  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CORROSIÓN, UAC

CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE, 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**“Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, considerado en la Legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí contenidas, manifiesto que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría. Las citas de otras obras y las referencias generales a otros autores, se consignan con el crédito correspondiente”.**

*A mi TS'UNU'UN (Michu)*





# AGRADECIMIENTOS

## ACADÉMICOS

Al Posgrado de Maestría y Doctorado en Estudios Mesoamericanos de la UNAM.

Al comité tutorial conformado por Dr. Luis Alberto Barba Pingarrón, Dra. Ana María Soler Arechalde, Dr. José Luis Ruvalcaba Sil, Dra. Edith Ortiz Díaz y Dr. Javier Reyes Trujeque. Por todo su apoyo y colaboración para la realización de esta investigación.

Al Programa de Conservación e Investigación en el Complejo Arquitectónico de la Pirámide del Sol. Teotihuacán, México. Temporada 2014. Así como a los directivos de la zona arqueológica de Teotihuacan y al Arqlgo. Alejandro Sarabia.

Este proyecto de investigación recibió apoyo de la Red de Ciencias Aplicadas a la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural de CONACYT con número de proyecto 294885, cuyo responsable técnico es el Dr. Luis Alberto Barba Pingarrón.

Al Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica de la UNAM.

Se agradece el apoyo del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural LANCIC sede Instituto de Física UNAM, a través de los proyectos CONACYT LN 279740, LN293904 y CB239609; así como al proyecto PAPIIT UNAM IN112018.

Se agradece el apoyo técnico de el Dr. Alejandro Mitrani, Dr. Edgar Casanova González, M. en C. Jaqueline Cañetas Ortega, la M. en C. Mayra Dafne Manrique Ortega, M. en C. Valentina Aguilar Melo, Mtra. Ma. Soledad Ortiz Ruíz, Q. Griselda Pérez Ireta, M. en C. Arnaldo Hernández Cardona, Arqlgo. Alan Barrera

A la Dra. Ana María Soler, especialmente, por ser la primera en creer que estos PISOS eran un gran tema de investigación. Y creer en mi capacidad para desarrollar este trabajo y llevarlo a buen fin.

A la Dra. Edith Ortiz, por subirse a este tren de investigación. Gracias por creer en mí incluso antes que yo misma y por apoyarme en cada uno de los altibajos de este camino. Gracias por emocionarte conmigo y estar ahí como profesora, tutora y amiga.

A la Dra. Linda R. Manzanilla Naim, que es mi ejemplo académico a seguir. Por ser mi mentora.

A la Dra. Isabel Rivera Collazo, gracias por todos los consejos académicos, por mostrarme un mundo académico más amplio y el valor de mi trabajo.

Gracias a todos los trabajadores, administrativos y colegas, que colaboraron conmigo durante las excavaciones en la Plaza de la Pirámide del Sol. Especialmente al restaurador Alexis R. Cruz, por todo su apoyo durante la temporada de campo y su apoyo emocional.

### PERSONALES

A mis padres. Hilda Lucía Bravo Bonilla gracias por ser mis alas, por enseñarme a soñar y a alcanzar mis sueños, a nunca rendirme y a que aun cuando se puede caer siempre hay que levantarse, te limpias, te sobas y te tomas un vaso de agua. Te amo. A Jorge Lozano Medrano, siempre serás parte de mí y de cada paso que doy. Gracias por enseñarme a buscar ser la mejor en aquello que amo y que la competencia siempre es conmigo misma. Ustedes son mis pilares y mi corazón.

A Dante. Gracias por todo tu apoyo, por tu compromiso conmigo y con mi trabajo. Por ser parte del proceso de disfrutar la vida más allá de lo académico. Gracias por todos los lugares, viajes, comidas, películas y momentos compartidos. Gracias por escucharme y siempre estar ahí cuando lo he necesitado, esta maestría no sería lo mismo sin ti.

A mi familia. Hermanos (Jorge y Roberto), cuñadas (Andrea y Criis), sobrinas (Constanza, Valentina, Sara e Isabella), tíos, tías, primos y primas. A todos los que estuvieron de cerca o lejos durante este proceso. Gracias por toda la vida compartida hasta hoy.

A la Familia Velázquez Rivera. Gogo, Mario, Jessica y Julián, gracias por todo su apoyo y todo lo que vivimos como familia durante todo el proceso de maestría y la redacción de la tesis. Gracias por ser parte de mi vida.

A la Familia Rivera Collazo. Aquí entran todos aquellos descendiente de este clan. Abuela, gracias por ser un ejemplo de vida.

A la Familia Rangel Estrada. Gracias por prestarme un espacio en su casa y corazón durante tanto tiempo y sobre todo al momento de escribir el proyecto de investigación con el que inicie esta etapa de mi vida.

A mis amigas-hermanas Patty, Gina, Martina, Gris, Carlotta, Pau, Irán, Malena, María, Sara y Mel. Gracias a cada una por todo su apoyo, comprensión y todos los cafés. Gracias a las que estuvieron desde el inicio o llegaron al final, para mí todas son importantes y han aportado su granito de arena dentro de este ciclo. Patty, gracias por abrir tu casa y tu corazón para hacer mi proceso de maestría más sencillo. Gracias a todas, son mujeres que sólo me motivan para ser mejor persona, para ser una mejor versión de mi misma.

GRACIAS a los PISOS, material arqueológico que me ha enseñado tanto de la sociedad que los construyó y tanto más acerca de los alcances de la interdisciplina en el quehacer arqueológico.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES.....</b>	<b>8</b>
<i>I.1. Complejo Pirámide del Sol.....</i>	<i>10</i>
<i>I.2. Excavaciones en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol.....</i>	<i>14</i>
<i>I.3. Otros trabajos arqueométricos sobre patrimonio cultural y Teotihuacan.....</i>	<i>29</i>
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....</b>	<b>34</b>
<i>II.1. Arqueomagnetismo.....</i>	<i>34</i>
<i>II.2. Análisis físicos no destructivos y análisis micromorfológicos.....</i>	<i>40</i>
<i>II.2.1. <u>Caracterización de materiales</u>.....</i>	<i>42</i>
a) <u>Microscopía Óptica</u> .....	42
b) <u>Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)</u> .....	43
c) <u>Difracción de rayos X (XRD)</u> .....	45
d) <u>Fluorescencia de rayos X (XRF)</u> .....	47
e) <u>Espectroscopia Raman</u> .....	48
<i>II.2.2. <u>Identificación de procesos y avances tecnológicos</u>.....</i>	<i>50</i>
a) Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) con Módulo Reflectancia Total Atenuada (ATR).....	50
b) Micromorfología de suelos, aplicada a pisos.....	53
<i>II.3. <u>Análisis de residuos químicos de pisos para la detección de Áreas de actividad</u>.....</i>	<i>57</i>

**CAPÍTULO III: ARQUEOMAGNETISMO. RESULTADOS..... 63**

*III.1. El arqueomagnetismo como herramienta para datar pisos. Estudio de la susceptibilidad magnética en tres niveles de piso de la Plaza de la Pirámide del Sol..... 64*

- a) Piso Blanco..... 66
- b) Piso Rojo..... 69
- c) Piso Negro..... 73

*III.2. Recapitulación de los resultados arqueomagnéticos para la construcción de una propuesta cronológica..... 80*

**CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES. RESULTADOS..... 84**

*IV.1. Uso de análisis físicos NO destructivos y microdestructivos, para la caracterización de los materiales constructivos de tres pisos teotihuacanos .....84*

*IV.1.1. Piso Blanco..... 85*

- a) Microscopía Óptica..... 85
- b) Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)..... 87
- c) Difracción de rayos X (XRD)..... 99
- d) Fluorescencia de rayos X (XRF)..... 105
- Síntesis del Piso Blanco..... 108

*IV.1.2. Piso Rojo..... 109*

- a) Microscopía Óptica..... 110
- b) Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)..... 112
- c) Difracción de rayos X (XRD)..... 125
- d) Fluorescencia de rayos X (XRF)..... 132

e) <u>Espectroscopia Raman</u> .....	134
<u>Síntesis del Piso Rojo</u> .....	137
<i>IV.1.3. <u>Piso Negro</u></i> .....	139
a) <u>Microscopía Óptica</u> .....	140
b) <u>Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)</u> .....	143
c) <u>Difracción de rayos X (XRD)</u> .....	154
d) <u>Fluorescencia de rayos X (XRF)</u> .....	159
<u>Síntesis del Piso Negro</u> .....	162

## **CAPÍTULO V: IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS Y AVANCES TECNOLÓGICOS.**

<b>RESULTADOS</b> .....	<b>166</b>
-------------------------	------------

<i>V.1. <u>Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) con Reflectancia Total Atenuada (ATR). Metodología para determinar el grado de calcinación de los carbonatos</u></i> ....	<b>167</b>
---	------------

<i>V.2 <u>Micromorfología de suelos aplicada en el estudio de Pisos provenientes de la Plaza de la Pirámide del Sol</u></i> .....	<b>174</b>
---	------------

a) <u>Piso Blanco</u> .....	<b>175</b>
b) <u>Piso Rojo</u> .....	<b>180</b>
c) <u>Piso Negro</u> .....	<b>186</b>

## **CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN FINAL Y CONCLUSIONES**..... **192**

<i>VI.1. <u>Nuevos aportes a la cronología del Conjunto Pirámide del Sol, Teotihuacan</u></i> .....	<b>194</b>
---	------------

<u>Propuesta Cronológica</u> .....	<b>196</b>
------------------------------------	------------

<u>Primera Etapa Constructiva. (79- 182 d.C.) Tzacualli- Miccaotli. Los inicios de un Estado</u> ....	<b>196</b>
---	------------

<i>Segunda Etapa Constructiva. Miccaotli- Tlamimilolpa. La Gran Pirámide, el poder reflejado en la grandeza....</i>	<b>198</b>
<i>Tercera Etapa Constructiva. (290- 385 d. C.) Tlamimilolpa. Esplendor Teotihuacano....</i>	<b>200</b>
<i>Cuarta Etapa Constructiva. (353- 446 d. C) Xolalpan. La gran renovación urbana....</i>	<b>203</b>
<i>El Gran Incendio. (547-591 d. C.) Xolalpan tardío....</i>	<b>206</b>
<i>VI.2. Materiales y tecnología. El perfeccionamiento en la construcción de pisos teotihuacanos.....</i>	<b>209</b>
a) <i>El Piso Blanco (79- 182 d.C.).....</i>	<b>211</b>
b) <i>El Piso Rojo (290- 385 d.C.).....</i>	<b>213</b>
c) <i>El Piso Negro (353- 446 d.C.).....</i>	<b>220</b>
<i>VI.3. Arqueometría, la nueva cucharilla de la arqueología. ¿Indispensable o no?.....</i>	<b>226</b>
<i>VI.4. Propuesta metodológica de análisis de Pisos Antiguos.....</i>	<b>229</b>
<i>VI.5. Algunas experiencias para compartir.....</i>	<b>235</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>237</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>248</b>
<i>Análisis de residuos químicos aplicado a pisos. ¿Cuándo sí? ¿Cuándo No?.....</i>	<b>248</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES.....</b>	<b>253</b>
<i>Fotografías.....</i>	<b>253</b>
<i>Gráficas.....</i>	<b>258</b>
<i>Mapas.....</i>	<b>260</b>
<i>Tablas.....</i>	<b>262</b>

a) *Microscopía Óptica, Dino Lite*

-Piso Blanco

-Piso Rojo

-Piso Negro

b) *Mapeo SEM y cuantificaciones EDS*

- Base de datos SEM

- SEM Piso Blanco

- SEM Piso Rojo

- SEM Piso Negro

c) *Difracción de rayos X*

- Piso Blanco (PDF2/ PDF4)

- Piso Rojo (PDF2/ PDF4)

- Piso Negro (PDF2/ PD4)

d) *Fluorescencia de rayos X*

*Base de datos*

- Espectros Piso Blanco

- Espectros Piso Rojo

- Espectros Piso Negro

e) *Espectros FTIR*

*Base de datos.*

- 18 de Abril

- 21 de Marzo

- 23 de marzo



# INTRODUCCIÓN

“Teotihuacan was a religious center without equal in its time,  
a sacred city, the center of the cosmos,  
the place where time began.”

(R, Millon, 1988; en Manzanilla 1992:327)

Observar a la sociedad teotihuacana a través de sus pisos no parece posible, sin embargo con investigaciones como esta, se confirma el valor de este material como parte de la gama de materiales arqueológicos que nos permiten conocer diversos aspectos de la sociedad que los elaboró. Los pisos se han visto como superficies cuyo propósito es sostener los materiales, las construcciones, o sobre las cuales se realizan las actividades, etc. Pareciera que no han sido tomados en cuenta como un material independiente que puede proporcionar información acerca del uso de materias primas, redes de intercambio, explotación de yacimientos, avances tecnológicos, conocimiento y control de técnicas constructivas, e incluso contener y mantener información paleomagnética que permite conocer el momento de su construcción. Y es gracias a la relación del piso con su contexto que es posible hablar de aspectos más allá de sólo materiales constructivos. Estos estudios han permitido, o mejor dicho obligado a, trabajar con este material arqueológico poco valorado.

En esta investigación se aplicaron diversas metodologías analíticas sobre tres pisos (*Piso Blanco, Piso Rojo y Piso Negro*) provenientes del sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol, Teotihuacan. Con el objetivo de caracterizar los materiales con los que fue construido cada uno de los pisos. Así como, observar los cambios en los procesos de elaboración de las mezclas para las diferentes argamasas y reconocer, de ser posible, algunas de las tecnologías empleadas y sus

avances a través del tiempo de ocupación de esta gran plaza. Otro de los objetivos de este estudio fue crear una propuesta cronológica de las cuatro fases constructivas, detectadas hasta el momento, que conforman el Conjunto Pirámide del Sol. Propuesta basada en los análisis arqueomagnéticos que se realizaron de los tres pisos recuperados del sector sur y centro de la plaza; y de un fragmento de piso quemado, el cual fue recuperado de las excavaciones que se hicieron al frente de la entrada del túnel que se encuentra debajo de la Pirámide del Sol, sobre la plaza.

Los **OBJETIVOS** de esta investigación son: A) construir una propuesta cronológica de las cuatro fases constructivas del conjunto Plaza de la Pirámide del Sol por medio del análisis de paleodirecciones magnéticas de tres pisos localizados en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol. B) Caracterizar los materiales que utilizaron los teotihuacanos para elaborar las argamasas (de cal) con las que se construyeron estos pisos, así como observar si existen diferencias en los materiales utilizados en las partes que conforman cada piso. C) Caracterizar la tecnología utilizada en el procesamiento de los materiales utilizados para las argamasas, tanto para la matriz de cal como para los agregados. Por último, como objetivo general tenemos D) Conjuntando los resultados de los objetivos anteriores, reconocer las diferencias y el perfeccionamiento del uso de los recursos para la elaboración de los pisos a lo largo de la ocupación teotihuacana. Y, como esto se relaciona con los procesos sociales que tuvieron lugar a lo largo de 600 años de ocupación de Teotihuacan.

Dentro de las **HIPÓTESIS** se considera que: a) Como la estratigrafía de los pisos nos muestra el orden de construcción, y al tener la relación de ellos con las diferentes edificaciones del conjunto Plaza de la Pirámide del Sol, entonces será posible hacer una reconstrucción de los elementos que conformaron cada una de las diferentes fases constructivas y, por medio de las dataciones arqueomagnéticas, hacer una propuesta cronológica de la construcción de las fases presentes en este conjunto. Con respecto a la caracterización de los materiales b) debido a que visualmente se aprecian diferencias entre los tres pisos, entonces, se tendrán diferentes materiales utilizados en la elaboración de cada piso. O, si están empleando las mismas materias primas, se observaran diferencias en su procesamiento. También, c) ya que es posible reconocer diferencias visuales y de textura en la argamasa de cal de cada piso a simple vista, entonces será posible caracterizar diferencias del procesamiento de esta para cada fase constructiva, así como, identificar factores que intervinieron en el perfeccionamiento del procesamiento de producción, como es el caso de la temperatura obtenida para la calcinación de la roca caliza. d) Al ubicar

temporalmente cada uno de los pisos y conocer los materiales que los conforman, así como los procesos tecnológicos utilizados para el procesamiento de las materias primas, entonces se podrá identificar la relación existente entre la elaboración de cada uno de los pisos (fases constructivas) con los acontecimientos que tuvieron lugar a lo largo del tiempo de ocupación Teotihuacana.

Este escrito ha sido dividido en una introducción, seis capítulos, un apéndice y un anexo, en los cuales se desarrolla brevemente algunos **ANTECEDENTES** del sitio arqueológico, de las excavaciones que se realizaron en el 2014 en el sector sur de la plaza y de algunos trabajos arqueométricos aplicados en materiales teotihuacanos o en materiales relacionados con los que identificamos estos pisos. El capítulo II trata sobre la **METODOLOGÍA** empleada en cada una de las técnicas analíticas que aplicamos en estos tres pisos teotihuacanos, las cuales se describen de forma resumida ya que existen manuales, artículos y libros que desarrollan ampliamente el funcionamiento y uso de cada equipo. Aun así la mayoría han sido divididas entre toma de muestras en campo, procesamiento y análisis en el laboratorio.

En el capítulo III se presentan los resultados **ARQUEOMAGNÉTICOS**, en donde se observa el estudio de la susceptibilidad magnética de estos tres tipos de piso (no todos quemados), los parámetros adquiridos y el proceso de selección de las dataciones para elaborar la propuesta cronológica que desarrollamos ampliamente en el capítulo VI. Siguiendo con los resultados, en el capítulo IV, se describen los resultados de la **CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES**. Este es el capítulo más extenso debido a la gran cantidad de información adquirida de los análisis con las, al menos, cuatro metodologías físicas no destructivas (Microscopía Óptica, SEM, XRD, XRF y Raman) a cada uno de los tres pisos. Este capítulo está subdividido en los resultados obtenidos de cada técnica por piso, teniendo un orden de las metodologías que va de lo general a lo particular. Por último en cuanto a resultados, el capítulo V trata sobre la **IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS Y AVANCES TECNOLÓGICOS**, en el cual se muestran los resultados obtenidos con FTIR/ATR donde se observa el grado de calcinación de los carbonatos, lo cual está relacionado con el procesamiento de la cal y la tecnología requerida para ello. Por otro lado también se muestran los resultados de los análisis micromorfológicos que han permitido identificar, en conjunto con técnicas como SEM y XRD, algunos minerales y otros materiales presentes en las argamasas que conforman cada uno de los pisos. Estos análisis también permiten observar detalles de la composición de los pisos con los cuales se ha identificado partes del proceso de elaboración de estos tres pisos.

Finalmente el capítulo VI, que es la **DISCUSIÓN FINAL Y CONCLUSIONES**, en donde se hace una recapitulación de todos los resultados obtenidos. Este capítulo está dividido en cinco apartados debido a los alcances a los que se ha podido llegar gracias a los resultados en su mayoría exitosos. En el primer apartado se presentan los *Nuevos aportes a la cronología del Conjunto Pirámide del Sol, Teotihuacan*, en donde se integran los resultados obtenidos con los análisis arqueomagnéticos junto con otras propuestas que se han hecho para el sitio de Teotihuacan, y en donde se observa de manera exitosa la integración de las datación de este conjunto dentro del marco contextual de todo el sitio. En segundo lugar se encuentra el apartado de *Materiales y tecnología. El perfeccionamiento en la construcción de pisos teotihuacanos.*, en el cual se observan las características de los tres pisos: Blanco, Rojo y Negro. Aquí se conjuntan la identificación de los materiales que componen las mezclas de los estratos que conforman cada piso, algunos de los procesos tecnológicos los cuales se fueron perfeccionando a lo largo del tiempo de ocupación del sitio, e incluso se abarcaron de forma breve algunos aspectos ideológicos del uso de ciertos materiales, que han sido restringidos y asociados únicamente a contextos mortuorios o rituales, como es el caso del cinabrio. El apartado tres trata sobre la *Arqueometría*, como, *la nueva cucharilla de la arqueología.*, y reconocer si es *¿Indispensable o no?* Con los resultados de esta investigación se continúa sustentando su relevancia, debido a los aportes que se han generado gracias al uso de esta herramienta multidisciplinaria; a la cual algunos le huyen debido al desconocimiento del alcance que se pueden tener cuando se aplican metodologías analíticas a los materiales arqueológicos. Claro está, sin perder de vista, que estos análisis siempre están planteados desde la obtención de una respuesta a una pregunta antropológica.

En el apartado cuatro se encuentra una tabla con una *Propuesta metodológica de análisis de Pisos Antiguos*, cuyo objetivo es tener un material didáctico (el cual pueda fotocopiar o imprimirse) que permita a aquellas personas que van a enfrentarse a una excavación arqueológica, en la cual tengan posibilidad de encontrar un piso o apisonado, que tengan a grandes rasgos el conocimiento básico de que tipo y numero de muestras tomar, y qué tipo de información se puede obtener con los análisis que se decida hacer. Esta propuesta está basada en la experiencia obtenida con esta investigación y algunos otros estudios realizado anteriormente, en ningún caso se plantea que son las únicas metodologías analíticas que pueden ser aplicadas, sin lugar a duda existen muchas otras que han sido aplicadas en otros estudios, y las cuales será importante aplicar en futuras investigaciones para seguir ampliando esta propuesta metodológica. El último apartado de

este capítulo trata de *Algunas experiencias para compartir*, que son aquellos procesos o situaciones en los que caes en cuenta una vez que te encuentras ya en el laboratorio con las muestras que se tienen y ya no hay de otra, sino hacer lo que se puede con lo que se tiene. Por ello se decidió compartir algunas de estas experiencias para que no se repitan en el futuro.

El **APÉNDICE** contiene los resultados obtenidos de los análisis químicos aplicados en los pisos. Y es que, así como obtuvimos resultados exitosos con las metodologías que observamos en los capítulos anteriores, también hubo aquellos que no dieron resultado, este es el caso de los análisis químicos para detección de áreas de actividad. Aunque la metodología es de mucha utilidad, y se obtienen resultados exitosos en otras investigaciones, en el caso de esta investigación y debido a los objetivos planteados, los análisis que se realizaron a estos pisos no proporcionaron información relevante. Es por ello que en este apéndice, aparte de mostrar los resultados obtenidos, se discute cuándo sí y cuándo no debe utilizarse esta metodología.

El **ANEXO**, el cual se encuentra en versión digital, cuenta con las bases de datos, gráficos, espectros, difractogramas y demás datos que se produjeron para este trabajo pero que no fueron incluidos en el cuerpo de la tesis debido a la magnitud de resultados. Por lo que, sólo fueron incluidos aquellos que son más representativos.

Por último me tomo la libertad de mencionar que para mí, hablar sobre la sociedad teotihuacana ha sido todo un reto, no solo por el gran peso que significa hacer un trabajo de investigación de uno de los sitios arqueológicos más emblemáticos de la arqueología mexicana, el cual me maravilló desde pequeña. O por que crecí, como arqueóloga, admirando y aprendiendo de personajes que han dejado su huella en la arqueología mexicana y quienes han formado parte del rompecabezas de la historia de Teotihuacan; cada uno de ellos desde su objeto de estudio y con su particular punto de vista. Para mí, la sola idea de contribuir a este rompecabezas en conjunto con aquellos personajes me ha hecho pasar muchas noches frente a la hoja en blanco, con la cabeza llena de ideas las cuales sé que serán juzgadas por aquellos que saben o sabrán más... mucho más. Y aun así, lo vale, cada minuto frente a este monitor, las horas frente a cada aparato en el laboratorio, las madrugadas en laboratorios cerrados de institutos vacíos, cada aprendizaje desde el momento que estuve excavando a los pies de la Gran Pirámide del Sol hasta el punto que pongo ahora.

## GLOSARIO<sup>1</sup>

**Aditivo orgánico:** “Sustancia de naturaleza orgánica que se agrega a las mezclas de cal para distintos fines, principalmente para mejorar la plasticidad o modificar el fraguado”. (Barba et al. 2013:285)

**Argamasa:** “Mezcla de cementante (en la mayoría de las ocasiones con cal) y agregados. La cual se utiliza en “aplanados” y “pisos”. En algunos ámbitos se conoce también como “mortero”. Pero este es el nombre que se le da a la mezcla utilizada para unir bloques o piedras en una construcción. (Barba et al. 2013:285)

**Cal:** Cementante que se produce a partir de la calcinación y apagado de un material rico en carbonato de calcio (roca caliza, coral, conchas, etc.) (Barba et al. 2013:286)

**Calcita:** Es un mineral formado por carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ). Es el mineral más estable que existe dentro de los carbonatos de calcio. Es un mineral muy común presente en las rocas calizas, las cuales tiene una amplia distribución en la tierra y se utiliza como materia prima para la obtención de cal.

**Capa o estrato:** Geol. Masa mineral en forma de capa de espesor más o menos uniforme, que constituye los terrenos sedimentarios. Geol. Cada una de las capas superpuestas en yacimientos de fósiles, restos arqueológicos, etc.

**Colorante:** Es una materia orgánica soluble en agua que puede formar parte de una pintura.

**Enlucido:** Capa de yeso, estuco u otra mezcla con tamaño de partícula muy fino, que se da a una superficie arquitectónica con objeto de obtener una textura tersa.

**Esquirlas volcánicas:** (vidrio volcánico) son fragmentos de la parte fundida del magma que se enfrió y se solidificó durante la erupción sin cristalización mineral.

**Escoria volcánica:** Se denomina **escoria volcánica** a varios materiales de origen volcánico. Uno de estos es material vesiculado de tamaño lapilli o mayor de composición basáltica o andesítica. Otro uso del término es para denominar la corteza áspera y vesiculada de corridas de lava andesítica o basáltica.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Este glosario contiene datos obtenidos de: La cal (Barba et al. 2013), wikipedia, Diccionario de la Real Academia Española en línea.

<sup>2</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Escoria\\_volc%C3%A1nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Escoria_volc%C3%A1nica)

**Fase constructiva o Etapa constructiva:** Nos referimos a la construcción o conjunto de edificaciones que se realizaron durante un mismo periodo de tiempo.

**Firme:** Es el soporte del piso. Puede o no ser del mismo material del enlucido. Suele ser una mezcla de materiales.

**Fraguado:** “Endurecimiento de un cementante. En la cales aéreas el fraguado es aéreo, es decir, el material tiene que secarse. En las cales hidráulicas y puzolánicas el fraguado es hidráulico, es decir, endurece cuando se le agrega agua. (Barba et al. 2013:286)

**Mezcla:** Agregación o incorporación de varias sustancias que no tienen acción química entre sí. Ejemplo: Argamasa de cal, arena y agua.

**Nivel de piso:** Nos referimos a cada uno de los pisos, e integra todo el conjunto de estratos que compongan dicho piso.

**Pigmento:** Mineral de naturaleza inorgánica que puede formar parte de una pintura.

**Piso:** Son superficies antrópicas. “los pisos mesoamericanos normalmente tienen una base de preparación o firme hecho a base de piedras pequeñas mezcladas con cal y/o tierra arcillosa que nivela y sustenta una superficie fina o acabado que se elabora con una mezcla de alta proporción de cal. (Barba et al. 2013:38).

**Piso Blanco:** Superficie elaborada con una argamasa de cal, la cual pertenece a la primera y segunda fase de construcción del Conjunto Pirámide del Sol. Nombre asignado desde las excavaciones debido a su coloración blanquecina.

**Piso Negro:** Superficie compuesta por un firme hecho con sedimento oscuro y gravas de escoria volcánica, recubierto por una argamasa de cal muy deteriorada. El nombre se le asignó desde las excavaciones por el color oscuro del firme.

**Piso Rojo:** Superficie compuesta por varios estratos de argamasa de cal y pigmento rojo, correspondiente a la tercera etapa de construcción del Conjunto Pirámide del Sol. Nombre asignado desde las excavaciones debido al pigmento rojo que recubre cada superficie.

**Sedimento:** El sedimento es un material sólido acumulado sobre la superficie terrestre (litósfera) derivado de acciones como: vientos, variaciones de temperatura, precipitaciones meteorológicas, circulación de aguas superficiales o subterráneas, desplazamiento de masas de agua en ambiente marino o lacustre, acciones de agentes químicos, acciones de organismos vivos.

**Tierras rojas:** Arcilla que comúnmente contiene una gran proporción de hierro.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.

[...] ¿qué pueblos o naciones han levantado esos grandes monumentos y habitaron en esas casas ocultas por tierra y por el derrumbe de las piedras?, casas que revelan un lujo, y pisos [...] “que no parecía que manos de hombre los hubiesen hecho, ni que pies humanos los pisasen”. (Mendoza, 1877)



**FOTOGRAFÍA 1** Vista panorámica de sitio arqueológico de Teotihuacan. (Archivo del sitio arqueológico del PPS)

Los hombres en el tiempo han modificado su entorno buscando tener condiciones óptimas para su desarrollo personal y social. Una de ellas es la creación de espacios utilizados para distintas



actividades dentro de la vida cotidiana; estas áreas requieren de una superficie habitable que facilite su uso. Las actividades pueden ir desde usos del espacio para descanso, preparación y consumo de alimentos, hasta espacios destinados a actividades rituales- religiosas o político- económicas. La nivelación de la superficie, la elaboración de apisonados y más adelante la construcción de pisos, nos hablan de cambios y avances tecnológicos, de conocimiento y manejo de las materias primas y la implementación de nuevos materiales, del uso de los recursos de la zona y la importación de materiales foráneos. También permite hacer observaciones acerca del aprovechamiento y perfeccionamiento del uso de los espacios, gracias a los residuos y otras huellas que quedan registradas en la superficie (Barba, 1986; Ortiz, 1990) donde se realizaron las distintas actividades.

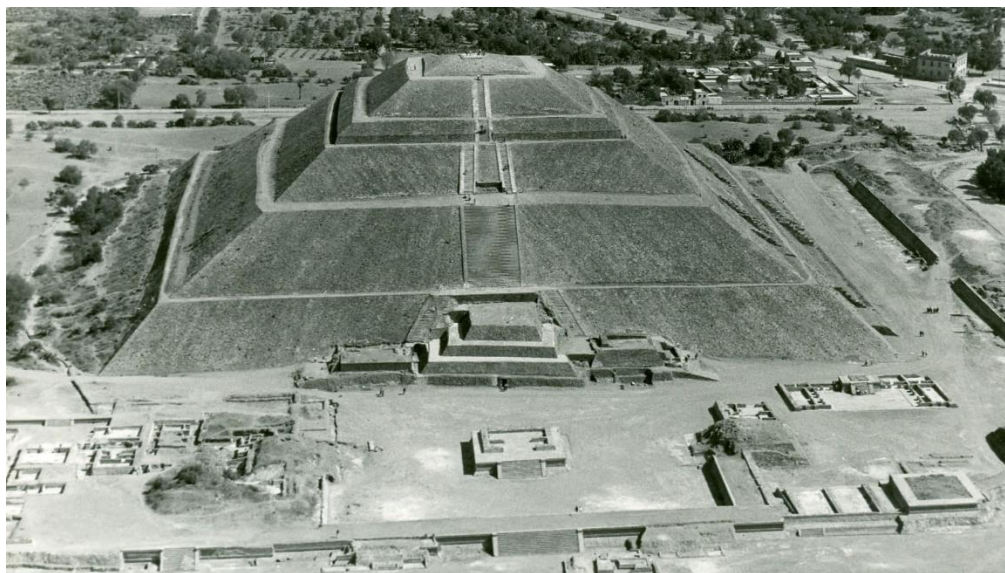
A lo largo de los trabajos realizados en Teotihuacan se han tenido diversos objetos de estudio, con enfoques que corresponden a las teorías de la época y hasta los momentos políticos que ha vivido el país. En la arqueología mexicana se iniciaron las exploraciones y trabajos arqueológicos con un enfoque monumentalista donde lo importante era la grandeza del sitio visto desde sus pirámides y complejos palaciegos, y servían para reafirmar un sentido de nacionalismo, principalmente promovido en la época Porfiriana. Sin embargo conforme los avances en la teoría antropológica el enfoque ha cambiado, tanto que hoy en día puede tener igual importancia el descubrimiento de un edificio que el ADN de un individuo, el polen de un fruto o la composición química de un pigmento. Todo ello visto como una fuente de información que nos guía hacia el conocimiento acerca de aquellos grupos humanos del pasado a los cuales no se puede cuestionar directamente y que es gracias a sus restos materiales que podemos conocerlos.

En la actualidad cada vez son más los trabajos que se realizan sobre materiales arqueológicos; donde por medio de técnicas arqueométricas se hacen análisis directamente en los materiales para saber su composición, los procesos por los que pasó o pasaron los materiales para llegar a ser transformados, conocer acerca de los yacimientos o métodos de extracción, etc. En el caso particular de Teotihuacán, desde mediados del siglo pasado, los análisis arqueométricos (hay que tomar en cuenta que la tecnología avanza día con día, por ello puede parecer que estudios realizados hace algunos años no son tan buenos como los actuales) han sido parte medular de las investigaciones que se están realizando, con diferentes enfoques y objetivos. Estas investigaciones están generando datos que forman parte del rompecabezas para conocer y entender a una sociedad tan compleja y multicultural como la teotihuacana.

En esta investigación se realizaron análisis arqueométricos a muestras de tres niveles de piso, extraídas de las excavaciones realizadas en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol como parte de los trabajos del *Programa de conservación e investigación en el complejo arquitectónico de la Pirámide del Sol. Teotihuacán, México. Temporada 2014*. (Lozano, 2014) Estos análisis se realizaron con la finalidad de entender con datos científicos cuáles fueron los materiales empleados para la elaboración de los pisos y las modificaciones que surgieron en sus procesos de construcción, que son referencia acerca de cambios que ocurrían en la estructura socio-económica de la cultura teotihuacana. Para ello se realizaron diferentes técnicas de estudio realizadas en 3 laboratorios que se encuentran dentro de las instalaciones del Instituto de Investigaciones Antropológicas, el Instituto de Geofísica, el Instituto de Física, que forman parte de la Universidad Nacional Autónoma de México.

### I.1 Complejo Pirámide del Sol.

“Teotihuacan requería algo proporcionado con la riqueza de su aristocracia, su poder de producción y la labor servil ilimitada. Decidió poseer el templo más grande jamás levantado y que no pudiera ser igualado...” (Bastien 1947, en Matos, 1995:223)



**FOTOGRAFÍA 2** Vista panorámica del Complejo Arquitectónico Pirámide del Sol, en primer plano se encuentra la plaza.

Existen una gran cantidad de construcciones que conformaban la gran ciudad de Teotihuacán, desde aquellos grandes basamentos que se encuentran dentro de la zona ceremonial, hasta los

conjuntos arquitectónicos que conforman los barrios y algunas pequeñas casas que se encuentran en la periferia. Para Gamio (1922) las construcciones hechas en esta ciudad se pueden dividir en 4 grandes grupos: 1. Los monumentos votivos, en estos se incluyen la Pirámide del Sol, la pirámide de la Luna, el Templo de Quetzalcóatl, entre otros; 2. Templos y habitaciones de sacerdotes; 3. Palacios de clases civiles dirigentes y; 4. Las habitaciones populares. Para él los grandes basamentos eran una muestra del sacrificio y la ofrenda del trabajo que significaba realizar una obra de estas dimensiones, lo consideraba el mejor ejemplo de la dominación teocrática que explotaba el fanatismo religioso. (Matos; 1995:126)

Dentro de esta clasificación, Gamio (1922) hace una descripción del grupo Pirámide del Sol y anexos, donde menciona que la pirámide tiene una base de 46,225 metros cuadrados, aunque hay que tomar en cuenta que su tamaño original era mayor debido a que en los primeros trabajos realizados por Leopoldo Batres se removió al menos la capa más superficial, la cual sería una de las últimas etapas constructivas (Matos, 1995:21), que se encontraba en muy mal estado de conservación y, cubierta y mezclada con sedimento y vegetación que hacían un mayor el daño a las fachadas. Dentro de la reconstrucción se le añadió un cuerpo al basamento original, aun cuando es visible que eran cuatro cuerpos; esto fue señalado por varios autores sobre todo debido a que este detalle distorsiona la imagen “real” del gran basamento piramidal. La pirámide está rodeada por tres plataformas de gran tamaño, las cuales tuvieron edificios sobre ellas y, en el costado oeste del grupo, se encuentra la Calzada de los Muertos. Dentro de los trabajos realizados por Gamio en la Pirámide del sol, se encuentra un túnel ubicado en el segundo cuerpo del basamento iniciando en el costado oeste, con la finalidad de conocer los materiales constructivos con los que fue hecha la pirámide. (Matos, 1995:22) Desafortunadamente el autor no hace una descripción detallada de cómo se encontraba constituida la Plaza de la Pirámide del Sol, si había sufrido algún cambio desde los inicios de las exploraciones, y mucho menos hace mención acerca de los materiales que conformaban su superficie. (Gamio, 1922 en Matos 1995:126-127)

“Aunque la pirámide del sol es uno de los edificios más importantes de Teotihuacán, tanto por su ubicación como por su monumentalidad, considerado como el más antiguo de la grande urbe, se desconoce su historia y poco se sabe del papel que jugó en la ideología del Estado Teotihuacano”. (Cabrera, Sarabia, 2008)

Desde los inicios de las exploraciones “[...] se eligió este monumento por ser el más grande y más importante de aquel grupo arqueológico” (Batres, 1906 en Matos 1995:103). Para don

Leopoldo Batres, la monumentalidad de este basamento piramidal era un indicador de su importancia y su proyecto fue aprobado y respaldado por el general Porfirio Díaz, quien fuera presidente en aquel momento, así como por licenciado Justo Sierra, Secretario de Estado en el Despacho de Instrucción Pública y Bellas Artes.

El pensamiento nacionalista mexicano promovía incluso las comparaciones entre la Pirámide del Sol y las reconocidas pirámides de Egipto, a las cuales se les suponía inferiores por no presentar la complejidad arquitectónica ni la decoración polícroma que debió tener dicho monumento teotihuacano. Batres menciona “¡Que aspecto tan imponente debe haber presentado ese monumento cuando estaba revestido de sus grandes sillares de cantería esculpidos en ellos ornamentos simbólicos y polícromos!” (Batres 1906 en Matos, 1995:109) Hay que tomar en cuenta que estas expresiones y comparaciones, bien responden a la propaganda política del momento histórico en el que se encontraba sumergido el México Porfiriano; aun así no podemos minimizar la impresionante obra arquitectónica realizada por los teotihuacanos en todo el sitio, a lo largo de más de 600 años de ocupación.

Imaginar todo lo que implica haber construido un basamento de ese tamaño (232 metros de norte a sur por 224 metros de este a oeste y una altura de 62 metros) es un asunto complejo. Tan sólo la cantidad de material que tuvo que ser extraído de algún lugar y trasladado hacia el sitio donde se ubica la pirámide, Almaraz (1865) dijo que se trataba cerca de un millón cuatrocientos mil setecientos treinta y seis metros cúbicos de material. Tomar en cuenta el esfuerzo humano que esto requiere y el tiempo que implica, nos habla de una labor titánica, y esto es sólo tomando en cuenta la cantidad. Ahora imaginar todo lo que se requiere para la construcción, la elaboración del recubrimiento, el mantenimiento, las modificaciones, etc. Sobre todo cuando se tomamos en cuenta que la Pirámide del sol está formada con 1.4 millones de m<sup>3</sup> de suelo, el cual fue obtenido al nivelar toda el área central de la ciudad (Barba y Cordova, 1999)

Es en definitiva un trabajo que tenía que realizarse debido al fuerte peso simbólico que representaba esta construcción dentro del pensamiento ideológico de los teotihuacanos. La Pirámide del Sol tuvo que haber sido de suma importancia dentro del aparato político- religioso para que esta sociedad destinara tanto tiempo, esfuerzo y materiales, para su construcción y mantenimiento a lo largo de la ocupación teotihuacana.

En los trabajos realizados por Manuel Castañeda en 1946, en el sector sur del edificio adosado a la Pirámide del Sol, se localizaron una serie de pisos superpuestos. Desafortunadamente no se hace

referencia acerca de cuantos pisos fueron encontrados y si se encontraban relacionados con alguna construcción. En esa misma exploración se descubrieron restos de taludes de cantera (Bastien, 1947 en Matos 1995:214) pero no hay una descripción detallada o imágenes y dibujos que nos ayuden a relacionar estos descubrimientos con los momentos constructivos que hemos propuesto durante las excavaciones realizadas durante el 2014. Batres (1906), también hace mención de la superficie la cual denomina pavimento y dice que al hacer las exploraciones en el patio que rodea la pirámide, debajo de casi un metro de espesor se encontraba un pavimento que lo cubría todo, compuesto por una argamasa de toba volcánica molida, revuelta con cal y arena. De hecho es el mismo Batres quien menciona que los materiales de construcción más empleados por los teotihuacanos eran la toba volcánica, la piedra de pórfido, la piedra de laja, los morteros de cal, las rocas sedimentarias, el adobe y, como argamasa, el lodo. (Matos, 1995:110,113)

Almaraz (1865), también menciona algunos materiales que se empleaban dentro del sistema constructivo de la ciudad, aunque sobre todo hace mención acerca de los métodos constructivos. Él considera que todos los basamentos fueron hechos en capas, etapas constructivas que se repiten y que pueden estarse haciendo para recubrir una etapa anterior para protegerla o por algún cambio social. Relata que los basamentos tenían un sistema constructivo que se repetía en las capas subsecuentes, terminando siempre con un acabado de superficie hecho de una capa de cal de escasos milímetros que se encontraba muy pulida. (Ídem: 68) En el caso de la Pirámide del Sol no se repite este patrón, ya que se tiene un basamento que fue hecho en una sola pieza. Aunque se ha hecho mención de la existencia de capas posteriores a la que se tiene hoy en día, las cuales fueron retiradas durante los trabajos realizados por Batres (como ya se ha mencionado), de las que no tenemos certeza de cuál sería el método constructivo empleado. Castañeda (1946) descubrió, durante sus excavaciones en el costado sur del cuerpo adosado a la pirámide del Sol, una serie de pisos superpuestos en conjunto con restos de taludes de cantera. (Matos, 1995:214)

También podemos observar que la construcción de los tres edificios superpuestos parece corresponder a una etapa constructiva posterior, debido a que detrás de ellos se encuentran escalinatas que funcionaron en un tiempo previo a la construcción de dichas construcciones; Matos (1995) menciona que “Debajo de la escalera del costado norte aparece otra pintada de rojo que, siguiendo la dirección de la encima, se introduce en el macizo de construcción.” Lo que confirma su teoría acerca de construcciones superpuestas. (ídem. 101) Esto nos permite conocer acerca de las modificaciones que se realizaron a la Pirámide del Sol y en general al conjunto de edificaciones

que conforman este grupo. En las investigaciones realizadas por Chadwick (1964) propone que la Plaza de la Pirámide del Sol cuenta con dos etapas constructivas, dentro de las excavaciones del 2014 se encontraron indicadores de una etapa constructiva anterior a las plateadas por el arqueólogo americano, por ello se propuso que la plaza tenía tres momentos constructivos y todos ellos estaban asociados a su vez, con un tipo de piso distinto. (Lozano, 2014)

Y así como hay cosas que fueron cambiando a lo largo de la ocupación del sitio, como el uso de distintos materiales, los métodos constructivos, la creación de nuevos edificios y sus modificaciones; hay cosas que no cambiaron como el uso del color rojo para el acabado de las superficies. Este elemento dentro de la iconología teotihuacana sin duda es muestra de cómo algunos factores dentro de la ideología de esta sociedad, no tuvieron cambios en el tiempo. Un ejemplo de ello son los pisos que analizamos para esta investigación, que tienen como característica haber sido pintados de color rojo aun cuando no fueran utilizados los mismos materiales para este fin.

### *I.2 Excavaciones en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol.*

La investigación y restauración en Teotihuacán se ha hecho desde hace más de un siglo. Debemos tener en cuenta que la metodología de los análisis e investigaciones, así como la forma de realizar las restauraciones se han ido modificando a lo largo del tiempo, debido a los avances en la tecnología y la aparición de nuevas corrientes teóricas. Entre finales del siglo XIX y en la primera década del siglo XX, Leopoldo Batres realizó las primeras intervenciones en la Pirámide del Sol, momento histórico en que se liberaron las cuatro fachadas de la pirámide y se dio inicio a las exploraciones en el complejo arquitectónico Pirámide del Sol. Desde ese entonces diversos investigadores han ido armando el rompecabezas de este grupo arquitectónico y, en general, de todo el sitio arqueológico. (Matos, 1995; Lozano, 2014)

En el 2014 se continuó con los trabajos de restauración, conservación e investigación, que se realizan en el complejo Pirámide del Sol como parte del *Programa de Conservación e Investigación en el Complejo Arquitectónico de la Pirámide del Sol. Teotihuacán, México*<sup>1</sup>. Dentro

---

<sup>1</sup> Este proyecto surge en el 2005 bajo la dirección del arqueólogo Alejandro Sarabia, con la principal finalidad de preservar los monumentos de la plaza (N. Sugiyama, 2013)

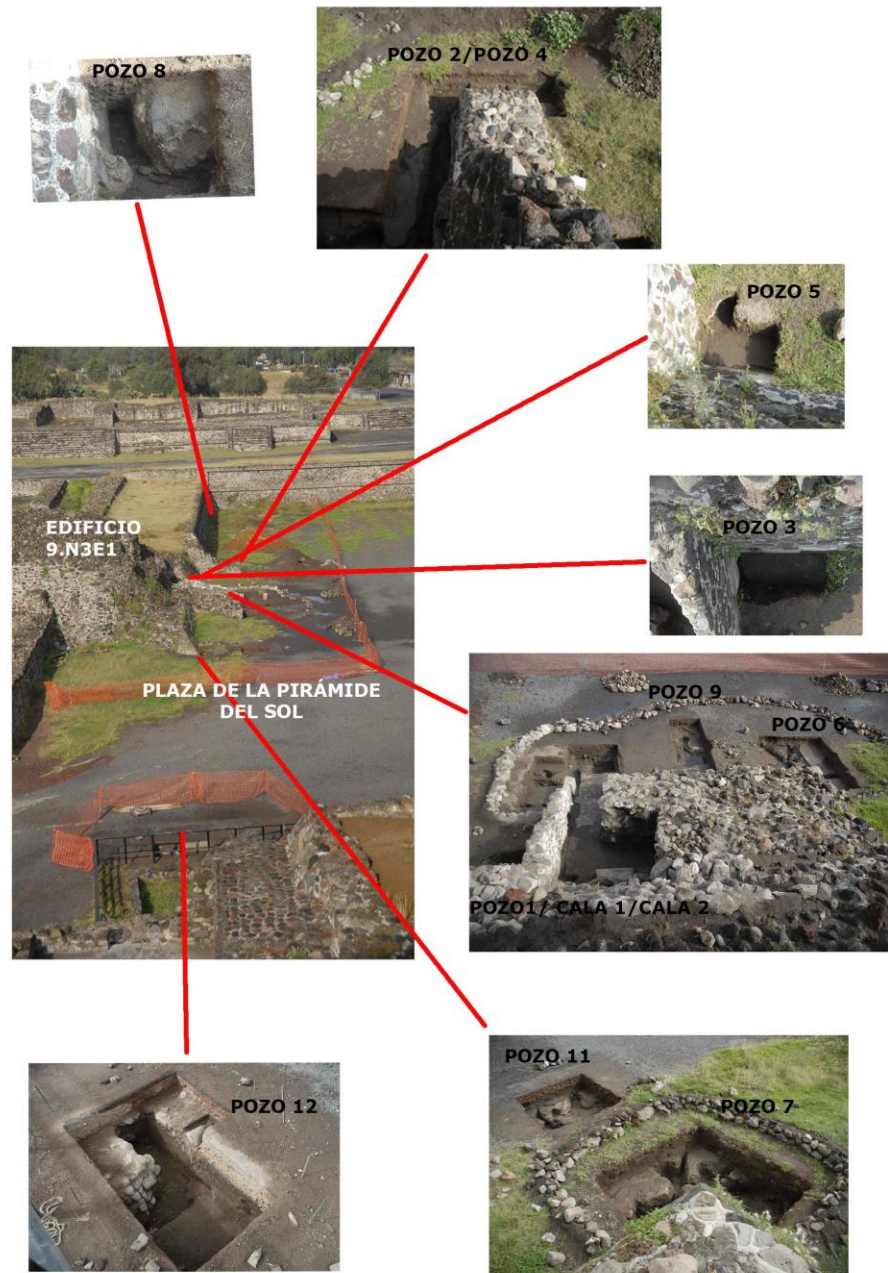
de los objetivos de este programa se encontraban algunos relacionados con esta investigación, por este motivo se realizaron excavaciones arqueológicas con la finalidad de entender las modificaciones arquitectónicas que se hicieron en la plaza a lo largo del tiempo, así como, comprender acerca del uso del espacio y si este también tuvo cambios que pudieran ser observado por medio de sus restos materiales. Durante esta temporada de campo se tuvieron tres frentes de excavación, incluyendo el que abarcó el sector sur de la plaza.

Las exploraciones enfocadas en el sector sur de la Plaza, iniciaron al pie de la escalinata “reconstruida” del edificio 9.N3E1, nomenclatura asignada por Millon (1973), y se extendieron por toda el área. Para el final de la temporada se habían realizado 12 pozos de sondeo de distintas dimensiones y 2 calas de aproximación (unidas) al interior de la escalinata de la estructura 9. La nomenclatura de los pozos se asignó conforme se fueron seleccionando las áreas de excavación. Tampoco se puede hablar de una forma uniforme de los pozos, ya que durante la excavación se iban ampliando según las necesidades del proyecto. (Lozano, 2014)

La fachada norte del edificio 9.N3E1 ya había sido investigada por el antropólogo y arqueólogo americano Robert Chadwick, en la década de los 60’s. Dentro de las principales aportaciones de su investigación se encuentra la detección de dos etapas constructivas del edificio 9.N3E1, el cual denomina en su informe como edificio 3, para este momento no se tenía el plano de Millon que se convertiría en una pieza clave para la investigación del sitio. El arqueólogo americano plantea que el edificio fue hecho en el mismo momento que la plataforma que “rodea”<sup>2</sup> la plaza y que, en un segundo momento, se hizo la ampliación del edificio. En su informe nos dice que cuenta con los indicadores arqueológicos que muestran la ampliación de la fachada norte, de este segundo momento constructivo casi no quedan vestigios, con excepción de un fragmento de muro ubicado al oeste de la escalinata, el cual no parece tener relación con alguna construcción. Esto se menciona más adelante cuando se describen los indicadores de la tercera etapa constructiva.

---

<sup>2</sup> Ignacio Bernal (1963:25) también menciona la existencia de este muro cuya finalidad pareciera la de “encerrar” la Plaza del Sol. Pero él menciona que la calidad de este muro era inferior y le atribuye una temporalidad posterior.



**FOTOGRAFÍA 3** Fotografías del área de excavación donde se señala la localización de los pozos y calas realizadas durante la temporada de excavación 2014, sector sur Plaza de la Pirámide del Sol.

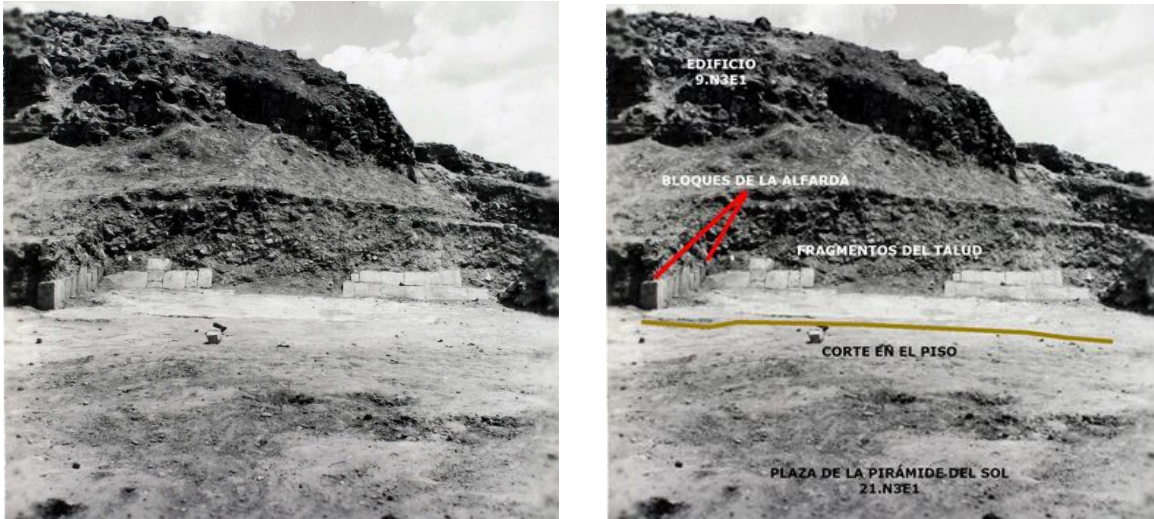


Chadwick (1964) describe ampliamente los procesos de exploración que realizó en el edificio 9. En las fotografías incluidas en su informe se puede apreciar parte del Talud (ahora reconstruido como talud- tablero) *tipo mosaico* que conforma la plataforma y parte del basamento del edificio 9.N3E1. También se ve claramente un área con piso que hace contacto con el talud en el sector sur y se corta al norte donde se terminan los bloques de la alfarda de la escalinata; no se puede apreciar la coloración debido a que las fotografías son blanco y negro. Los bloques de andesita que forman parte de la delimitación de la escalinata, que actualmente está reconstruida, y la comparación de algunos de los bloques del talud que se ve en las fotografías nos permitieron hacer algunas comparaciones con las áreas excavadas durante el 2014 que nos ayudó a confirmar parte de las hipótesis acerca de dos momentos constructivos identificados por Chadwick.

Al parecer el nivel de plaza en los sesentas se encontraba al menos unos 20 cm por debajo de la superficie actual y hay algunas áreas donde el relleno es mayor, esto también nos puede indicar que la plaza no tenía un nivel homogéneo. Durante las investigaciones de Chadwick los niveles de la plaza dejaban al descubierto parte de los pisos y quizá por este motivo algunos de los pisos se deterioraron más que otros. Bastien (1947) menciona que Batres notó un desnivel en la plaza de 1.58 metros que va de oeste a este. (Matos, 1995) Este desnivel tiene su parte más profunda en el área cercana a la fachada oeste de la Pirámide del Sol, quizá se tratara de una rampa o una escalinata en este lugar o, quizá era parte del sistema de desagüe de la plaza; desafortunadamente debido a que sólo se pudieron realizar pozos de sondeo y a la falta de tiempo al encontrar esta diferencia de profundidad en la superficie, no fue posible comprobar alguna de estas hipótesis pero se recomendó que se hicieran análisis de prospección para tener un primer sondeo antes de realizar más excavaciones en la plaza. Estos estudios nos dejarían conocer mejor la arquitectura de la Plaza (presencia de rampas o escalinatas) y comprobar la regularidad de la superficie. Hay que tomar en cuenta que la inclinación de la plaza hacia el SE está relacionada con la topografía general del terreno y esta pendiente pudo haberse aprovechado dentro del sistema de drenaje.

Después de los trabajos realizados por Chadwick, no se volvieron a hacer excavaciones en este sector de la plaza hasta el 2014. En esta investigación, además de las dos etapas constructivas propuestas por el arqueólogo en la década de los 60's, se propuso la existencia de una etapa más, que es anterior a las ya propuestas. Durante las excavaciones se encontraron los indicadores, que ya habían sido presentados por Chadwick, confirmando estos datos. Sin embargo al realizar las

calas al interior de la escalinata del edificio 9 se localizó la continuación del talud tipo mosaico de la plataforma, que es el indicador principal de la existencia de una etapa anterior a la construcción del edificio 9.



**FOTOGRAFÍA 4** Recuperada del informe de Chadwick 1963. Muestra parte de la fachada norte del edificio 3, que en la nomenclatura de Millon es el 9.N3E1.



**FOTOGRAFÍA 5** Talud tipo mosaico localizado al interior de la escalinata del edificio 9.n3e1, en contacto con el Piso Planco.

Como se ha mencionado, se encontraron diversos indicadores arqueológicos que ayudaron a identificar estas tres etapas constructivas, uno de ellos fue: los tres niveles de piso localizados en el sector sur de la plaza. Cada piso se relaciona directamente con una etapa constructiva o modificación en la plaza. Estos pisos fueron muestreados para realizarles distintos análisis con la finalidad de conocer su composición física, los materiales geológicos que fueron empleados, si tienen algún enriquecimiento químico y la orientación magnética para datarlos. A continuación se describen los tres niveles de piso y los indicadores arqueológicos que pertenecen a cada etapa constructiva presente en la Plaza de la Pirámide del Sol, dentro del sector sur.

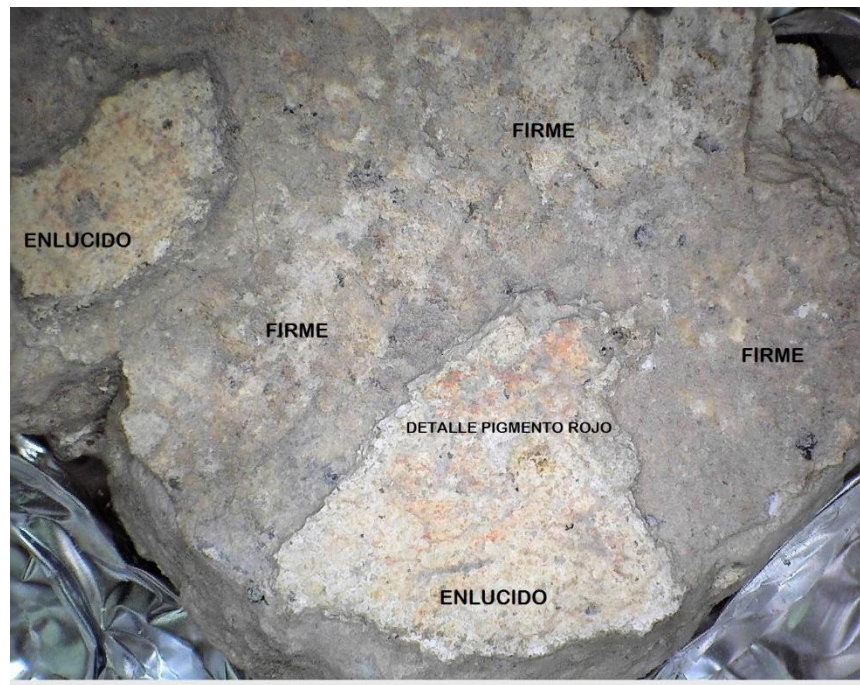


**FOTOGRAFÍA 6** Estratigrafía de los tres niveles de piso localizados en el sector sur de la plaza, pozo 6.

La estratigrafía de los pisos inicia con la nivelación de la plaza, donde se utilizaron sedimentos arcillosos seguramente provenientes de fuentes cercanas o que se encontraban ya sobre el tepetate, que es la roca madre de la superficie geológica del lugar. Sobre el sedimento se colocaron capas de otros materiales como los desechos de talla de la lítica pulida, y otros sedimentos más arenosos. Sobre el relleno de nivelación se encuentra el Piso Blanco, que está compuesto por una capa que va de los 2 a los 6cm aproximadamente, esta capa es llamada firme pues es la parte gruesa del piso y es lo que sostiene al enlucido. El material del piso blanco es de un color amarillento y se disgrega con facilidad; el firme presenta una granulometría heterogénea y aunque todo parece estar conformado por un solo material, se alcanzan a distinguir algunos



cuarzos (descripción en campo). El enlucido en cambio presenta un tamaño de partícula más homogéneo, esto permite que el espesor sea muy delgado y tenga una superficie muy pulida, también presentaba áreas con coloración rojiza. Desde las excavaciones se observó que el enlucido y el firme del piso blanco parecían ser el mismo material sólo con un mayor manejo del material para el enlucido.



**FOTOGRAFÍA 7** Muestra PB06, planta. Se observan diferencias entre el firme y el enlucido. También se distingue el pigmento rojo que recubría el enlucido dando el acabado final al piso.

El Piso Rojo se encuentra sobre el piso blanco, las áreas del Piso Blanco donde se hizo el Piso Rojo muestran gran deterioro en el enlucido o en algunos casos no se encuentra el enlucido. Quizá el retirar esta superficie pulida tiene que ver con el método constructivo, ya que al retirar la superficie con este acabado y colocar el siguiente firme, se pueden integrar ambos materiales con mayor facilidad. El denominado Piso Rojo es en realidad una serie de capas superpuestas de las cuales se llegaron a identificar al menos 14 capas intercaladas entre estrato blanco y estrato rojo, sin contar que en muchos de los casos el estrato rojo también estaba compuesto por más de una capa. Este piso mostraba mayor resistencia incluso el color rojo se mantenía aun con la exposición a las intensas lluvias, cosa que no pasaba con el pigmento que tenía el Piso Blanco, el cual se

degradaba con mayor facilidad. También se observó que el pigmento rojo es un estrato de pintura colocado sobre el estuco. En algunos casos se observan capas rosas.



**FOTOGRAFÍA 8** Muestra PR00, perfil estratigráfico. Se pueden observar diferencias entre los materiales de las capas.

Por último tenemos el Piso Negro que es el típico piso teotihuacano, de hecho ha sido llamado *concreto teotihuacano* debido a sus propiedades de resistencia y dureza. Este piso presenta características muy diferentes a los pisos anteriores aunque gran similitud en el acabado de la superficie. El firme del piso está hecho de grabas y arenas mezclado con sedimento arcilloso que crean una pasta firme que al secarse se vuelve resistente, con excepción de que al tener expuesto el perfil es fácil desarticular los materiales. Las partículas que conforman el firme no son homogéneas en su totalidad y todas presentan los bordes redondeados. El enlucido del Piso Negro está compuesto por un estrato blanco con un acabado de pigmento rojo. Los materiales de este enlucido son muy parecidos a los de Piso Rojo, sin embargo debido a las lluvias no tenemos muestras de este piso que presenten color rojo. Aunque como veremos más adelante, al revisar las muestras en el microscopio y al realizar los análisis petrográficos pudimos observar la presencia de partículas de color rojo, lo que corrobora nuestras observaciones en campo acerca de que el Piso Negro también estaba pintado de rojo.

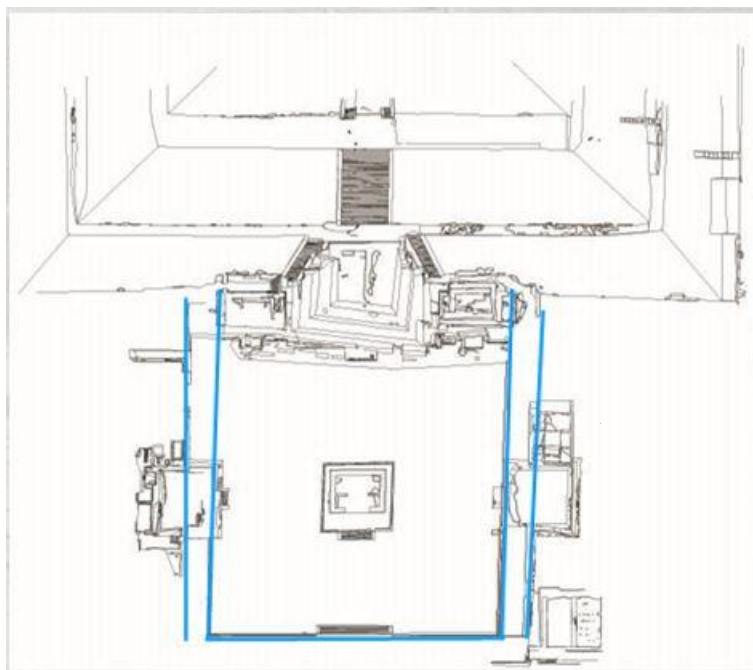


**FOTOGRAFÍA 9** Muestra PN03. Detalle de la unión entre el firme y el enlucido. Se observa un posible fragmento de vidrio volcánico o cristal de hornblenda.

Después de ver características generales de los pisos, las cuales en su mayoría fueron observaciones hechas desde las excavaciones, ya que más adelante se hablará a mayor profundidad de los materiales que componen los pisos; ahora continuamos con la descripción de las etapas constructivas vistas a través de los indicadores arqueológicos y la relación de los pisos con la construcción de cada edificación hecha en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol.

La primera etapa de construcción se trata de una plataforma en Talud, no podría afirmar que está tuviera tablero como se ve en la reconstrucción actual, lo que sí se puede decir es que su construcción de tipo mosaico, donde cada bloque es colocado y labrado para embonar en un solo lugar. Pareciera que se le daba el diseño conforme se iban montando cada una de las piezas por este motivo embonan como si fuera un rompecabezas. Como ya se mencionó, al encontrar el fragmento de talud al interior de la escalinata se propone que en algún momento no estaba el edificio 9.N3E1, que al inicio de la construcción de la plaza sólo existía una plataforma perimetral. Gracias a las áreas de excavación realizadas durante la temporada 2014 y otras hechas con anterioridad, donde se buscaba conocer la construcción y arranque del desagüe prehispánico que se encuentra al suroeste del edificio adosado sur de la Pirámide del Sol, así como al mapa realizado por el Dr. Sugiyama y colaboradores del Teotihuacan Mapping Project, se propone, como otros lo han hecho a través del tiempo, que la plaza se encontraba cerrada completamente. Aunque en

este caso sólo tengo los indicadores para hablar del sector sur, al observar el tipo de arquitectura del sitio se puede suponer que el extremo opuesto de la plaza era un reflejo del sector sur.



**MAPA 1** Plano de la Plaza de la Pirámide del Sol<sup>3</sup>, mi propuesta de la primera etapa constructiva- plataforma perimetral, con los datos obtenidos durante las excavaciones.

Es entonces que en la primera etapa tenemos una Pirámide del Sol, la cual tiene una plaza que se encuentra delimitada en los sectores norte, oeste y sur, por una plataforma en talud realizada con el método constructivo denominado *mosaico*. Esta etapa constructiva está relacionada con el piso más antiguo. Estratigráficamente es el piso que se encontró a mayor profundidad y se pudo comprobar que no había otro piso por debajo de este, ya que se llegó hasta el tepetate. Este fue nombrado *Piso Blanco* debido a sus características visuales observadas desde campo. Para la elaboración de este piso se niveló la plaza, ya que el terreno donde se encuentra es de tepetate el cual tiene una superficie irregular y es un material duro, seguramente debido a esto es que se rellenó superficie de la plaza para hacerla más plana, aunque tiene una pendiente que baja en dirección a la Pirámide del Sol.

<sup>3</sup> Plano original proporcionado por el Programa de Conservación e Investigación del Complejo Arquitectónico de la Pirámide del Sol, Teotihuacan, México. Temporada 2014.





**FOTOGRAFÍA 10** Piso Blanco localizado al frente de la escalinata del edificio 9. N3E1, interior pozo1. Y detalle de la estratigrafía del firme y el enlucido del piso.

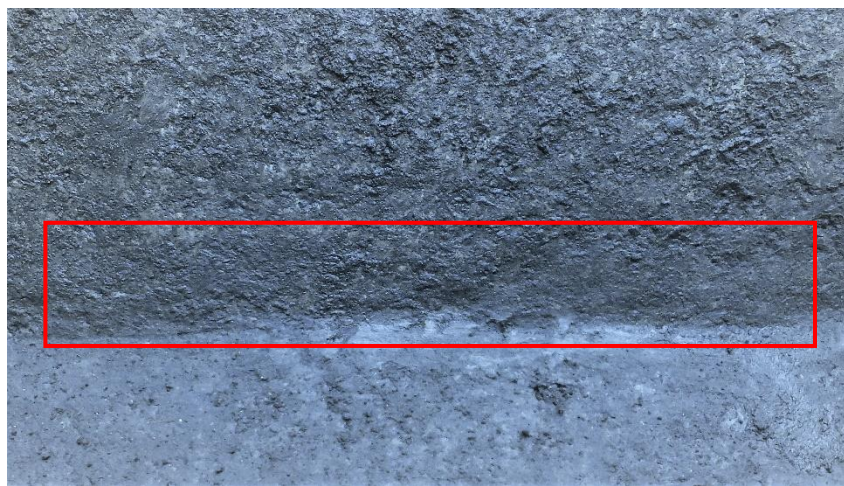
En la estratigrafía del relleno de nivelación podemos observar distintas coloraciones y texturas, que indican distintos materiales, la primera parece una tierra arcillosa de coloración oscura similar a la encontrada en el relleno de la plataforma y el edificio 9. Sobre esta se encuentra un estrato verdoso, el arqueólogo Alejandro Sarabia considera que este estrato era del material que se tiene del desecho de la talla de las rocas que se ocupaban para la construcción arquitectónica y para la elaboración de esculturas<sup>4</sup>. El siguiente estrato es de coloración amarillenta y tiene trozos más grandes de ese mismo material, también tenía una textura arcillosa pero menor a la de la primera capa. Estas capas parece que fueron parte del relleno para nivelar la superficie, por este motivo no son estratos que se encuentran de forma regular en todas las áreas excavadas pero si vemos capas parecidas que tienen el mismo objetivo. Por último tenemos el firme del piso y su enlucido, aunque ambos parecen ser del mismo material el acabado y la textura muestran diferencias. Los detalles fueron vistos en el microscopio y se describen con mayor profundidad en el apartado de resultados e interpretaciones.

El Piso Blanco se encontraba unido con el talud tipo mosaico por medio de un chaflán que es una pasta que cubre la unión del piso con el talud. En campo fue posible observar que el material

<sup>4</sup> Durante las excavaciones recuperaron algunos fragmentos basaltos y andesitas, algunos aún mostraban algún tipo de talla, pero eran muy pequeños para observar alguna forma. Estos fragmentos se encontraron dentro de las capas de relleno. (Lozano, 2014)



con el que se encontraba recubierto el talud y el enlucido del piso era el mismo<sup>5</sup>, sin embargo esto no puede ser afirmado debido a que para esta investigación no se tomaron muestras del recubrimiento del talud. Aun así, parece pertinente el comentario ya que estamos observando la utilización de un mismo producto para usos distintos pero con la misma finalidad de dar un acabado a la superficie tanto a muros como a pisos, lo que seguramente responde a la estética o las necesidades ideológicas (político- económico- religioso) del grupo que los elabora.

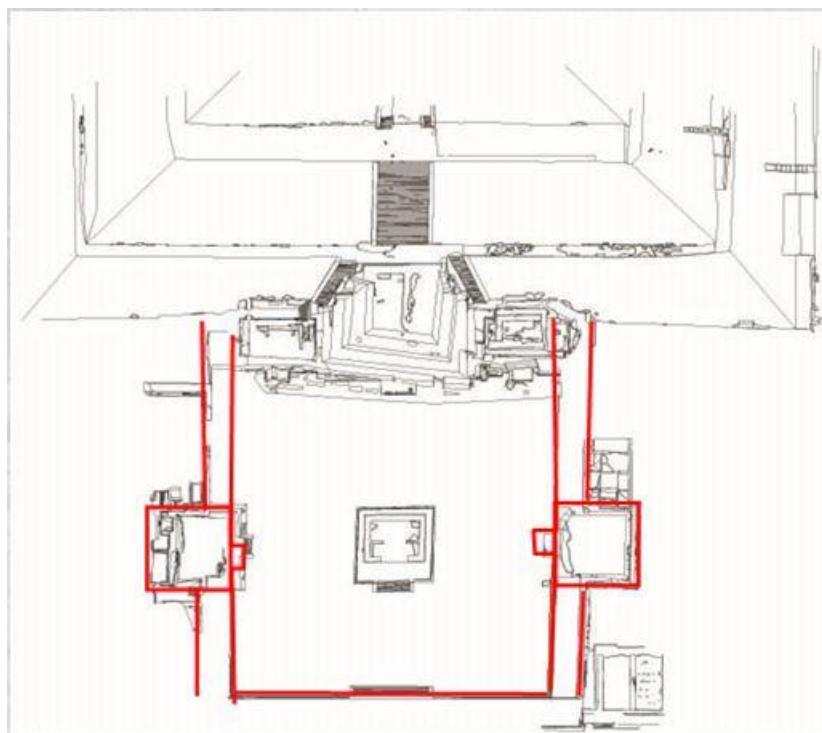


**FOTOGRAFÍA 11** Unión entre el talud tipo mosaico (primera etapaconstructiva) y el “piso blanco”.

Es en la segunda etapa donde se construye el edificio 9.N3E1 y el edificio 16.N3E1, con los que se crea una *plaza de tres templos*. También parece ser el momento de construcción de los edificios adosados a la fachada oeste de la Pirámide del Sol. El basamento 9.N3E1 se construye sobre la plataforma y la fachada principal, al norte del edificio da hacia el interior de la plaza. Esta fachada es la única que contaba con escalinatas para subir a la cúspide del basamento, de la cual ahora sólo se observa una reconstrucción que no mantiene ninguno de sus peldaños pero si cuenta con los bloques de arranque de la alfarda los cuales se encuentran *in situ* y es lugar donde inicio a las excavaciones del 2014. Las fachadas este y oeste quedan sobre la plataforma y no se ha reconocido ninguna escalinata. En esta etapa constructiva se elabora el Piso Rojo, aun cuando no tenemos la unión entre este piso y el basamento, sí se observa en los bloques de la alfarda de la

<sup>5</sup> Debido a que los apisonados no pueden mantenerse en planos verticales, suponemos que la argamasa del Piso Blanco y el aplanado del talud, fueron hechos con una pasta de cal insipientemente quemada.

escalinata, la huella de color rojo justo al mismo nivel del Piso Rojo. Otro indicador por el cual se considera que este piso no pertenece a la primera etapa de construcción es que al excavar al interior de la escalinata del edificio, no se encontraron rastros del Piso Rojo. Sí este se hubiera construido antes de la creación del edificio 9 tendríamos huellas del piso en la superficie donde después fue construida la escalinata. Desafortunadamente de este piso se tiene menor registro, y se tomaron pocas muestras, debido a que o se encuentra entre los pisos *Blanco y Negro*.



**MAPA 2** Planta de la Plaza de la Pirámide del Sol, propuesta (Lozano, 2014) de la segunda etapa constructiva-construcción del edificio 9.N3E1, elaborada con los datos obtenidos durante las excavaciones.

El Piso Rojo, es un piso complejo, desde la excavación se planteó que este piso podría ser de estuco, el cual se recubría con una capa de color rojo, los estratos son aproximadamente de entre 0.5 a 3mm. El espesor total del piso es de 2cm aproximadamente y se pudieron obtener muestras donde se encontraban todas las capas superpuestas, aun cuando son pocas las muestras que se encuentran “completas”, se tomó la cantidad de muestras necesarias para realizar todos los análisis que se hicieron para esta investigación.



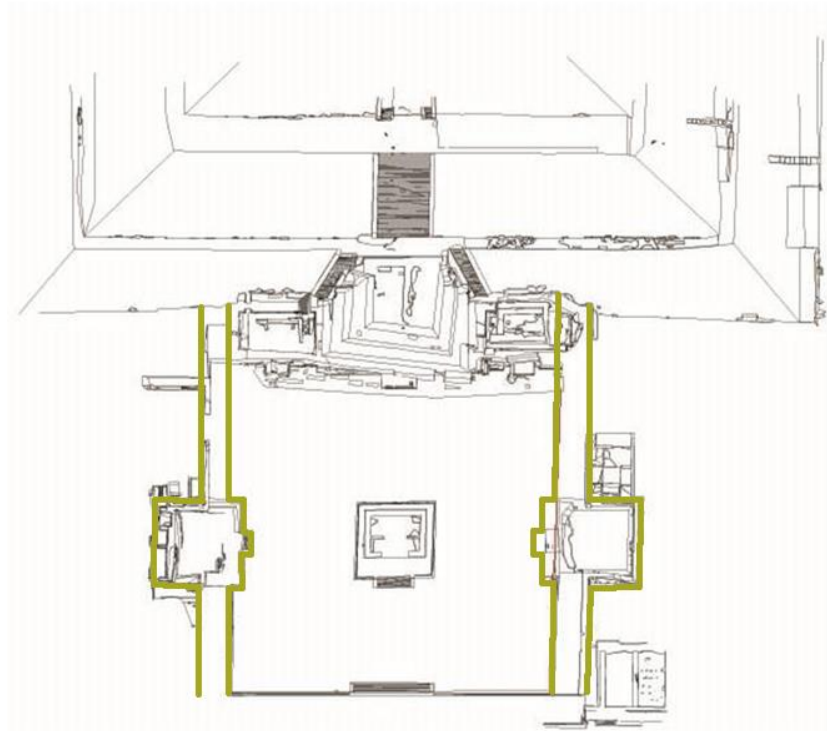
**FOTOGRAFÍA 12** Perfil estratigráfico donde se aprecian los tres pisos, intrmedio se encuentra el Piso Rojo. Muestra de PR00.

A diferencia del Piso Blanco; el cual también tenía pigmento rojo en algunas áreas de la superficie, esta coloración parecía estar pintada sobre el enlucido; el Piso Rojo muestra unas capas de color rojo, es un estrato colocado sobre el enlucido para dar el acabado final. En este piso el firme es en realidad el primer piso y conforme se van colocando nuevos estratos, la capa anterior se vuelve parte del firme. Nuestra hipótesis es que, la serie de capas es resultado del mantenimiento que se le daba a la superficie de la plaza, debido al uso del espacio, aunque para hablar del desgaste del piso por uso del espacio es necesario conocer el periodo de tiempo que esta superficie estuvo en uso.

En la tercera etapa se hace la ampliación del edificio 9.N3E1, se localizaron los indicadores arqueológicos con los que se propuso esta etapa, al menos, los que se refieren a la ampliación de la fachada norte. Los principales son, un fragmento del muro oeste, que se encuentra unido a la plataforma; cortes en el piso blanco que muestran la delimitación de la ampliación del edificio y que corresponden con el fragmento de muro; y la presencia del Piso Negro, el cual sólo se encuentra fuera del área que estaría ocupando el edificio 9 y que se encuentra en el límite de los cortes del piso blanco que ya mencionamos. Estas referencias nos hablan de una tercera modificación de la Plaza en el sector sur.

Este último momento constructivo, del cual tenemos evidencia, también puede ser el momento de ampliación de los edificios adosados a la Pirámide del Sol. En esta tercera etapa los materiales utilizados, al menos para la elaboración del piso, cambiaron por completo; aunque el acabado sigue siendo muy parecido. Estas tres etapas constructivas presentan cambios en el uso de materiales que se encuentran relacionados con los avances tecnológicos y, el uso y

abastecimiento de recursos Consideramos que estos cambios en la arquitectura son reflejo de transformaciones que de la sociedad teotihuacana.



**MAPA 3** Planta de la Plaza de la Pirámide del Sol, propuesta (Lozano, 2014) de la tercera etapa constructiva- ampliación del edificio 9.N3E1. Basado en los datos recuperados durante las excavaciones.



**FOTOGRAFÍA 13** Vista general del pozo 1 junto con las calas 1 y 2. Se observan indicadores de las tres etapas constructivas como el talud tipo mosaico, el piso blanco y los cortes de la tercera etapa, los bloques de la alfarda de la escalinata de la segunda etapa.



Es importante tomar en cuenta que la descripción de estas etapas constructivas está basada en los indicadores arqueológicos identificados durante las excavaciones del 2014. Más adelante veremos que hay algunos cambios y la identificación de otra etapa constructiva, dejando así cuatro etapas reconocidas hasta el momento.

### *1.3 Otros trabajos arqueométricos sobre patrimonio cultural y Teotihuacan.*

El sitio arqueológico de Teotihuacan es por sí mismo un referente sobre el pasado Mesoamericano. Aún existen una gran cantidad de incógnitas acerca de quienes fueron aquellos que habitaron este lugar y, que los llevó a construir esta gran urbe. Acercarse al pensamiento teotihuacano es el gran reto en el que diversos investigadores continúan trabajando; aunque con limitaciones, ya que nos aproximamos a ello sólo por medio de sus restos materiales. Afortunadamente la ciencia y tecnología han avanzado tanto, sobre todo en las últimas décadas, que ahora nos ayudan a resolver cuestiones que antes no era posible ni si quiera plantearse. Tal es el caso de las técnicas arqueométricas, que nos permiten profundizar en la composición, la estructura y conformación de los materiales, los factores que intervinieron en su elaboración, hasta llegar a procesos con los que podemos situar estos materiales en el tiempo, entre muchos otros estudios.

Esparza menciona que estos materiales (arqueológicos y de patrimonio cultural) demandan “la integración de diferentes fuentes de conocimiento y el trabajo en conjunto de especialistas en una labor interdisciplinaria”. (2015:9) El uso de metodologías analíticas complementa los análisis ópticos y tipológicos que se han empleado durante décadas en la investigación de materiales arqueológicos. Sin embargo estas metodologías nos proporcionan información detallada acerca del objeto de estudio, las cuales no pueden ser observadas a simple vista. (ibíd.)

Uno de los principales problemas dentro de los estudios arqueométricos es la toma de muestras, debido a que en muchas ocasiones estos materiales serán destruidos al momento de prepararlos para su análisis, es complicado obtener los permisos para tomar un fragmento de la muestra sobre todo si se trata de un objeto completo. Sin embargo desde los inicios de las investigaciones arqueológicas se ha visto que para obtener mejores datos se tiene que “sacrificar” o destruir parte del material. Cuando este es el caso, es necesario hacer una descripción sumamente detallada del material analizado. De hecho, Almaraz en 1985 menciona que “[...] sería preciso destruir con sumo cuidado algunos tlalteles para estudiar su conformación y contenido; atravesar de un lado a otro las pirámides, [...]” (Matos, 1995:67); lo que nos indica que la toma de muestras

de materiales arqueológicos ha sido justificada siempre que el objetivo sea generar una mayor información acerca de la sociedad, de la que él mismo da.

De hecho, en 1917, se inicia la primera investigación de carácter integral dentro del valle de Teotihuacan, este trabajo estuvo a cargo de don Manuel Gamio. Fue titulado *La población del valle de Teotihuacan*, y fue el primero en integrar otras disciplinas como la antropología física, la lingüística y la etnología en conjunto con la arqueología; esto dio como resultado que la antropología fuera vista como una nueva ciencia. Aunque al inicio los trabajos arqueológicos estaban enfocados en descubrir edificios monumentales, con el tiempo, los investigadores comenzaron a generar nuevas interrogantes acerca de aquellos individuos que construyeron dichas ciudades. Es entonces que se inician trabajos de investigación con el objetivo de conocer la temporalidad de los edificios o de saber acerca de la vida cotidiana de aquellos grupos socio-culturales. Dentro de los primeros trabajos que se realizaron para contestar este tipo de interrogantes se tiene los estudios cerámicos hechos por Eduardo Noguera, quien propuso una cronología relativa al analizar los materiales provenientes de las exploraciones realizadas en el interior de la Pirámide del Sol, y lo mismo hizo para diferentes áreas dentro del sitio arqueológico de Teotihuacan. (Matos, 1995)

Es gracias a la relación entre la arqueología y otras ciencias que se han abierto nuevas preguntas y generado nuevos temas de investigación. Desde mediados del siglo pasado se han introducido técnicas como el Arqueomagnetismo, que inició en México con análisis de paleointensidades magnéticas sobre materiales Mesoamericanos; tal es el caso de los análisis hechos en cerámica de Cuicuilco. (Soler, 2014: 5) Esta metodología ha sido empleada cada vez con mayor frecuencia para realizar dataciones y propuestas cronológicas en diferentes sitios arqueológicos a lo largo del territorio mexicano. En los noventa se hacen los primeros trabajo arqueométricos en Teotihuacan, Wolfman toma las primeras muestras en 1969 y 1973 pero sólo realizó la desmagnetización de algunos especímenes, es más adelante que se vuelven a tomar más muestras de estucos quemados para corroborar el estudio, estas últimas reportaron una media de 475 d. C. Se obtuvieron otras dataciones para la Ciudadela, Pirámide de la Luna y Complejo Plaza W, cuya media es  $550 \pm 25$  d.C. que corresponde a la fecha del incendio de Teotihuacan. La cual también hemos identificado en esta investigación y lo veremos más adelante.

Dentro de las principales aportaciones sobre la cronología de Teotihuacan, se encuentran los estudios de 8 muestras de pisos quemados y no quemados provenientes del barrio de

Teopancazco, los resultados fueron comparados con los obtenidos por C<sup>14</sup> de materiales relacionados con los contextos de los pisos analizados. Las muestras fueron recolectadas en la temporada de 1999 dentro del proyecto *Teotihuacan: elite y gobierno* dirigido por la Dra. Linda R. Manzanilla. Se observó claramente que ambos tipos de análisis dieron la misma, o muy similar, información cronológica. También se realizaron análisis arqueométricos a pisos provenientes del conjunto Xalla, los materiales fueron recolectados durante la temporada 2001 (15 muestras) y 2003 (11 muestras), y nuevamente en Teopancazco en el 2003. Los resultados han sido bastante exitosos, es por eso que se siguen haciendo estos análisis en diferentes áreas de este sitio arqueológico recientemente se analizaron pisos localizados en la plaza de la pirámide de la Luna y la Plaza de las columnas, ambos proyectos siguen trabajando en los resultados. La cronología propuesta contiene dataciones que van desde el 350 d. C. hasta el 550 d. C., este último tiene la mayor cantidad de registros y está relacionado con el gran incendio de Teotihuacan. (Soler et al. 2006; 2014: 38-47)

Hueda (2004) hace una gran aportación al confirmar que se pueden realizar análisis arqueomagnéticos a pisos de argamasa de cal no quemados. Ella analiza materiales provenientes del barrio de Teopancazco en Teotihuacan y otros de Templo Mayor. Menciona que se pueden obtener muy buenos resultados, siempre y cuando se tenga contextualizado el material que se analiza, ya que la selección de las dataciones depende mucho de esos datos.

Una de las principales limitaciones de esta metodología es la resolución y la eficacia de la Curva de Variación Secular Geomagnética para Mesoamérica. Esta curva se sigue perfeccionando y con cada dato arqueomagnético que se le integra para obtiene una mejor resolución. (Soler, 2009:1) Para ello es necesario continuar realizando análisis de todos los materiales disponibles, considerando que toma de las muestras requiere una metodología de extracción específica desde campo.

Estos y otros estudios se han realizado también en materiales teotihuacanos, dentro de ellos se tienen los estudios petrográficos realizados a los pisos del barrio de Teopancazco, con los que se puede saber la composición de la estructura de los pisos y, hoy en día entrar en debates sobre el uso de materias primas provenientes de sitios lejanos a esta área (Pecci et al., 2008). Pecci ha utilizado diversas metodologías para analizar los agregados encontrados en los pisos del barrio teotihuacano ya mencionado. Dentro de los resultados que obtuvieron se encuentra que el material más utilizado como carga en los estucos son esquirlas de vidrio volcánico. Como consecuencia de

estos resultados se han realizado estudios de procedencia de las esquilas, para identificar la posible fuente de materia prima. Pecci (et al., 2016) y colaboradores proponen que los materiales fueron traídos desde la costa del Golfo. Resultado que empata con la propuesta de la Manzanilla, que nos habla de un corredor de intercambio Puebla- Tlaxcala que termina en Veracruz.

Dentro de la arqueometría, se cuenta con la física aplicada en materiales arqueológicos, que han sido ampliamente utilizadas sobre todo para el estudio de materiales de patrimonio cultural. Ya que entre otras cosas, permiten conocer la composición elemental y estructural de un objeto. En esta investigación utilizamos diferentes metodologías *no destructivas* para conocer los componentes (XRF, XRD, SEM, Raman) que componen las argamasas los pisos. Otras metodologías (FTIR, SEM) fueron utilizadas para distinguir cambios tecnológicos en la construcción de los pisos; entre otras preguntas.

Para este estudio se utilizaron técnicas de análisis como, Microscopía electrónica de barrido con emisión de rayos X secundarios (SEM- EDS), que ha sido ampliamente utilizada para conocer la composición elemental de artefactos cerámicos. Según Tite, el uso de esta metodología sirve principalmente para tres objetivos, en el caso de la cerámica: 1) identificar la materia prima utilizada, 2) información sobre técnicas de manufactura y, 3) información sobre la decoración de la superficie. (Froh, 2004:188). También se ha empleado para analizar superficies inorgánicas y pigmentos (Freestone and Middleton, 1987), por ello fue elegida para analizar los tres niveles de piso. Una gran ventaja de esta técnica es la profundidad de análisis que puede obtenerse debido al alcance y resolución del equipo que es mejor que la del Microscopio petrográfico, pero está en desventaja con el mismo cuando se trata de hacer identificaciones de fases minerales individuales (Froh, 2004: 166). Esta metodología continúa recibiendo más adeptos, ya que se puede emplear como herramienta para contestar diferentes preguntas acerca de la composición del material, las técnicas constructivas y las técnicas de manufactura, etc., las cuales son de interés para esta investigación.

Los análisis de Fluorescencia de rayo X se utilizan sobre todo para conocer la composición elemental del material. Ha sido muy aplicado en estudios cerámicos, para conocer los componentes de la pasta. Aunque hay que tomar en cuenta que mientras más heterogéneo es un material, más complejo será identificar los minerales o arcillas que los componen, porque la información es general del área analizada. Pérez Ireta (2016) utiliza esta metodología en conjunto con Difracción de rayos X, para caracterizar cerámicas arqueológicas del sitio Cerro de los Remedio, en



Guanajuato. Ella propone que es necesario realizar estos análisis, ya que las clasificaciones cerámicas típicas (como Tipo/Variación) agrupan estos objetos dependiendo de su forma o decoración y debido a esto se cae en el error de afirmar que dos objetos, que a simple vista son iguales, tuvieron los mismos materiales, provienen del mismo lugar, o fueron elaborados de la misma forma y no siempre es el caso. Ella lo confirmó, observando grupos minerales distintos, los cuales no tuvieron ninguna relación con la clasificación morfológica de la cerámica. En el caso de esta investigación hemos tomado en cuenta el éxito obtenido con la aplicación de estas metodologías espectroscópicas de rayos X en cerámicas, porque los pisos también están compuestos por minerales.

Murakami (2010, 2016) realizó estudios de argamasas de cal provenientes de distintos sectores de Teotihuacan, empleando catodoluminiscencia y análisis petrográficos, para caracterizar los materiales y observar diferencias en el grado de calcinación de la cal. En este estudio también se caracterizaron los materiales de las argamasas con las que se construyeron los pisos, e identificamos el grado de calcinación de los carbonatos, pero hemos empleado metodologías distintas. Aun así hemos podido comparar algunos de los resultados y ampliar el conocimiento acerca los materiales que componen los pisos.

Así como estos, cada día se realizan más estudios arqueométricos sobre argamasas de cal, aplanados y estucos, teotihuacanos y de otros sitios de Mesoamérica. Como los realizados en los estucos de área Maya (Villaseñor y Aimers, 2008), lo que nos permite hacer comparaciones sobre: composición, métodos de elaboración, avances tecnológicos, redes de intercambio, etc. O la investigación de Ortiz- Ruíz, aún en proceso, sobre la producción de cal y la identificación de hornos para el procesamiento de este material, en área maya, por medio de análisis de infrarrojo (FTIR- ATR) y PIXE. Y la diferenciación entre calcitas geogénicas y calcitas antropogénicas (2014:). Los cuales nos han servido de base para los análisis de Infrarrojo que hemos realizado sobre argamasas de cal, con las cuales se hicieron los enlucidos de los tres niveles de piso, para conocer el grado de calcinación de los carbonatos. (Chu, 2008; Ortiz- Ruíz, 2014)

Existen muchas más metodologías científicas que son aplicadas en materiales arqueológicos, en el caso de esta investigación sólo abordamos algunas de ellas.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Los pisos son superficies antrópicas que tuvieron una funcionalidad cotidiana, ya fuera libre o limitado el acceso a ciertos espacios, las superficies tuvieron contacto directo con las actividades que realizaban los individuos que lo habitaban. Los pisos también son un reflejo de la tecnología con que se contaba y, muestra los avances que tuvieron a lo largo del tiempo dentro del sistema constructivo. En esta investigación se realizaron distintos análisis en los tres niveles de pisos de la plaza para saber su composición, estructura y hacer su datación. Esto requiere de una metodología específica para su procesamiento e interpretación, para ello se realizaron estudios químicos, físicos, geofísicos y geológicos; en los laboratorios correspondientes todos ellos localizados dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México. A continuación se presenta la metodología empleada para cada una de las técnicas realizadas.

### *II.1 Arqueomagnetismo.*

Diversas investigaciones han demostrado que los pisos prehispánicos de estuco, del centro de México, contienen suficiente material ferromagnético para tener una buena señal de termorremanencia, aun así se sugiere muestrear aquellas áreas que presenten evidencia de haber sido expuestos al fuego o quemadas con algún propósito. En algunos casos, los pisos y apisonados hechos con otros materiales, tierras y arcillas, han presentado una buena termorremanencia. Es importante tomar en cuenta que la lectura de los pisos de estuco se hace de la parte del enlucido, el cual suele tener material magnético, como ceniza volcánica. El espesor puede ser mínimo y mientras menos material de interferencia se tenga (rocas volcánicas), es mejor; si no, se corre el riesgo de tener las medidas de la materia prima y no de la elaboración del piso. Esta metodología puede ser aplicada gracias a que las partículas magnéticas dentro de los pisos de estuco quedan orientadas con el polo magnético del momento cuando el piso pasa por el proceso de fraguado. (Soler, 2006)

En el caso específico de esta investigación se tomaron muestras provenientes de los tres niveles de piso que fueron localizados en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del sol, durante de las excavaciones del 2014; también se tomaron muestras de los pisos que se encontraron en la excavaciones que se realizaron en el centro de la misma plaza, relacionando los pisos por las características físicas y el nivel métrico en el que se encontraron. Dentro de los pisos de la excavación del central, se tomaron muestras de un fragmento de piso que claramente mostraba rastros de quemado; este piso tienes las mismas características físicas del Piso Negro.

-Toma de muestras en campo.

Con la realización de estos estudios se busca ubicar temporalmente la elaboración de los pisos; los cuales al estar relacionados directamente con modificaciones arquitectónicas del sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol, nos permiten proponer una cronología a estos procesos constructivos. Es así que podemos observar cambios tecnológicos, el uso de distintos materiales en cada etapa constructiva y los periodos de ocupación de esta plaza dentro del tiempo de ocupación de Teotihuacan.

Hay que tomar en cuenta que las muestras fueron recolectadas expresamente para la realización de estas pruebas, ya que se requieren de ciertas especificaciones durante el proceso de obtención. (Soler, 2006; y Hueda- Tanabe, 2004). La Dra. Ana M. Soler Arechalde, junto con un grupo de estudiantes, recolectó los ejemplares de los tres niveles de piso. Durante la extracción de estos, se les dio una nomenclatura que responde al muestreo consecutivo, conforme se fue recuperando material de cada superficie (los de la excavación central y los de los pozos 1, Cala 1-2, pozo 6 y pozo 9), se les asignaba un número, es por eso que se registraron 8 “pisos”, aunque en realidad son el número de muestras, de los cuales una corresponde al piso “negro” quemado de la excavación central, dos de Piso Negro con enlucido, una de Piso Negro sin enlucido, una de Piso Rojo, tres de enlucidos del Piso Blanco.

En la monografía “Investigaciones arqueomagnéticas en México- Fundamentos. Historia y Futuro.” Soler- Arechalde explica paso a paso como se deben recuperar las muestras en campo, dependiendo del tipo de material que se muestrea; cuales son los materiales básicos que se utilizan durante el muestreo; y cuál es el proceso para consolidar los ejemplares antes de ser llevadas al laboratorio; así como los cuidados que se deben tener con este tipo de muestras. (Soler, 2006:78-85) Al igual que con la mayoría de las técnicas arqueométricas, es de suma importancia seguir

meticulosamente las indicaciones del muestreo; la toma de las lecturas del Azimut y la Inclinación, la recopilación de los datos y el registro fotográfico, son necesarios para realizar adecuadamente el análisis en el laboratorio y posteriormente interpretar los resultados obtenidos.



FOTOGRAFÍA 14 Izq. Colocación de soportes para la toma de muestras. Dcha. Lectura del azimut y la inclinación.

-Preparación, procesamiento en el laboratorio e interpretación de resultados.

Los ejemplares se llevaron a las bodegas del Proyecto Pirámide del Sol, para ser resguardados mientras se trasladaban al laboratorio. El primer paso para el análisis de los ejemplares es consolidarlos, este proceso duró alrededor de tres semanas, entre colocarles el consolidante (pegamento blanco, diluido en agua) con una brocha y dejar secar, este paso tiene que repetirse en varias ocasiones para asegurarse de que el material está lo suficientemente sólido para ser procesado posteriormente y darle la forma requerida para ser colocado en el magnetómetro.



FOTOGRAFÍA 15 Izq. Secado de ejemplares. Dcha. Área de trabajo para corte y pulido.

Las muestras se llevaron al Laboratorio de Paleomagnetismo, I. Geofísica, UNAM. Una vez ahí, se continuó con la consolidación los ejemplares de los pisos. Se tuvieron las muestras en este proceso por alrededor de otras dos semanas para asegurarnos que la muestras estuvieran sólidas y secas. El siguiente paso fue cortar y pulir los ejemplares para que tengan el diámetro requerido por el equipo. A cada ejemplar se le da forma cilíndrica para ello es necesario llenar con una plastilina epoxica libre de carga magnética, todo el espacios vacíos del cilindro, se tienen que dejar secar por al menos 48 horas. La forma cilíndrica y la dimensión del ejemplar, son específicas para entrar en el porta muestras giratorio del magnetómetro. (Soler, 2009:2)

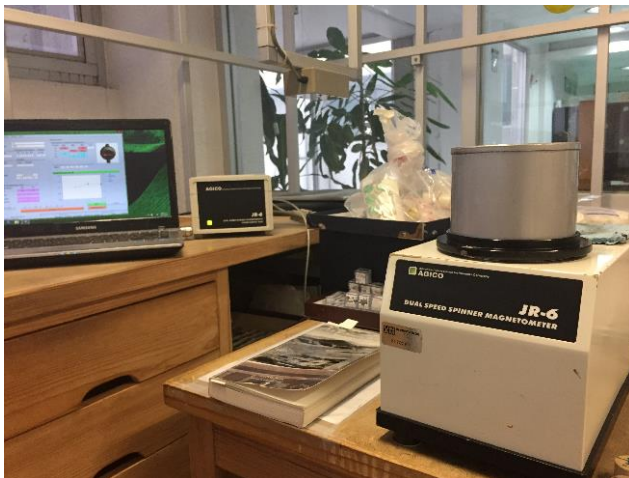


FOTOGRAFÍA 16 Izq. Ejemplares cortados del Piso Rojo. Dcha. Ejemplares pulidos y ejemplares con plastilina.

Los ejemplares del piso blanco presentaron menos complicaciones para elaborar los cilindros, los del Piso Negro fueron complejos en el corte debido a que el firme del piso está compuesto de gravas volcánicas, lo que impidió que se cortaran con el esmeril ya que el disco se agotaba con facilidad, lo que se hizo fue dar forma con un cincel y después pulir el espécimen hasta tener la circunferencia deseada y, por último, rebajar el espesor del firme lo más que se pudiera sin dañar o perder el enlucido. Los ejemplares del Piso Rojo fueron los más complejos de trabajar debido a la serie de estratos que conforman este piso. Se decidió separa las capas, aunque no se pudieron separar todos los estratos y en algunos casos se dejaron varias capas en conjunto, lo que implica que los resultados de las lecturas son el promedio del conjunto de los estratos. Una vez que las muestras están terminadas se colocan en la cámara de blindaje magnético, donde se mantienen por aproximadamente un mes.



La medición de los ejemplares se hizo en un magnetómetro de giro, modelo JR-6 Dual speed spinner magnetometer AGICO Advanced Geoscience Instruments Company, con una resolución de ( $10^{-10}$  Am<sup>2</sup>). Este tipo de equipo mide “la oscilación del campo magnético producida por la rotación del momento magnético de las muestras originado por la rotación de la muestra. [...] Estos datos normalmente alimentan un programa de computadora y se obtiene la declinación, inclinación de la magnitud de la magnetización remanente. [...] también calculan las correcciones geográficas y de rumbo y echado.” (Soler, 2006:22) El primer paso para obtener las lecturas de la magnetización de los pisos es hacer la medición de la Magnetización Natural Remanente (NRM, por sus siglas en inglés), con la cual obtenemos la magnetización primaria o característica del espécimen. Para ello, el ejemplar es colocado en cuatro posiciones distintas y se toma la lectura por triplicado. El programa que se utilizó para el procesamiento de las muestras fue el Rema6w; el cual va indicando por medio de una imagen, la colocación en la que debe ir el espécimen. Este proceso ayuda a descartar ejemplares que no contengan suficiente intensidad magnética y seleccionar aquellos ejemplares, de cada muestra, que servirán como pilotos para realizar el siguiente paso. Es muy importante que durante el proceso de medición de los ejemplares se haga la anotación del promedio (de las tres lecturas) que da de la Declinación, la Inclinación, la Intensidad y el porcentaje de Error; que son los elementos que nos permiten seleccionar los pilotos de la muestra.



FOTOGRAFÍA 17 Izq. Equipo JR-6 (Magnetómetro), Laboratorio de Paleointensidades Magnéticas, I. Geofísica, UNAM. Dcha. Cabina donde se coloca el ejemplar.

Una vez medida la NRM de todos los ejemplares de las 8 muestras, el siguiente paso consiste en tomar la NRM de todos los ejemplares y después se hace el lavado magnético<sup>1</sup>, donde se utilizó un equipo desmagnetizador Molspin AF. Al finalizar cada desmagnetización por campos alternos (AF) se vuelven a tomar las medidas en las cuatro posturas, por triplicado, y se registra el promedio, este paso se repite con cada campo magnético. Para este estudio se aplicaron 10 campos a cada ejemplar, aunque en algunos casos la señal era tan baja que no se pudo terminar el lavado magnético.

Los resultados obtenidos del lavado magnético se procesaron en el programa Remasoft 3.0 con el que se obtiene la magnetización característica de donde se obtienen los resultados de la declinación, inclinación, R, K y  $\alpha_{95}$  de cada muestra, aquí se conjuntan las lecturas de todos los pilotos de una misma muestra. Y por último se contrastan con respecto a la curva de calibración para Arqueomagnetismo, el programa que se utilizó fue el Rend Date, de donde se obtienes las posibles fechas calendáricas.



FOTOGRAFÍA 18 Instrumento de desmagnetización, Laboratorio de Paleomagnetismo, I. Geofísica, UNAM.

---

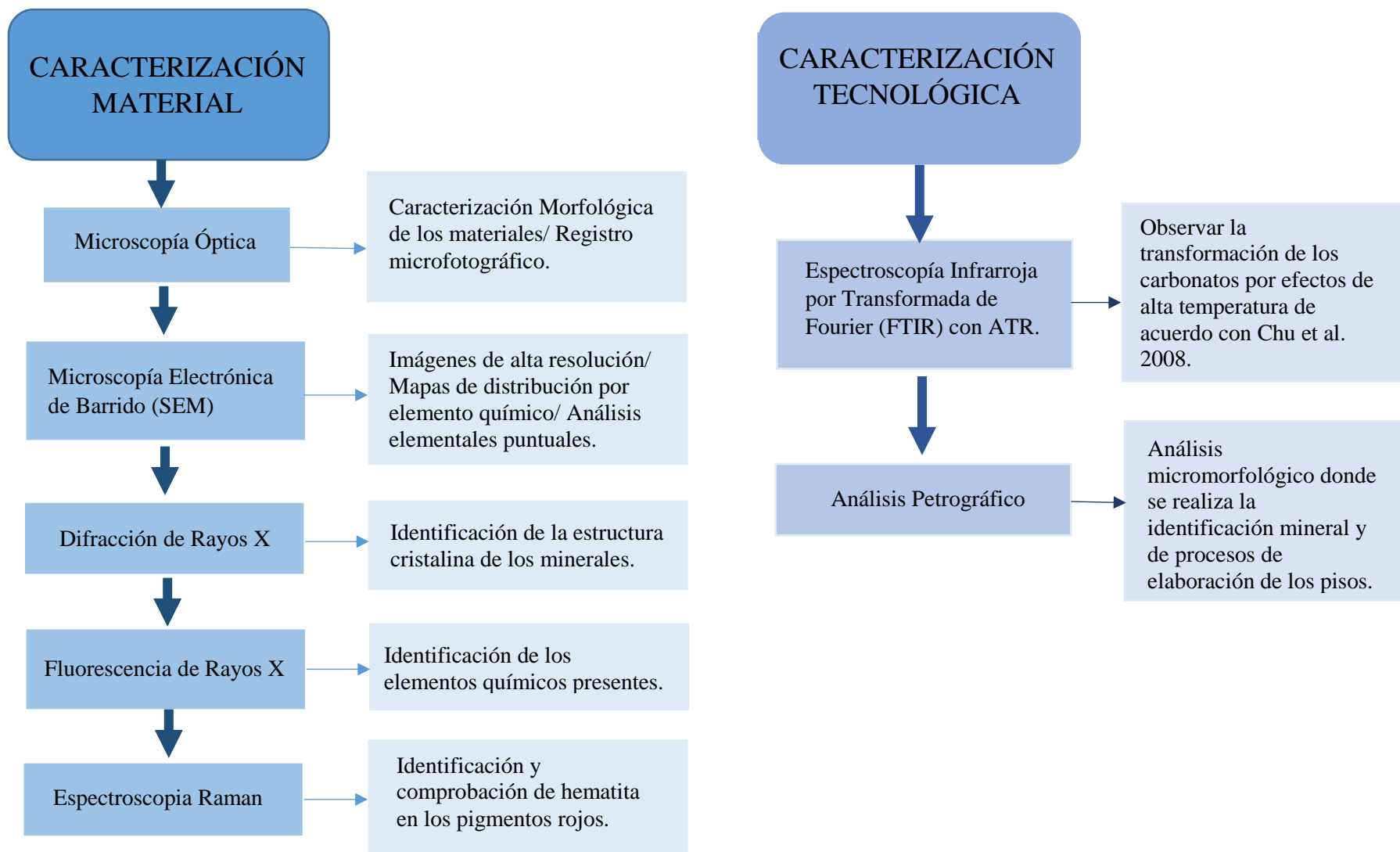
<sup>1</sup> . El lavado magnético consiste en aplicar un campo débil a cada ejemplar. Se hizo en un AF de diez pasos, desde 50 hasta 1000.

## *II.2 Análisis físicos no destructivos y análisis micromorfológicos.*

En el Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC), del Instituto de Física de la UNAM, se seleccionaron los fragmentos de piso adecuadas para realizar los distintos análisis. Se eligió un total de 15 fragmentos de piso de distintos tamaños, no mayores a 3cm<sup>3</sup>. Dentro de estos, 3 ejemplares son de Piso Negro, 6 de Piso Blanco y 6 de Piso Rojo. Se hicieron los siguientes análisis: Microscopía Óptica, Fluorescencia de Rayos X (XRF), Difracción de Rayos X (XRD), Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y Espectroscopia Raman (SERS), para conocer la composición y estructura de los materiales que conforman los pisos. Es importante mencionar que todas estas metodologías pueden no ser destructiva; sin embargo se necesitan características específicas en cuanto a las dimensiones de la muestra que se analizan con SEM, con esta técnica también se analizaron 3 bloques uno de cada nivel de piso (fragmentos de piso consolidados en resina, con pulido espejo en una de las caras). Tanto en FTIR como en XRD se decidió tomar un pequeño fragmento de muestra para hacer mediciones en polvo. A continuación describo, brevemente, la metodología de análisis de cada técnica utilizada en esta investigación.

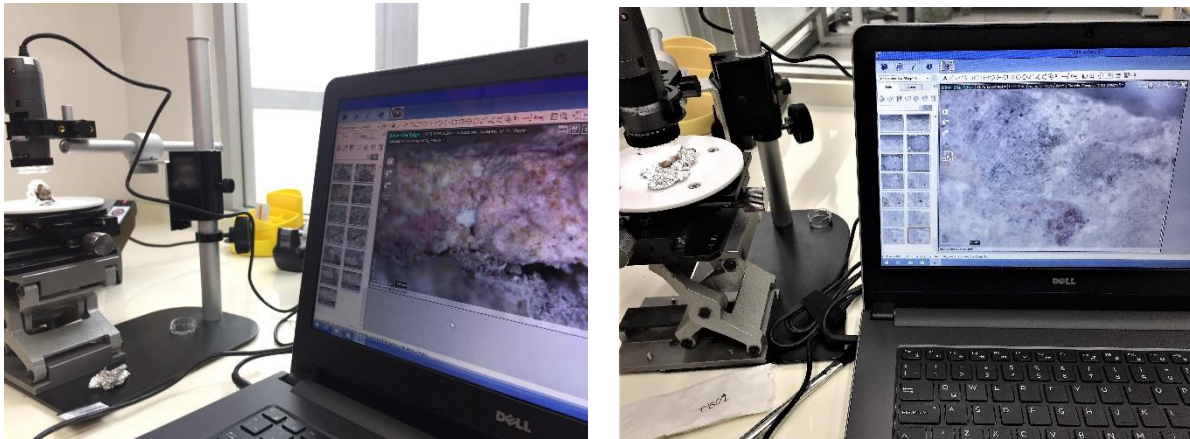


# Secuencia Metodológica



Caracterización de materiales.

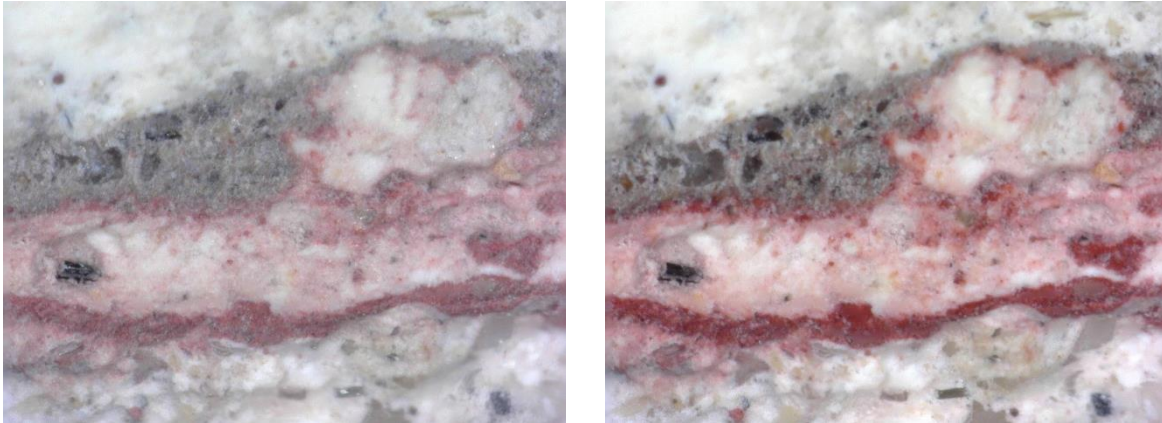
a) Microscopía Óptica. La microscopía es una técnica que permite observar objetos mediante el uso de lentes de aumento con la ayuda de Luz, que se encuentra dentro del rango de la Luz Visible. Esta técnica es muy útil para identificar componentes de un objeto, mientras estos elementos no sean menores a tres micrómetros. Existen distintos tipos de microscopios, para esta investigación se realizó el registro de fotográfico de todas las muestras con un Microscopio óptico con luz polarizada, equipo Dino Lite EDGE Digital Microscope, con un aumento que va de 20x a 200x; la cámara del equipo cuenta con corrección de profundidad de campo.



FOTOGRAFÍA 19 Equipo Dino Lite EDGE Digital Microscope, Laboratorio de Microscopía óptica en el LANCIC.

Se analizaron 15 muestras, seis del Piso Blanco, seis del Piso Rojo y tres del Piso Negro; debido a las condiciones de las muestras del Piso Negro se descartaron tres de ellas. Se hicieron dos tomas de cada imagen, con luz visible y con luz polarizada. La mayoría de las fotos fueron tomadas con corrección de profundidad de campo que fue de mucha utilidad debido a lo irregular de la superficie de las muestras, estas imágenes permiten principalmente apreciar mejor las inclusiones o cargas que están dentro de la matriz del piso, en cualquiera de sus secciones (Firme, alisado, enlucido). Hacer la revisión de las muestras con luz polarizada, permitió observar diferencias entre las distintas capas que conforman los pisos. También se identificaron, preliminarmente, algunas cargas de la matriz del firme y enlucido. Este análisis es recomendado para iniciar con los estudios ya que nos permite descartar aquellas muestras que no presenten las características necesarias para

los demás estudios; fue gracias a esta observación que se decidió que muestras de las 15 serían analizadas con cada una de las metodologías planteadas a ser analizadas y con qué técnica.

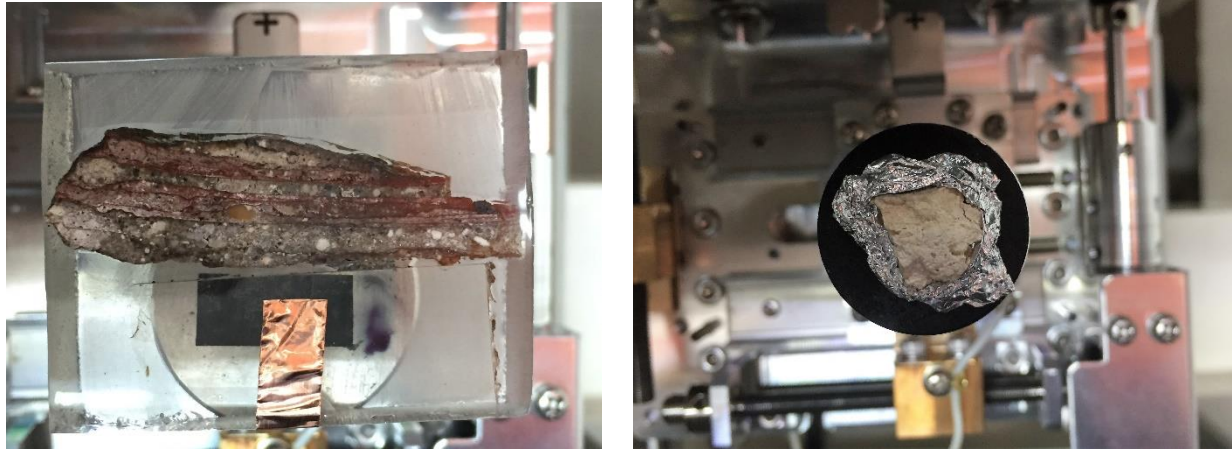


FOTOGRAFÍA 20 Fotografías tomadas con el Microscopio *Dino Lite*, izq. Luz Visible; dcha. Luz Polarizada.

b) Microscopio electrónico de Barrido (SEM). La microscopía electrónica se basa en el uso de un haz de electrones en lugar de un haz de luz. El SEM tiene una gran profundidad de campo que es capaz de producir imágenes de alta resolución, lo que permite analizar los detalles más pequeños de las muestras, aunque las imágenes son en blanco y negro que dificulta un poco su interpretación. También se obtiene una señal de rayos X con la que se pueden hacer análisis espectrométricos de la composición de la muestra. Esta técnica provee información sobre: tamaño partículas, rugosidad, porosidad, habito de crecimiento cristalino, distribución de fases y de impureza. Esta información puede explicar varias características del material: dureza, tenacidad, elasticidad, plasticidad, propiedades ópticas, conductividad térmica y procesos de manufactura.

Se hicieron análisis de seis muestras, tres sin consolidar y tres consolidadas (bloques extraídos de la misma muestra con la que se elaboraron las láminas delgadas). Se tomó una muestra sin consolidar y una en bloque, por cada tipo de piso. Las dimensiones de las muestras no pueden sobre pasar los 3x2x4cm debido a las dimensiones de la cámara de vacío del equipo que ocupamos. Los materiales que no se encontraban consolidados se tuvieron que preparar dejando una superficie lo más homogénea posible, el problema con esto es que debido al tipo de material con el que están construidos los pisos es muy complicado dejar una superficie homogénea, pues el material se desprende con facilidad y en cortes heterogéneos. Las muestras impregnadas se mandaron a cortar con las dimensiones mencionadas y una de las caras, la que expone mejor el piso, fue pulida con

acabado espejo. Con ambos tipos de muestra se obtuvieron buenos resultados aunque cada una tuvo sus limitaciones las cuales mencionamos en el capítulo de resultados e interpretaciones.



FOTOGRAFÍA 21 Izq. Muestra del bloque de piso rojo. Dcha. Muestra sin consolidar de piso blanco.

Los estudios se hicieron con Microscopio Electrónico de Barrido modelo TM3030 Plus Tabletop Microscope Hitachi, con SDD para EDS. Con condiciones de análisis de 15 a 18 keV de energía y un tiempo de 600s a 1000s y un límite de detección de 0.01%. Es importante mencionar que los estudios se realizaron buscando elementos principales y minoritarios, y no se pueden observar los elementos traza por lo que no se puede hacer estudios de procedencia ya que no distingue entre materiales que tienen una composición similar.



FOTOGRAFÍA 22 Izq. Microscopio Electrónico portátil del LANCIC, Instituto de Física, UNAM. Dcha.

Colocación de la muestra en el porta objetos en la cámara de alto vacío.

Se hicieron diferentes microanálisis por dispersión de energía de áreas puntuales, incluso dentro de la misma capa, permitiendo ver diferencias entre capas que parecen estar hechas del mismo material y analizando algunas partículas de los agregados del piso. Se produjeron diferentes datos: imágenes de alta resolución, mapas de distribución de elementos y tablas de los porcentajes de los elementos. Con los resultados obtenidos se creó una base de datos en Excel para la realización de gráficos que muestran visualmente los resultados obtenidos, estos datos también fueron normalizados con respecto al Ca como en el caso de los análisis de XRF.

c) Difracción de Rayos X (XRD). Con esta técnica se determina la estructura de los materiales cristalinos. Los objetos que se exponen a un haz de rayos-X y en respuesta emite un rayo difractado; el ángulo de difracción y el ángulo de incidencia son característicos de cada cristal, lo que permite la identificación de los minerales y compuestos que componen el objeto. Este análisis se basa en la ley Bragg. Es una técnica que puede no ser destructiva, aunque también se puede tomar una muestra del objeto y molerla, lo que evita la orientación preferencial de las partículas cristalinas, lo que facilita su interpretación.

Los análisis se hicieron con el equipo ADis (Análisis por Difracción de rayos X in situ) que es un equipo portátil, desarrollado en el LANCIC del Instituto de Física de la UNAM. Las condiciones de lectura fueron de 36kv, 0.8mA, el tamaño del haz es de 0.7mm X 3mm, se usó una referencia de estándar de Si 640c del Nis; el tiempo de lectura fue de 30 min para las muestras en polvo y de 1 hora para las adquisiciones directas en el bloque. Una de las desventajas de esta técnica es que no percibe ningún material que se encuentre en menos del 2% del total de la muestra (que puede ser una desventaja para el análisis de los agregados), tampoco detecta materiales orgánicos a menos que estos se cristalicen de forma natural y no estén deteriorados o alterados, como algunas resinas o la miel.



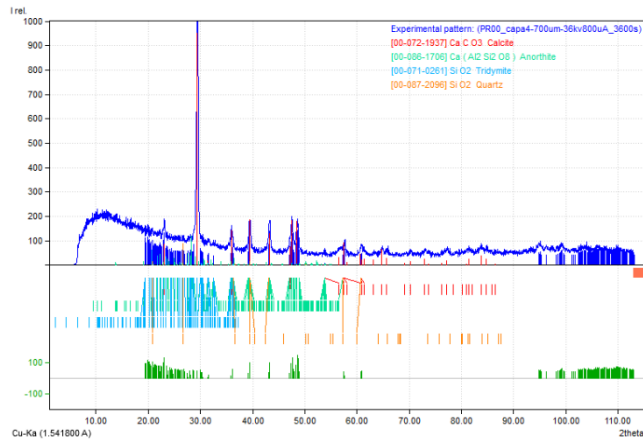


FOTOGRAFÍA 23 Equipo ADIS, LANCIC, Instituto de Física, UNAM.

En la captura de los datos se utilizó el programa *Acquisition* para las lecturas de XRD y el programa AMTEC para las lecturas de XRF que se hacen de forma simultánea con este equipo, el tiempo de lectura para este análisis fue de 10 min. Se utilizó la base de datos PDF2 que se encuentra dentro del programa MATCH, para una primera identificación de los minerales; después se procesaron los difractogramas en la base de datos del PDF4.

“El programa match! 2.0 es útil para una identificación preliminar, ya que sólo nos podemos basar en las posiciones de los picos. Si existen reflexiones a altos ángulos y muy intensas, no es posible realizar una identificación. Con el programa PDF-4 se puede realizar un análisis más exhaustivo, ya que es posible modificar las intensidades relativas en los difractogramas de las bases de datos con un análisis pseudo-Rietveld”. (Aguilar-Melo, 2014:99)

Se analizaron 9 muestras, tres correspondientes a cada nivel de piso. En el caso del Piso Rojo, se hicieron análisis de más de un estrato, en algunas muestras fue posible desprender los estratos y esto permitió tener lecturas de las varias capas que conforman el Piso Rojo. En todos los casos se hicieron análisis del firme, el enlucido (si lo presentaba) o el alisado (superficie). Para las muestras que no eran molidas se les fabricaba una base con papel aluminio para mantener la muestra de forma horizontal. En el caso de las muestras que se molieron se utilizó un mortero de ágata, y el polvo se colocaba en un soporte circular que embona en la platina giratoria del equipo.



FOTOGRAFÍA 24 Izq. Ejemplo de difractograma. Dcha. Soportes circulares para análisis de muestras en polvo para el equipo el ADIS.

#### d) Fluorescencia de Rayos X (XRF).

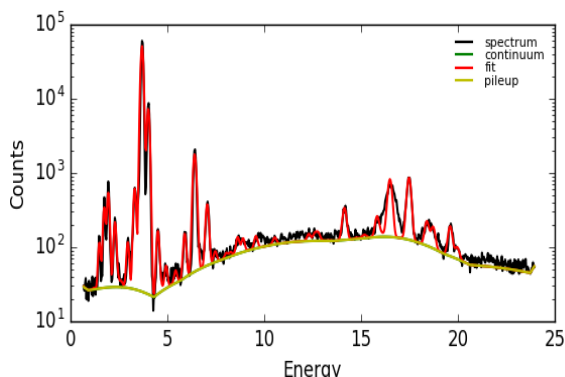
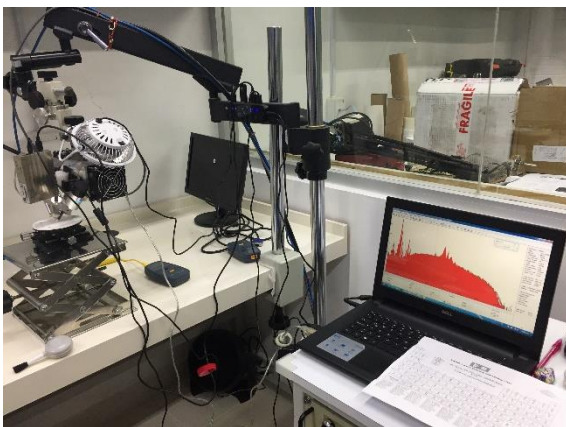
Durante los últimos 30 años, diversos investigadores dedicados al estudio y análisis del Patrimonio cultural, han considerado como una herramienta básica los análisis de fluorescencia de rayos X. Y es que debido a la alta sensibilidad y rapidez de la técnica, y hoy en día a la portabilidad del equipo. Esta metodología es de gran utilidad sobre todo cuando se trata de analizar materiales arqueológicos o históricos. (Ruvalcaba et al. 2010; Pérez- Ireta, 2016:74)

En esta técnica el material es expuesto a rayos X o rayos Gamma, los cuales provocan que el objeto emita rayos X secundarios de menor energía. Cada elemento tiene un tipo de Fluorescencia característica, la lectura es representada en un espectro el cual contiene todos los elementos detectados en la muestra, dependiendo de la posición de las bandas se sabe que elemento es y dependiendo de su intensidad se conoce la proporción con la que este elemento se encuentra presente en la muestra. Es una técnica multielemental, rápida y sensible (aunque se aprecian mejor los elementos pesados) y tiene la ventaja de poder ser aplicada de forma no destructiva. (Ruvalcaba et al., 2010; Laclavetine, 2016) Una de sus limitantes, y la cual está relacionada con nuestro tema de interés, es que al tener material heterogéneo se tendrá información cualitativa y no cuantitativa.

Se seleccionaron 9 ejemplares, tres de cada tipo de piso, los cuales fueron analizados mediante un equipo de fluorescencia de rayos X portátil, desarrollado en el Instituto de Física de la UNAM, (SANDRA<sup>2</sup>). [4] Utilizando un detector SDD FAST Amptek. Las condiciones para el

<sup>2</sup> Sistema de Análisis No Destructivo por Rayos X. (Ruvalcaba, 2010)

análisis de las 9 muestras fueron: 0.250 mA y 35 kv, a un tiempo de 120s. Se hicieron las pruebas por triplicado de cada sección del piso. Este equipo permite un análisis no destructivo y no invasivo de los materiales.



FOTOGRAFÍA 25 Equipo SANDRA, LANCIC, Instituto de Física de la UNAM. Dcha. Espectro XRF.

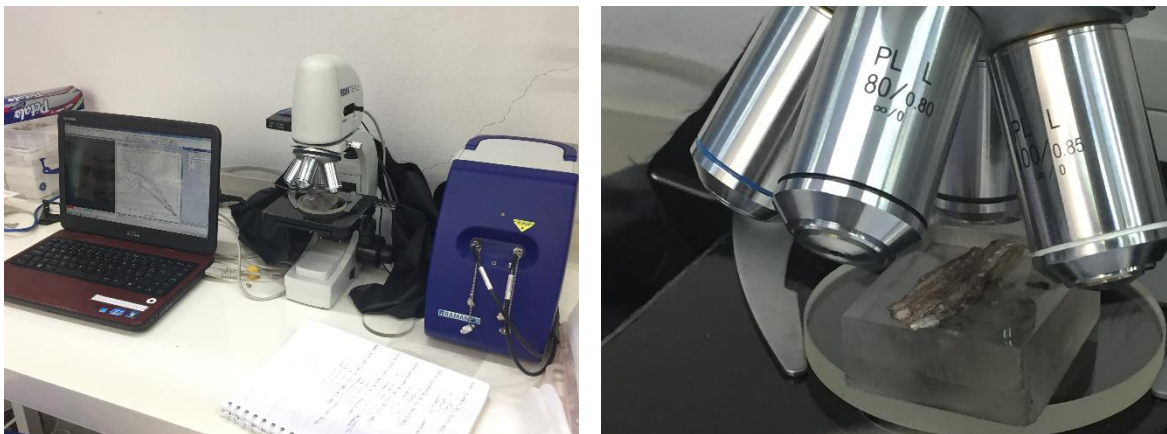
Los espectros fueron procesados utilizando el programa PyMCA. Posteriormente los resultados fueron normalizados con respecto al Ca, que es el elemento que se encuentra en todas las muestras y, que presenta mayor intensidad en casi todas las lecturas. Se utilizaron únicamente las  $K\alpha$  de los elementos, quitando la intensidad de rayos X correspondiente al Ar, debido a su presencia en la atmosfera, y Mo que es el material del ánodo del tubo de rayos X. Se creó una base de datos en Excel para la elaboración de gráficos que muestran de forma visual los resultados obtenidos con esta técnica.

e) Espectroscopia Raman. Esta es una técnica complementaria a FTIR; se utiliza un láser con luz que se encuentra en el rango de lo visible o infrarrojo cercano. La radiación provoca que los enlaces de las moléculas vibren, cada molécula tiene un tipo de vibración específica. Con esta metodología se obtiene la información química y estructural de casi cualquier material tanto orgánico como inorgánico. Puede ser una técnica no destructiva, aunque al irradiar con el láser la muestra puede dejar una huella del área expuesta, esto dependerá del tipo de material que se analiza. Se pueden hacer estudios en materiales sólidos, líquidos y gaseosos; y las muestras no requieren de preparación. Al igual que en las metodologías antes explicadas, la lectura de los datos se vuelve más compleja al estudiar materiales heterogéneos.



Como se ha dicho, esta técnica puede ser destructiva en algunos casos, y hay que ser cuidadosos cuando se hace este estudio sobre pinturas u oleos ya que el láser puede dañar la superficie del material. Otra de las limitaciones de esta metodología de análisis es la fluorescencia que es emitida por muchas moléculas, la cual dificulta la lectura de los espectros. Para el estudio de pigmentos o colorantes, hacer los análisis con Raman suele dar mejores resultados que los hechos con infrarrojo por la resolución de las señales. Por este motivo se decidió procesar con esta metodología dos muestras de Piso Rojo, para corroborar el material empleado para dar la coloración al piso.

Los análisis se hicieron con un equipo BW Tek, RAMAN Ex. Las condiciones fueron las siguientes: laser de 1064nm, se utilizó un objetivo de 20X con una adquisición de tres espectros por punto, cada lectura de 10 segundos. Se usó el 20% de la potencia máxima de 376mW. Se analizó una muestra de piso rojo en bloque y una sin consolidar.

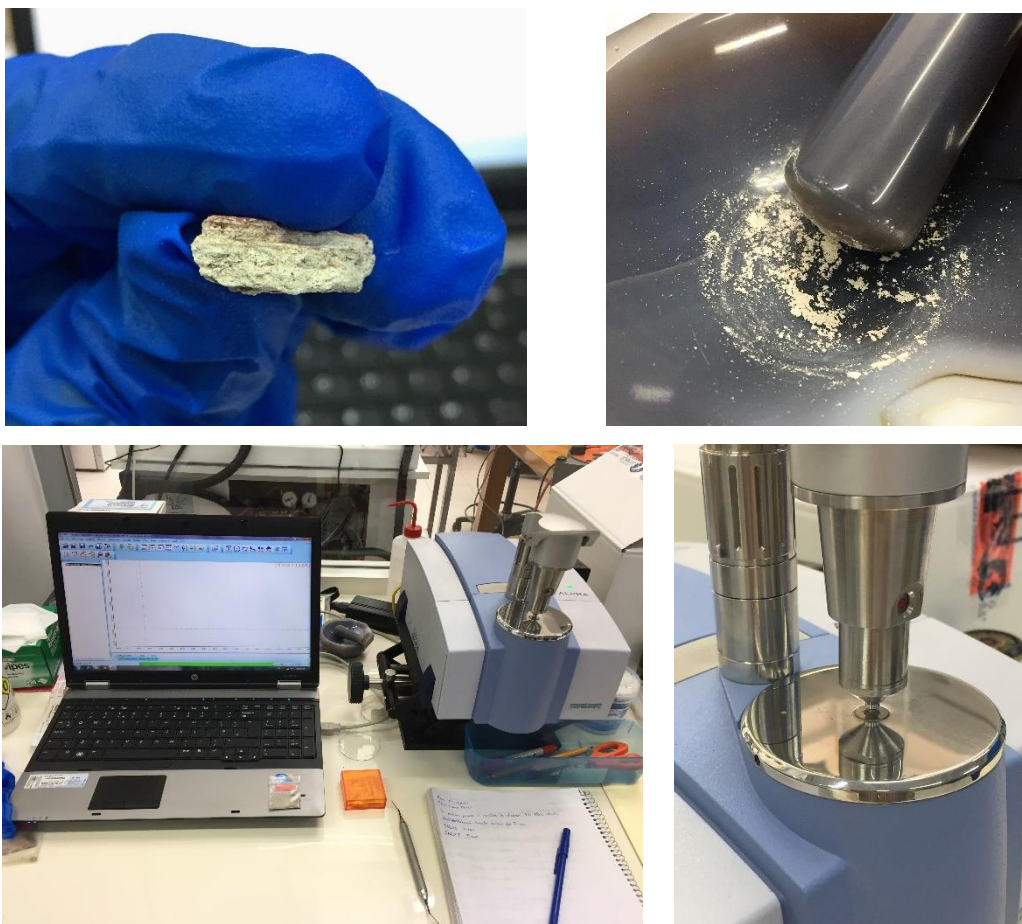


FOTOGRAFÍA 26 Izq. Equipo Raman BW Tek, RAMAN Ex. Dcha. Objetivos del equipo y muestra en bloque del Piso Rojo 1496.

Una vez obtenidas las lecturas se hizo una base datos en Excel para graficar los resultados y generar espectros legibles para ser utilizados como herramienta visual en el cuerpo de la tesis. También se descargó el programa *Crystalsleuth* de donde se obtuvieron los datos para comparar, también en Excel, con los espectros de referencia de la Hematita y la Calcita, que son los minerales de mayor relevancia encontrados en las muestras analizadas, lo que veremos con mayor detenimiento en el capítulo de resultados e interpretación.

### II.2.2 Identificación de procesos y avances tecnológicos.

a) Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) con Módulo de Reflectancia Total Atenuada (ATR). Esta metodología es ampliamente utilizada para la identificación mineralógica de diversos materiales (Regev et al. 2010) La técnica funciona irradiando un haz de luz infrarroja sobre la muestra lo que ocasiona vibraciones en los enlaces de los átomos; los compuestos moleculares muestran una huella propia de cada tipo de material. Las lecturas se representan en espectros y, cada mineral tiene un espectro característico; la lectura se complica cuando se analizan materiales heterogéneos. Con esta técnica se obtienen datos de alta resolución espacial y el rango espectral también es amplio, y los análisis pueden ser por absorción o por transmisión. Se pueden analizar materiales en estado sólido, líquido o gaseoso. En este caso se utilizó el sistema en modalidad de ATR debido a que los materiales se pulverizaron.



FOTOGRAFÍA 27 Equipo de Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier, LANCIC, Instituto de Física, UNAM.

Una de las grandes ventajas de esta metodología es que puede ser NO destructiva aunque para esta investigación se decidió tomar un pequeño fragmento para ser molido y facilitar el análisis; cuando es posible tomar muestra de los materiales es recomendado hacerlo ya que los análisis tienen mayor exactitud. También es una técnica que puede ser portátil, da resultados cualitativos y semicuantitativos. Es ampliamente utilizada en el análisis de materiales para identificar los minerales que componen el objeto analizado y, en algunos casos, al realizar estudios semicuantitativos se pueden obtener proporciones de los elementos contenidos en la muestra. Es por ello que ha sido una metodología básica en el análisis de Patrimonio Cultural (Regev et al. 2010). En el caso de esta investigación, esta técnica nos permite diferenciar entre los pisos hechos con una caliza geológica y aquellos hechos con una caliza antropogénica.

Esta técnica ha sido empleada para la identificación de materiales calizos Mesoamericanos, y la metodología de Chu (2008) para la identificación del grado de calcinación de los carbonatos ha sido aplicada en materiales calizos provenientes de Área Maya, como los trabajos realizados por Ortiz Ruiz (2014). Y es debido a los resultados positivos que se han obtenido que optamos por aplicarla a los pisos de la Plaza de la Pirámide del Sol.

Se utilizó la metodología propuesta por Chu (2008) con la cual se puede diferenciar entre calcitas geológicas y calcitas antropológicas. Esto es posible debido al grado de calcinación de las segundas que puede ser identificado gracias a la oxidación del calcio, que se da debido a la exposición del material geológico a altas temperaturas. Para ello es necesario identificar los valores de los tres picos llamados  $v_2$ ,  $v_3$  y  $v_4$ ; después sacar el radio entre  $v_2$  y  $v_4$ . Este radio tiene valores cercanos al 3 para las calcitas naturales, mientras que para los estucos o argamasas arqueológicas los valores van del 3 al 6. El valor del radio es indicador del desorden en los cristales, mientras mayor es el valor de este, más alta fue la temperatura expuesta. Con esta metodología es posible identificar calcitas antropológicas de hasta 14,000 años de antigüedad (Chu et al., 2008:905)

Para entender esta propuesta metodológica es importante conocer y comprender el ciclo de transformación de la caliza y reconocer cada una de sus fases hasta llegar a la recarbonatación.

“El ciclo de transformación de la caliza formada por Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) inicia a través de la exposición a un proceso de calcinación por medio de temperaturas elevadas ( $750^\circ\text{C}$ - $1000^\circ\text{C}$ ), convirtiendo la roca en un Óxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ) o cal viva, al agregarle agua el Óxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ) este se transforma en Hidróxido de Calcio o cal apagada [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ], la cual al entrar en contacto con el Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) de la atmósfera, regresa re carbonatada a formar Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) (Figura 9), sólo que ahora en la forma que le hayan dado los constructores”. (Como se cita en Ortiz Ruíz, 2014: 26-27)

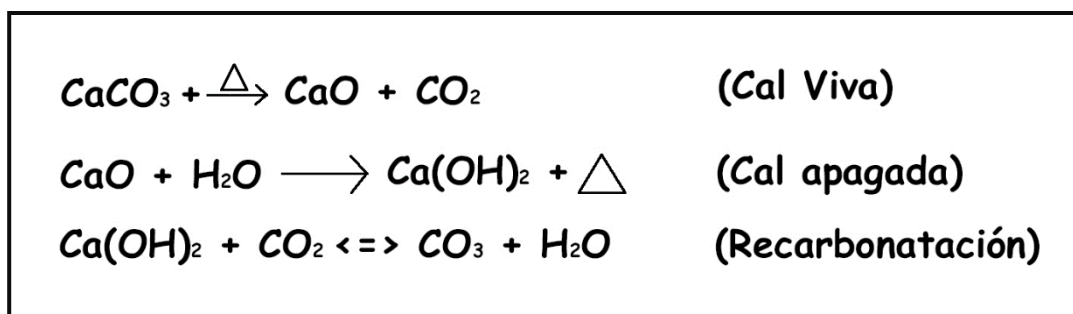


TABLA 1 Ciclo químico de la producción de cal. (Ortíz- Ruíz, 2014:27)

Para este estudio se analizaron 9 muestras, tres de cada nivel de piso. De todas las muestras se hizo lectura del firme, el enlucido (en caso de estar presente) y del alisado; para el caso del Piso Rojo se tomaron lecturas de varios de los estratos y en algunos casos fue posible separar el estrato blanco del estrato de pigmento rojo, por ello tenemos más de tres lecturas por cada muestra del Piso Rojo. Como ya mencioné se tomaron pequeños fragmentos de las muestras para ser molidos, no más de .02g de muestra, fueron molidas en un argamasa de ágata hasta tener un polvo homogéneo. El material se coloca en el porta objetos del equipo, se presiona con un pistón que ayuda a que la muestra se mantenga en su lugar; tanto la espátula para colocar la muestra, como el porta objetos y el pistón, deben ser limpiados con alcohol antes de analizar cada muestra.

Se tomaron tres lecturas de cada muestra de cada tipo de piso, también se tomaron las lecturas de dos muestras de referencia: NIST SRM 1D y NIST SRM 88b. Los resultados se procesaron en el programa Origin 8.5. Para la integración de los datos fue necesario hacer de manera manual la línea base de cada espectro y seleccionar, también de manera manual, cada banda sobresaliente ya que el programa sólo seleccionaba los mayor intensidad, pero en el caso de nuestros materiales de estudio al ser heterogéneos, se tienen varias bandas que aunque se encuentran en mucha menor intensidad son referencia de los elementos que componen el material, como: los agregados. Una vez integrados los espectros se obtiene una base de datos por cada espectro, de estas bases se toman los valores de la v4 (712mn), la v2 (871-873mn) y la v3 (1396-1420mn), para crear una base de datos en Excel.

Se hizo un documento por cada tipo de piso y se utilizó una hoja de Excel por cada muestra, para generar las bases de datos necesarias para la realización de las gráficas donde se pueden apreciar de forma más clara los resultados obtenidos. Una vez que se tiene la base de datos, se genera otra tabla con los valores de la integración y la desviación estándar del promedio se colocan

en forma de escalera para hacer la separación de los datos. El último paso es generar, con los resultados obtenidos, una gráfica que permite observar de forma más clara la diferencia entre los resultados obtenidos para cada piso.

No. Muestra	v4	FWHM v4	v2	FWHM v2	Integración	Promedio	Desviación estándar	v3	FWHMv3

TABLA 2 Ejemplo de tabla con los datos utilizados para realizar la base de datos en Excel.

#### b) Micromorfología de suelos, aplicada en pisos.

La micromorfología es el estudio de los sedimentos y los suelos a nivel microscópico, cuyo objetivo es identificar los componentes que los conforman y, ver cuál es su comportamiento y formación, y conocer cuáles fueron los procesos por los cuales pasó el suelo para llegar a su estado “actual”. Esta metodología de análisis ha sido utilizada en la arqueología como herramienta para conocer el impacto antrópico en los suelos. (Gómez de la Roa, 2010) Los análisis petrográficos nos permiten obtener información sobre los componentes minerales que conforman los suelos. Según Splé (1990) “la micromorfología puede utilizarse para interpretar los procesos deposicionales tanto infra como supra yacentes a los niveles de interés arqueológico.”

En el caso de esta investigación, la metodología fue utilizada para caracterizar la composición mineral e identificar cambios tecnológicos o métodos de elaboración de tres pisos. El principal objetivo era conocer los materiales que los componen y, de ser posible, conocer la estructura interna y la forma en la que fueron construidos los pisos. Este análisis se basa en la analogía que se puede hacer acerca de la construcción de los pisos, con los procesos edáficos que tienen los suelos. Y, con respecto a conocer los materiales que conforman los pisos, podemos utilizar la micromorfología debido a que estos están compuestos por materiales geológicos, por lo tanto podemos utilizar el mismo análisis con la diferencia de que la construcción de los pisos es un proceso meramente antrópico, aunque los procesos que ocurren al interior de estos son naturales en la mayoría de los casos.





FOTOGRAFÍA 28 Izq. Ejemplo de estratigrafía de suelos.<sup>3</sup> Dcha. Estratigrafía de tres pisos superpuestos. Pisos de este estudio.

-Toma, selección y preparación de muestras.

Se seleccionaron tres fragmentos de piso, un ejemplar de cada nivel. Se eligieron los fragmentos que se encontraban mejor consolidados y los cuales mostraban mejor las características físicas del firme y el enlucido, debido al tamaño de la muestra, y en el caso del Piso Rojo se escogió aquel que contenía la mayor cantidad de capas que lo conforman.

Las muestras se consolidaron en el Laboratorio de Paleosuelos del Instituto de Geología. En la fase de consolidación el ejemplar se pone en una mezcla que contiene 30% de solvente monómero de estireno y 70% de resina (XINOVA, UV 305. Adhesivo UV Cristal Baja viscosidad), se aplican 10 gotas de Promotor a la muestra y 20 gotas de Catalizador. La muestra se coloca en un molde y se vierte el consolidante, se coloca el número de la muestra y se señala cual es la parte de arriba de la muestra para no perder los datos de colocación de la muestra, estos datos necesarios cuando se quiere conocer la forma en la que se depositaron los componentes del piso. El molde se pone en la cámara de vacío por 30 minutos, la cámara se sube al vacío hasta 24 microatmósferas. Se dejan reposar por al menos 3 semanas para asegurar que el consolidante entre en todos los poros y evitar grietas o fracturas al hacer los cortes para la elaboración de láminas delgadas. Las muestras estuvieron en la fase de impregnación por un semestre debido a algunas complicaciones administrativas.

<sup>3</sup> Imagen tomada de <http://www.monografias.com/trabajos98/estratigrafia-y-mapeo/estratigrafia-y-mapeo.shtml>

Las muestras fueron enviadas al laboratorio Petroanálisis Ingeniería S. de R.L. de C.V., para realizar tres láminas delgadas. También se mandaron elaborar, con el restante de la muestra consolidada, tres bloques con una cara pulida a espejo, con las dimensiones requeridas para ser analizados en el Microscopio Electrónico de Barrido modelo TM3030 Plus Tabletop Microscope Hitachi, como ya vimos anteriormente.



FOTOGRAFÍA 29 Izq. Lámina delgada del Piso Rojo. Dcha. Bloque pulido del Piso Rojo. Ambos se obtuvieron de la misma muestra.

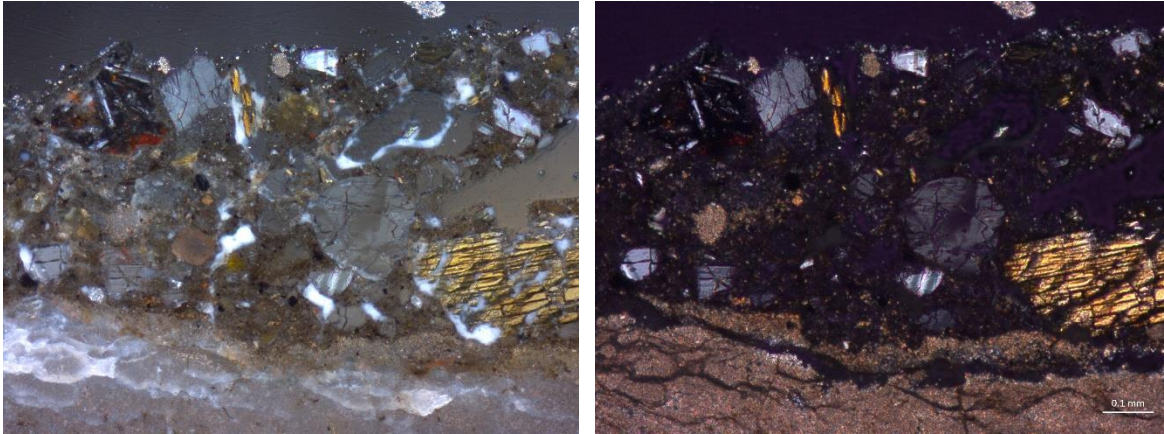
#### -Análisis en el laboratorio e interpretación de los resultados

Se analizaron tres láminas delgadas, que corresponden a cada uno de los tipos de piso que se obtuvieron de las excavaciones realizadas en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol. La revisión se hizo en un equipo petrográfico ZEISS Axio Scope. A1, con cámara digital; cuenta con cuatro aumentos: 2.5x, 5x, 10x y 20x. Este equipo está diseñado especialmente para análisis en el campo de la biología, en el campo de la medicina y, también es empleado para el estudio de materiales. También cuenta con luz transmitida y luz reflejada, y pueden utilizarse ambas según sea la configuración del equipo. Los análisis fueron hechos en las instalaciones del LANCIC, dentro del Instituto de Física de la UNAM.

Se tomaron fotografías con Luz transmitida polarizada, con un tiempo de exposición que iba de los 55 a los 75ms. Para las fotografías tomadas con Luz transmitida con nicols cruzados el tiempo de exposición empleado fue de 25 a 40 ms. Uno de las desventajas de estos equipos es que al utilizar la cámara aún no se tiene la precisión y detalle que se alcanza a observar directamente en el microscopio. También, dependiendo de los materiales que conforman la muestra, la luz y el



tiempo de exposición deben ser ajustados constantemente para obtener una fotografía con mayor definición; debido a esto, las imágenes no siempre presentan el mismo brillo y esto suele afectar la percepción del color original de la muestra.



FOTOGRAFÍA 30 Izq. Fotografía con Luz Trasmítida. Dcha. Fotografía con Luz Trasmítida y Nícoles Cruzados.  
Muestra 1829.

Se tomaron imágenes con distintos acercamientos y en algunas hicimos mediciones de algunos de los minerales presentes o del espesor de las capas, sobre todo en el caso del Piso Rojo, que está compuesto por varias capas de estuco y pigmento rojo. Para la identificación de minerales se utilizó como base de referencia el libro “La micromorfología de suelos aplicada a la arqueología [...]” de Splé y Vila, publicado en 1990.

### *II.3. Análisis de residuos químicos de pisos para la detección de Áreas de actividad.*

-Toma de muestras en campo.



FOTOGRAFÍA 31 Ejemplo de áreas donde se tomaron las muestras, y el mismo lugar durante el proceso de restauración.

Se muestrearon los pisos que se encontraban en mejor estado de conservación. La estrategia de muestreo se planteó dependiendo el tamaño del área excavada, al tener pozos de sondeo de distintas dimensiones no se pudo hacer una retícula que permitiera un muestreo sistemático para realizar mapas de distribución de residuos. Sólo el área excavada conformada por las calas 1 y 2, y el pozo 1, pudo ser muestreada para este fin. La toma de las muestras se realizó cada 30 cm<sup>2</sup> a lo largo del área excavada, obteniendo un total de 30 muestras del Piso Blanco. Sólo se hicieron dos muestreos extensivos, uno en un espacio con piso blanco que corresponde al pozo 1 en conjunto con las calas 1 y 2, toda esta sección era del mismo nivel de piso y fue posible hacer un muestreo “extensivo” sistemático. La otra sección muestreada extensivamente fue en las excavaciones realizadas en la parte central de la Plaza, en este caso el espacio muestreado corresponde a un piso y un apisonado de tepetate, que parece parte de la misma superficie de ocupación. Esta área fue excavada por otro grupo de investigación y por ello no se cuenta con todos los datos necesarios para realizar una interpretación completa de esta sección, aun así se analizaron todas la muestras.

El material se recuperó raspando con instrumental fino, se hicieron orificios de una pulgada de diámetro por una pulgada de profundidad en la superficie expuesta de los tres niveles de piso.

La muestra se recuperó en polvo y en algunos casos en fragmentos pequeños. Los materiales se colocaron en bolsas de plástico con su etiqueta correspondiente y fueron almacenados en la bodega del proyecto.

-Procesamiento en laboratorio.

Las muestras fueron trasladadas de Plaza Gamio, en Teotihuacan, al Laboratorio de Prospección Arqueológica del Instituto de Investigaciones Antropológicas (IIA) de la UNAM, a cargo Dr. Luis Barba. En este lugar, el primer paso para el procesamiento fue moler las muestras, en un argamasa de para tener un tamaño homogéneo en las partículas, evitando que esto sea un factor de alteración de los resultados. Después, las muestras fueron sometidas a seis prueba químicas: Fosfatos, Carbonatos, Carbohidratos, pH, Residuos proteicos, Ácidos grasos, y se les tomó el color con una tabla Munsell. Es importante considerar que estos resultados son **cualitativos** debido al proceso de medición.



FOTOGRAFÍA 32 Izq. Argamasa de porcelana. Dcha. Muestras de pisos de Teotihuacan para análisis químicos.

Fosfatos. Es un elemento que es producido por las excreciones y desechos de humanos y animales. Es un componente fácil de asimilar que enriquece las superficies con fósforo (Barba, 1979). La prueba consiste en extraer el fosfato contenido en la muestra. Se preparan 3 reactivos: el primero es un ácido que provoca la reacción; el cual al mezclarse con molibdato, que da el color y, por último, se detiene la reacción con ácido ascórbico. El resultado es una pigmentación azul en el papel filtro. La cantidad de fosfatos es proporcional a la intensidad y concentración del color, cuyos valores van del 0 al 6; los valores se asignan dependiendo de la gama de azules que se obtienen de todas las muestras analizadas en un mismo momento. (Barba, 1979; Ortiz, 1990; Pecci,

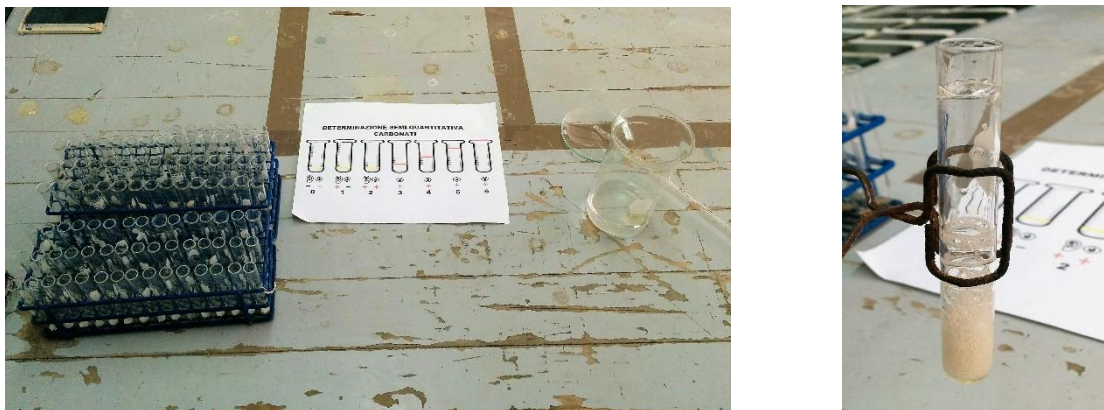


2000). Los fosfatos se relacionan con orina, heces fecales, cuerpos en descomposición, materia orgánica en descomposición; por tanto se relaciona con áreas de desecho: basureros, corrales, baños, área de consumo de alimentos, etc.



FOTOGRAFÍA 33 Izq. Muestras al inicio del procesamiento. Dcha. Muestras después de la colocación de reactivos.

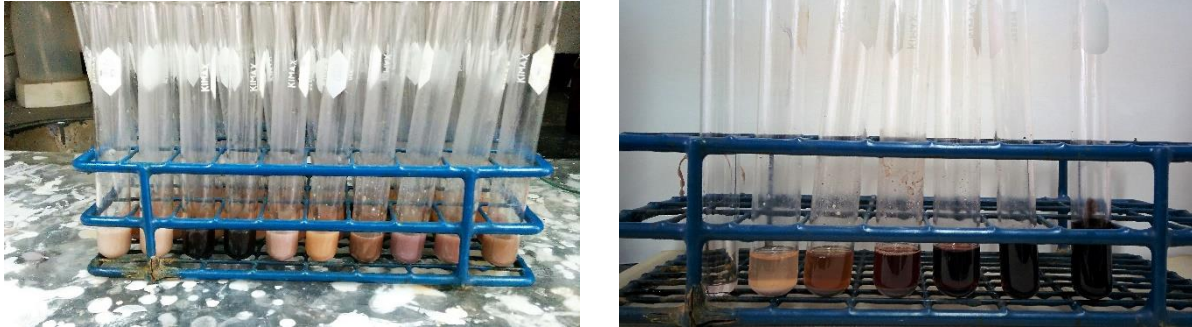
Carbonatos. Al agregar ácido clorhídrico a la muestra, podemos observar cual es la concentración del este elemento. Dependiendo del sonido y la intensidad del burbujeo se le asigna un valor del 0 al 6; donde cero es carencia de sonido y no es visible, y 6 muestra una reacción brusca subiendo varios centímetros en el tubo y en ocasiones desbordándose (el valor 6 es muy común en pisos de estuco) Los carbonatos se relacionan con la nixtamalización, el trabajo de la cal y los pisos de estuco (Barba, 1979; Ortiz, 1990; Pecci, 2000).



FOTOGRAFÍA 34 Procesamiento de carbonatos. Dcha. Muestra con alto contenido de carbonatos.

Carbohidratos. Este elemento reacciona al agregar resorcinol (disuelto en agua destilada) el cual se vierte rápidamente ácido sulfúrico concentrado. Los carbohidratos producen compuestos coloridos; al entrar en contacto con los reactivos, toma un color rojizo. La cantidad de

carbohidratos está relacionada con la intensidad del color rojo los valores van del 0 al 4. Este elemento se relaciona con azúcares, celulosa y almidones (Barba y Ortiz, 2010).



FOTOGRAFÍA 35 Procesamiento de carbohidratos. Dcha. Muestra de los distintos valores de carbohidratos en los especímenes.

pH (Potencial de hidrógeno). Para la realización de esta prueba se utilizó un medidor de pH de electrodo combinado. A las muestras se les agrega agua destilada y se deja reposar por varios minutos, después se toma la medida. El pH nos indica elevaciones de temperatura, las cuales relacionamos con lugares donde intervino fuego como: zonas de preparación de alimentos y acumulación de cenizas, incendios, o materiales quemados. La acidez o alcalinidad de los suelos interviene directamente en la conservación de los materiales que están en contacto con ellos. (Barba, 1979; Ortiz, 1990; Pecci, 2000)

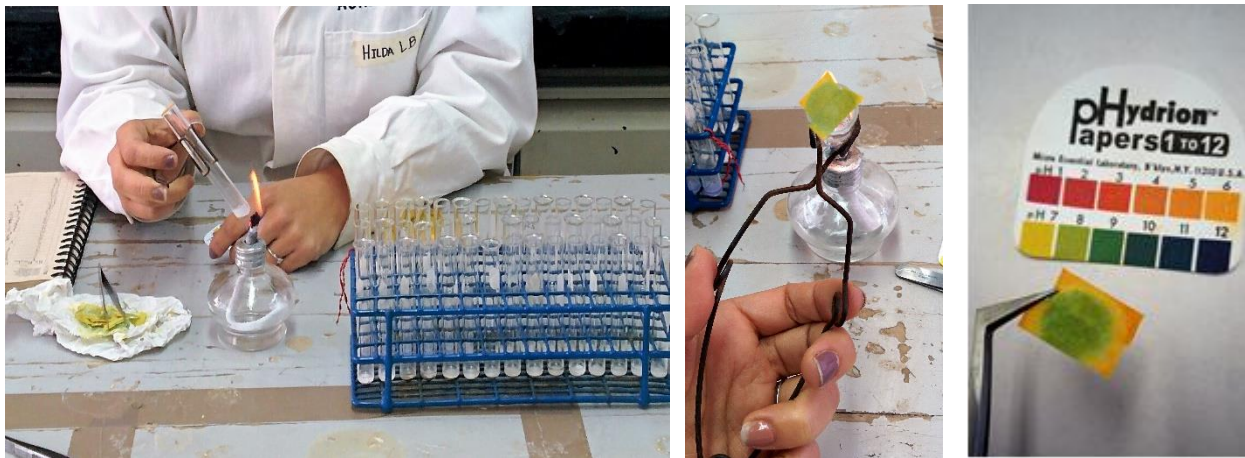


FOTOGRAFIA 36 Equipo para la lectura de pH.

Ácidos grasos. Se extrae la grasa agregando cloroformo a la muestra, se calienta y se decanta para obtener únicamente el líquido, después se le agrega hidróxido de amonio. Sí existen ácidos grasos,

se crea una capa de espuma condensada, como una especie de nata. Los valores en esta prueba, van de 0 al 3 dependiendo del tamaño del diámetro de la nata. Se asignaron valores con punto cinco por la variedad de tamaños obtenidos. Los ácidos grasos se relacionan con grasas y aceites; la quema de copal y otras resinas, así como la miel. (Barba y Ortiz, 2010)

Residuos proteicos. La muestra se combina con calcio, se le agrega amoníaco y se calienta; en la parte superior del tubo se coloca una tira de papel pH. Al calentarse, el líquido se evapora y el papel se tiñe, dando la concentración de proteína. Dependiendo el color que da es la presencia y concentración del elemento. Los colores se revisan en una tabla de color, que viene con el papel pH, que ya tiene los valores. A partir de valor 8 tenemos presencia de residuos proteicos. Estos se relacionan con lugares de destazamiento, espacios rituales o de autosacrificio (Pecci, 2000).



FOTOGRAFÍA 37 Procesamiento para obtener Residuos proteicos.

Color. Aun cuando podemos percibir el color a simple vista, para tener un control y crear datos homogéneos, se utilizó la tabla Munsell (de suelos) que es un sistema internacional sistematizado. Se tomó color a cada una de las muestras comparando el piso con los cuadros, de color, de la tabla. Dependiendo el color y tono de la muestra puede relacionarse con alguna actividad, tanto natural como humana. El color sirve como un indicador de actividades que se hacen sobre los pisos y en conjunto con las demás pruebas, brindan un mejor panorama para la interpretación (Barba, 1979; Ortiz, 1990; Pecci, 2000).

Para realizar la interpretación de los resultados se generan mapas de distribución de residuos químicos. Estos mapas son elaborados a mano en Photoshop o en algunos programas que generan mapas de curvas de nivel. En el caso de esta investigación, debido a lo que ya hemos

mencionado sobre el tamaño de las áreas excavadas, no fue posible realizar estos mapas. Sin embargo se hicieron gráficos con la información obtenida que nos ayudaron a observar con mayor claridad las similitudes y diferencias, con respecto a la concentración de cada elemento, que existen entre los tres niveles de piso.



## CAPÍTULO III.

# ARQUEOMAGNETISMO. RESULTADOS

[...] a sacred city,  
the center of the cosmos,  
the place where time began  
R. Millon. 1988.

Los siguientes tres capítulos de resultados han significado un gran reto, no sólo por todo el trabajo que se realizó durante dos años en los laboratorios que ya se ha mencionado, para obtener los resultados que se muestran a continuación. Sino por lo complejo que es integrar la información proveniente de distintas disciplinas y tratar de hacerlo de una manera elocuente y que a su vez refleje con claridad los alcances a los que se ha podido llegar gracias a la labor interdisciplinaria en este proyecto.

A continuación se describen los resultados, primero haciendo una propuesta cronológica de la construcción de la Plaza de la Pirámide del Sol, obtenida gracias a los estudios Arqueomagnéticos. En segundo lugar, se presentan los resultados sobre los componentes y materiales de construcción, utilizados en la elaboración de los pisos. Estos resultados que se han obtenido gracias a los análisis con técnicas físicas no destructivas y al estudio micromorfológico de los pisos. Por último, se presentan las gráficas donde se comparan los resultados de los tres niveles de pisos en las distintas metodologías, con estos gráficos es posible observar con mayor claridad los cambios en el uso de los materiales y algunos cambios tecnológicos que podemos apreciar gracias a modificaciones, en muchos casos no perceptibles a la vista, que se le hicieron a la materia prima con la que se elaboraron los pisos.

### III.1 *El Arqueomagnetismo como herramienta para datar pisos. Estudio de la susceptibilidad magnética en tres niveles de piso de la Plaza de la Pirámide del Sol.*

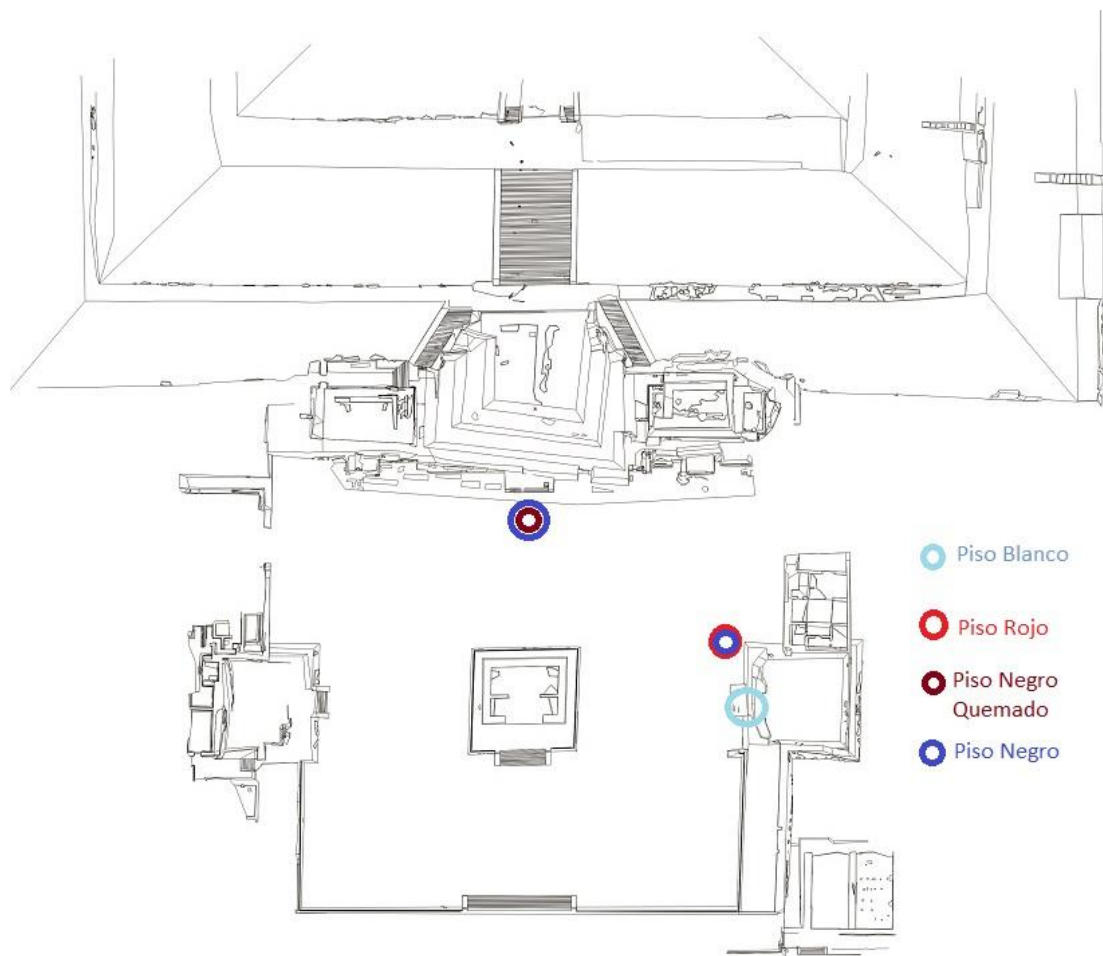
Diversas técnicas de datación se han utilizado en los distintos proyectos de investigación que han tenido lugar en Teotihuacan a lo largo de los años. Uno de los más utilizados es la cronología relativa por medio del análisis cerámico, el cual tuvo validez durante muchos años pero ahora con todos los avances tecnológicos con los que se cuentan no es posible quedarse en este nivel de análisis. Los avances en el campo de la ciencia aplicada en el quehacer arqueológico han permitido implementar otro tipo de análisis para conocer el periodo de tiempo de elaboración o uso de algún material dentro de un contexto, etc. La datación por Radiocarbono es una metodología muy utilizada y la cual sigue dando excelentes resultados como los obtenidos por Laura E. Beramendi (2009), provenientes de muestras de Teotihuacan. Los cuales son parámetro de comparación para la propuesta cronológica que se presenta en esta investigación. Es importante tener presente que mientras mayor cantidad de dataciones se tienen de un sitio, su cronología será más completa. Así que es necesario implementar todas las técnicas analíticas en los materiales que se tengan disponibles.

Al encontrarse con contextos que a simple vista no presentan material orgánico para datar, se tiene que buscar otra forma de obtener esta información con los materiales que sí se encuentran en el contexto excavado. En este caso, los materiales arqueológicos que mayor presencia tuvieron durante toda la excavación fueron los pisos de distintos tipos de argamasas (estuco entre ellos); y claro, no es el primer material al que uno considera para datar. Sin embargo, los estucos fueron utilizados ampliamente como recubrimiento de muros, pisos, cerámicas, soporte de pintura mural, etc. en todo Mesoamérica y en Teotihuacan cubrían casi toda su superficie. Ya que es un material abundante y que contiene agregados de ricos en hierro (escoria volcánica, vidrio volcánico (Pecci, 2016)) los cuales tienen señal magnética, es posible realizarles análisis arqueomagnéticos (Soler, 2009:1).

Afortunadamente se conoce, gracias a investigaciones como las realizadas por Soler-Arechalde (2009) en muestras provenientes de Teopancazco y Xalla, o las investigaciones realizadas en el centro de México por Hueda-Tanabe (2004) sobre estucos de Teotihuacan y Tenochtitlan, que los análisis arqueomagnéticos sobre pisos de estuco prehispánico, quemados y no quemados (Hueda-Tanabe, 2004), ha dado resultados arqueomagnéticos de alta calidad para

realizar propuestas cronológicas de la construcción de los mismos o, de algún suceso o evento relacionado con la exposición a altas temperaturas.

Aun cuando las excavaciones no fueron extensivas, uno de los objetivos principales durante la temporada de excavación (Lozano, 2014) fue la de contextualizar cada uno de los niveles de piso que se localizaron en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol. Se consideró que al entender la relación arquitectónica entre cada nivel de piso con respecto a las estructuras, entonces sería posible hacer una propuesta cronológica de la construcción de la plaza; basada en la relación de los edificios o etapas constructivas, con la elaboración de los pisos, utilizando al Arqueomagnetismo como metodología de análisis de los pisos para la obtención de dataciones arqueológicas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos por tipo de piso y en la secuencia estratigráfica en la que se encuentran construidos, mostrando primero el piso más antiguo.



MAPA 4 Plano de la Plaza de la Pirámide del Sol (PPS, 2014) con la indicación de las áreas donde se recuperaron las muestras de cada tipo de piso.

a) Piso Blanco

Las muestras que corresponden a este piso son: Piso 4 con 5 especímenes, Piso 5 con 10 especímenes y Piso 6 con 11 especímenes, este es el conteo inicial de ejemplares, algunos de los cuales fueron descartados después de la primera lectura de la NRM (Magnetización Natural Remanente). Tanto la muestra Piso 4 como la Piso 5, no se pudieron interpretar debido a que presentan mucha dispersión en los resultados, con polaridades normales y reversas. El Piso 6 mostró buenos resultados.

El Piso Blanco no presenta evidencia de quemado, al menos no en las áreas expuestas durante la excavación. Aunque se ha hablado un poco sobre su apariencia en el capítulo 1, y más adelante se muestra el análisis acerca de la composición de cada uno de los pisos; es importante recalcar algunas de sus características, sobre todo aquellas que puedan ser un factor dentro del análisis arqueomagnético. Por ejemplo, el firme del piso no parece tan compactado, lo que hace su estructura bastante porosa; el enlucido por otro lado parece mucho más compacto y el tamaño de partícula más fino. Normalmente para esta metodología el estrato que más interesa es el del enlucido debido a que es aquí donde durante el pulido y el fraguado se acomodan las partículas magnéticas, y también es el lugar donde mejor concentradas están estas partículas. Sin embargo, en los especímenes del piso 4 y piso 5, que sólo tenían la capa de enlucido, parece que la señal magnética no era suficientemente fuerte para ser detectada y por este motivo no fue posible concluir el lavado magnético en algunas de las muestras. En cambio, los especímenes de la muestra Piso 6 están compuestos por el enlucido y el firme, lo que hace un estrato más grueso, que en este caso puede ser el factor que ayudara a tener una mayor concentración de materiales magnéticos que incrementaron la señal, la cual pudo ser detectada y permitió realizar el proceso de análisis en su totalidad, llegando a resultados favorables.

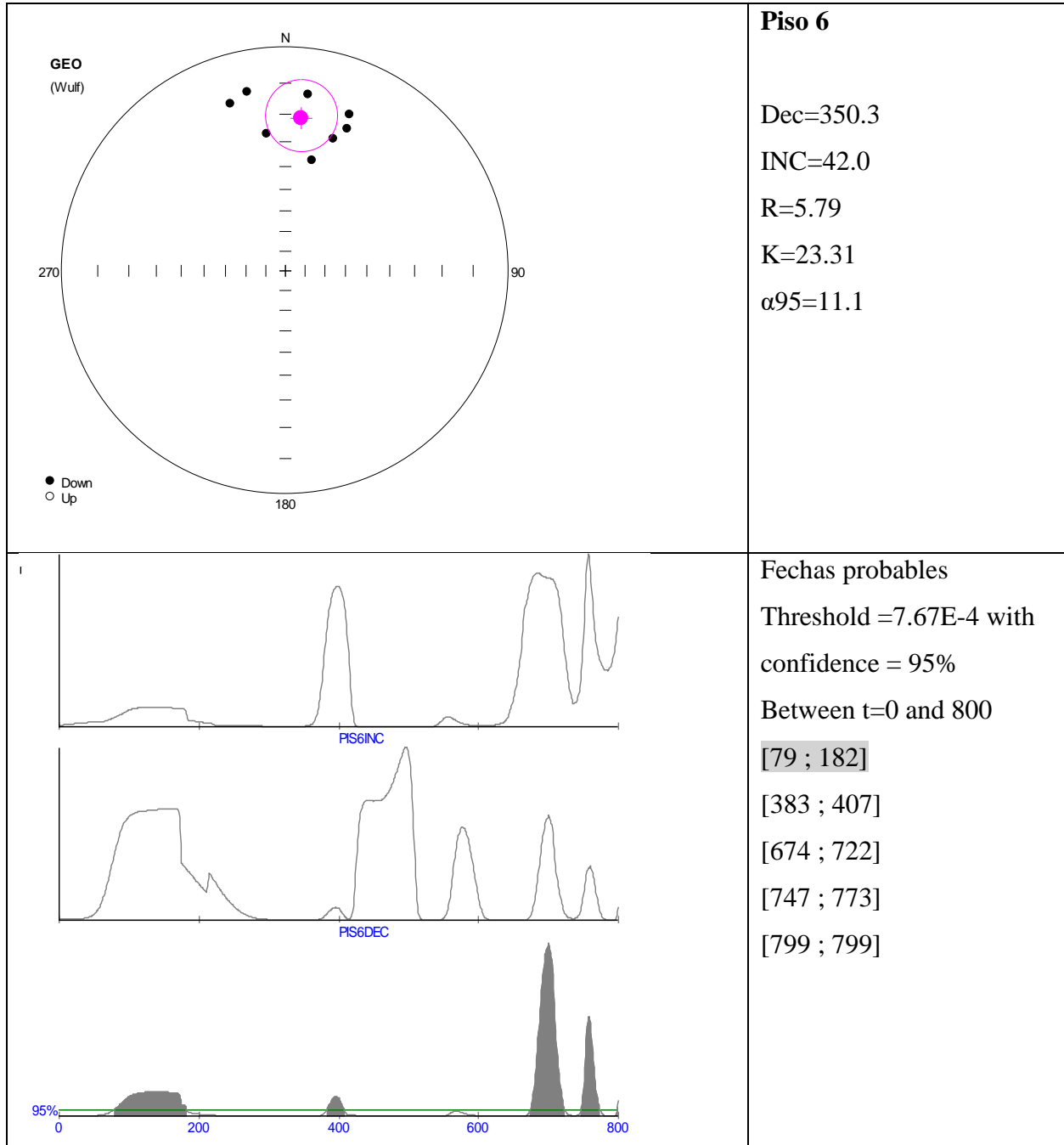


FOTOGRAFÍA 38 Especímenes de Piso blanco, muestra Piso 6, proceso de preparación de la muestra.

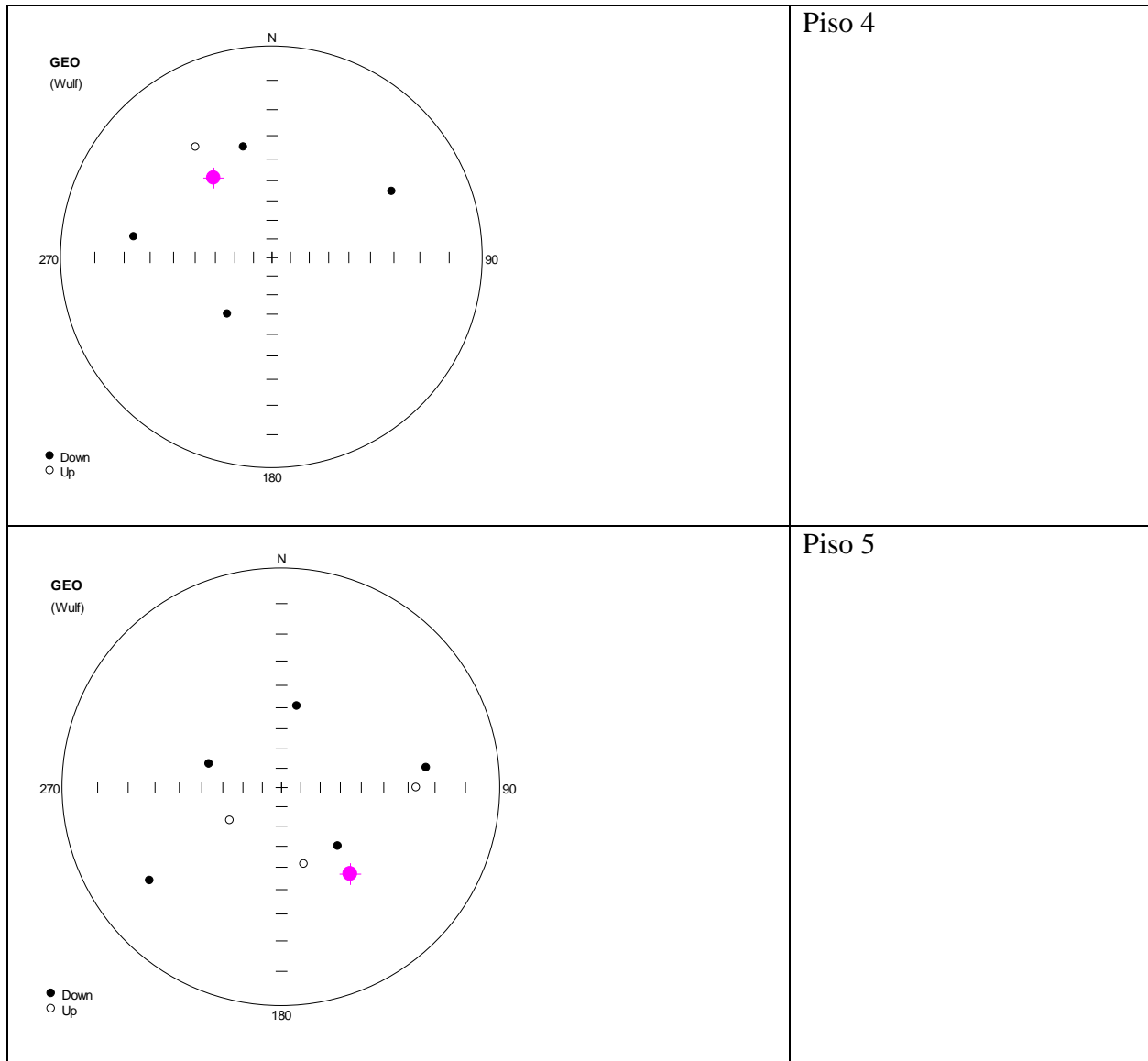
Del Piso 6 se utilizaron 9 especímenes de los cuales el 6E, 6D1 y 6E1, fueron empleados como pilotos para el lavado magnético. Los resultados obtenidos son: DEC=350.3, INC=42.0, R=5.79, K=23.31, con un  $\alpha_{95}=11.1$ . La calibración arroja cinco posibles intervalos de tiempo. Debido a la ubicación estratigráfica del piso y al contexto de este, ya que se trata del primer estrato de piso construido en la plaza, se seleccionó el intervalo que va del 79 al 182 d.C. como el más probable. Estos datos se insertan dentro del Formativo Terminal y la fase Miccaotli (Manzanilla, 2014). Pocos datos se tienen al respecto de este periodo de tiempo, algunas dataciones obtenidas de material recuperado del túnel norte de la Pirámide del Sol, de la Cueva de la Basura, y el templo de Quetzalcoatl, arrojan resultados dentro de un lapso de tiempo que va entre el año 70 y 80 d. C. Es en este periodo cuando se da inicio a la intensiva labor constructiva de los grandes proyectos arquitectónicos de Teotihuacan. (Manzanilla, 2009:22-23) Claramente uno de estos grandes proyectos fue la construcción de la Pirámide del Sol, gracias a los resultados obtenidos en esta investigación, se puede suponer que la construcción de la primera etapa constructiva de la Plaza de la Pirámide del Sol tuvo lugar entre el intervalo de tiempo que va del 79 al 182 d. C.

Al contextualizar el Piso Blanco, se comprobó que la construcción de la Muralla perimetral tuvo que ser anterior o al mismo tiempo que la construcción de este piso, ya que los cimientos de la muralla se encuentran centímetros por debajo del nivel del Piso Blanco y se localizaron restos del chaflán que une a la muralla con este piso, y al saber que no hay un piso anterior, se puede proponer que la muralla se construyó también dentro del periodo de tiempo ya mencionado. Es así

como se propone que para la primera etapa constructiva, se cuenta con la edificación de la pre-Pirámide del Sol, la construcción de la plaza y de la muralla perimetral.



GRÁFICA 1 Direcciones medias de la muestra Piso 6, y calibración de los resultados, junto con las probables fechas. En gris tenemos la fecha elegida para esta muestra.



GRÁFICA 2 Direcciones Medias de las muestras Piso 4 y Piso 5, observamos la gran dispersión entre las lecturas y como algunas presentan polaridades reversas.

#### b) Piso Rojo

Del Piso Rojo únicamente se obtuvo una muestra en campo (Piso 8), debido a que es el piso intermedio eran muy pocas las áreas que tenían expuesto este nivel, en la mayoría de los casos sólo se observaba en el perfil. Dentro del pozo 6 se encontraba un fragmento expuesto que aún se estaba *in situ*, así que se tomaron todos los ejemplares posibles de esta área.



El denominado Piso Rojo está conformado por una serie de estratos, que parecen corresponden a recubrimientos o restauraciones del piso, en el laboratorio me di a la tarea de separarlo en el mayor número de capas posibles, manteniendo la orientación tomada desde campo y la relación entre los estratos, para hacer lecturas por separado de la elaboración de cada una. Desde el inicio fue un reto ambicioso y aunque no se pudo separar en la totalidad de estratos que lo conforman, sí fue posible obtener un mayor número de especímenes para realizar las lecturas.

Los resultados muestran el conjunto de tiempo en el que se construyeron estos recubrimientos, no se tienen resultados que demuestren cuando se construyó cada uno de las capas que lo componen. Y aunque parecen haber tenido un periodo de ocupación independiente, no ha sido posible hacer una cronología más detallada de este piso en particular, por el momento. Sin embargo, se obtuvo el posible lapso de tiempo en el cual se construyeron todos los estratos que constituyen el Piso Rojo y que corresponde a un periodo de tiempo específico relacionado con una fase de la ocupación Teotihuacana.

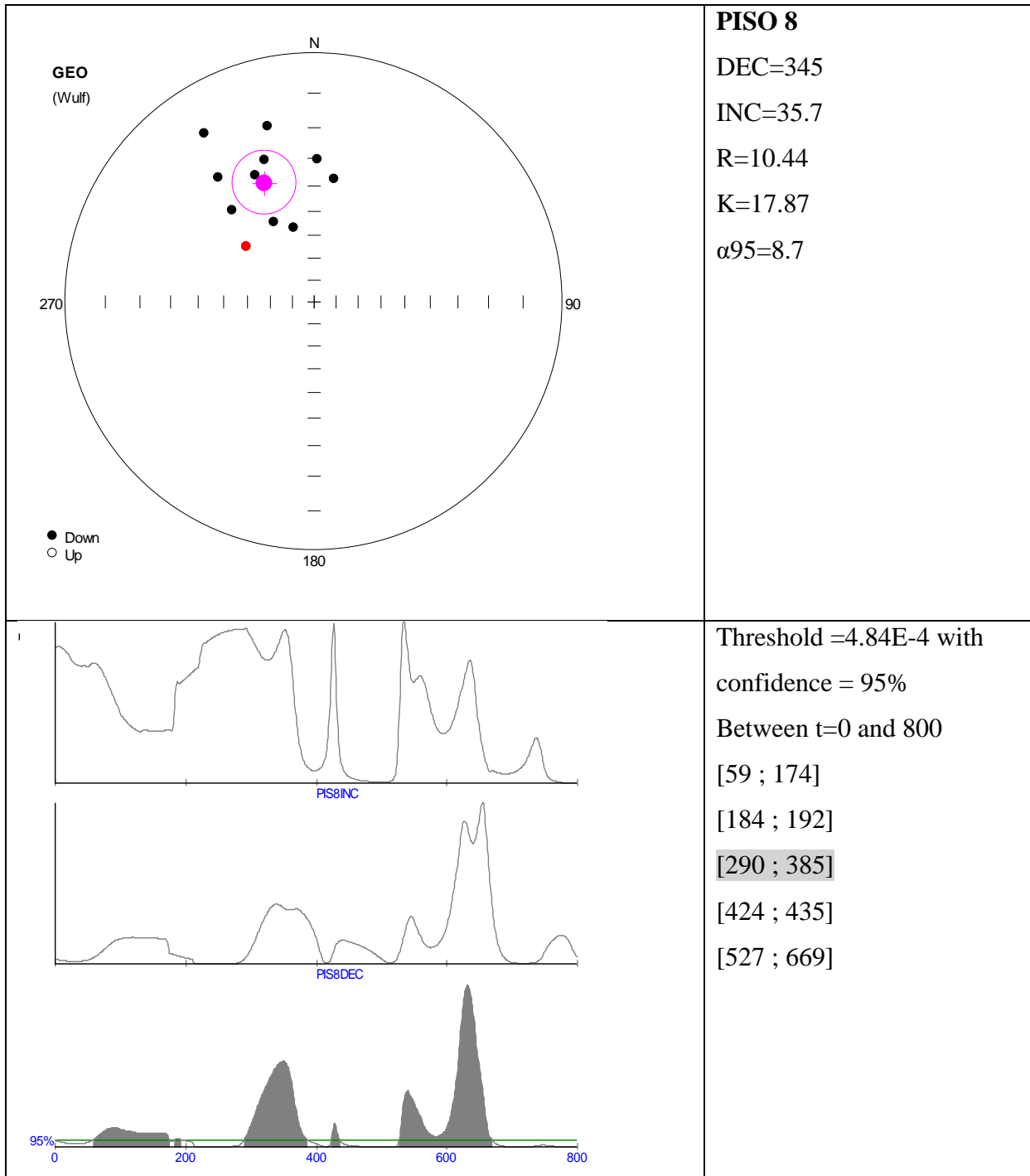


FOTOGRAFÍA 39 Ejemplares de la muestra Piso 8 (Piso Rojo), en proceso de preparación.

Del Piso 8 se utilizaron 11 especímenes de los cuales el 8A, 8B, 8C\_2 y 8E\_3, fueron empleados como pilotos para el lavado magnético. Los resultados obtenidos son: DEC=345, INC=35.7, R=10.44, K=17.87, con un  $\alpha_{95}=8.7$ . En la calibración se obtuvieron cinco posibles intervalos de tiempo. Al igual que con el Piso Blanco, la fecha fue seleccionada debido a la

ubicación estratigráfica del Piso Rojo en relación con los otros dos niveles de piso. Al ser un estrato intermedio, las fechas consideradas son, el intervalo de tiempo que va del 290 al 385 d. C. Estos datos muestran que la construcción del conjunto de estratos que conforman este nivel de piso se encuentra dentro de la Fase Tlamimilolpa y su transición a la Fase Xolalpan, este lapso de tiempo cae dentro del período Clásico y es la etapa de esplendor de Teotihuacan (Manzanilla 2014; Beramendí- Orosco 2009). También es la etapa donde se generan la mayoría de los elementos de la traza urbana, que son característicos del sitio, como la construcción de calzadas y calles paralelas, la canalización de río San Juan para formar parte de la traza urbana, la construcción de conjuntos multifamiliares, etc., los cuales fueron descritos por Millon (Manzanilla, 2014:992)

La contextualización del Piso Rojo deja a ver los elementos constructivos que están asociados a este piso. Uno de los principales cambios que se observan es la construcción del edificio 9.N3E1, según la nomenclatura designada por René Millon. Como ya se vio con el Piso Blanco, la Pirámide del Sol contaba con una plaza al frente la cual estaba rodeada por una plataforma. Para el momento de construcción del Piso Rojo se construyen también las dos plataformas piramidales, edificios 9.N3E1 y 16. N3E1, con las cuales se conformaría un *Plaza de tres templos*, que son complejos arquitectónicos comunes en Teotihuacan (Manzanilla, 2008), y uno de los rasgos distintivos de los Estados en Mesoamérica. Aunque únicamente se hicieron excavaciones en el sector sur, por información proporcionada por el arqueólogo Alejandro Sarabia acerca de intervenciones anteriores, se sabe que en el sector norte de la plaza también se encontraron los mismos pisos, el gran problema es que no hay un informe de esa excavación y todos los datos e imágenes no fueron entregadas al proyecto, lo que dificulta hacer interpretaciones más precisas. Aun así se toma riesgo de decir que para la segunda etapa de construcción de la Plaza de la Pirámide del Sol, se construyen los edificios norte y sur que dan origen a la plaza de tres templos. Esto también se observa en la traza arquitectónica, ya que tanto el edificio Sur (9.N3E1) y el edificio norte tienen las mismas características en cuanto a dimensiones, aunque actualmente del edificio norte lo que se observa es parte de la fachada sur de la última etapa constructiva y del edificio sur, lo que se puede ver es la “reconstrucción” de la escalinata de la segunda etapa constructiva.



GRÁFICA 3 Direcciones medias de la muestra Piso 8 (PISO ROJO) y calibración de los resultados, junto con las probables fechas. En gris tenemos la fecha elegida para esta muestra.

c) Piso Negro

El Piso Negro tiene unas características físicas que lo hacen muy diferente a simple vista, de los dos niveles de piso anterior. Es el tipo de piso que se encuentra con mayor facilidad por todo el sitio arqueológico y por ello es muy fácil de distinguir. La composición, que se describe con mayor detenimiento más adelante en el siguiente capítulo, lo hace un piso complejo de trabajar, por un lado, es un piso muy resistente, pero al momento de tomar muestras estas se desintegraban con gran facilidad, debido a la gruesa granulometría del firme no era muy sencillo obtener los especímenes. Para los análisis arqueomagnéticos, los especímenes tenían que conservar únicamente el enlucido (estuco) del piso, pero no en todos los casos era posible separar el firme del enlucido sin perder la muestra, por lo tanto fueron tomadas junto con parte del firme.

De este nivel de piso se tomaron 4 muestras de las cuales una no tenía enlucido (Piso 1), dos muestras con enlucido (Piso 3 y Piso 7) y una de un fragmento de piso quemado (Piso 2). Del Piso 1 se tienen 12 especímenes de los cuales se utilizaron 6 como pilotos para hacer el lavado magnético completo, aun cuando se pudo completar el proceso los resultados obtenidos en la calibración no coinciden con la ubicación estratigráfica del piso, ya que colocan el piso en una temporalidad más temprana. También se descartó esta datación debido a que las otras muestras tomadas del mismo estrato de piso dieron una temporalidad más coherente con su ubicación estratigráfica y coincidió el periodo de los resultados en estas tres muestras.

Del Piso 7 se utilizaron 11 especímenes de los cuales siete fueron empleados como pilotos para el lavado magnético. Los resultados obtenidos son: DEC=358.5, INC=23.4, R=6.48, K=11.65, y un  $\alpha_{95}$ =14.4. En la calibración se obtuvieron seis posibles intervalos de tiempo, se seleccionó el que va del 357 al 426 d. C. Ahora, para el Piso 3 del cual se tenían 12 especímenes, se seleccionaron seis de ellos para hacer el proceso del lavado magnético y se obtuvo: DEC=350.3, INC=42, R=5.79, K=23.31, con un  $\alpha_{95}$ =11.1. Para este caso se obtuvieron cuatro intervalos de tiempo de los cuales seleccionamos la del 425 al 446 d.C. como la más probable.

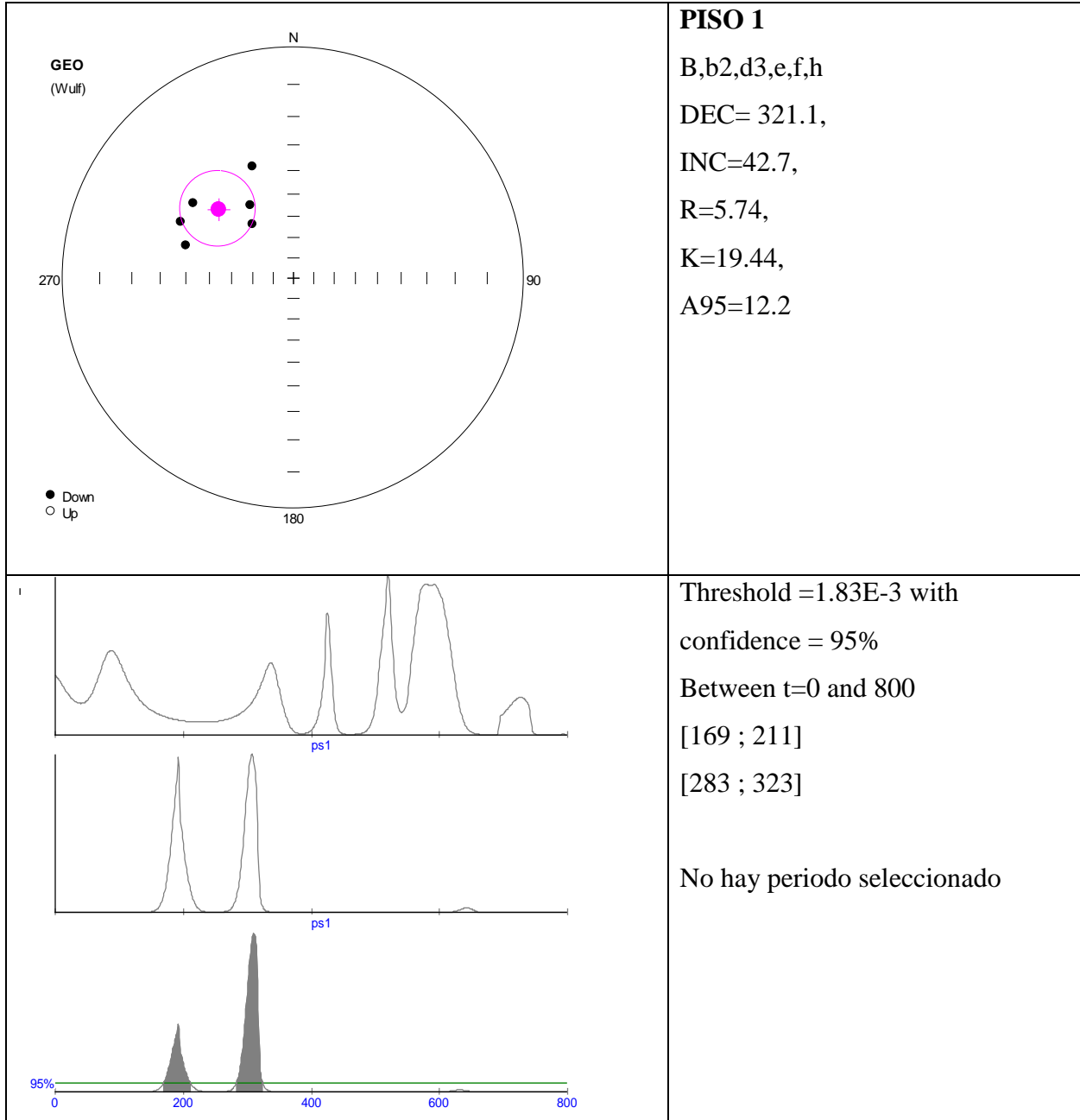
Tanto la muestra Piso 7 como la muestra Piso 3 arrojaron datos sobre el posible periodo de construcción del Piso Negro, el cual se ubica temporalmente dentro de la fase Xolalpan, abarcando desde Xolalpan temprano, hasta el periodo de transición a Xolalpan Tardío. Esta época de Teotihuacan fue denominada por Millon como una etapa de “Renovación urbana”, que se ve reflejada en el cambio tan drástico del uso de materiales para la elaboración de los pisos. En las investigaciones de la Dra. Linda Manzanilla, en Teopancazco, se registraron varios rituales de

terminación, entre ellos la decapitación de más de 25 individuos y vasijas matadas, todos ellos relacionados con el inicio de la fase Xolalpan. También, relacionados con este momento, se encontraron cuatro entierros en la Pirámide de la Luna, registrados por Sujiyama (Manzanilla, 2014:996). Estos indicadores, en conjunto con los cambios en la forma de construcción marcan un cambio en la sociedad Teotihuacana, el cual nosotros vemos reflejado en la elaboración del Piso Negro.

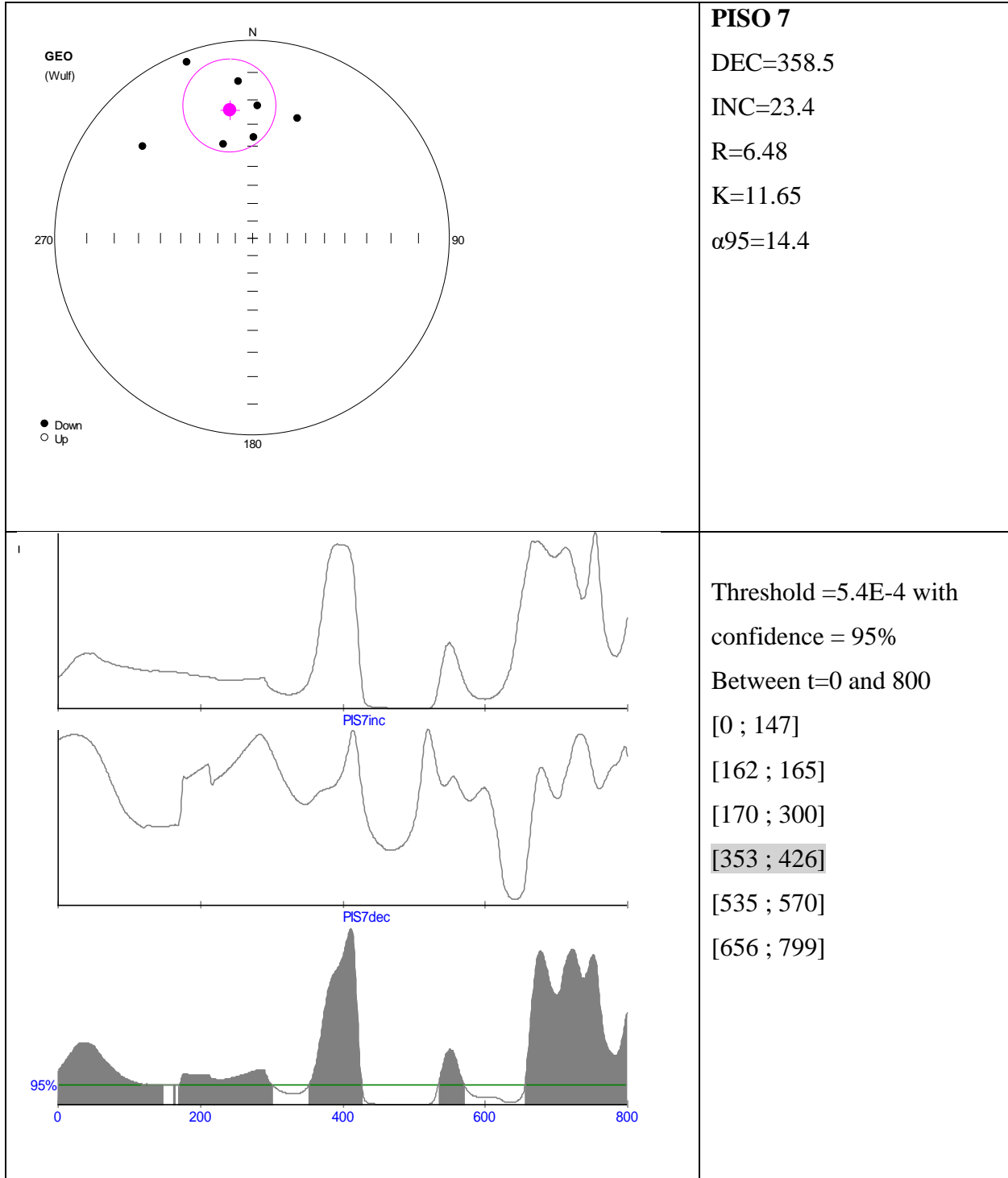
En cuanto a la contextualización del Piso Negro, se encontró la relación de este piso con la última etapa de construcción de la Plaza, de la cual se propone, se hizo la ampliación del edificio 9.N3E1. Aunque se tienen sólo los datos de los cortes del muro de la fachada norte en el Piso Negro y restos de un fragmento del muro oeste, fue posible hacer la recreación del tamaño de la ampliación del edificio 9 en su fachada norte y la escalinata central de la misma fachada.



FOTOGRAFÍA 40 Ejemplares de la muestra 3 del Piso Negro. Proceso de preparación de las muestras.



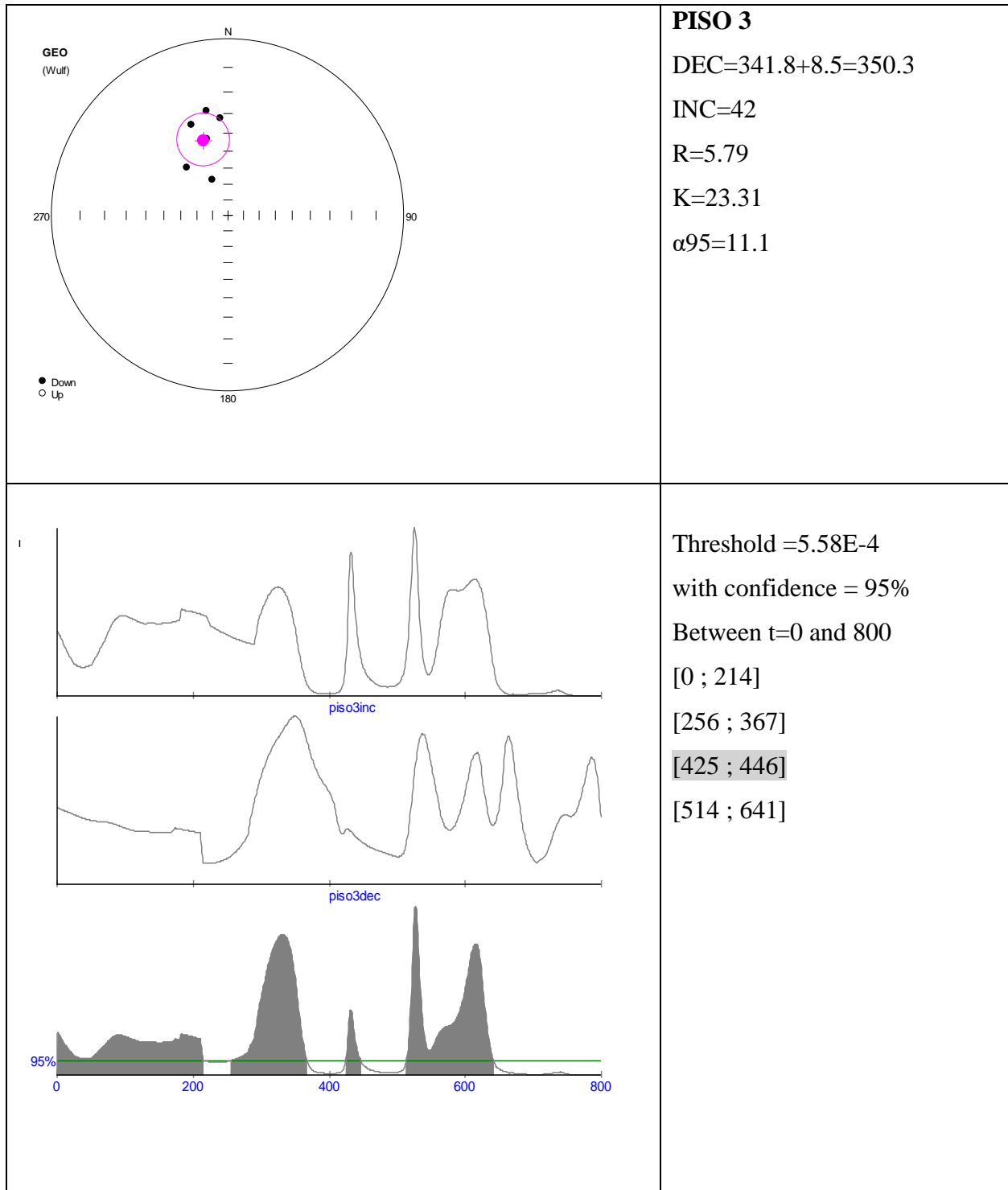
GRÁFICA 4 Direcciones medias de la muestra Piso 1, y calibración de los resultados, junto con las probables fechas. Para esta muestra no ha sido posible seleccionar una datación debido a la poca relación que hay con el contexto del piso.



GRÁFICA 5 Direcciones medias de la muestra Piso 7, y calibración de los resultados junto con las probables fechas.

En gris se muestra la fecha elegida.



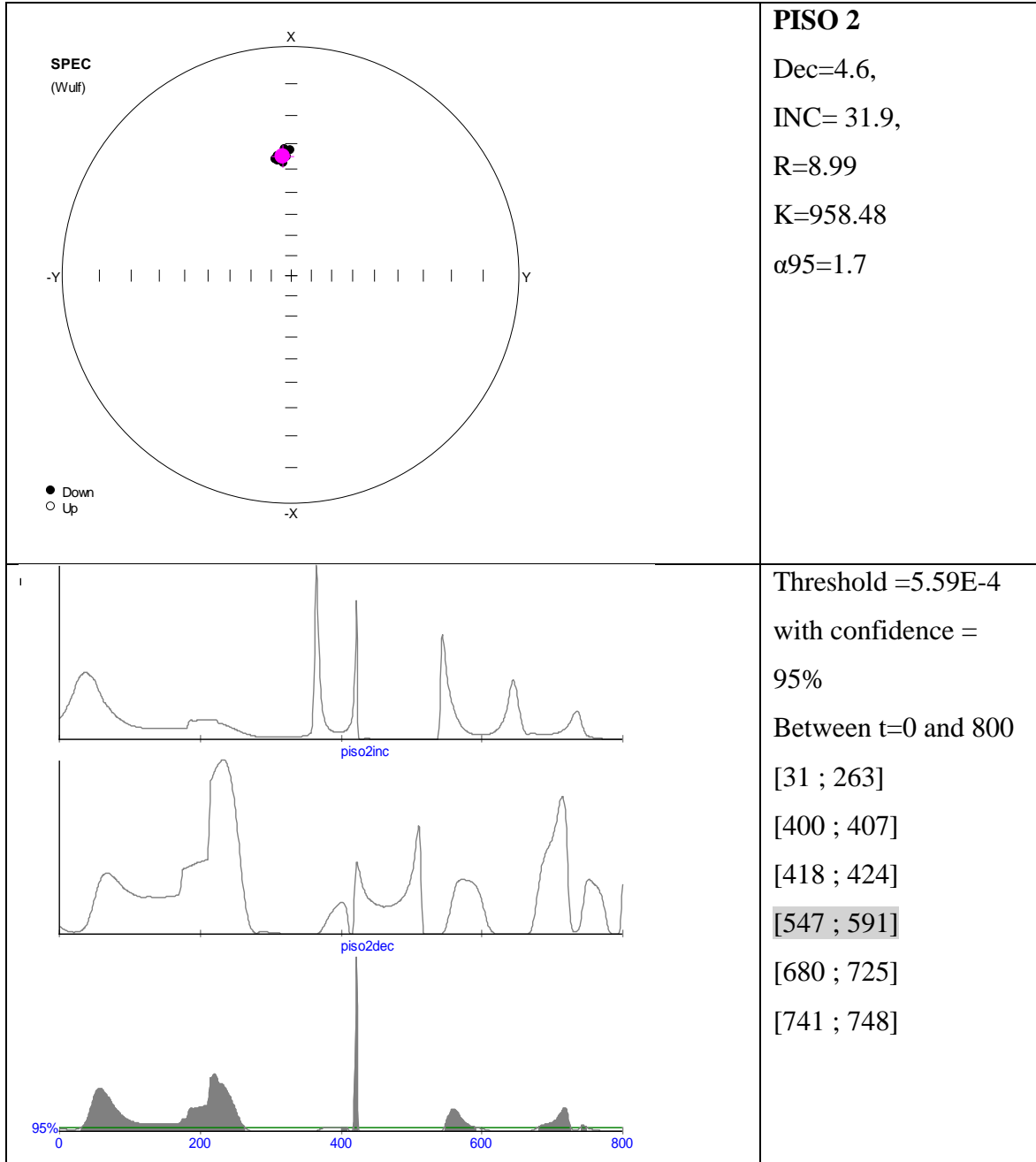


GRÁFICA 6 Direcciones medias de la muestra Piso 3 y calibración de los resultados junto con las probables fechas.

En gris tenemos la fecha elegida para esta muestra que se encuentra relacionada con el intervalo del Piso 7.

Por último, una muestra también del Piso Negro pero que fue recuperada de un área que presentaba rastro de haber sido expuesta a altas temperaturas. Como era de esperarse, al tratarse de un piso quemado, la intensidad de la magnetización remanente fue mucho más alta que en cualquiera de las otras muestras. Este piso presentó el mejor comportamiento desde el inicio del procesamiento al realizar la NRM, por lo que se tiene una alta confiabilidad en el resultado obtenido. Gracias a este resultado fue posible hacer una mejor selección de las dataciones de los otros niveles de piso, incluyendo el Piso Negro, debido a que el piso quemado marca un límite en el periodo de tiempo que pudieron construirse los tres niveles de piso.

El Piso 2 era un fragmento que fue dividido en 9 especímenes y sólo fue necesario hacer el lavado magnético de un espécimen, el 2E. Los resultados obtenidos son: DEC=4.6, INC=31.9, R=8.99, K=958.48, con un  $\alpha_{95}=1.7$ . En la calibración se obtuvieron seis posibles intervalos de tiempo, de los cuales se seleccionó: 547 a 591 d.C. Este periodo corresponde al momento del Gran Incendio en Teotihuacan que ha sido datado para el 525-575 d.C. (Soler-Arechalde, 2006:6). Gracias a estos resultados inferimos que la construcción del Piso Negro tuvo que realizarse anterior al Gran Incendio, y que la última fase de construcción registrada también es anterior a este gran suceso que marca el ocaso de la sociedad teotihuacana.



GRÁFICA 7 Direcciones medias de la muestra Piso 2 y calibración de los resultados, con la cronología elegida en gris.

### *III.2 Recapitulación de los resultados arqueomagnéticos para la construcción de una propuesta cronológica.*

Después de más de un siglo de investigaciones realizadas en Teotihuacan, aún queda un largo número de preguntas que siguen sin respuesta o cuyas respuestas aún están incompletas. Una de ellas es la cronología del sitio, aunque se han realizado ya varias propuestas, la cronología de Teotihuacan aún tiene muchos vacíos que se van llenando con cada nueva aportación. En palabras de Linda R. Manzanilla (2009) el marco cronológico de Teotihuacan debe ser construido minuciosamente, se deben tomar en cuenta las cronologías tanto relativas como las hechas con métodos absolutos, siempre tomando en cuenta el contexto del que provienen los materiales para no caer en errores de datar aquellos que pertenecen a contextos secundarios. En el caso de esta investigación, todos los contextos son primarios, ya que el material que estamos analizando para fechamiento es el piso y, el objetivo fue datar la construcción de los tres niveles de piso localizados en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol, y relacionarlos con las edificaciones que conformaron cada fase constructiva.

Para realizar la propuesta cronológica de la construcción de la Plaza se tenía, desde las excavaciones, el objetivo de hacer análisis arqueomagnéticos a los pisos para conocer el momento en que fueron construidos. Y aunque conocer el periodo de tiempo de construcción de cada piso es un dato relevante, no era el objetivo final. El principal objetivo era datar las diferentes fases constructivas del conjunto<sup>1</sup>, que están relacionados con cada uno de los tres niveles de piso. Es así como, desde el trabajo en campo se buscaron los indicadores arqueológicos que relacionan a cada nivel de piso con la edificación de cada etapa constructiva de la gran plaza. Como ya se ha mencionado en el apartado de antecedentes de la excavación del 2014, la excavación y los materiales recuperados son del sector sur de la Plaza. Aun así, se hace esta propuesta cronológica para la construcción de la plaza en su totalidad debido a la simetría y patrones arquitectónicos del sitio, y como es posible observar en el plano hecho por Sugiyama (2008- 2011), la simetría que existe entre el sector sur y el sector norte de la plaza son un indicador de que la construcción (y posteriormente la ampliación) de los edificios sur (9.N3E1) y norte (16.N3E1) fue realizada en el mismo periodo de tiempo.

---

<sup>1</sup> Para el sector sur de la Plaza se había propuesto la existencia de dos momentos constructivos, después de las excavaciones que realice en el 2014 propongo que existe un momento anterior a los propuestos por R. Chadwick.

Diversos autores proponen que la construcción de la Pirámide del Sol fue durante la fase Tzacualli (1- 150 d. C.) o anterior a ésta. (N. Sugiyama, 2013:408). Se debe tomar en cuenta que la construcción de este gran basamento piramidal debió tomar un largo periodo de tiempo y que, según investigaciones realizadas en el interior esta, la pirámide del Sol tiene tres momentos de construcción: (1) estructura Pre- pirámide del Sol, (2) construcción del cuerpo de la Pirámide del sol y la destrucción de la estructura anterior, (3) construcción de la plataforma adosados en la fachada principal (oeste) y sus posteriores ampliaciones. (N. Sugiyama, 2013:412)

Durante los trabajos realizados por Sugiyama y Sugiyama entre el 2008 y el 2011 se localizó una estructura Pre Pirámide, la cual se encuentra al interior de la Pirámide del Sol, esta está ubicada casi en el centro de la base y según sus características arquitectónicas (únicas<sup>2</sup>), parece haber tenido un uso ceremonial y no uno habitacional. Este primer basamento se encuentra relacionado con un piso que N. Sugiyama denominó “Floor 1” (et. al. 2013:413), desafortunadamente no se cuenta con la descripción o imágenes de este piso que permitan hacer una comparación física de los tres niveles de piso localizados en la Plaza. Sin embargo, esto no impide que gracias a la propuesta cronológica que aquí se desarrolla, se pueda inferir que el “Floor 1” es el Piso blanco, como se verá más adelante. También propone, que la construcción de la pirámide se hizo en un solo momento constructivo, el cual llevó un largo tiempo para su edificación. Dentro de este período de construcción se realizaron actividades rituales como ofrendas y entierros, que forman parte del largo proceso de construcción del gran monolito y que nos hablan de un evento de larga duración. Por último, menciona que la plataforma adosada es claramente una construcción hecha posterior a la construcción del monolito de la Pirámide del Sol. (N. Sugiyama, 2013:416)

Dentro los trabajos realizados en gabinete durante las excavaciones del 2014, se realizaron análisis de la cerámica recuperada para diferenciar los diversos tipos que se encontraron. La mayoría de los materiales recuperados formaban parte de rellenos constructivos así que no puede tomarse en cuenta su ubicación estratigráfica para hacer una cronología relativa de las fases constructivas del Conjunto Pirámide del Sol. Sin embargo, es relevante mencionar que se recuperaron materiales representativos de la Fases Tzacualli, Tlamimilolpan y Micaotli, siendo estos últimos de los que mayor cantidad de tepalcates se recuperaron durante las excavaciones.

---

<sup>2</sup> Es un basamento que cuenta con Talud seguido de un muro vertical, no tablero,

Estos materiales provienen de la capa VIII que al ser un estrato recuperado del interior del Talud tablero y del estrato en contacto con el piso blanco al interior de la escalinata, por lo tanto se trata de un material de relleno constructivo del periodo prehispánico y no uno removido debido a los trabajos realizados desde 1900. Se recuperó material de fases muy tempranas como Tzacualli y las otras dos fases de las que se tiene material, al menos en esta capa, corresponden a la época del Clásico Teotihuacano, no se tienen materiales de etapas posteriores. Esto encaja perfectamente en el planteamiento de que la construcción del último nivel de piso (Piso Negro) fue antes de la fase Xolalpan y es justo en esta fase que se utiliza este piso, por ello no encontramos materiales de este periodo en el interior del piso o de las estructuras asociadas a este.

A continuación, se presenta una tabla de los resultados de arqueomagnetismo obtenidos en conjunto con las dataciones probables y las elegidas. Para poder realizar la siguiente propuesta cronológica se han tomado en cuenta trabajos realizados en diferentes sectores del sitio arqueológico, incluyendo dataciones realizadas por otras metodologías como radiocarbono 14 y cronologías cerámicas (relativas) empleadas por otros autores dentro de sus propuestas cronológicas. En el caso de esta investigación también se tomó en cuenta los estudios cerámicos hechos durante la temporada de excavación, pero no fueron indicadores temporales para ninguno de los niveles de piso, sino una referencia general sobre un momento constructivo en particular.



Muestra	Espécimen	Declinación	Inclinación	$\alpha_{95}$	R	K	Fechas probables dC	Fechas elegidas dC	OBSERVACIONES
PISO 6 (PISO BLANCO)	9	2.4	19.4	13.0	8.52	16.56	79 -182 383 - 407 674 - 722 747 - 773 799 -799	79 - 182	Pozo 1 Cala 1/ Cala 2
PISO 4 (PISO BLANCO)	-	-	-	-	-	-	-	-	NO SE COMPLETO EL PROCESO
PISO 5 (PISO BLANCO)	-	-	-	-	-	-	-	-	NO SE COMPLETO EL PROCESO
PISO 8 (PISO ROJO)	11	345.0	235.7	8.7	10.4	17.87	59 - 174 184 - 192 290 - 385 424 - 435 527 - 669	290 - 385	Se tomó un fragmento en campo y en el laboratorio se separó en capas.
PISO 7 (PISO NEGRO)	7	358.5	23.4	14.4	6.48	11.65	0 -147 162 -165 170 -300 353 - 426 535 - 570 656 - 799	353 - 426	Fragmento con presencia de enlucido.
PISO 3 (PISO NEGRO)	6	350.3	42.0	11.1	5.79	23.31	0 - 214 256 - 367 425 - 446 514 - 641	425 - 446	Fragmento con presencia de enlucido.
PISO 2 (PISO NEGRO QUEMADO)	9	4.6	31.9	1.7	8.99	958.48	31 - 263 400 - 407 418- 424 547- 591 680- 725 741- 748	547- 591	Piso Quemado. Excavación frente a la entrada del túnel de la Pirámide del Sol.

TABLA 3 Resultados de los estudios de paleodirecciones magnéticas, fechas probables y elegidas, de los tres niveles de piso de la Plaza de la Pirámide del Sol.

# CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES. RESULTADOS.

“[...] y por el esfuerzo invertido en en construirse a sí misma como la Tollan por excelencia.

Así quedó en la memoria de los pueblos del Postclásico: un asentamiento urbano donde se elaboraban manufacturas excelsas, una gran ciudad.” (Manzanilla, 2017)

A continuación veremos los resultados obtenidos con la aplicación de técnicas físicas no destructivas, micromorfología de suelos y spot test químico de suelos; todas ellas aplicadas en pisos. Una vez descritos los resultados acerca de los materiales que conforman cada uno de los tres niveles de piso, en el capítulo 5 (Discusión General), veremos la relación entre el uso de los distintos materiales y los cambios tecnológicos para la construcción de cada piso, en conjunto con la propuesta cronológica de la construcción de la Plaza de la Pirámide del Sol y sus fases constructivas.

*IV.1 Uso de análisis físicos NO destructivos y microdestructivos para la caracterización de los materiales constructivos de tres pisos teotihuacanos.*

Los análisis que se hicieron en esta investigación se realizaron, como ya se mencionó en capítulos anteriores, en el LANCIC dentro del Instituto de Física de la UNAM. Utilizando metodologías

físicas de análisis no destructivos. Las técnicas empleadas fueron: Microscopía Óptica, Fluorescencia de rayos X, Difracción de rayos X y Microscopía Electrónica de Barrido acoplada a un Detector de rayos X secundarios; también se empleó Espectroscopia Raman a dos muestras del Piso Rojo; y Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier para conocer el grado de calcinación de los carbonatos en muestras de los tres pisos.

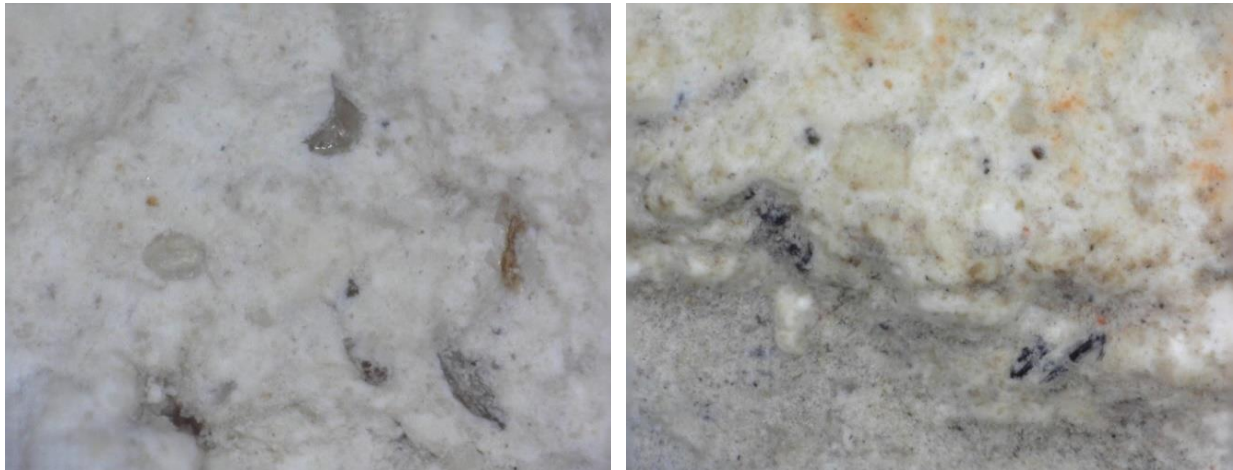
La forma en la que presento los resultados es describiéndolos por cada nivel de piso. Iniciando por el Piso Blanco que es el más antiguo, el Piso Rojo que es el piso intermedio y el que mayor complejidad presenta, y finalizando con los resultados del Piso Negro, que es el último piso de la ocupación teotihuacana. Debido a que la cantidad de datos que obtuvieron es bastante amplia, al finalizar la descripción de los resultados de todas las metodologías empleadas por cada piso, hago una síntesis la cual retomo más adelante en la discusión general.

#### IV.1.1 Piso Blanco.

##### a) Microscopía óptica.

Realizar la revisión de las muestras del Piso Blanco en el microscopio óptico con luz polarizadas nos permitió observar diferencias entre el estrato que conforma el firme y el estrato del enlucido. Este análisis ayuda a la identificación preliminar de algunas de las inclusiones o cargas que se encuentran dentro de la matriz del argamasa, algunos de ellos son trozos de materia orgánica quemada, posible vidrio volcánico, algunos fragmentos de obsidiana, cristales (también pueden formar parte de la matriz geológica), algunos fragmentos de mica, etc.

Del Piso Blanco se tomó el registro fotográfico con luz reflejada y polarizada de tres muestras: PB01, PB03 y PB06, la mayoría de las imágenes fueron hechas con corrección de campo, lo que permitió observar mejor los detalles aun con la rugosidad de la superficie. De entre los detalles que podemos apreciar del firme, observamos algunos minerales que parecen no ser parte de la roca caliza. Estos pueden ser agregados, los cuales fueron mezclados con la cal para crear una argamasa más resistente. Se observan minerales cristalinos y otros de coloración oscura pero no se distinguen características específicas que nos ayuden a su identificación. El material más oscuro (negro) puede tratarse de materia orgánica quemada, que proviene del proceso de quemado de la roca caliza, de lo que hablaremos más adelante.



FOTOGRAFÍA 41 Izda. (PB06) Perfil del firme/200x/luz reflejada/detalle de clastos del esqueleto del firme. Dcha. Superficie/200x/luz polarizada/detalle posible material orgánico quemado.

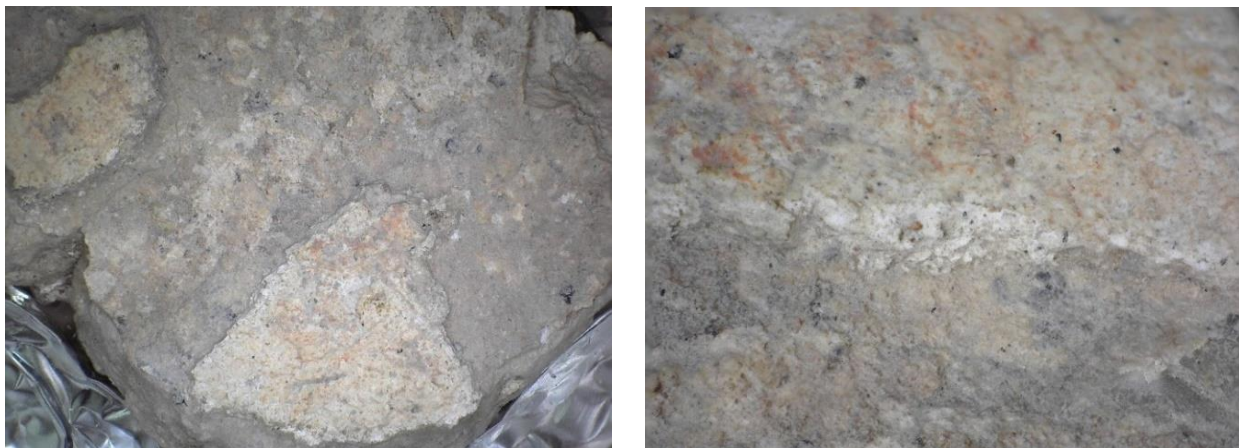
Algunos materiales pueden ser externos, tal es el caso de pequeños fragmentos de mica como el que muestro en la imagen a continuación, en cuyo caso quizá sean agregados no intencionales de otras actividades realizadas cerca de la zona de preparación del argamasa del Piso Blanco; pero no están presentes en cantidades representativas, de hecho el firme muestra homogeneidad en la matriz y la coloración de la misma.



FOTOGRAFÍA 42 Izda. (PB01) Perfil del firme/20x/luz polarizada/ agregados geológicos de gran tamaño. Dcha. (PB01) Perfil del firme/200x/luz polarizada/posible fragmento de mica.

Gracias a esta técnica se identificaron restos de pintura roja que formaba parte del enlucido del Piso Blanco, esto no puede ser observado a simple vista en la muestra pero se registró durante las excavaciones la presencia de pigmento rojo en algunas áreas de este piso que aún mantenía la

pigmentación original. Las muestras que se tomaron para analizar en el laboratorio no presentan el color tan claramente, pero al observarlas en el microscopio encontramos algunas manchas con coloración rojiza. También identificamos que el enlucido tuvo más de una capa de recubrimiento, las cuales pueden estar relacionadas con el uso y mantenimiento del piso.



FOTOGRAFÍA 43 Izda. (PB06) General superficie/20x/luz polarizada/superficie alisada y dos fragmentos de enlucido. Dcha. (PB06) Superficie, enlucido/100x/luz polarizada/Detalle de pintura roja.

b) Microscopía Electrónica de Barrido acoplado a emisión de rayos X secundarios (MEB/ EDS).

Se utilizó este equipo para obtener imágenes de alta resolución y hacer análisis puntuales del contenido elemental de las diferentes partes que conforman cada uno de los tres niveles de piso. En este análisis únicamente se obtuvieron elementos principales y mayoritarios, no se obtuvieron elementos traza debido a que no es posible identificar entre diferentes materiales que tiene la misma composición. Se hicieron análisis de dos muestras de cada uno de los pisos, una de las muestras fue analizada sin tratamiento y la otra una muestra en bloque, fue impregnada primero en resina<sup>1</sup>, y posteriormente una de las caras fue pulidas a espejo. Para los análisis de las muestras sin preparación, únicamente se tomó en consideración el tamaño de la muestra, ya que el equipo requiere de dimensiones específicas para entrar dentro de la cabina de vacío.

<sup>1</sup> La misma que se utiliza para hacer las láminas delgadas para estudios petrográficos.

- Muestra sin procesar PB06.

Este fragmento del Piso Blanco que aun cuenta con parte del enlucido, fue analizada, primero en el enlucido pudiéndose observar que presentaba residuos escasos de pigmento rojo. Los análisis se realizaron en la superficie del piso debido a su regularidad. En ella se pudo observar un fragmento de enlucido y también descubierto, el firme del piso, de aspecto alisado.

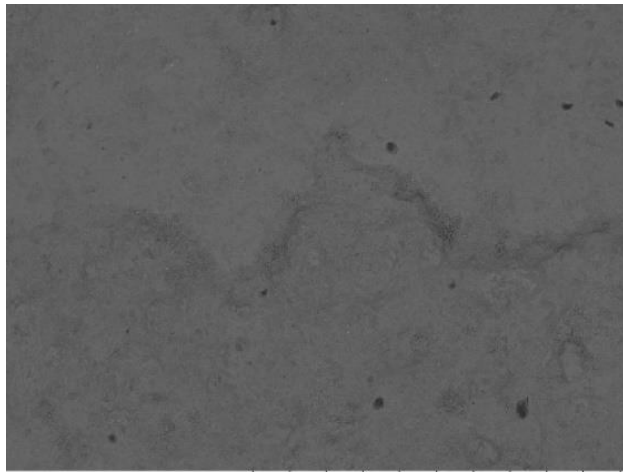


FOTOGRAFÍA 44 Izq. Fragmento del Piso blanco, comparándolo con el porta objetos del equipo de SEM- EDS.

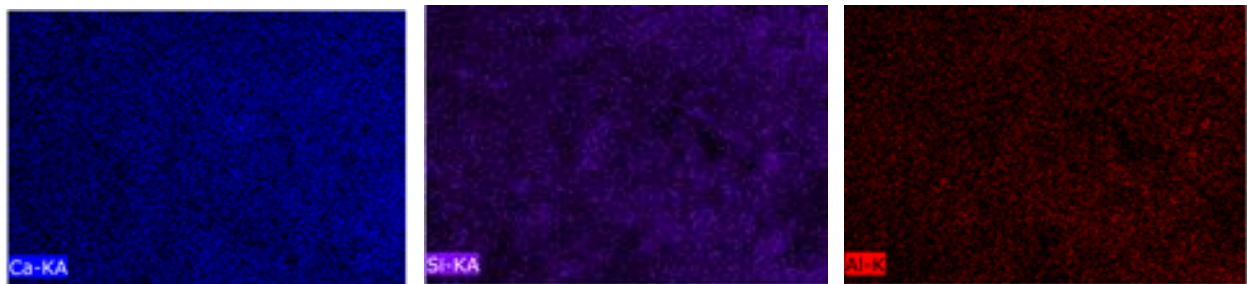
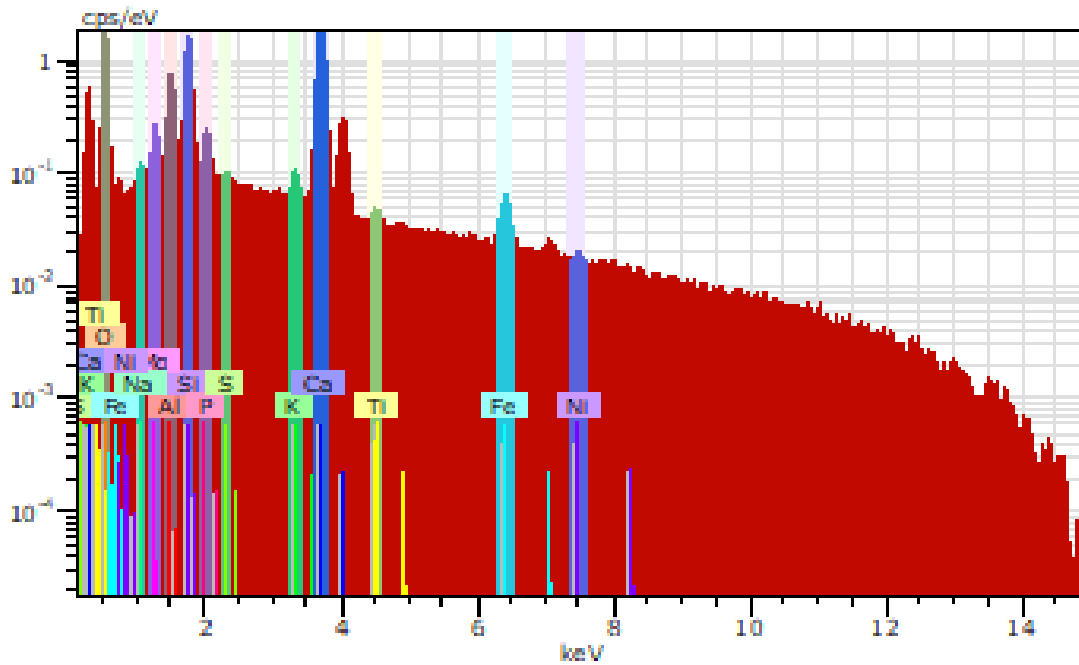
Dcha. Muestra PB06.

La lectura del enlucido se realizó en el centro del área, lugar donde se pudieron apreciar rastros del pigmento rojo que cubría el piso. Se hicieron varias lecturas y cuantificaciones, y en los mapas por elemento podemos observar la distribución homogénea del calcio, del silicio y el aluminio. Al analizar el firme, encontramos los mismos resultados, una distribución homogénea de los elementos (Ca, Si, Al), y con respecto a la cuantificación podemos ver que son casi los mismos porcentajes por elemento. Estos resultados nos indican que tanto el enlucido como el firme fueron hechos con la misma materia prima.



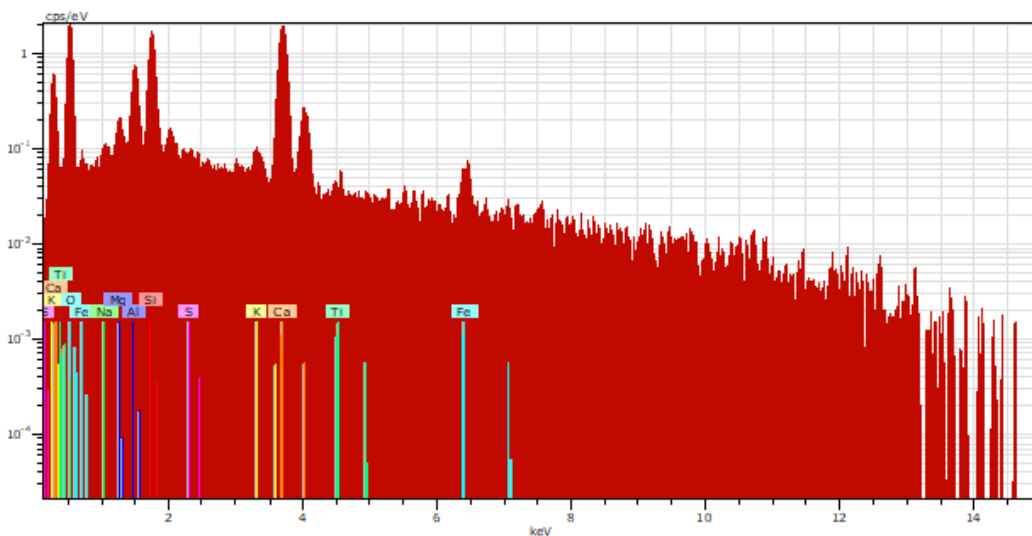
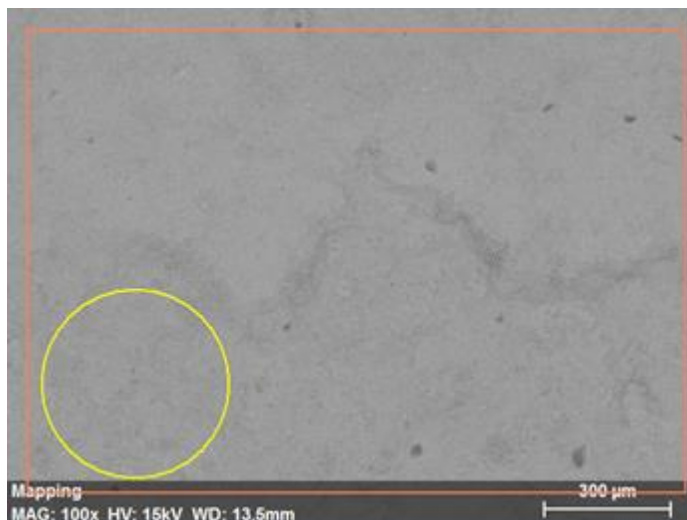


TM3030Plus1872 2016/10/28 17:00 HM D13.5 x100 1 mm



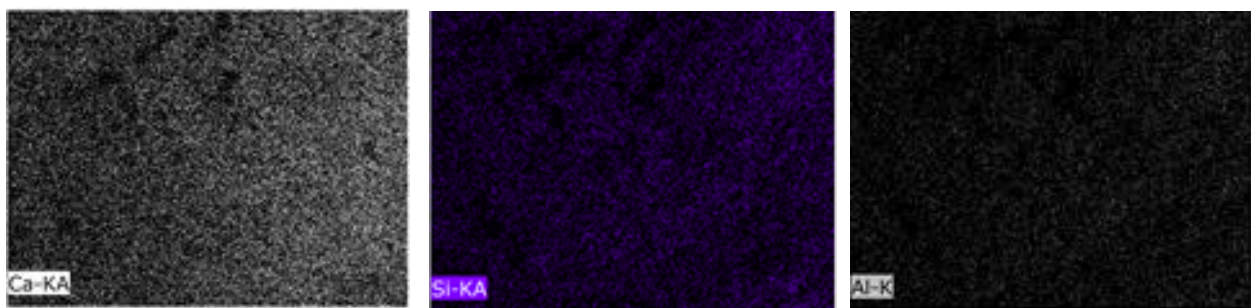
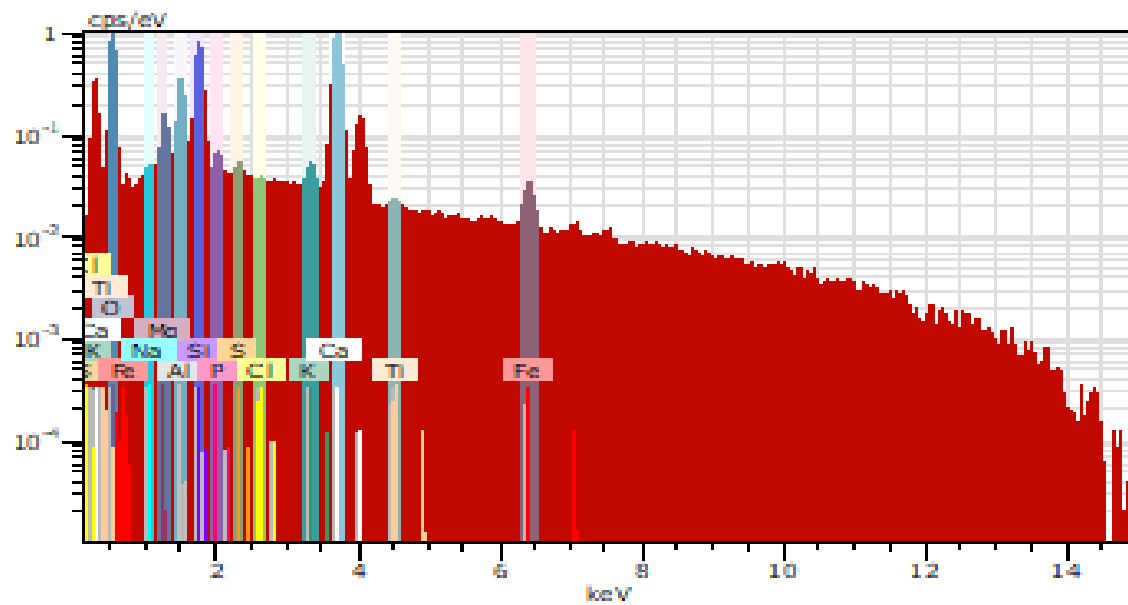
MAPA 5 Conjunto de Mapas SEM-EDS<sup>2</sup> del enlucido PB06/100x, mostrando los mapas por elementos más significativos.

<sup>2</sup> Al ser estos los primeros análisis que hicimos, los colores elegidos para cada elemento son distintos a los que se seleccionaron más adelante. Por ello es un poco complicado hacer comparaciones visuales con los otros mapas.



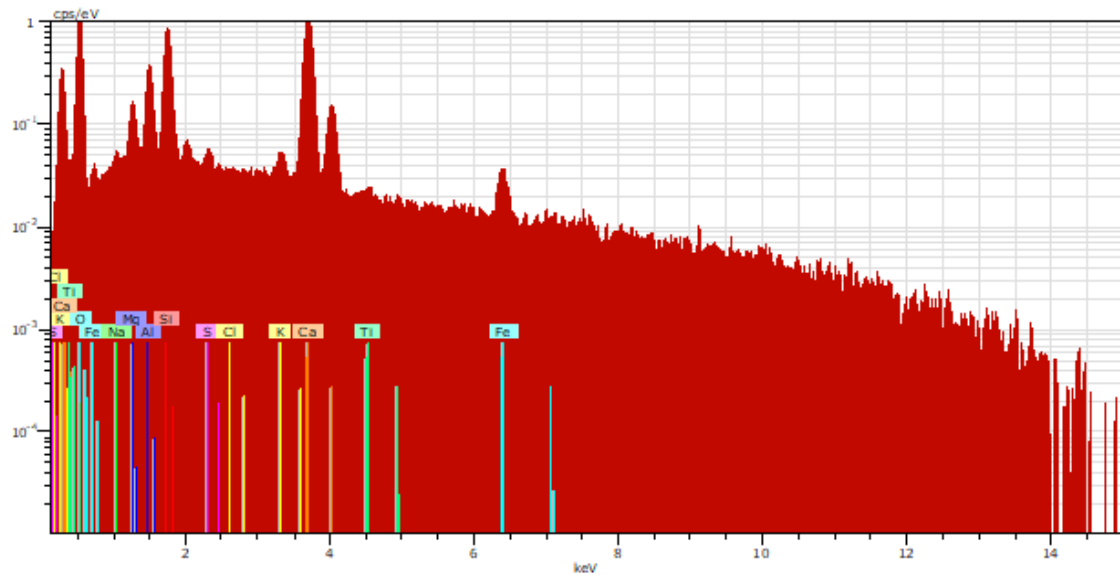
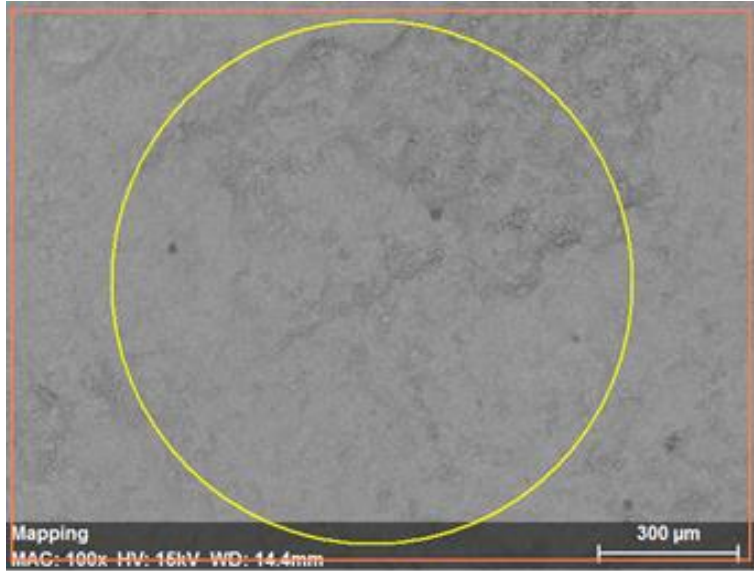
Element	AN	Series	Net norm.	C	Atom. C	Error
			[wt.%]		[at.%]	[%]
Oxígeno	8	K-series	7125	57.23	74.38	6.9
Calcio	20	K-series	12236	25.56	13.26	0.8
Silicio	14	K-series	6993	9.45	7.00	0.4
Aluminio	13	K-series	2748	4.05	3.12	0.2
Hierro	26	K-series	291	1.46	0.54	0.1

MAPA 6 Valores de cuantificación (% peso) de elementos observados en el enlucido PB06: Mapa de ubicación del área muestreada/100x, espectro EDS, se muestran los más significativos.



MAPA 7 Conjunto de Mapas SEM- EDS<sup>3</sup> del firme PB06/100x, mostrando los mapas por elementos más significativos.

<sup>3</sup> Al ser estos los primeros análisis que hicimos, los colores elegidos para cada elemento son distintos a los que se seleccionaron más adelante. Por ello es un poco complicado hacer comparaciones visuales con los otros mapas.



Element	AN	Series	Net norm.	C	Atom. C	Error
			[wt.%]		[at.%]	[%]
Oxígeno	8	K-series	24652	55.46	72.85	5.7
Calcio	20	K-series	47117	25.70	13.48	0.7
Silicio	14	K-series	25444	9.97	7.46	0.4
Aluminio	13	K-series	9565	4.09	3.18	0.2
Hierro	26	K-series	1269	1.78	0.67	0.1
Magnesio	12	K-series	3346	1.73	1.50	0.1
Sodio	11	K-series	570	0.45	0.41	0.1
Potasio	19	K-series	822	0.35	0.19	0.0
Azufre	16	K-series	594	0.24	0.16	0.0
Titán	22	K-series	224	0.19	0.09	0.0
Cloro	17	K-series	72	0.03	0.02	0.0
Total:			100.00	100.00		

MAPA 8 Conjunto de Cuantificación del Firme PB06: Mapa de ubicación del área muestreada/100x, espectro XRF,

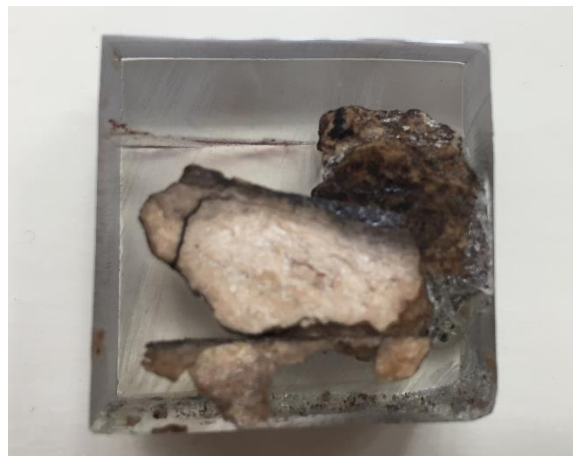
Tabla de porcentaje por elemento (se muestran los más significativos).

- Muestra en Bloque PB1496 (Pulido Espejo)

Aun cuando teníamos nuestras dudas acerca de los resultados que obtendríamos del análisis de los bloques impregnados en resina, decidimos hacer los estudios con las muestras de ambas formas. Primero para comprobar que se podían obtener lectura de estos bloques, este factor es importante ya que una misma muestra puede impregnarse y ser utilizada para obtener láminas delgadas, y del restante se pule una de las caras a espejo y se le pueden realizar los estudios con técnicas físicas como SEM, Raman, XRF. Así, el material no se pierde. Una vez realizados los estudios en ambas muestras, natural e impregnada, observar las diferencias en los resultados y proponer, de ser así, sí una lectura da mejores resultados que la otra.

Lo anterior con la finalidad de incrementar y perfeccionar la toma de muestras y el uso de estas para la realización de más de una metodología de análisis. Pero nuestro principal objetivo seguía siendo el obtener lecturas que nos permitieran identificar las materias primas empleadas para construir el piso estudiado.

La muestra del Piso Blanco, como podemos apreciar en la imagen abajo, en realidad es un bloque que contiene tres fragmentos del mismo piso<sup>4</sup>, en la cara que tiene pulido de espejo se aprecian dos fragmentos. Durante el estudio se tomaron imágenes de alta resolución de ambos fragmentos, así como análisis puntuales de distintas áreas.



FOTOGRAFÍA 45 Izq. Bloque Piso Blanco montado en el porta objetos al interior de la cámara de vacío. Dcha. Muestra Piso Blanco, se aprecia la cara pulida con los dos fragmentos con corte transversal.

<sup>4</sup> Las muestras se extrajeron del pozo 1, de algunos bordes que se desprendieron debido a las intensas lluvias, en algunos casos aun contaba con el enlucido.

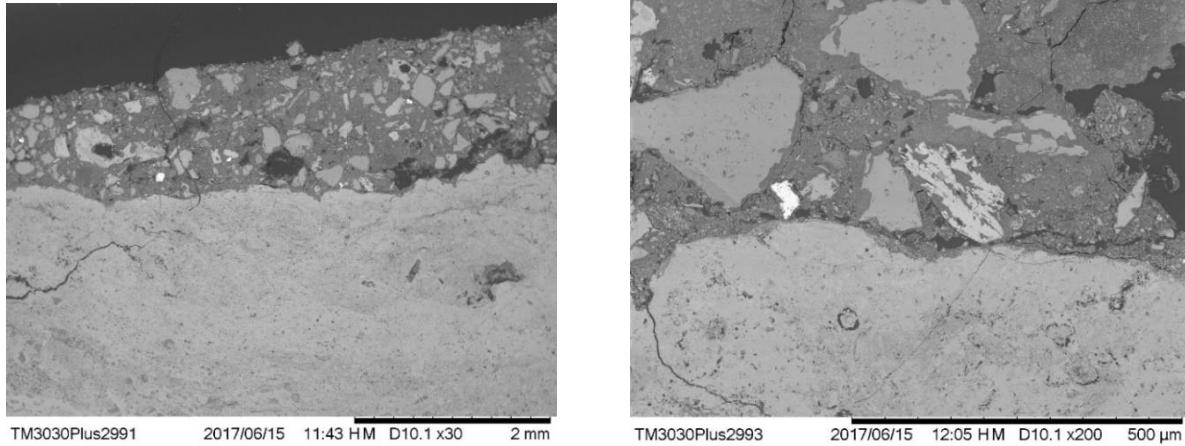
Como veremos a continuación, las imágenes de alta resolución tomadas de los bloques pulidos son mucho más claras que las tomadas a la muestra “natural”. En ellas podemos diferenciar entre distintos estratos con mucha mayor claridad. Aunque es importante mencionar que esta muestra tiene un corte transversal y los análisis hechos a la muestra “natural” se hicieron de la superficie, donde fue complicado diferenciar entre el firme y el enlucido aun cuando se tenía la ubicación espacial de ambos. En los mapas de elementos no se ven diferencias elementales claras entre sustratos. Sin embargo en las imágenes de los bloques, podemos ver diferencias entre estratos y se distinguen con mayor claridad otros elementos que los componen.

En el caso de los análisis hechos al Piso Blanco, observamos que existen dos estratos conformados por diferentes materiales. El estrato inferior está conformado por una matriz bastante homogénea, la cual se identifica como algún tipo de Calcita por su alto contenido de Calcio, que es claramente (como podemos observar en los mapas por elemento) el principal elemento observado. El estrato superior está conformado por una gran cantidad de partículas con alto contenido en Sí, Al, P y Na. Vemos también pequeñas partículas de Fe. Este estrato parece ser algún sedimento arcilloso, el cual se encuentra en la superficie de ambos fragmentos de piso (dentro del bloque), y también en el interior de las grietas del estrato de posible calcita<sup>5</sup>. Esto puede apreciarse claramente en los mapas por elemento, donde se observa claramente que una de las grietas del estrato inferior, el sedimento se ha ido acumulando, ocupando los lugares vacíos. Los altos contenidos en sílice y aluminio hacen referencia a la presencia de aluminosilicatos, de los cuales existe una gran variedad y se encuentran presentes principalmente en materiales arcillosos del suelo.

---

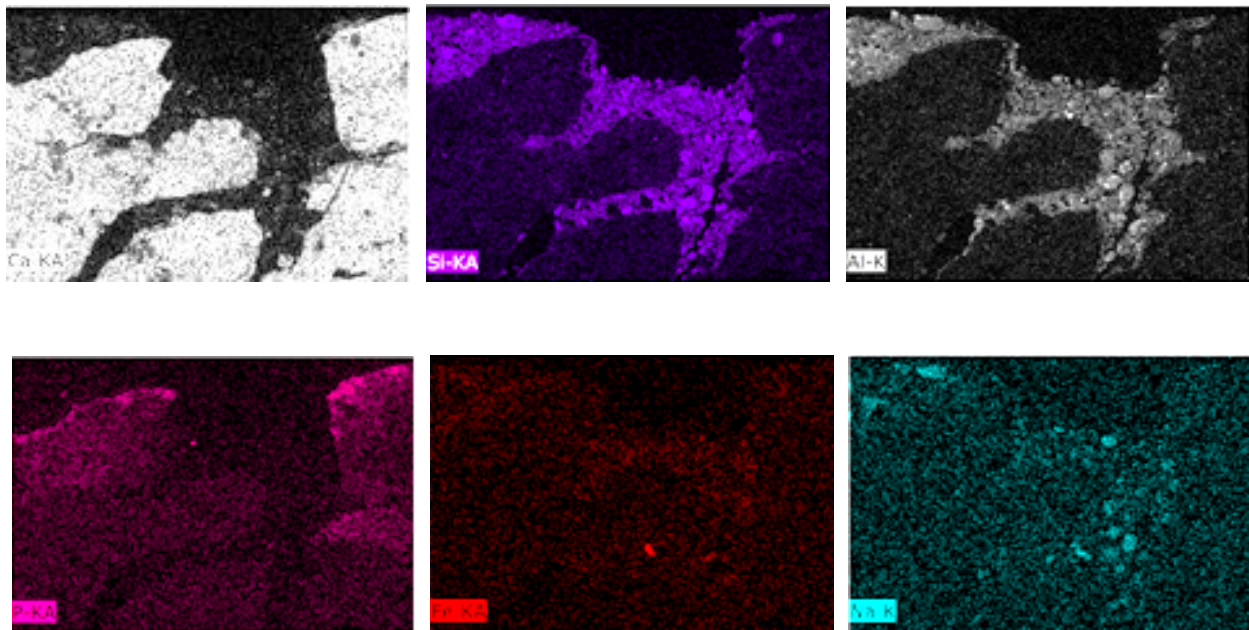
<sup>5</sup> Se identifica como calcita debido a los porcentajes obtenidos en los análisis puntuales del conjunto de elementos presentes en la muestra.





FOTOGRAFÍA 46 Izq. Imagen Piso Blanco/30x/diferencia entre dos estratos. Dcha. Misma muestra/ 200x.

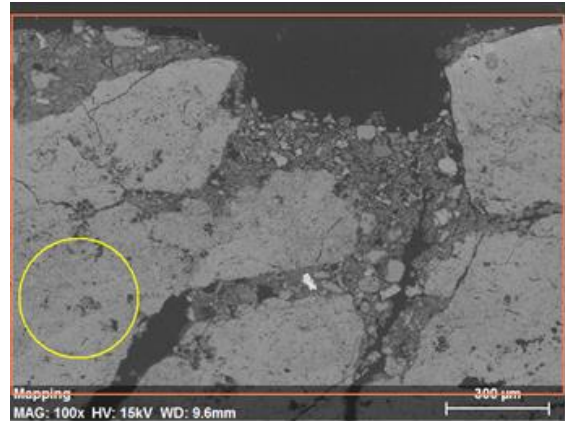
En los mapas que se muestran a continuación, podemos observar que el elemento presente en el estrato que contiene la grieta, es el Ca. Con excepción de unas partículas de potasio y sodio, el calcio es el mayor componente de este estrato. Sin embargo en la grieta podemos ver claramente que el material contenido ahí, está compuesto por un alto contenido en sílice, aluminio y sodio, así como algunas partículas de hierro.



MAPA 9 Conjunto de mapas por elemento/ Piso Blanco/ 100x / elementos presentes más representativos.

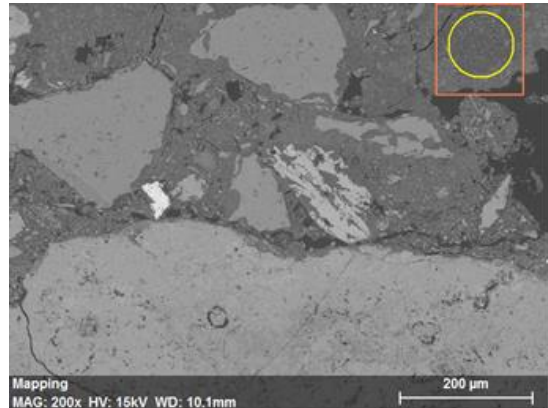


Element	AN	Series	Net	norm. C	Atom. C	Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	10389	54.00	73.92	5.5
Calcium	20	K-series	45268	42.06	22.99	1.1
Silicon	14	K-series	3319	2.19	1.71	0.1
Aluminium	13	K-series	1697	1.24	1.00	0.1
Phosphorus	15	K-series	509	0.34	0.24	0.0
Sodium	11	K-series	75	0.10	0.10	0.0
Sulfur	16	K-series	84	0.05	0.04	0.0
Potassium	19	K-series	41	0.03	0.02	0.0
			Total:	100.00	100.00	



MAPA 10 Análisis puntuales PB1496. Matriz de Calcita/100x

Element	AN	Series	Net	norm. C	Atom. C	Error
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	13121	47.10	60.46	3.5
Aluminium	13	K-series	47310	46.18	35.16	1.4
Silicon	14	K-series	2376	3.45	2.52	0.1
Calcium	20	K-series	1508	2.42	1.24	0.1
Sodium	11	K-series	199	0.31	0.27	0.0
Phosphorus	15	K-series	195	0.27	0.18	0.0
Sulfur	16	K-series	129	0.16	0.10	0.0
Potassium	19	K-series	79	0.11	0.06	0.0
			Total:	100.00	100.00	

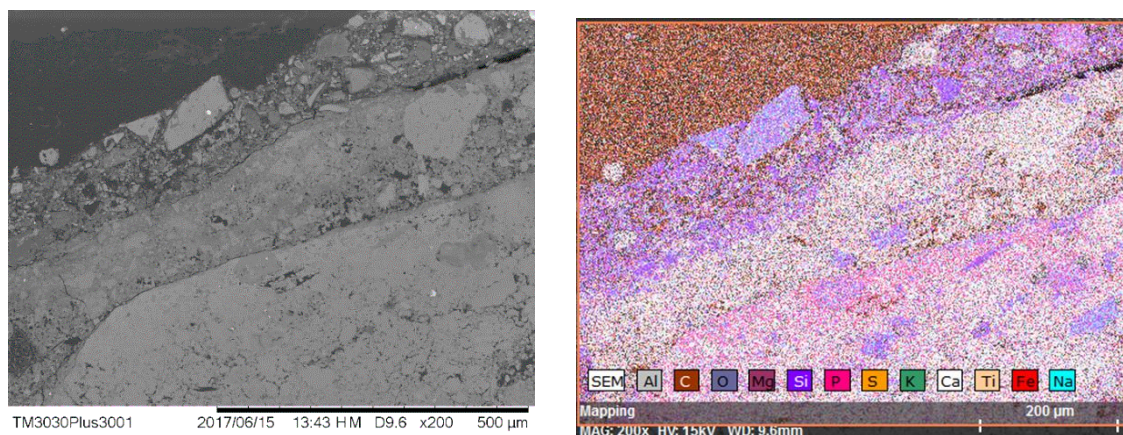


MAPA 11 Análisis Puntual. Sedimento o arcilla con alto contenido en aluminio/ 200x.

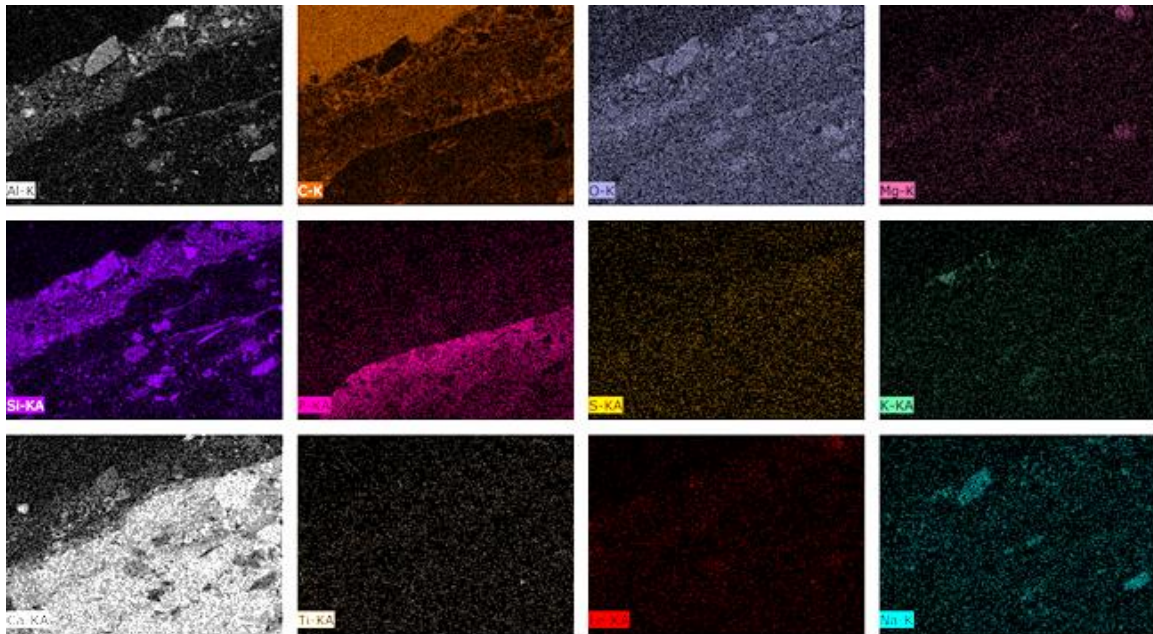
Los resultados se han interpretado de dos formas, la primera se refiere a una arcilla moderna, la cual se ha ido difundiendo a través de los estratos que conforman los pisos superiores y se ha acumulado en estas áreas a lo largo del tiempo. O, al estar presente sobre la superficie del piso y, como veremos posteriormente en el apartado de resultados micromorfológicos, al presentar partículas de pigmento rojo, propongo que es parte del enlucido o del acabado final que se le daba al piso. Aunque esta hipótesis debe ser contratada con el análisis de un mayor número de muestras. A continuación muestro los resultados obtenidos de otras áreas muestreadas que me ayudan a soportar esta propuesta.

En los análisis realizados al fragmento inferior de la muestra en bloque PB1496, vemos con mayor claridad tres estratos que conforman el piso. El estrato grueso, estrato inferior, que

denominamos “firme” (al igual que en el fragmento superior de la muestra) está compuesto principalmente por calcio, y podemos observar algunas partículas de sílice, aluminio y sodio. Vemos que en la interfaz entre el estrato intermedio y el firme presentan fósforo. El estrato intermedio está compuesto principalmente de calcio, y casi no muestra presencia de otros elementos. Muestra conformación elemental similar al firme aunque en la imagen podemos ver claras diferencias de textura. Por último, el estrato superior carece, casi en su totalidad, de calcio. Está compuesto por partículas de aluminio y sílice, y algunas partículas de mayor tamaño pero pocas en proporción, de sodio. Estos tres estratos que conforman el Piso Blanco pueden identificarse como: el firme del piso, que está compuesto por un argamasa de carbonatos de calcio (roca caliza); el enlucido, que también está compuesto por el mismo material del firme pero presenta menor variedad de elementos, al parecer es una argamasa más fina; y por último, una arcilla que cubre el enlucido o es parte de este.

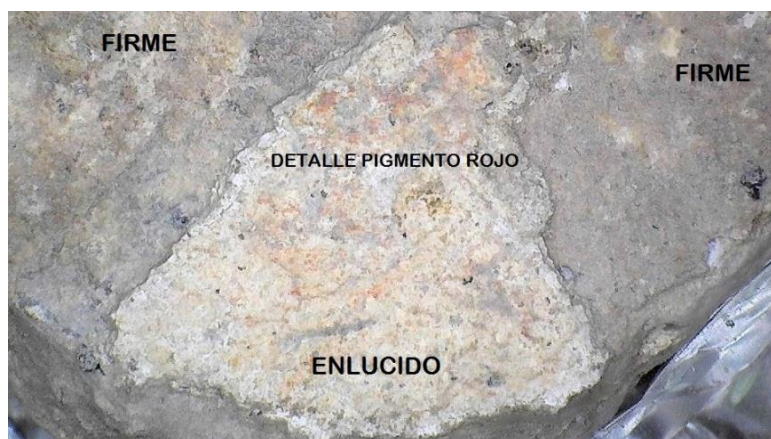


MAPA 12 Fragmento inferior PB1496. Izq. Imagen alta resolución/ 200x. Dcha. Mapeo general de elementos presentes/200x.



MAPA 13 Fragmento inferior PB1496. Conjunto de mapas por elemento.

En el estrato superior, se observan partículas de pigmento rojo, sin embargo la cantidad de hierro es muy poca. Las partículas rojas, también se encuentran en pequeñas cantidades, quizá se trate de un pigmento muy deteriorado compuesto de alguna tierra roja (arcilla) que daba la coloración al piso. Como he mencionado en capítulos anteriores, este piso también presentaba coloración rojiza en las cuales el pigmento se encontraba muy deteriorado y para el momento del muestreo ya casi no se percibía el color a simple vista. El deterioro del pigmento de forma tan acelerada fue debido a intensas lluvias durante la temporada de excavación. (Lozano, 2014)

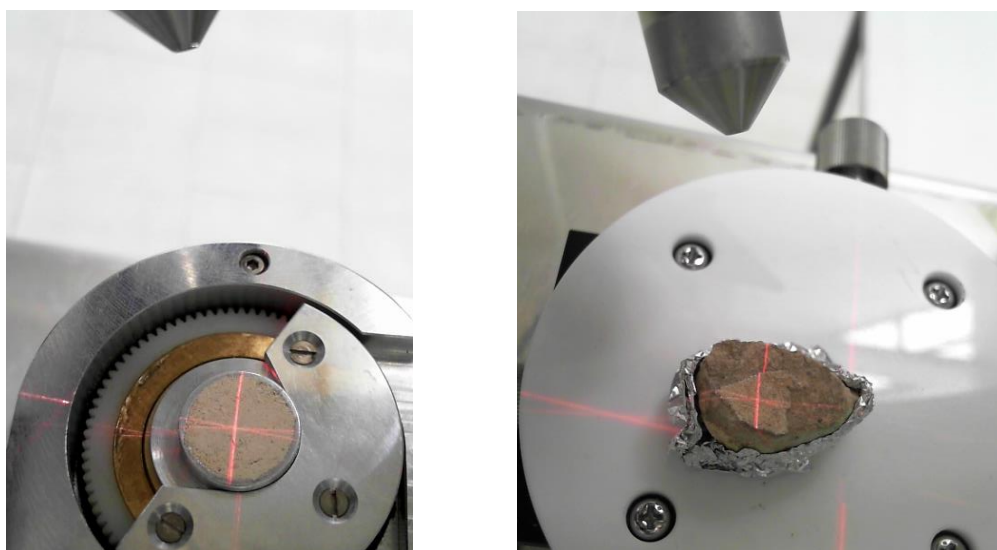


FOTOGRAFÍA 47 Fragmento del Piso Blanco con detalle de Pigmento rojo sobre el Enlucido. Plano de la superficie de la muestra.



c) Difracción de rayos X (XRD).

Las muestras provenientes del Piso Blanco (en bloque) fueron: PB01, PB03 y PB06. Se hicieron lecturas del enlucido, el firme y el alisado, pero no en todos los casos debido a las condiciones físicas que presentaba cada muestra. El equipo utilizado (ADis) para esta metodología es mucho más sensible que el XRF, por lo que es necesario una superficie regular para no tener interferencia durante las mediciones, aunque esta condición no se tenía en todos los fragmentos de piso que se analizaron. En el caso de las muestras PB03 y PB06<sup>6</sup>, fue necesario tomar un fragmento del firme para molerlos<sup>7</sup> y facilitar la interpretación de las fases minerales<sup>8</sup>. Aunque esta metodología fue empleada por ser una técnica no destructiva, en el caso de estas dos muestras decidí extraer un fragmento para molerlo y facilitar la identificación de las fases cristalinas presentes en la muestra. Debido a las restricciones del equipo para el análisis de materiales que se encuentren en pequeña proporción, esta metodología fue empleada para identificar el material utilizado como matriz del argamasa y no para conocer el tipo de agregados (esqueleto) empleados en la elaboración del Piso Blanco.



FOTOGRAFÍA 48 Izda. PB01 Firme/muestra molida. Dcha. (PB06) Alisado/ muestra en bloque.

<sup>6</sup> No se molió el firme de la muestra PB01 debido a que el tamaño de la misma no era suficientemente grande para tomar un fragmento sin perder la muestra.

<sup>7</sup> Se utilizó un argamasa de ágata.

<sup>8</sup> Al tener el firme una superficie muy irregular, los difractogramas salían con mucha interferencia de fluorescencia y no permitían hacer la identificación de las fases.

Los resultados<sup>9</sup> obtenidos durante el análisis de la muestra PB06, permitieron determinar que el enlucido está conformado de un argamasa de cal, además de *Anortita* que es un aluminosilicato de calcio, el cual se encuentra de forma natural en la matriz. Para el enlucido de la muestra PB03 se identificó una calcita magnesiana, que contiene una mayor cantidad de magnesio. La presencia de este tipo de calcita indica una variación composicional, probablemente debido a que en la misma roca caliza o yacimiento, se encontraran ambos tipos de carbonatos de calcio.

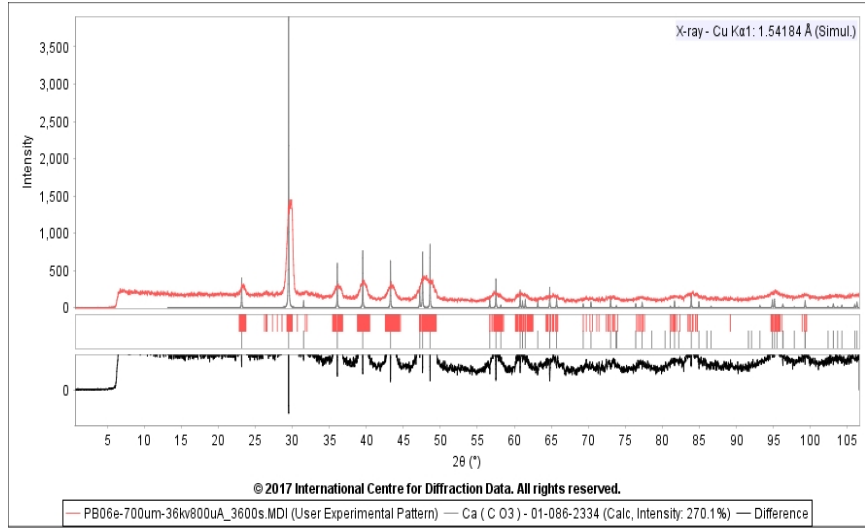
Las fases cristalinas detectadas en el firme del Piso Blanco, coinciden con las observadas también en el enlucido. Resalta claramente la presencia de calcita magnesiana. También vemos presencia de posible montmorilonita, la cual puede estar relacionada con el magnesio presente en la muestra. Así mismo se detectó augita, que es un silicato presente en rocas ígneas como el basalto; que sería el único material detectado, que puede estar relacionado con el uso de agregados para formar la argamasa del firme del Piso Blanco.

No. de Muestra	Identificación PDF2	Identificación PDF4
PB01_test1	Calcita/ Albita/ Boggista/ Cuarzo	Calcita
PB01_test2	Calcita/ Montmorillonita/ Augita	Calcita Magnesiana- Dolomita
PB03_test1	Calcita magesiana- Dolomita/Piroxeno/ Anortita/ Montmorilonita/ Caolinita	Calcita Magnesiana- Dolomita
PB03_test2	Calcita magnesiana- Dolomita/ Albita/ Montmorilonita/ Anortita	Calcita Magnesiana- Dolomita
PB06_a1	Calcita/ Boggista/ Cordierita/ Calcita Magnesiana/ Clinopyroxeno	Calcita
PB06_a2	Calcita/ Anortita/ Ortoclasa	Calcita

TABLA 4 Resultados XRD, Piso Blanco.

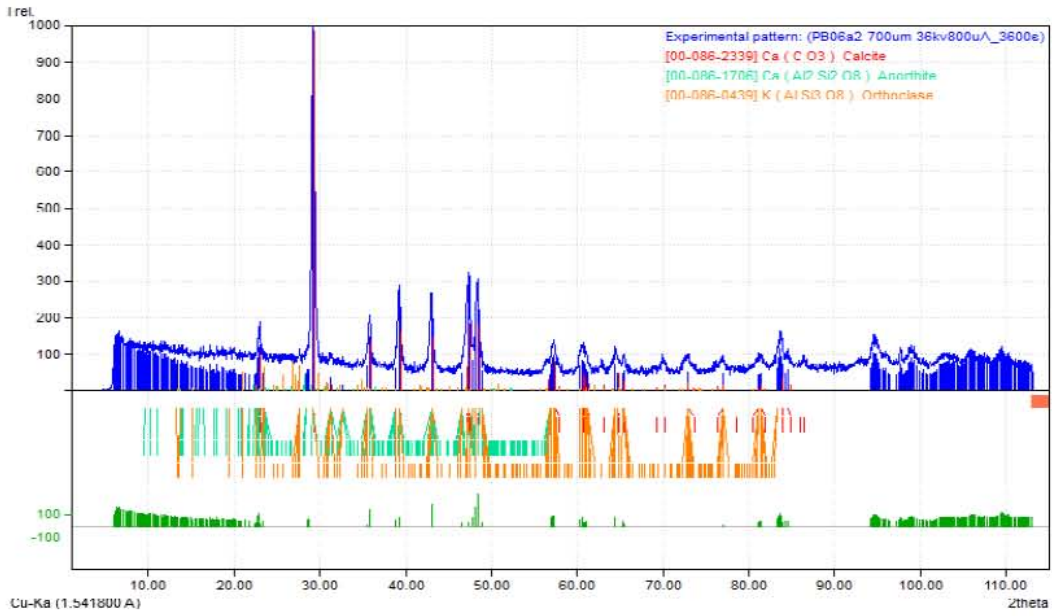
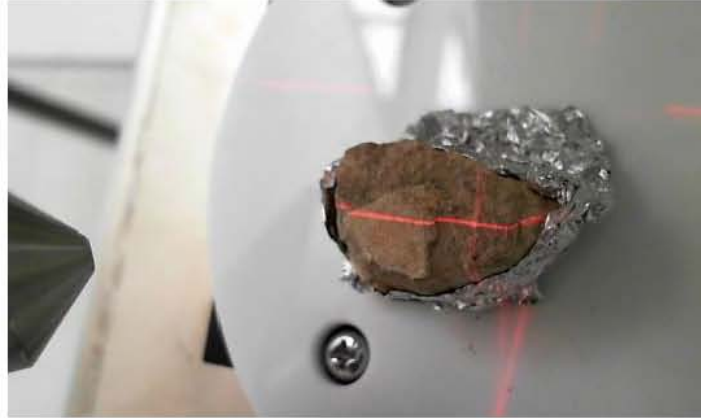
#### Muestra PB06e (enlucido) PDF4

<sup>9</sup> Muestro sólo algunos de los difractogramas adquiridos, seleccionando aquellos cuyas identificaciones se observan de forma más clara o tuvieran una mayor cantidad de minerales identificados.

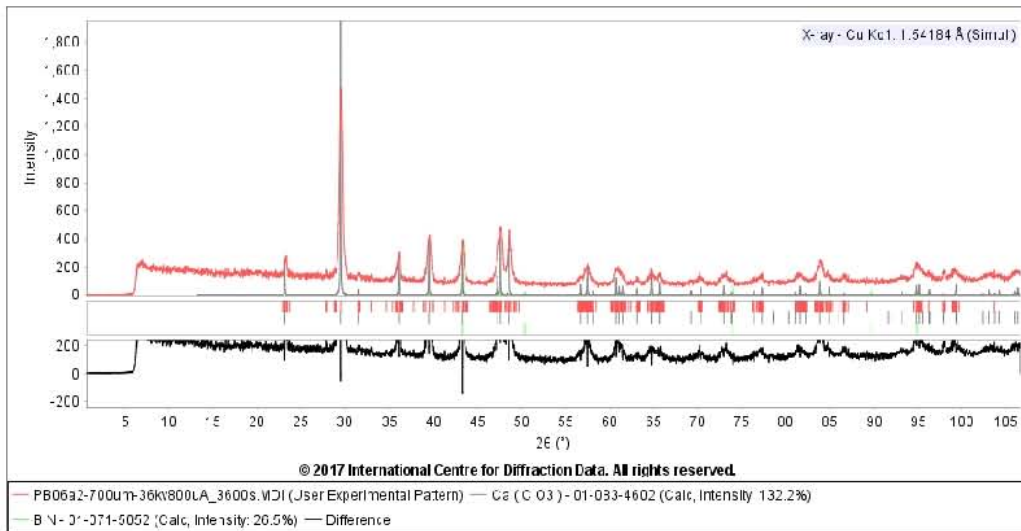


GRÁFICA 8 Difractograma muestra PB06 enlucido, PDF4.

Muestra PB06a2



PDF2

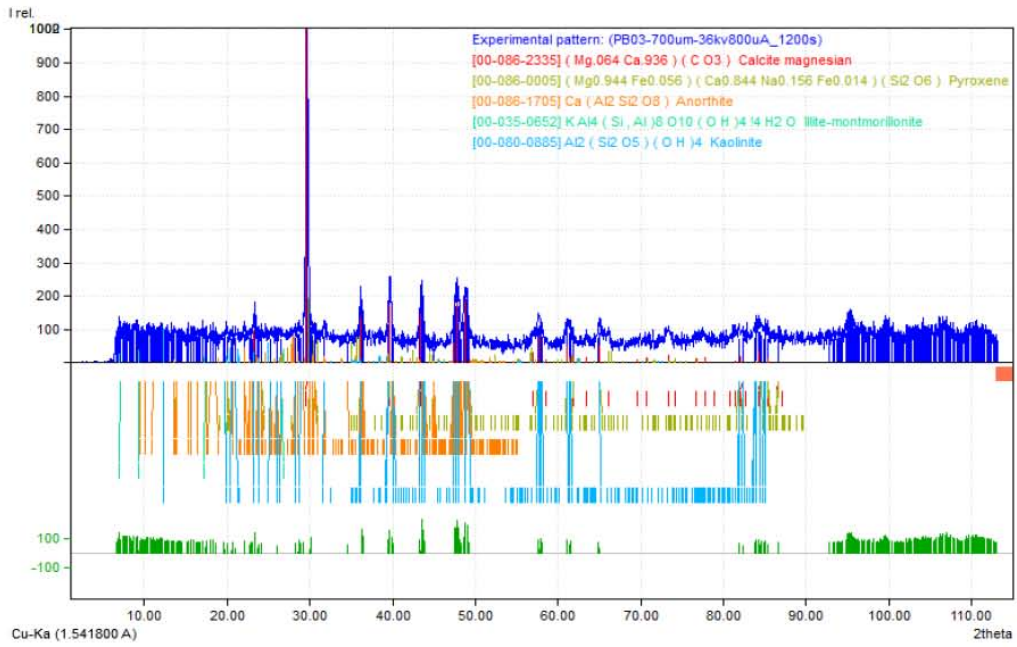
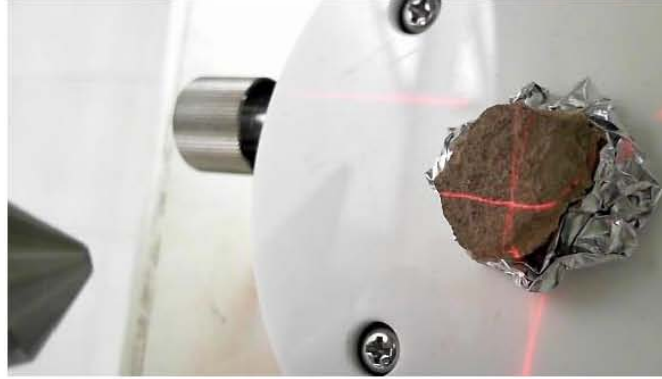


PDF4

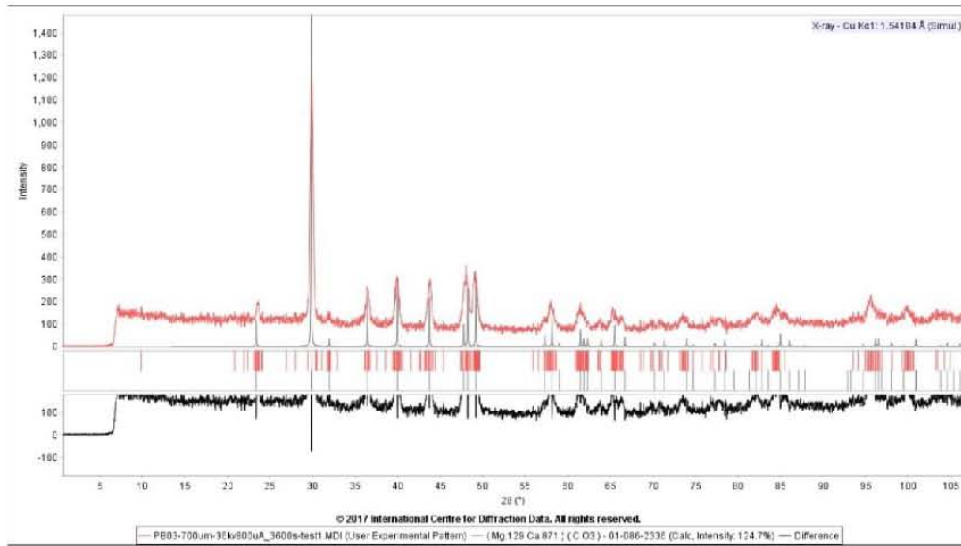
GRÁFICA 9 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PB06a2

Muestra PB03 (alisado)





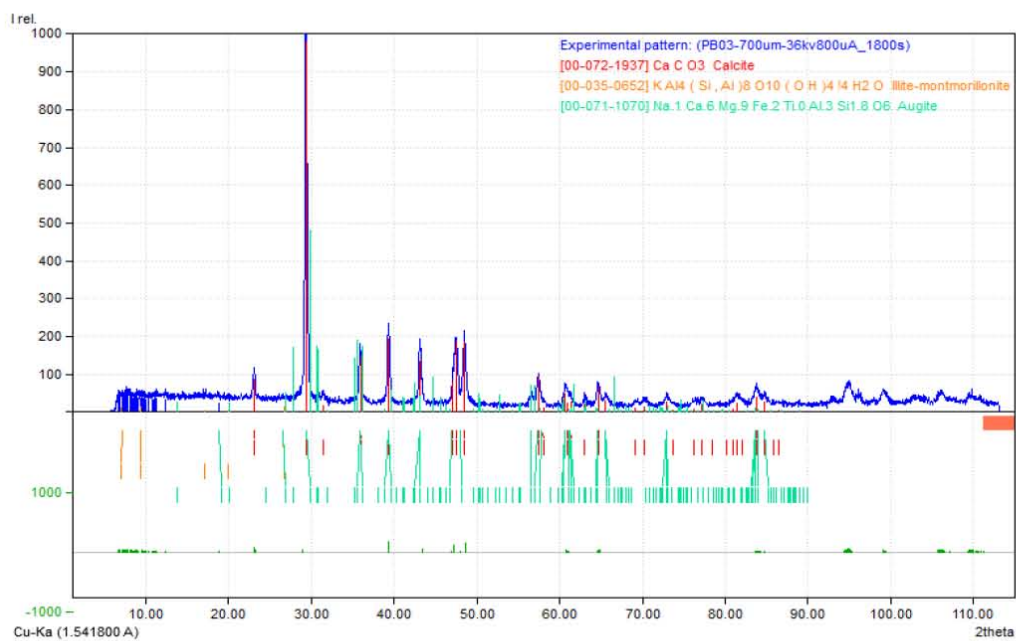
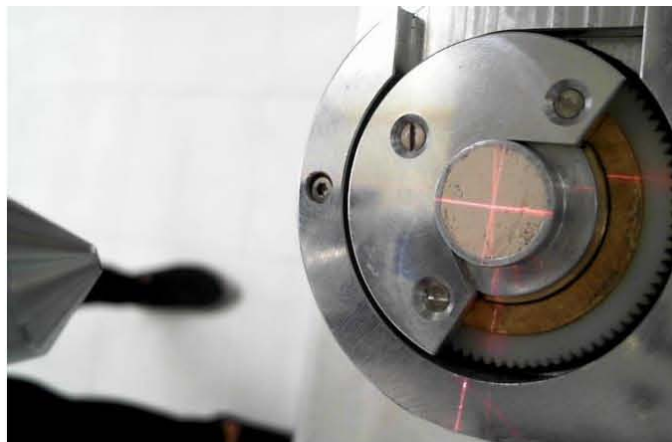
PDF2



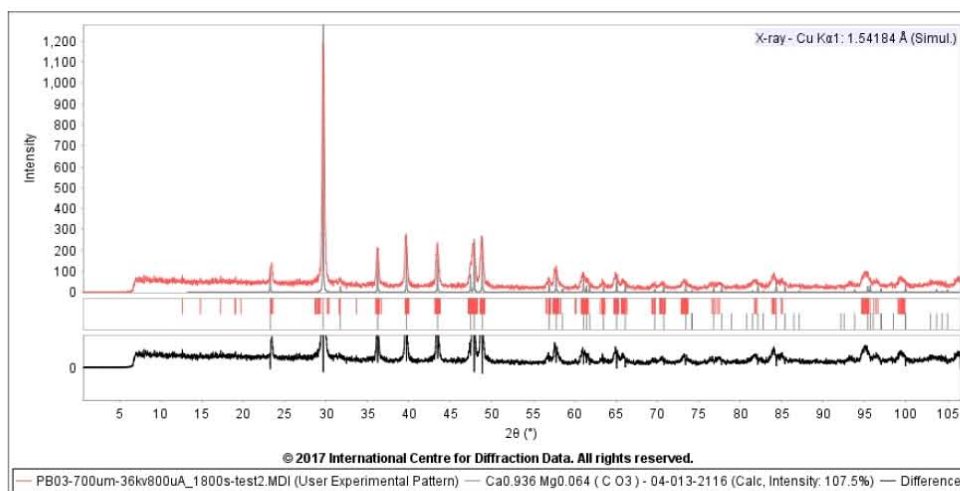
PDF4

GRÁFICA 10 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PB03 alidado.

Muestra PB03 (firme)



PDF2

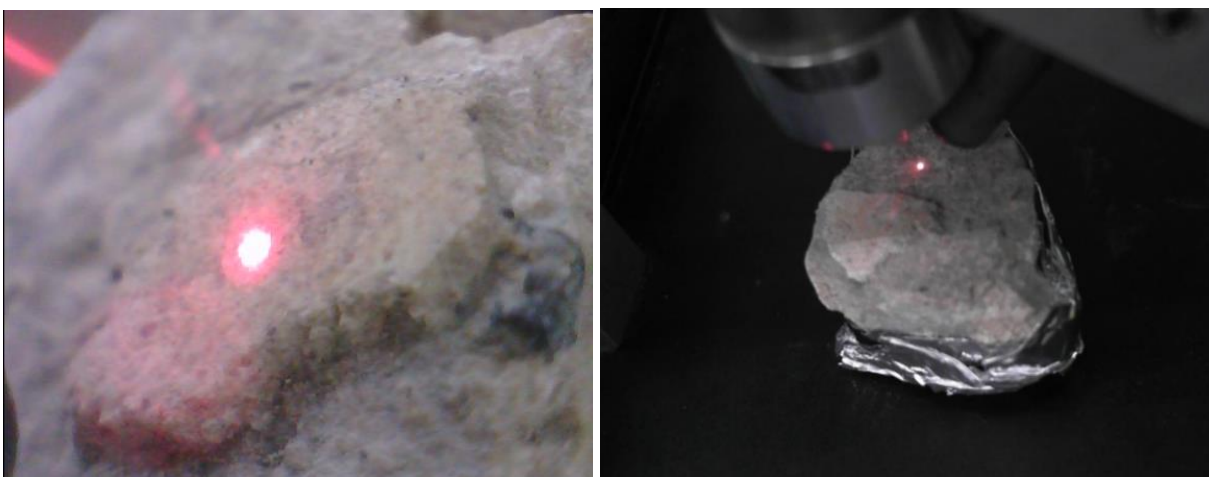


PDF4

GRÁFICA 11 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PB03 firme.

d) Fluorescencia de rayos X (XRF).

Está técnica fue empleada para identificar el contenido y composición elemental del Piso Blanco para lo cual se analizaron dos muestras: PB04 y PB06. Se tomaron 15 lecturas en total, seleccionando áreas del firme (F), el alisado<sup>10</sup> (A), la base<sup>11</sup> (B) y el enlucido (E); la muestra PB06 cuenta con los tres sustratos para ser analizados. Como las muestras se encuentran en bloque, existen irregularidades en la superficie (sobre todo del firme) que dificultan la lectura sobre todo tomando en cuenta el tamaño del haz de rayos X. Por lo tanto, aunque no podemos utilizar los porcentajes obtenidos de la proporción de los elementos, si podemos ver diferencias entre las intensidades de los elementos.

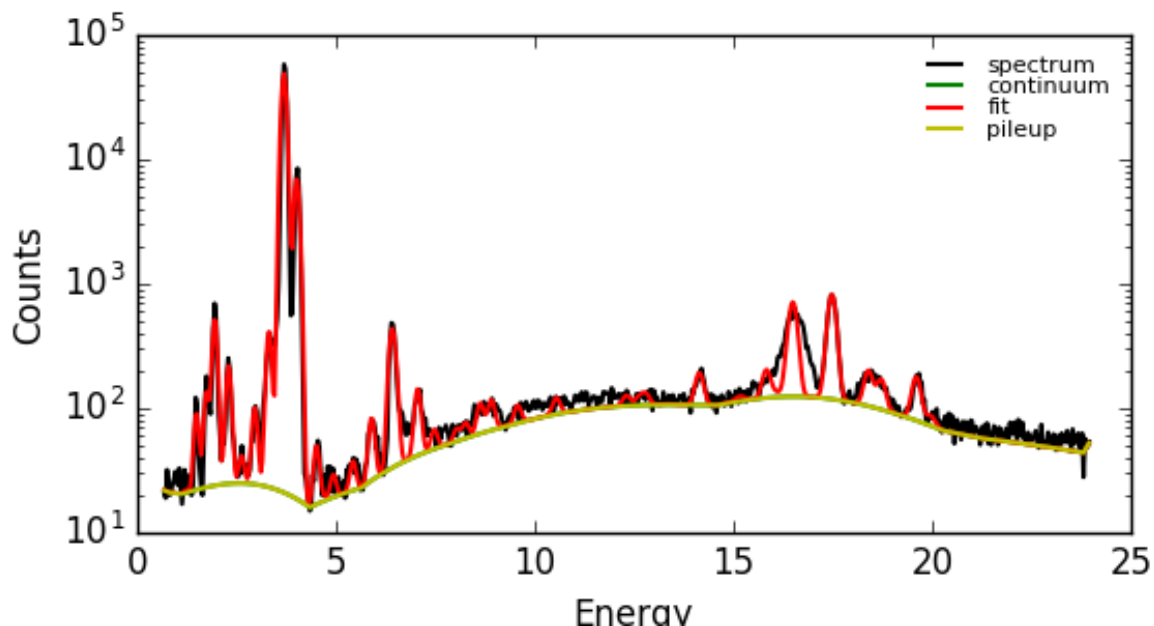


FOTOGRAFÍA 49 Izda. (PB06) lectura del enlucido de la muestra/microscopio integrado en el equipo SANDRA.  
Dcha. Lectura de la superficie alisada/ cámara fotográfica integrada al mismo equipo.

---

<sup>10</sup> Aunque es la superficie alisada del firme, queríamos comprobar si tenía la misma composición elemental que el firme o si mostraba algún cambio quizá relacionado con el uso de otros materiales para dar el acabado alisado.

<sup>11</sup> Es la base del firme, se tomaron lecturas de esta superficie de la muestra para ver si habían diferencias entre el alisado y la base de la muestra.

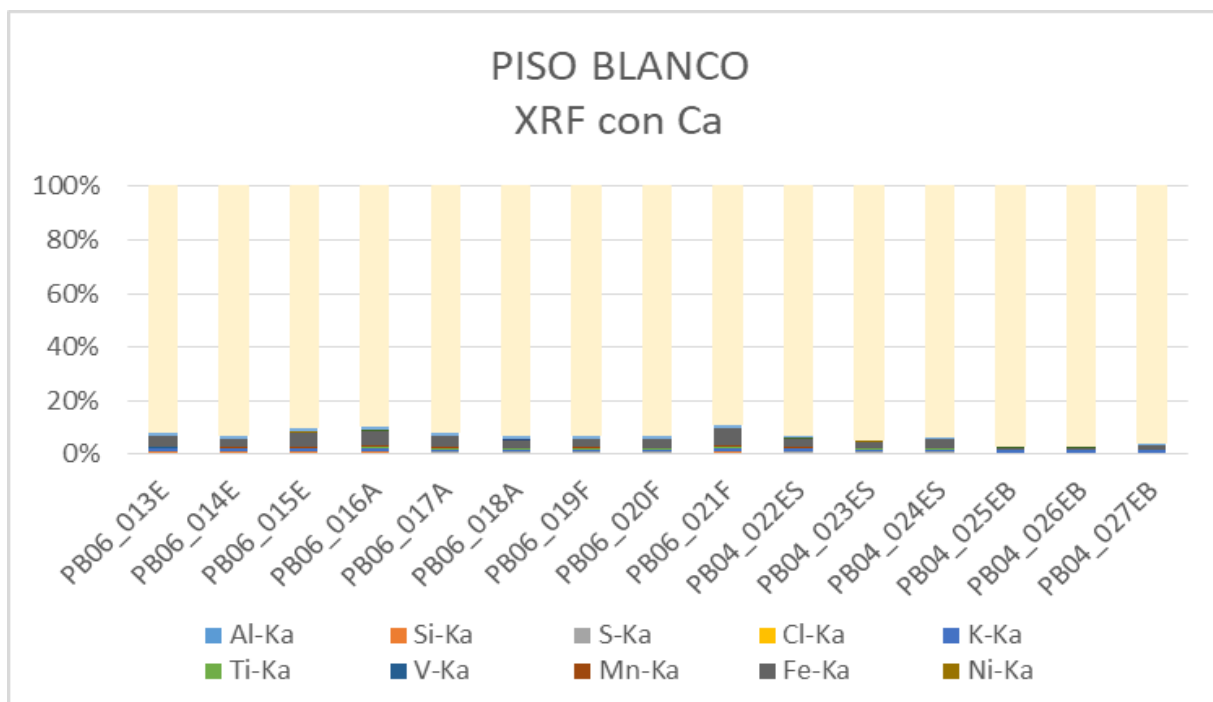


GRÁFICA 12 Imagen. Ejemplo de un espectro de rayos X (PB06). Se aprecia claramente que la banda del Ca es bastante más intensa que la de cualquier otro elemento presente.

Como podemos observar en la intensidad de la gráfica 13, de calcio, en las muestras del Piso Blanco, es mucho mayor en comparación con los otros elementos presentes. En general podemos observar que el calcio se encuentra presente en casi la misma intensidad en todos los componentes del piso. Al tener una diferencia tan grande entre la intensidad del calcio y los demás elementos, no se pueden apreciar los demás elementos detectados. Por ello fue necesario hacer una normalización con respecto al Ca que nos permitiera analizar los demás elementos presentes en las muestras.

En la siguiente gráfica se observa la relación de la intensidad de los elementos identificados para el Piso Blanco, normalizados con respecto al Ca. De esta forma fue más sencillo mostrar de forma visual la presencia de otros elementos. Sobresale la intensidad de hierro en todas las muestras, aunque la base del piso es la que menor cantidad de hierro muestra, en realidad las proporciones de las diferencias no son tan notables. Consideramos que el hierro presente en la muestra es parte de la matriz geológica y no tiene nada que ver con algún agregado. Debido a que el hierro está presente en todas las secciones muestreadas, no sólo en el enlucido, y que las

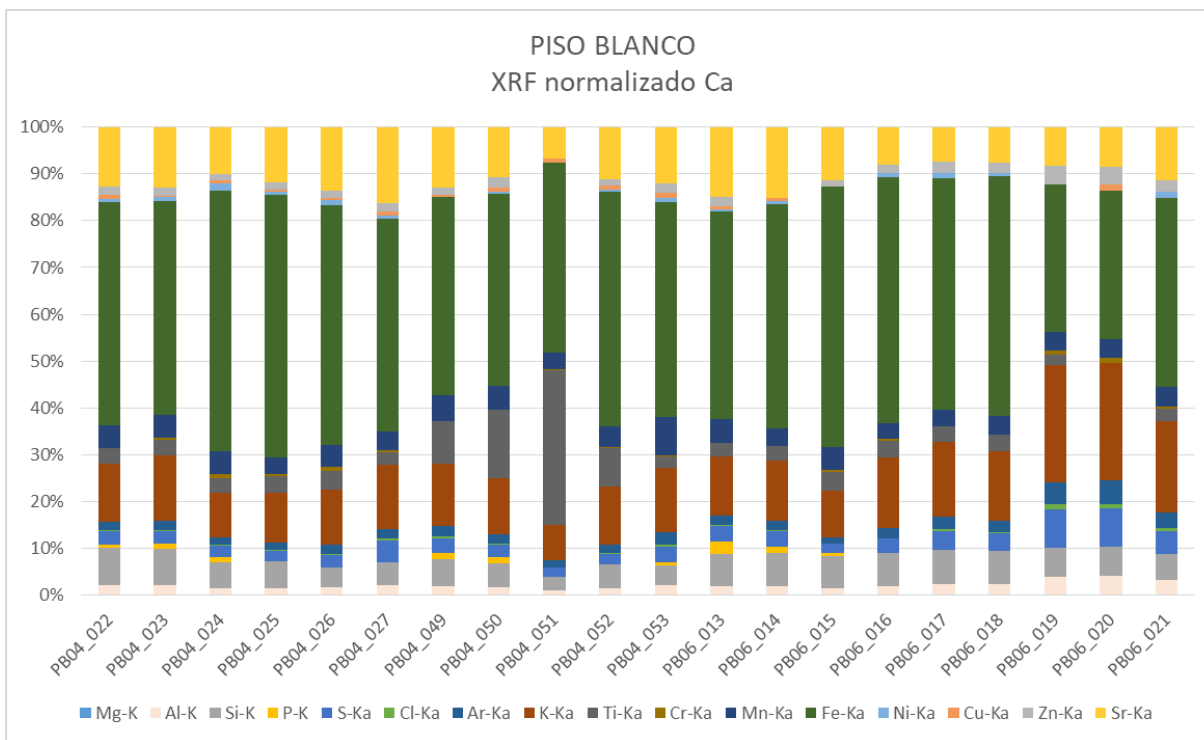
proporciones son similares en todo el Piso Blanco, descartamos que la presencia de este elemento está relacionada con el pigmento rojo que recubría la superficie<sup>12</sup>.



GRÁFICA 13 Fluorescencia de rayos X, incluyendo al calcio Piso Blanco.

Con respecto a los demás elementos, debido a sus bajas proporciones, pueden tratarse de algunos minerales presentes de forma natural a nivel traza en la roca caliza, mostrando algunas de las características minerales del yacimiento del que se extrajo la materia prima. Por otro lado también puede tratarse de componentes de los agregados en la argamasa de cal, aunque se trata de minerales que no han tenido un procesamiento muy fino, como el que observamos en los agregados de los pisos posteriores. Por los resultados obtenidos con XRD y los análisis EDS obtenidos con SEM, sabemos que la calcita (roca caliza/materia prima) contiene magnesio. Aunque en los resultados de los análisis de XRF con el equipo SANDRA I muestran una concentración muy baja, casi imperceptible de este elemento.

<sup>12</sup> Se observó en los análisis en el microscopio óptico, la posible presencia de pigmento rojo en la superficie del Piso Blanco.



GRÁFICA 14 Resultados Fluorescencia de rayos X, normalización con respecto al calcio.

### Síntesis Piso Blanco

Los resultados obtenidos de los estudios realizados al Piso Blanco, nos muestran que las partes que lo conforman en realidad están hechas del mismo material pero han tenido un proceso de manufactura diferente. Mientras el Firme está compuesto por un material más homogéneo y menos procesado (molido), el enlucido tuvo un proceso de molienda a mayor conciencia, dejando un grano fino, el cual puede ser observado desde el microscopio óptico y es visto con mayor detalle en el microscopio electrónico. Los análisis elementales y estructurales presentan casi los mismos resultados para el firme y el enlucido. Conocemos, gracias a los análisis por XRF, XRD y SEM, que el principal material del que está fabricado este piso es una roca caliza, que en su mayoría parece ser tratarse de una calcita con alto contenido de magnesio, aunque en las cuantificaciones obtenidas con SEM y en XRF no se aprecia el Mg, debido a los límites de detección de ambas técnicas. Según la Secretaría de Economía (2012)<sup>13</sup>, existen yacimientos de Dolomita en Hidalgo y en el Estado de México, lo que sitúa a Teotihuacan cerca de estas fuentes de materia prima.

<sup>13</sup>[http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/minero/mineria\\_estadisticas\\_300513/estadisticas\\_perfiles\\_dolomita\\_0513.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/mineria_estadisticas_300513/estadisticas_perfiles_dolomita_0513.pdf)



Es gracias a las imágenes de alta resolución del SEM que hemos visto la presencia de una tercera capa la cual, suponemos, está relacionada con el pigmento rojo que cubría la superficie. Este estrato con alto contenido de sílice y aluminio, así como otros elementos, parece tratarse de una tierra rojiza; que le proporciona la coloración al piso. El pigmento generado con tierras rojas, no es de la misma calidad ni tiene la misma intensidad en el tono del color rojo generado con pigmentos de hematita, incluso desde observaciones de campo se pudieron notar estas diferencias.

#### IV.1.2 Piso Rojo.

El Piso Rojo está formado por una serie de estratos laminares, donde se alternan una capa de enlucido y una de pigmento rojo, sucesivamente. Se contaron más de catorce capas de enlucido y pigmento, aunque en algunos casos la capa de pigmento se repetía más de una vez. Para la construcción de este piso se tomó el piso anterior, Piso Blanco, como firme. Aunque este fue modificado, ya que en algunas áreas se veía que la superficie había sido trabajada para dejarla corrugada, así que se había retirado o destruido el enlucido; sobre esta superficie preparada se colocó el Piso Rojo. Como este piso se encuentra intermedio entre el Piso Blanco y el Piso Negro, eran muy pocos los perfiles de donde se lograron recuperar algunos fragmentos. Las muestras se tomaron de los pozos 1 y 6.

Suponemos que cada conjunto de capas, enlucido/pigmento, fue utilizado durante un período de tiempo específico, sin embargo los análisis arqueomagnéticos no pudieron realizarse para cada conjunto así que no tenemos los datos del uso de cada una de las superficies, sino un posible periodo de construcción del conjunto de capas. Con respecto a las dataciones el Piso Rojo fue tomado como un solo piso, sin embargo para los análisis físicos se hicieron estudios de casi cada capa presente en las muestras, dependiendo de los alcances de cada metodología empleada.



FOTOGRAFÍA 50 Registro fotográfico del Piso Rojo *in situ* durante las excavaciones (2014). La escala está en cm.

#### a) Microscopía Óptica.

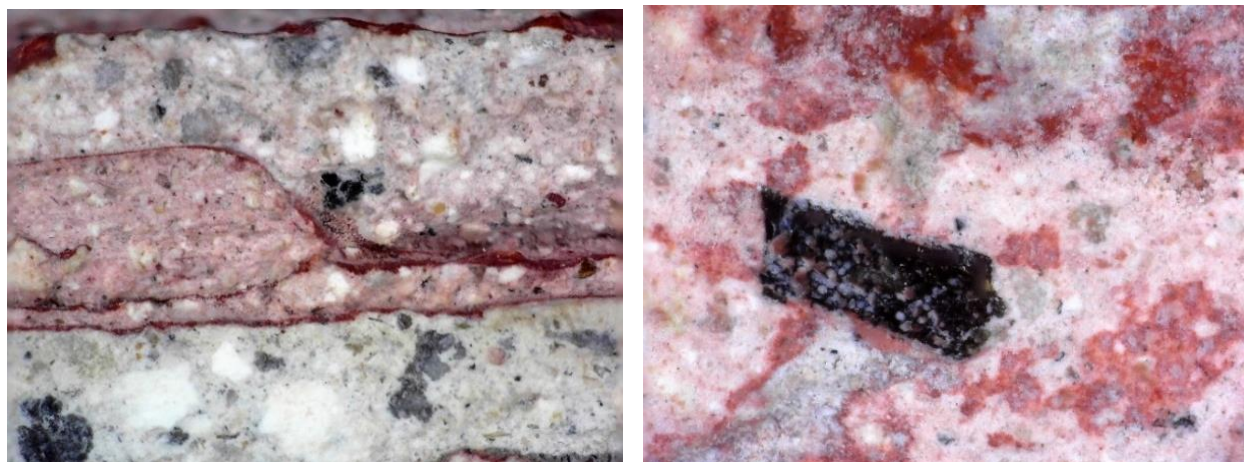
Se realizó el registro fotográfico de seis muestras del Piso Rojo, las muestras fueron: PR00, PR01, PR02, PR03, PR04 y PR05. Este primer acercamiento a la morfología del piso nos permitió observar algunos detalles de la estructura. Podemos ver que los estratos son similares en espesor, la capa blanca tiene entre 1 y 2 mm, mientras que las capas pigmento rojo tiene menos de 0.01mm de espesor (tomando en cuenta únicamente el espesor de la mayor concentración de color rojo).

Se tomaron más de 50 fotografías con diferentes dioptrías. Con ellas se pueden apreciar algunos elementos dentro de la matriz de cada capa, estos agregados son el esqueleto del argamasa, se pueden ver materiales como: fragmentos de material orgánico quemado, posibles fragmentos de hematita especular, vidrio volcánico, fragmentos de minerales y rocas. Esta observación fue preliminar, debido al alcance de la metodología, los resultados siempre tienen que ser contrastados con otras metodologías que ayuden a corroborar lo observado en el microscopio óptico. Aun así, este primer acercamiento nos permite conocer el material y hacer un plan de análisis con otras técnicas complementarias.



FOTOGRAFÍA 51 Muestra PR00, General perfil/ 20x / con Luz Polarizada

En este caso, gracias al registro fotográfico, identificamos diferencias entre las distintas capas, incluso capas que parecen del mismo material a simple vista. También observamos diferencias entre el Piso Blanco y el Piso Rojo, aun cuando no se hicieron análisis de granulometría se pudieron apreciar diferencias entre ambas argamasas. Los argamasas que componen las capas blancas del Piso Rojo, muestran presencia de agregados o cargas. Que son materiales que, como su nombre lo dice, se le agregan al argamasa para dar mayor soporte, resistencia y hasta volumen.

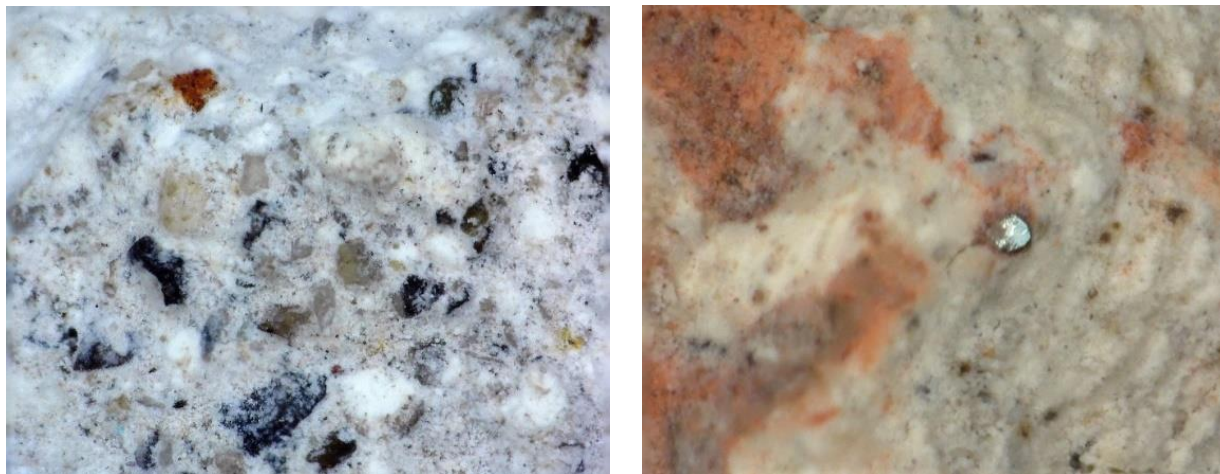


FOTOGRAFÍA 52 Muestra PR00. Izq. Detalle de cargas en los distintos estratos/150x/ con Luz Polarizada. Dcha. Detalle de material orgánico quemado/ superficie/200x/con luz Polarizada.

Esta metodología nos permitió observar diferencias entre el Piso Blanco y el Piso Rojo, y el interior del Piso Rojo, pero no conocer a detalle los elementos presentes o fases minerales que



conforman las cargas. Pero nos permite conocer la ubicación de algunos agregados que al ser analizados con otras metodologías como SEM- EDS, pueden identificarse con mayor precisión.

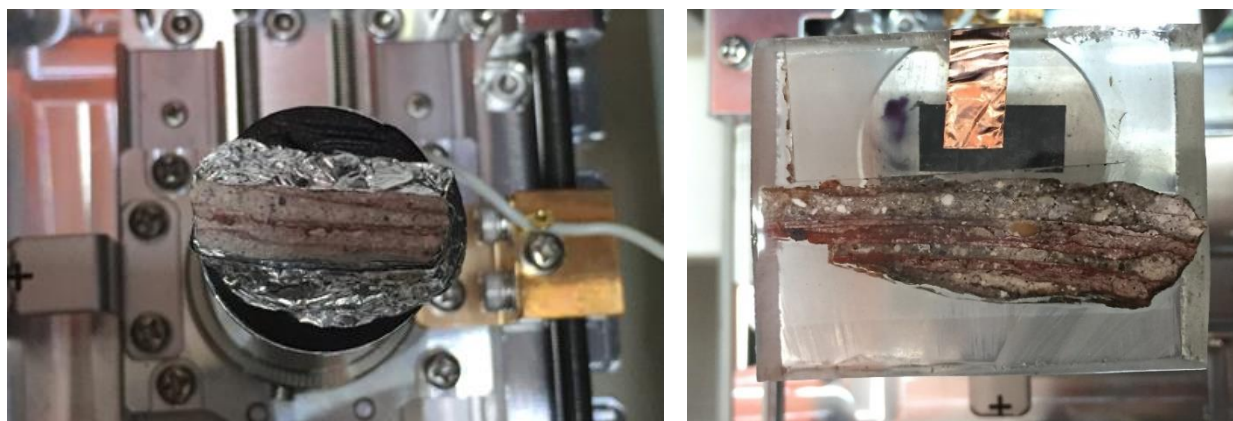


FOTOGRAFÍA 53 Izq. Muestra PR01/ detalle de cargas en la matriz blanca/150x/ con Luz Polarizada. Dcha. Muestra PR04/mineral brillante- posible fragmento de hematita especular/210x

**b) Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) con EDS.**

Para el Piso Rojo (al igual que en el Piso Blanco), realizamos análisis de una muestra sin procesar (PR00) y de una muestra en bloque con una cara pulida a espejo (PR1496). Al igual que en el caso anterior, la muestra en bloque arrojó, mejores resultados sobre todo para la realización de análisis puntuales y debido a la superficie regular, lo que permitió que la inclinación del haz de electrones no fuera bloqueado por alguna irregularidad en la superficie, algunos de estos inconvenientes los tuvimos con la muestra sin procesar, donde algunas áreas no pudieron ser analizadas. A diferencia de los análisis realizados con XRD y XRF que nos dieron mayor información sobre de la composición de la matriz y de los agregados, con MEB se pudieron estudiar puntualmente e identificar algunos de los elementos químicos que componen tanto los agregados como los que contiene la matriz.

Se realizaron aproximadamente 46 lecturas a la muestra en bloque, entre mapeos y cuantificaciones, tanto generales como puntuales. Para la muestra sin procesar hicimos 46 procesamientos en total. Eso muestra la mayor complejidad del Piso Rojo en comparación con los otros pisos, lo que se puede apreciar a simple vista desde su conformación estratigráfica y por la variedad de materiales que lo componen.



FOTOGRAFÍA 54 Izq. Perfil muestra sin procesar PR00. Dcha. Perfil de la muestra PR 1496.

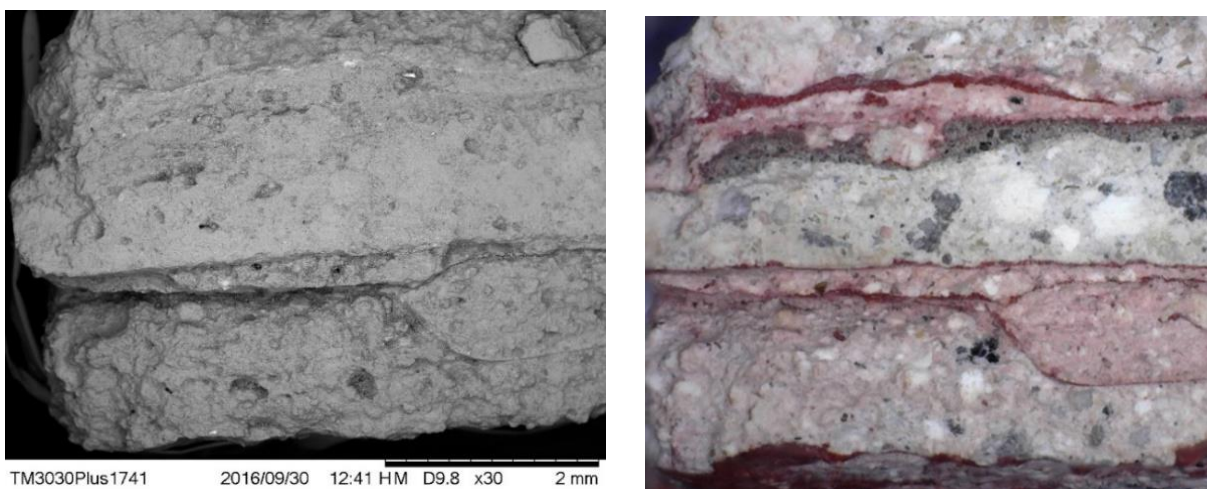
A continuación se muestran algunos ejemplos de los resultados obtenidos. Primero de la muestra sin procesar y después con la muestra en bloque. Por último, hay dos gráficas del contenido de los elementos químicos de ambas muestras.

- Muestra sin procesar PR00.

Se seleccionó esta muestra debido a su estado de conservación y a los componentes estratigráficos que completa que conforman el Piso Rojo. Durante el análisis se utilizaron algunas de las fotografías tomadas con el microscopio Dino Lite, las cuales ayudaron con la identificación de algunas de las capas que no son tan sencillas de observar en la imagen de alta resolución obtenida mediante SEM. En el caso de este piso y debido a la diferencia de colores que se presentan en las capas, tener ambas imágenes permitieron seleccionar mejor las áreas para realizar análisis puntuales.

En los resultados obtenidos se observó, en los mapas por elemento, que el calcio se encuentra presente en casi toda la superficie de análisis. Son pocas las áreas que no presentan calcio como la capa de sedimento que se encuentra entre dos estratos, esta capa muestra alto contenido de silicio y aluminio que son elementos comunes en las arcillas. Otra capa que carece de la presencia de calcio, es la capa gruesa de pigmento rojo que presenta claramente un mayor contenido de hierro, aluminio y silicio, esto puede ser resultado de una mezcla de hematita con

alguna arcilla. Con los análisis anteriores se identificó la presencia de hematita en las capas rojas, así como calcio y elementos presentes en la mayoría de las arcillas.

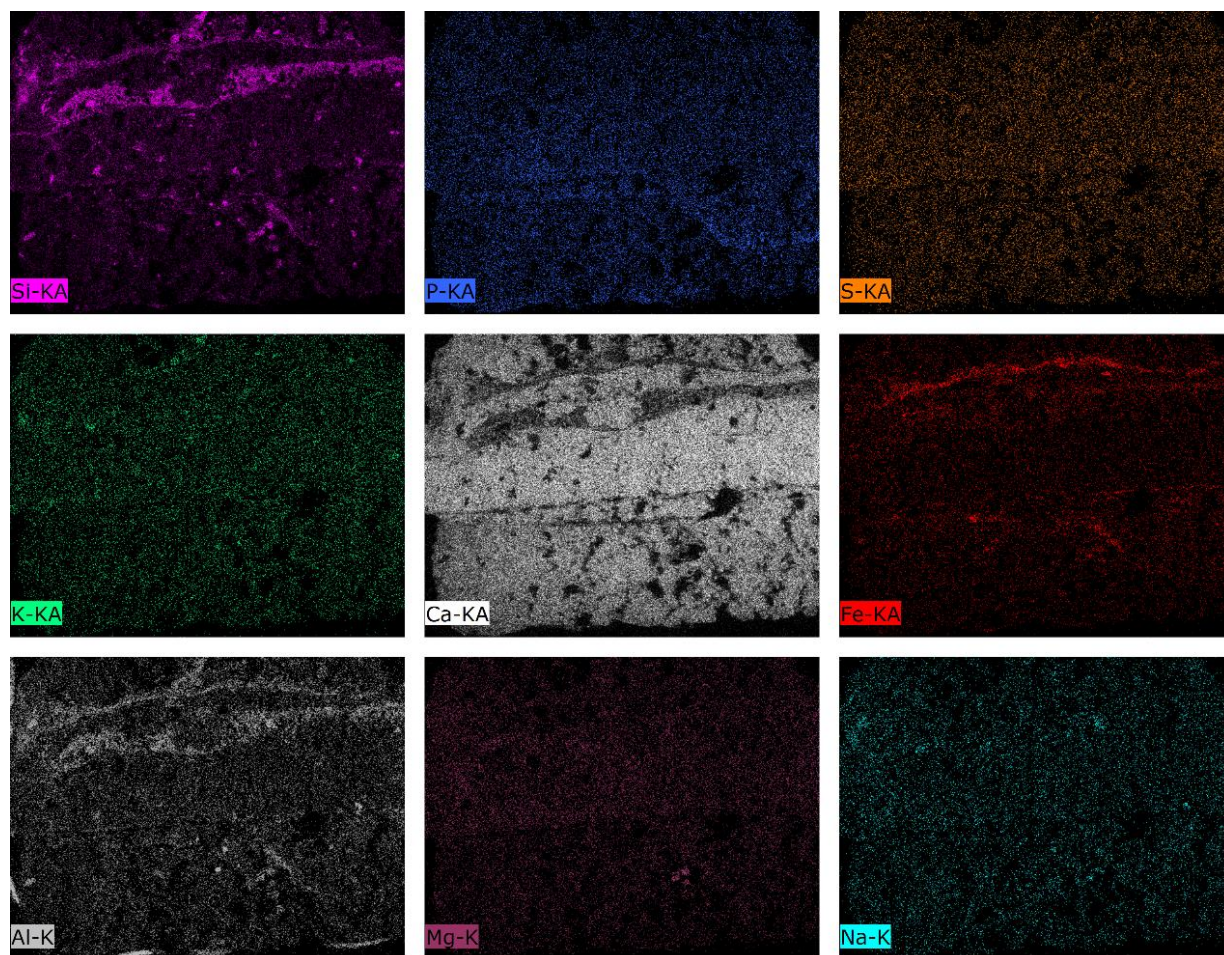


FOTOGRAFÍA 55 Perfil de la muestra PR00, SEM. / Perfil en Microscopía óptica.

En los mapas por distribución elemental (Mapa 14), se observan algunas de las capas de pigmento rojo (Fe), pero no todas las presentes en el perfil. Aunque se puede observar en la fotografía la serie de capas de pigmento, y en el mapa del calcio se observa la ausencia de calcio formando una separación estratigráfica, no se ve reflejado el hierro de todas las capas, aunque esto puede ser debido a la irregularidad de la superficie y que debido al ángulo de inclinación del haz, este fuera bloqueado por algunos bordes etc.

También se observaron algunas partículas, con contenido de Si, Al, K, Fe, Mg y Na (no todas contienen todos los elementos). Estas pequeñas concentraciones de elementos parecen estar relacionados con algunos materiales agregados como carga a la matriz de cal (Ca). La mayoría de estas cargas tienen la composición química de algunos minerales como feldespatos, plagioclasas o minerales presentes en las arcillas.





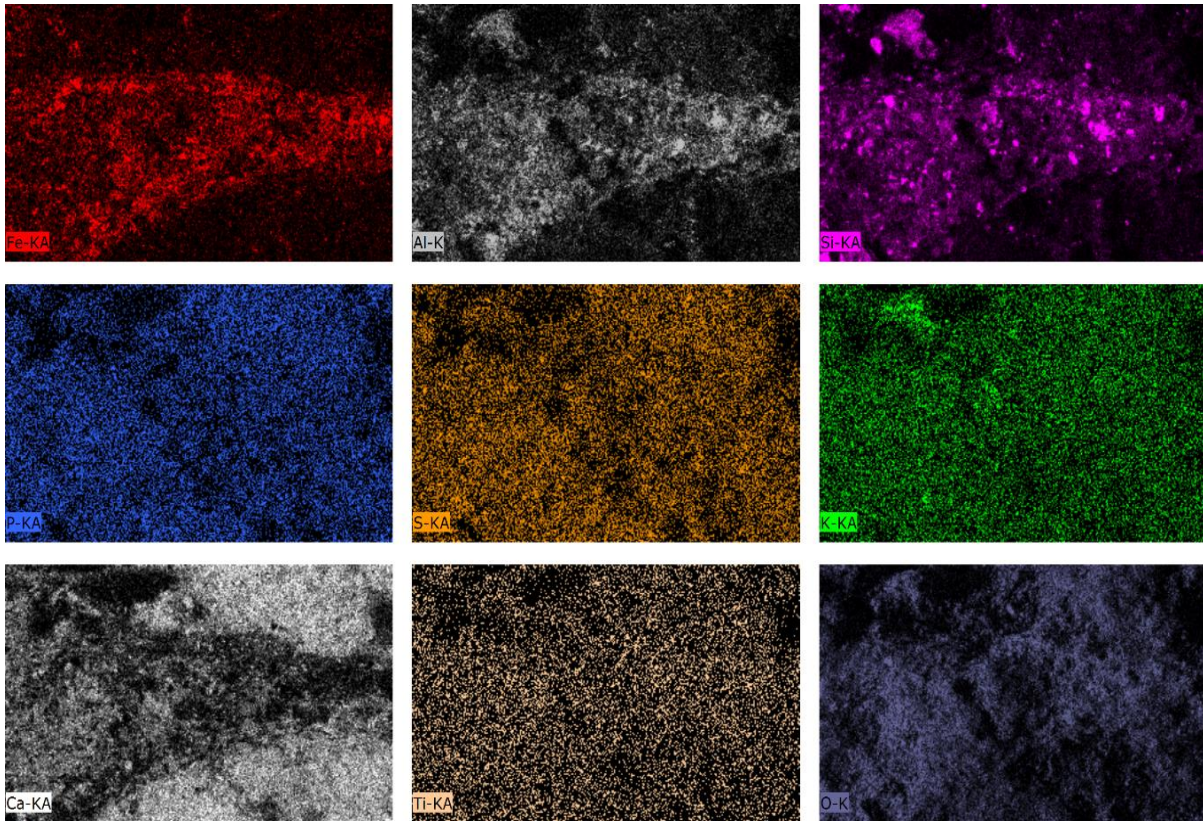
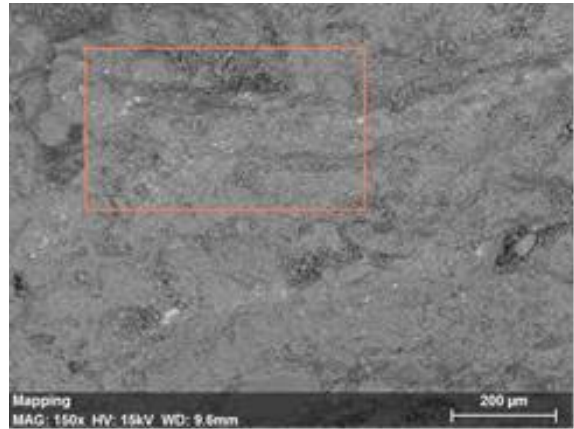
MAPA 14 Mapas por elemento químico, 30x.

A continuación se presenta un ejemplo de análisis puntual de una de las capas de pigmento rojo. En la cuantificación se observa la presencia de calcio casi en la misma proporción que el hierro, sílice y aluminio. En los mapas por elemento observamos dos áreas con alto contenido de calcio y sin presencia de los otros tres elementos mencionados. Y el área central que tiene claramente alta concentración de Fe, Si y Al. En este ejemplo la capa de pigmento rojo se encuentra entre dos capas de estuco<sup>14</sup>, tal cual es la conformación estratigráfica de la muestra pero que ahora podemos comprobar estas diferencias gracias a los mapas por elemento químico.

<sup>14</sup> Revestimiento continuo, compuesto de cal apagada y polvo de mármol, y a veces de alabastro o yeso. (rae.es)



				[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	39661	44.82	54.74	5.3
Calcium	20	K-series	53000	15.35	7.49	0.5
Carbon	6	K-series	8553	14.37	23.38	1.9
Iron	26	K-series	12480	10.02	3.51	0.3
Silicon	14	K-series	40450	8.66	6.02	0.4
Aluminium	13	K-series	20044	4.64	3.36	0.3
Magnesium	12	K-series	3209	0.91	0.73	0.1
Sodium	11	K-series	715	0.31	0.26	0.0
Phosphorus	15	K-series	1125	0.25	0.16	0.0
Sulfur	16	K-series	1101	0.24	0.15	0.0
Potassium	19	K-series	955	0.22	0.11	0.0
Titanium	22	K-series	275	0.12	0.05	0.0
Chlorine	17	K-series	344	0.08	0.04	0.0



MAPA 15 Tabla con los porcentajes de los elementos más representativos. Y mapas por elemento químico, análisis de la sección dentro del rectángulo que en la imagen de alta resolución se observa. 150x.

A continuación se muestran las cuantificaciones de algunas áreas, como: una capa de estuco, una capa de pigmento y un mineral que puede ser parte de las cargas de la matriz. Estas mediciones deben ser consideradas como semicuantitativas, debido a que sólo se observan elementos mayoritarios y no se consideran elementos traza. A pesar de esto, las mediciones permiten tener una idea sobre las diferentes proporciones elementales de las muestras.

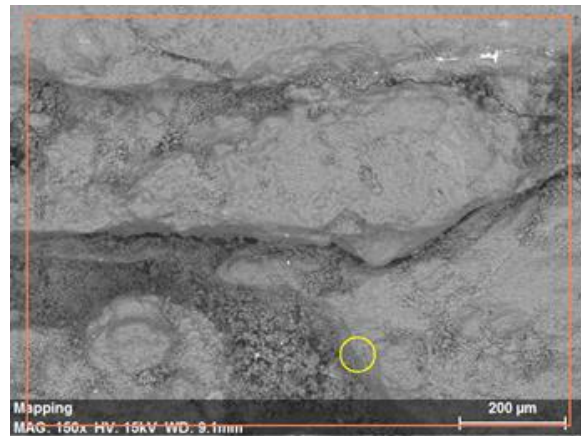
En el caso del análisis del estrato blanco (estuco) se tiene que el elemento con mayor porcentaje es el calcio, también vemos la presencia de magnesio. Estos resultados confirman los obtenidos con XRD, donde se identificó que la matriz está compuesta principalmente de calcita magnesiana. Aunque en los mapas de distribución elemental no se observó presencia de calcio en las áreas de pigmento rojo, al realizar los análisis puntuales de algunas capas de pigmento encontramos un porcentaje importante de calcio; el cual se presenta en conjunto con alto contenido de Fe, Si y Al. Estos resultados hacen suponer que la pasta utilizada para la elaboración del pigmento puede contener calcita.

Por último se presenta el análisis puntual de un mineral presente dentro de la matriz. Este fragmento es lo suficientemente grande como para ser observado con facilidad en la imagen general (30x). Los resultados muestran que es un mineral con alto contenido de hierro, sílice, calcio y aluminio. Estos resultados pueden indicar que este fragmento mineral es de hematita especular (con defernita), el cual es un material que ha sido identificado con anterioridad por diversos investigadores, como Magaloni (1996) y Gazzola (2009), como componente principal del pigmento rojo teotihuacano. Aunque sus estudios están basados en pintura mural y los análisis de algunos objetos y esculturas, es posible considerar que estos mismos minerales son los que se están empleando para elaborar el pigmento utilizado en el Piso Rojo.

Element	AN	Series	Net norm.	C	Atom. C	Error
			[wt.%]		[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	8089	53.10	73.21	6.1
Calcium	20	K-series	35841	42.48	23.38	1.2
Silicon	14	K-series	3294	2.49	1.96	0.1
Magnesium	12	K-series	645	0.68	0.62	0.1
Aluminium	13	K-series	658	0.56	0.46	0.0
Iron	26	K-series	97	0.33	0.13	0.0
Phosphorus	15	K-series	231	0.18	0.13	0.0
Sulfur	16	K-series	228	0.17	0.12	0.0
Total:			100.00	100.00		



Element	AN	Series	Net norm.	C	Atom. C	Error
			[wt.%]		[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	5075	54.68	63.58	9.1
Carbon	6	K-series	655	12.68	19.63	3.0
Calcium	20	K-series	3054	12.41	5.76	0.5
Iron	26	K-series	692	7.29	2.43	0.3
Silicon	14	K-series	3592	6.95	4.60	0.4
Aluminium	13	K-series	1693	3.59	2.47	0.2
Magnesium	12	K-series	282	0.74	0.56	0.1
Potassium	19	K-series	141	0.51	0.24	0.0
Sodium	11	K-series	107	0.43	0.34	0.1
Phosphorus	15	K-series	184	0.37	0.22	0.0
Titanium	22	K-series	63	0.31	0.12	0.0
Sulfur	16	K-series	26	0.05	0.03	0.0
Chlorine	17	K-series	0	0.00	0.00	0.0
Total:			100.00	100.00		



Element	AN	Series	Net norm.	C	Atom. C	Error
			[wt.%]		[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	1640	40.16	54.82	6.0
Iron	26	K-series	1051	21.95	8.58	0.7
Silicon	14	K-series	1795	11.04	8.59	0.5
Calcium	20	K-series	1483	10.39	5.66	0.3
Carbon	6	K-series	182	9.04	16.43	2.3
Aluminium	13	K-series	775	5.22	4.23	0.3
Magnesium	12	K-series	106	0.89	0.80	0.1
Phosphorus	15	K-series	53	0.34	0.24	0.0
Sodium	11	K-series	24	0.32	0.30	0.0
Titanium	22	K-series	28	0.29	0.13	0.0
Potassium	19	K-series	33	0.18	0.10	0.0
Sulfur	16	K-series	28	0.17	0.12	0.0
Total:			100.00	100.00		

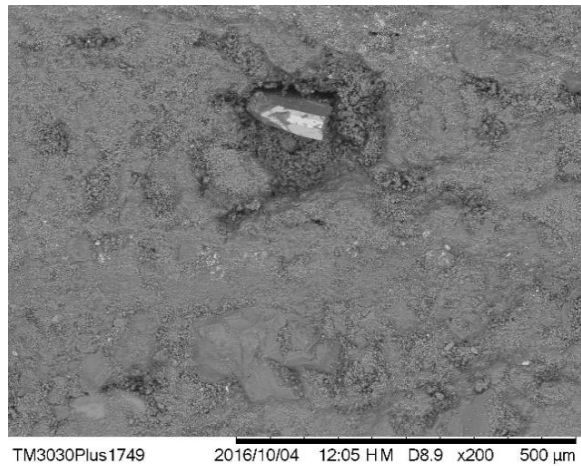


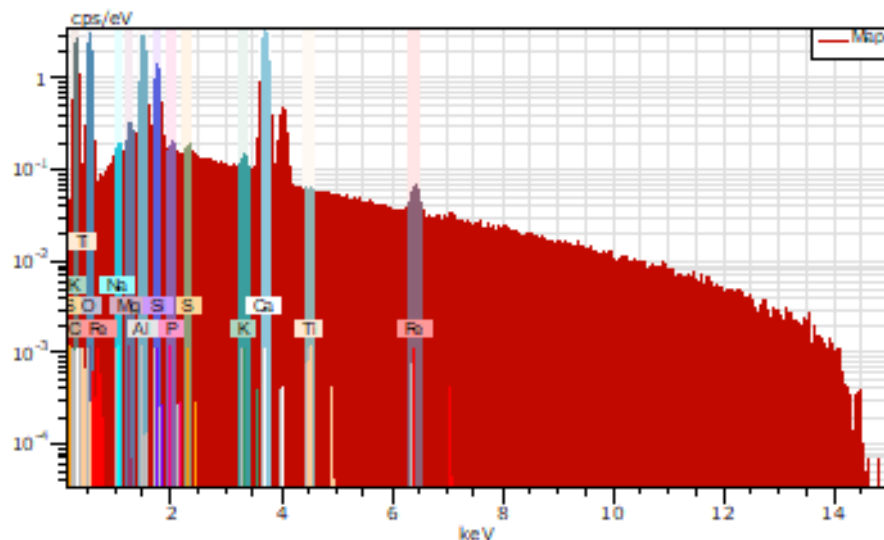
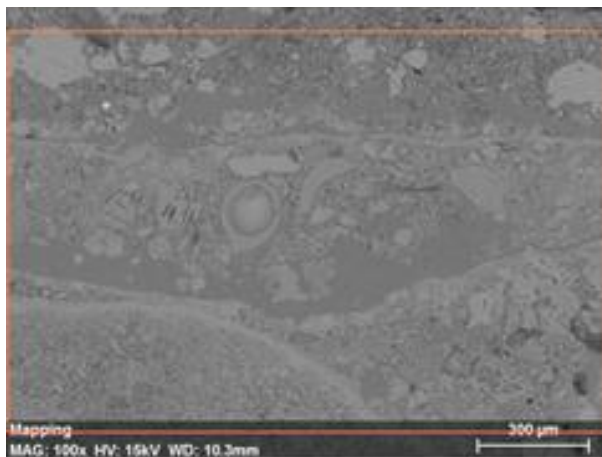
TABLA 5 Cuantificaciones elementales de análisis puntuales de SEM del Piso Rojo sin procesar.

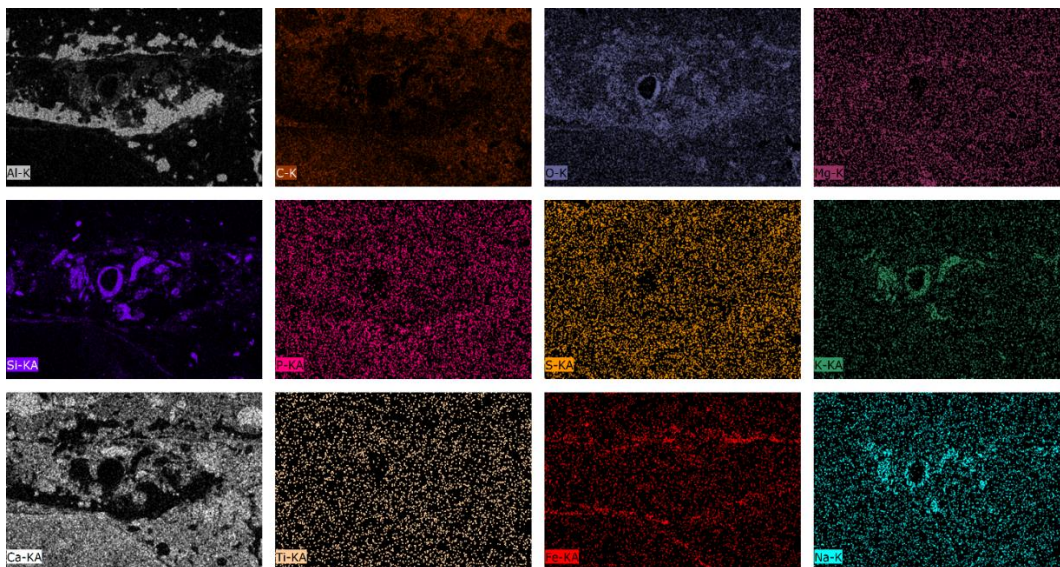


- Muestra en bloque PR1496

Se presentan los resultados obtenidos al analizar la muestra en bloque PR1496. Al tener una superficie pulida se logra mejorar la calidad en la adquisición de imágenes, pues no existen bordes que puedan interferir con el haz de electrones, lo que facilita el análisis de la superficie.

Lo que incluyó la identificación de los agregados que forman parte de las cargas del argamasa. En los Mapas 16, se muestra la identificación de posible vidrio volcánico. Estos agregados también fueron identificados con otras técnicas. En los mapas de distribución elemental destacan fragmentos de un material vesiculado con alto contenido de Si, K y Na. Estos contenidos seguramente se deben a que el material es félsico por lo tanto está enriquecido con elementos ligeros que son característicos de cuarzos provientes de rocas volcánicas, los cuales al ser los últimos materiales en cristalizar, adquieren bordes redondeados. Por supuesto también observamos algunas de las capas de pigmento rojo, que se caracterizan por su alto contenido de hierro

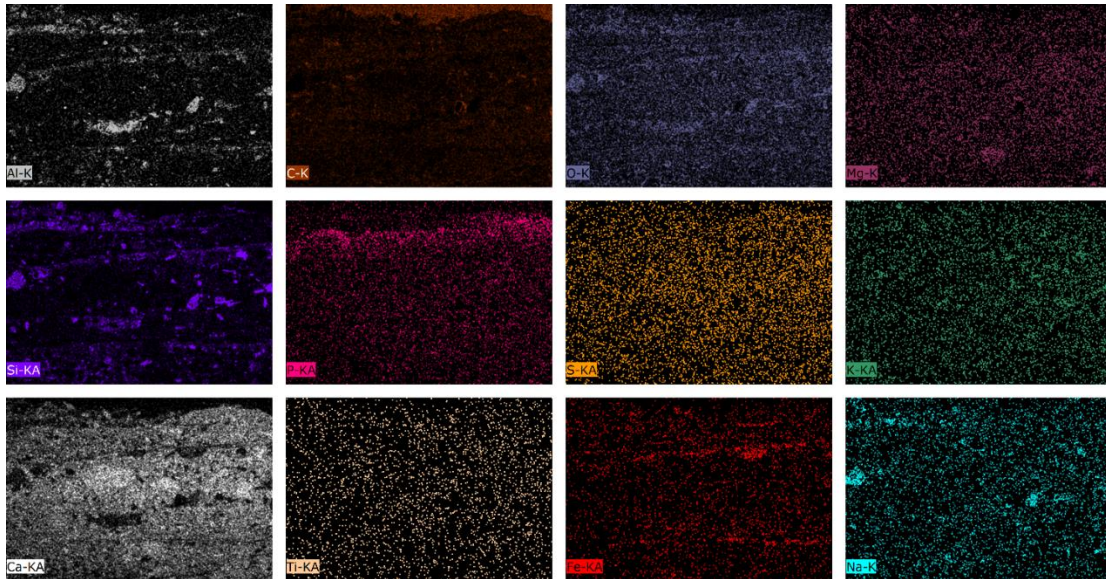
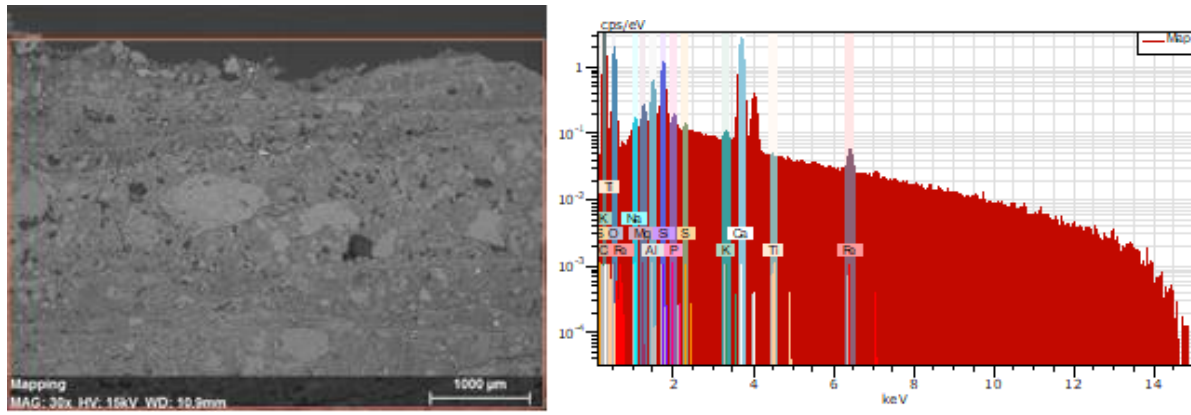




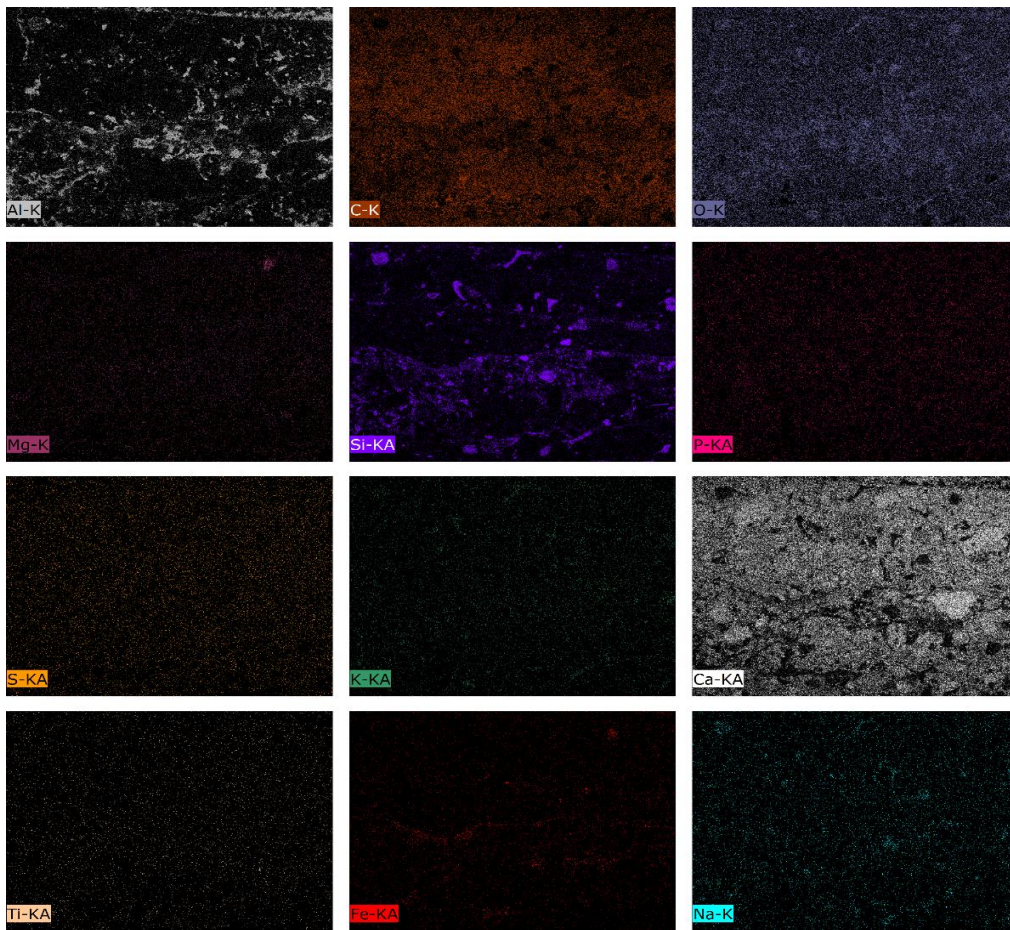
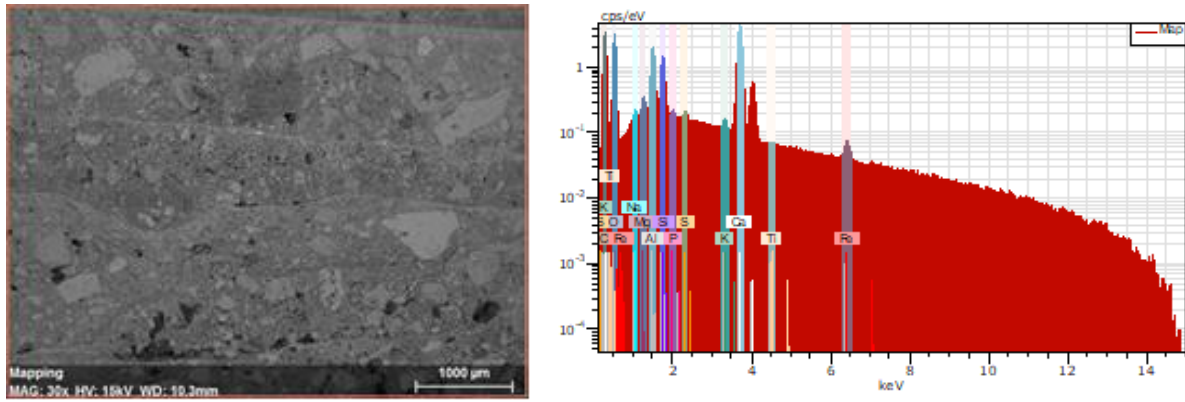
MAPA 16 Imagen de alta resolución 100x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico.

Además de los resultados anteriores, también se observan similitudes en la composición química de los materiales utilizados para elaborar los estratos que componen el Piso Rojo. Ya hemos visto que los estratos de pigmento rojo se caracterizan por su contenido de hierro. En el caso de los estratos blancos (estuco) vemos que existe homogeneidad. Su composición, tal y como puede apreciarse en los mapas de distribución elemental alto contenido de calcio, el cual sabemos es debido a que el argamasa es de calcita magnesiana. También las cargas muestran contenido de calcio, algunos fragmentos más grandes quizá sean de la misma roca caliza y algunos fragmentos de esparita. Pero la mayoría de los agregados contienen: Si, Al, Na y K, aunque no en todos los casos estos elementos son parte del mismo material. Estos elementos indican la presencia de feldespatos, arcillas y plagioclasas.





MAPA 17 Imagen de alta resolución 30x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico.



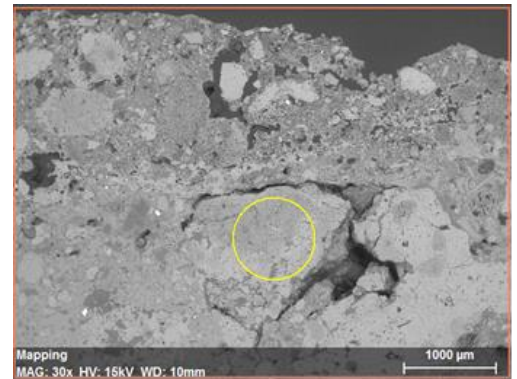
MAPA 18 Imagen de alta resolución 30x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico.



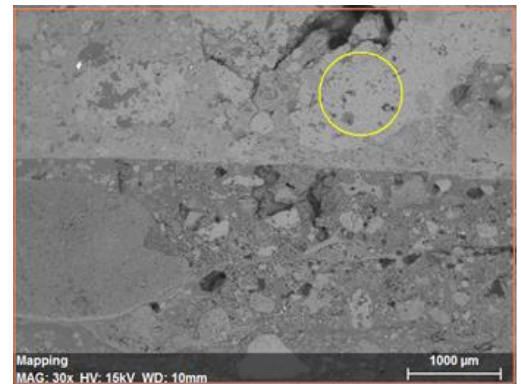
En algunos casos, al realizar los análisis no fue posible observar las capas de pigmento rojo en los mapas por elementos. Como en el caso de arriba, donde sólo apreciamos la estratigrafía del piso gracias a la imagen de alta resolución pero en los mapas no es así. Por ejemplo en el mapa de Ca se observa este elemento distribuido por toda la superficie de análisis y no se observa ninguna división horizontal. Y en el caso del Fe, este mapa se encuentra casi negro debido a que no se registraron partículas de este elemento, posiblemente debido a que los estratos de pigmento rojo en esta área son muy finos, sólo observamos unas cuantas partículas rojas. Quizá para casos como este sea necesario tener un mayor tiempo de exposición para obtener mejores resultados.

En los análisis puntuales se identificó la matriz de cal, algunos fragmentos de mayor tamaño también de la roca caliza (partículas que al moler el material no se desintegran igual que el resto), partículas con alto contenido en aluminio, entre otras.

Element	AN	Series	Net	norm. C	Atom. C	Error
				[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	7120	43.99	49.35	6.1
Calcium	20	K-series	27005	29.62	13.27	1.0
Carbon	6	K-series	6499	23.91	35.74	3.4
Aluminium	13	K-series	2415	1.77	1.18	0.1
Silicon	14	K-series	519	0.34	0.22	0.0
Sodium	11	K-series	139	0.19	0.15	0.0
Sulfur	16	K-series	230	0.15	0.08	0.0
Phosphorus	15	K-series	48	0.03	0.02	0.0
Potassium	19	K-series	0	0.00	0.00	0.0
			Total:	100.00	100.00	



Element	AN	Series	Net	norm. C	Atom. C	Error
				[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	6604	46.26	54.89	6.4
Calcium	20	K-series	27090	33.77	16.00	1.1
Carbon	6	K-series	3912	17.20	27.18	2.6
Aluminium	13	K-series	2934	2.20	1.55	0.1
Silicon	14	K-series	460	0.32	0.22	0.0
Sulfur	16	K-series	263	0.19	0.11	0.0
Sodium	11	K-series	47	0.06	0.05	0.0
Potassium	19	K-series	5	0.00	0.00	0.0
Phosphorus	15	K-series	0	0.00	0.00	0.0
			Total:	100.00	100.00	



Element	AN	Series	Net	norm. C	Atom. C	Error
				[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	16052	47.95	61.57	3.8
Aluminium	13	K-series	57626	45.31	34.50	1.5
Calcium	20	K-series	2686	4.57	2.34	0.1
Silicon	14	K-series	1711	2.01	1.47	0.1
Sodium	11	K-series	82	0.10	0.09	0.0
Potassium	19	K-series	41	0.06	0.03	0.0
			Total:	100.00	100.00	

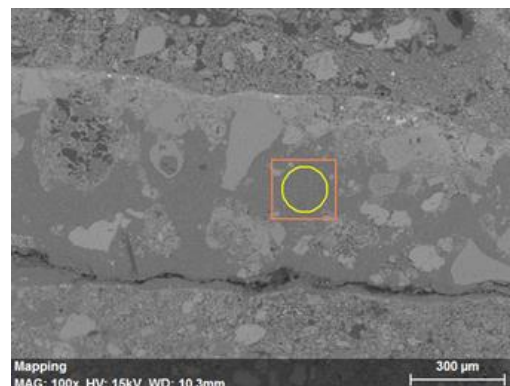
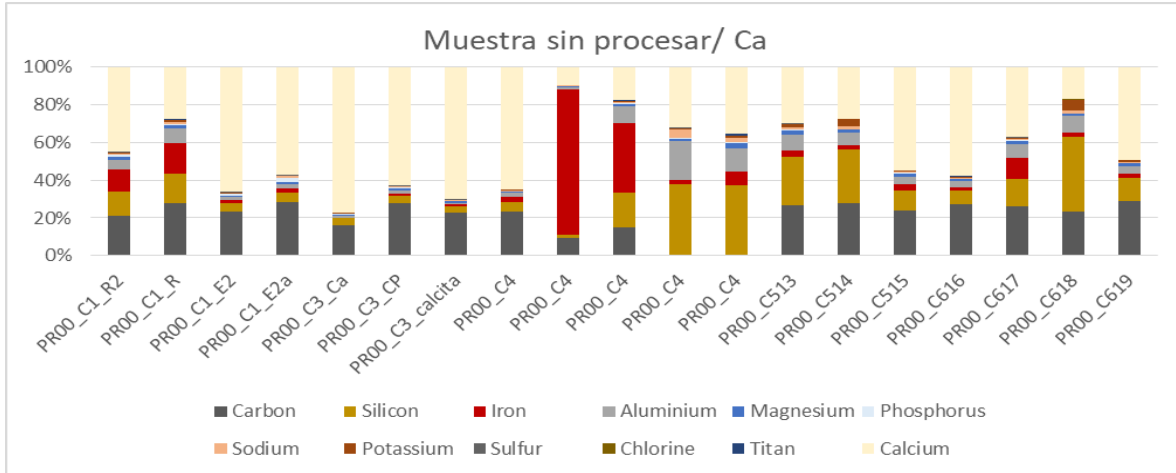


TABLA 6 Cuantificaciones elementales de análisis puntuales de SEM del Piso Rojo en bloque.

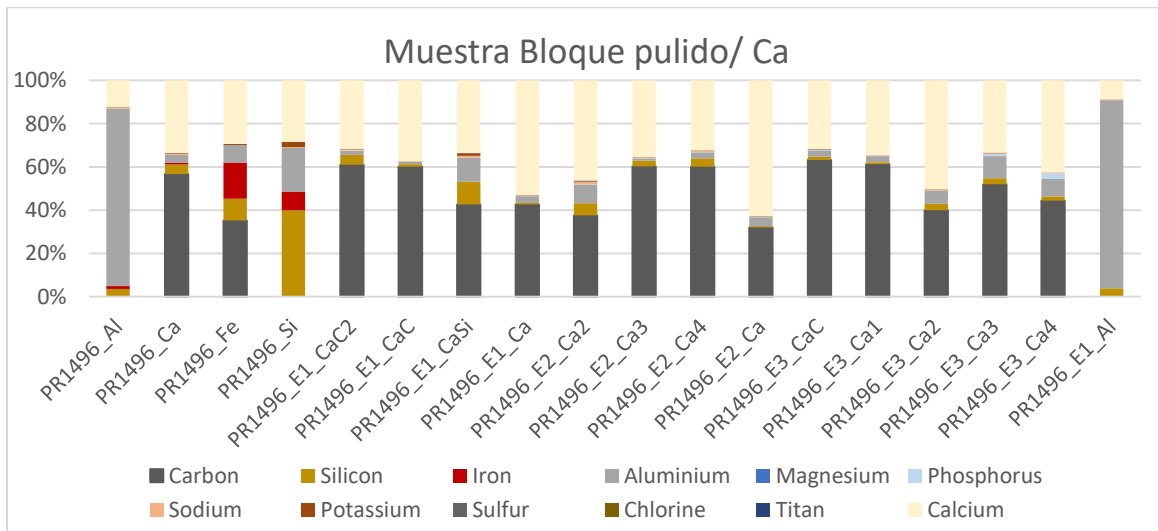
En general los resultados muestran que los distintos estratos que conforman el Piso Rojo están elaborados con lo que parecen ser los mismos materiales. Tanto la matriz como los agregados prestan los mismos elementos en las distintas capas. Se observa notoriamente la similitud entre todos los conjuntos de estratos<sup>15</sup> que conforman el Piso Rojo. Aunque el espesor no exactamente del mismo ancho, son muy similares, y es que en una plaza tan grande como está es de esperarse que algunos detalles tan pequeños se pasen por alto.

Con los estudios que se han realizado hasta el momento no se puede afirmar que la fuente de extracción fuera la misma durante toda la ocupación de este piso. Aunque puede suponerse que la técnica constructiva utilizada tuvo grandes modificaciones entre un estrato y otro.

<sup>15</sup> Cuando se habla de conjunto de estratos me refiero al grupo formado por un estrato blanco o estuco y, uno o más estratos rojos o capas de pigmento. Que son delimitados por la colocación del siguiente conjunto de estratos, y así, hasta tener el espesor completo del que hemos denominado Piso Rojo.



GRÁFICA 15 resultados de la muestra PR00.



GRÁFICA 16 resultados químicos SEM de la muestra PR1496

Difracción de rayos X (XRD).

Los análisis se hicieron sobre las muestras: PR00, PR01 y PR05. Debido a la estratigrafía del Piso Rojo, se hicieron análisis de la capa superficial y de aquellas capas expuestas, que tuvieran un espesor mayor al diámetro del haz de difracción. También se analizaron las capas en el perfil de las muestras, aunque en estos casos fue complejo realizar las lecturas debido al espesor del estrato y la rugosidad de la superficie vs el diámetro del haz de análisis. Debido a que aún se continuaban analizando estas mismas muestras con otras metodologías, se decidió no hacer análisis del material

en polvo, aunque los resultados son más certeros, esto requería que la muestra fuera separada y molida; lo que dificulta o hace imposible realizar otros estudios. Así que, para el caso del Piso Rojo, esta metodología de análisis no fue destructiva y se obtuvieron resultados exitosos.

Al igual que con el Piso Blanco, para el Piso Rojo no fueron identificados los agregados presentes en la matriz del enlucido, ni en la matriz del color. Sin embargo se encontró la presencia (en sólo dos lecturas) de cinabrio, el cual se encuentra en poca proporción, pero que es un material que forma parte de algunas capas de pigmento.

Dentro de los principales resultados obtenidos con el uso de esta metodología se encuentra la identificación de la fase cristalina del calcio que ya habíamos visto con XRF que es el elemento principal contenido en todo el Piso Blanco y, en los estratos blancos y rojos del Piso Rojo. Los análisis de XRD identifican a la **Calcita** como la fase cristalina del calcio. También se observa que la calcita tiene un alto contenido de magnesio (Mg), por lo tanto es posible que tengamos una dolomita. También se observa la presencia de cuarzos que son un mineral asociado a las calcitas.

Otra de las aportaciones obtenidas es la identificación del mismo material como parte de los estratos de pigmento rojo. La diferencia con los estratos blancos es la presencia de hematita y, como mencionamos antes, en algunos casos cinabrio. Estos minerales son los responsables de la coloración de los estratos rojos. Por ahora, se propone que la matriz del pigmento rojo presenta cal, con ella se está creando una pasta a la cual se le agrega hematita y en algunos casos cinabrio. Esta pasta contiene otras cargas las cuales no fueron identificadas con XRD debido al tamaño de las partículas y que estas no pueden ser analizadas individualmente, pero algunas de estas cargas fueron identificadas por medio de otras metodologías que presentamos posteriormente dentro de este mismo capítulo.

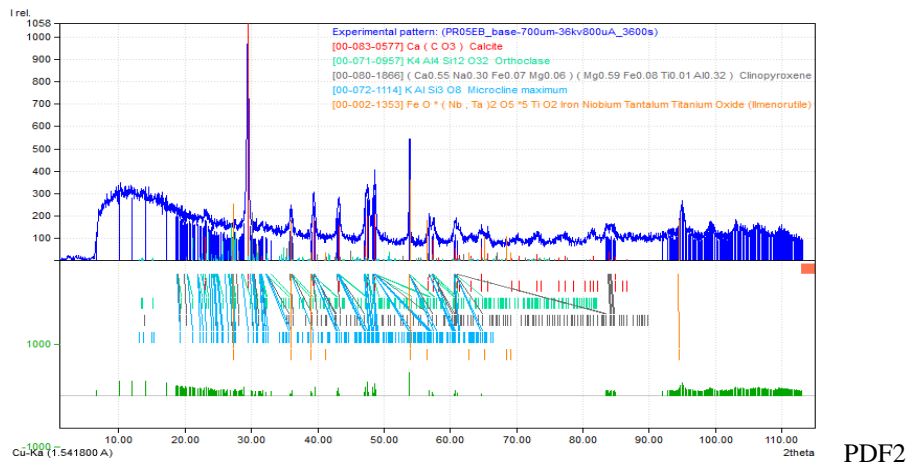
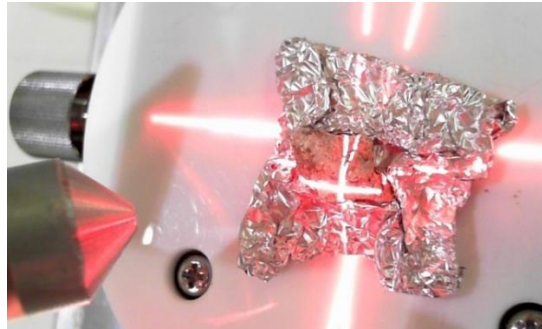
A continuación se encuentra tabla general de resultados y algunos ejemplos de los difractogramas obtenidos tanto con PDF2 como con PDF4, junto con la imagen del área que fue analizada.



No. de Muestra	Identificación PDF2	Identificación PDF4
PR00_ capa 1	Calcita/ Ortopiroxeno/ Moganita/ Hematita	Calcita Magnésica- Dolomita
PR00_ capa 2	Piroxeno/ Calcita/ Montmorilonita/ Hematita	Calcita
PR00_ capa 3	Calcita magnésica- Dolomita/ Calcita/ Cuarzo/ Hematita	Calcita Magnésica- Dolomita/ Cinabrio
PR00_ capa 4	Calcita/ Anortita/ Tridimita/ Cuarzo	Calcita Mágnesica- Dolomita
PR00_ capa 5	Calcita/ Boggsita/ Anortita/ Albita/ Cuarzo	Calcita Magnésica- Dolomita
PR00_ capa 6	-	Calcita Magnésica
PR01_ capa1	Calcita/ Clinopiroxeno/ Hematita/ Caolinita/ Cinabrio	Calcita
PR01_ capa 2	Calcita/ Anortita/ Lizardita/ Cinabrio/ Hematita/ Cristobalita	Calcita
PR01 EB_capa2	-	Calcita
PR05 EB_base	Calcita/ Ortoclasa/ Clinopiroxeno/ Microlina/ Oxido de hierro- Ilmenorutilo	-
PR05_ capa 1	-	Calcita/ Aluminio
PR05_ capa 2	Calcita/ Albita/ Caolinita/ Hematita	Calcita
PR05_ capa 3	Calcita/ Hematita	Calcita

TABLA 7 comparación de resultados con ambas bases de datos.

Muestra PR05\_base/ Estrato Blanco/

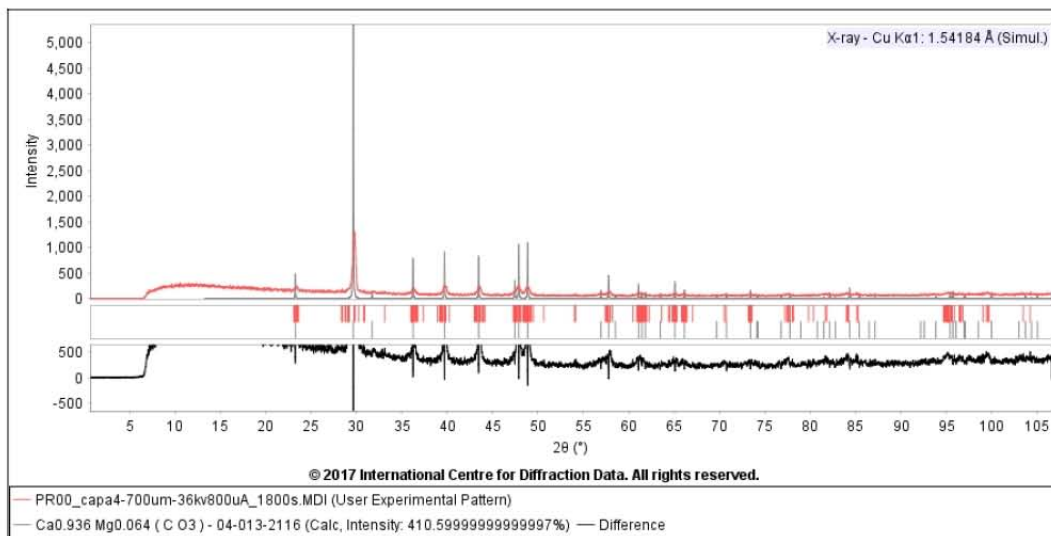


GRÁFICA 17 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PR05\_base.

Muestra PR00\_ capa 4/ Estrato Blanco/ Calcita Magnésica



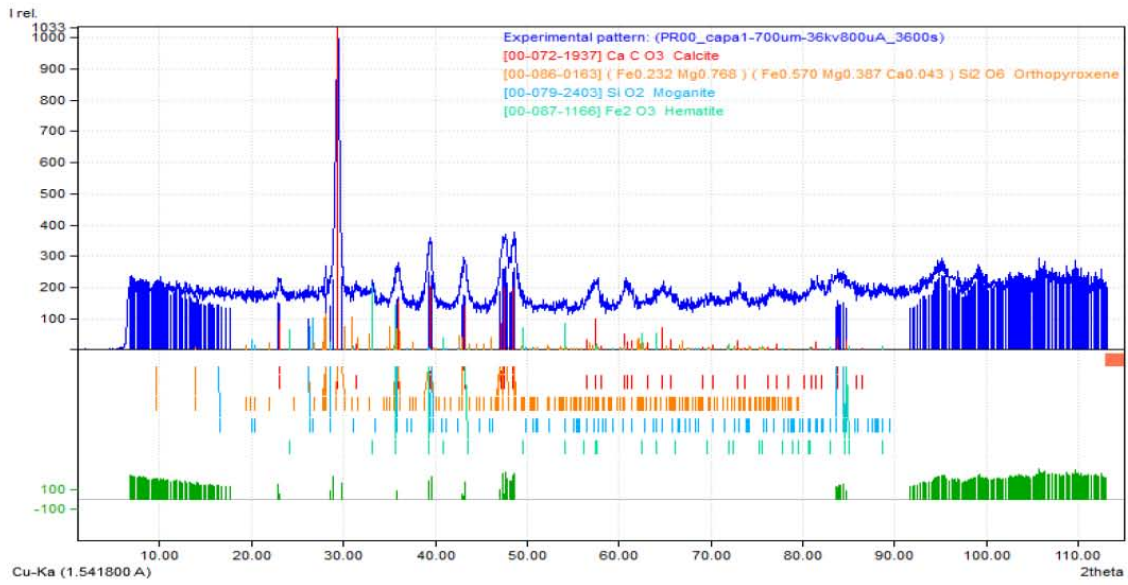
PDF2



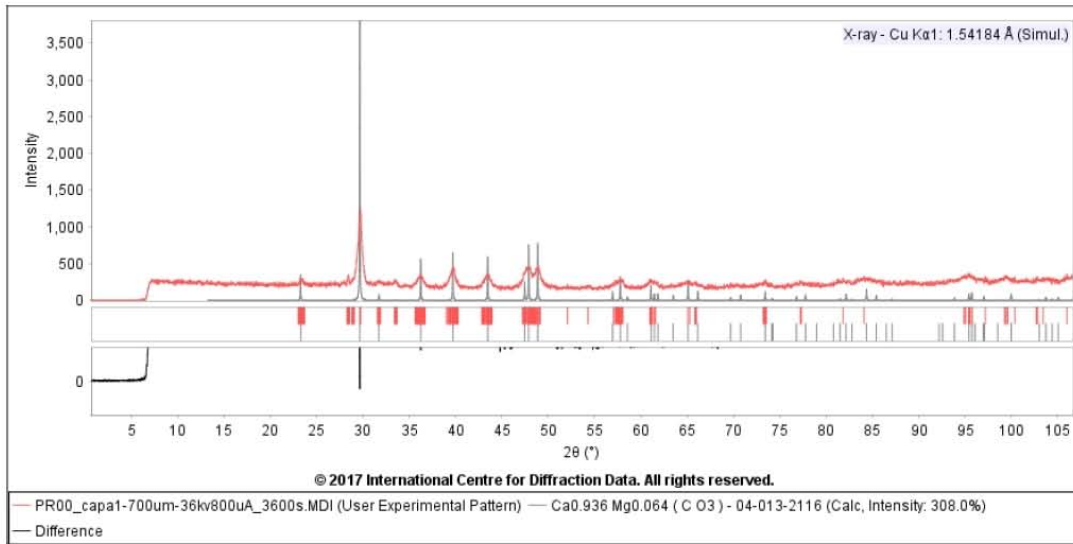
PDF4

GRÁFICA 18 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PR00\_Capa 4.

Muestra PR00\_ capa1. Capa Roja/ hematita.



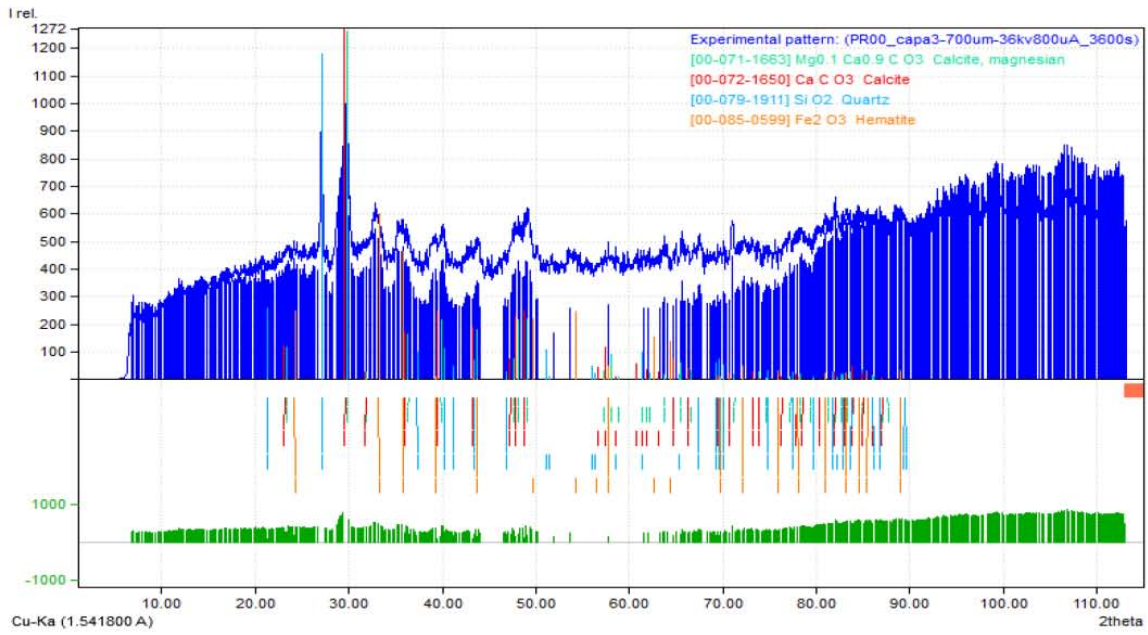
PDF2



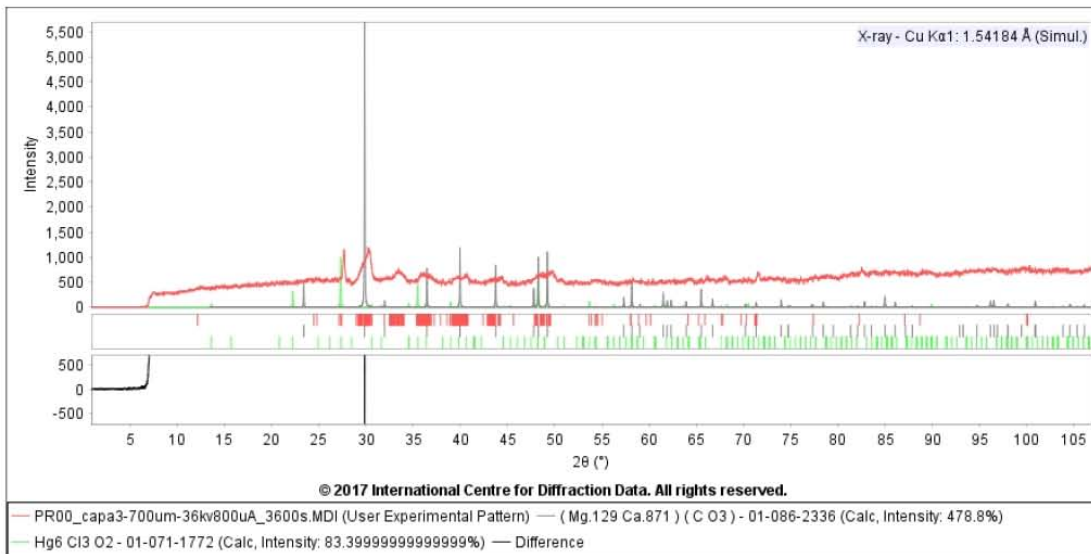
PDF4

GRÁFICA 19 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PR00\_capa1.

Muestra PR00\_capa3/ Capa Roja/hematita, cinabrio.



PDF2

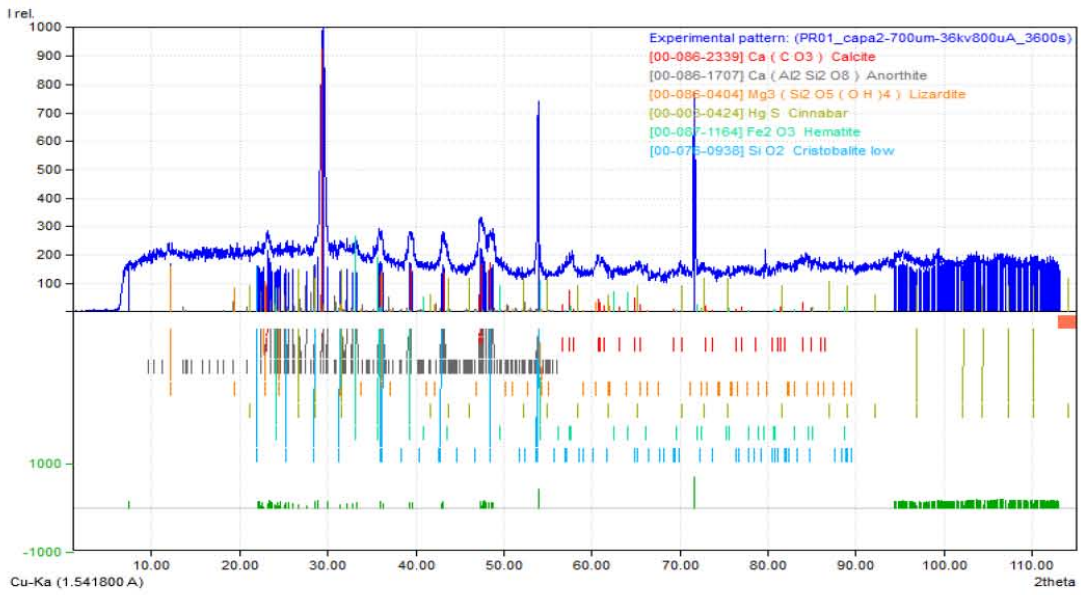
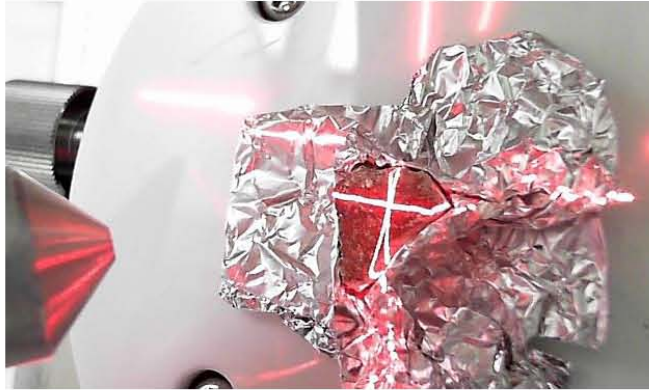


PDF4

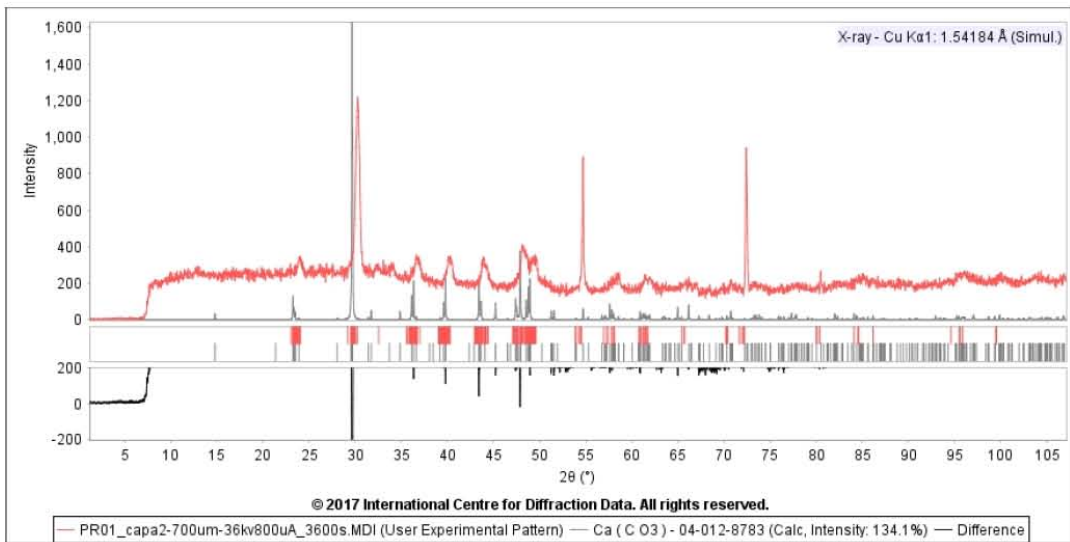
GRÁFICA 20 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PR00\_capa3. Cinabrio.



Muestra PR01\_capa2/ Capa Roja/ Hematita, Cinabrio



PDF2

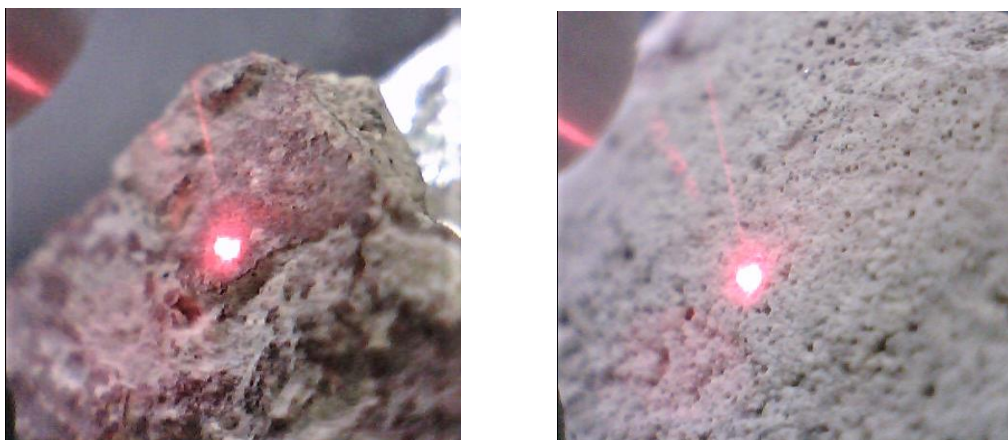


PDF4

GRÁFICA 21 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PR01\_capa2. Cinabrio.

Fluorescencia de rayos X (XRF).

Los análisis de XRF se hicieron en tres muestras sin procesar (PR00, PR01, PR05). Debido al diámetro de análisis del haz de rayos X, no fue posible hacer el análisis de todas las capas que conforman el Piso Rojo. Únicamente se tomaron lecturas de las superficies expuestas y no del perfil estratigráfico para que no se vieran afectados los resultados por la presencia de otra capa. Se tomaron lecturas de la superficie de las muestra y la base, dentro de la superficie de la muestra se pueden analizar más de una capa debido al desprendimiento de estas en algunas áreas. Aunque se hicieron los análisis en las áreas con una superficie homogénea, al menos a simple vista, debemos tomar en cuenta que los resultados pueden verse afectados por la rugosidad de la misma. Sin embargo los resultados que se presentan son congruentes entre sí, y con el resto de análisis aplicados, así que confiamos que los resultados sean bastante certeros.

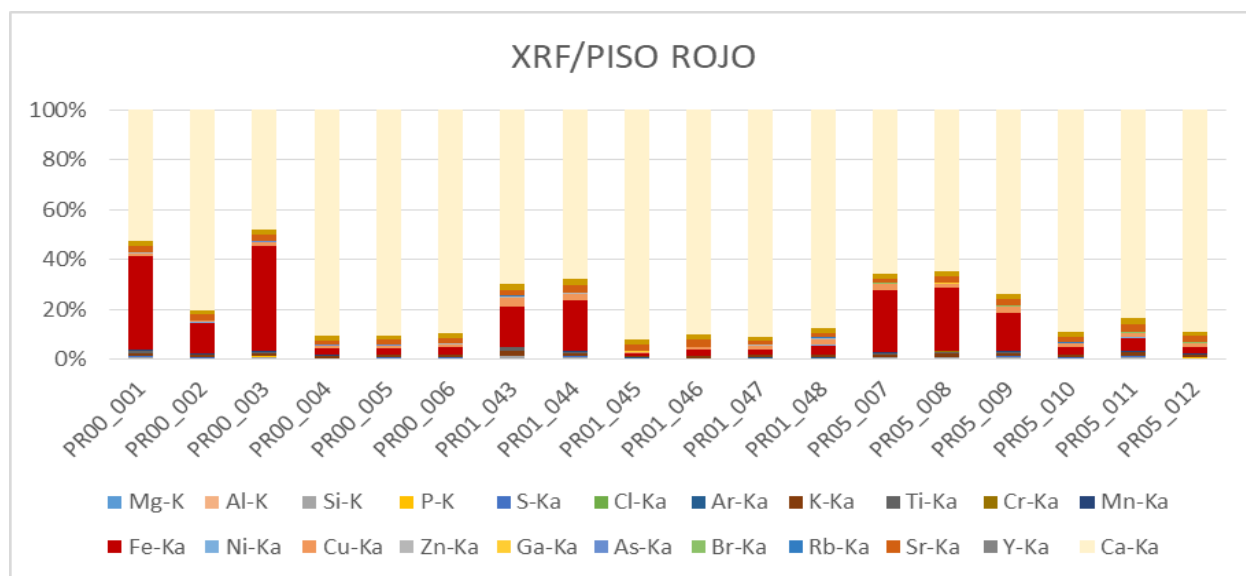


FOTOGRAFÍA 56 Imágenes tomadas con el microscopio del SANDRA I. Izq. “Superficie” PR05 Dcha. “Base” PR00. Se observa la convergencia de los haces de luz del área analizada.

Los resultados dejan ver que todas las áreas analizadas tiene una gran cantidad de Calcio en comparación con los demás elementos presentes. Sin embargo se ven diferencias entre los estratos blancos (la base de la muestra, en la mayoría de los casos) y las capas rojas (capas de pigmento rojo). La base tiene mayor concentración de Ca en comparación con la superficie de pigmento rojo, aunque también se encuentra presente el alto porcentaje dentro del estrato rojo. También se observa que aunque todos los estratos (capas blancas y rojas) contienen Fe, las capas de pigmento rojo tienen mucha mayor cantidad de este elemento en comparación con los estratos blancos.



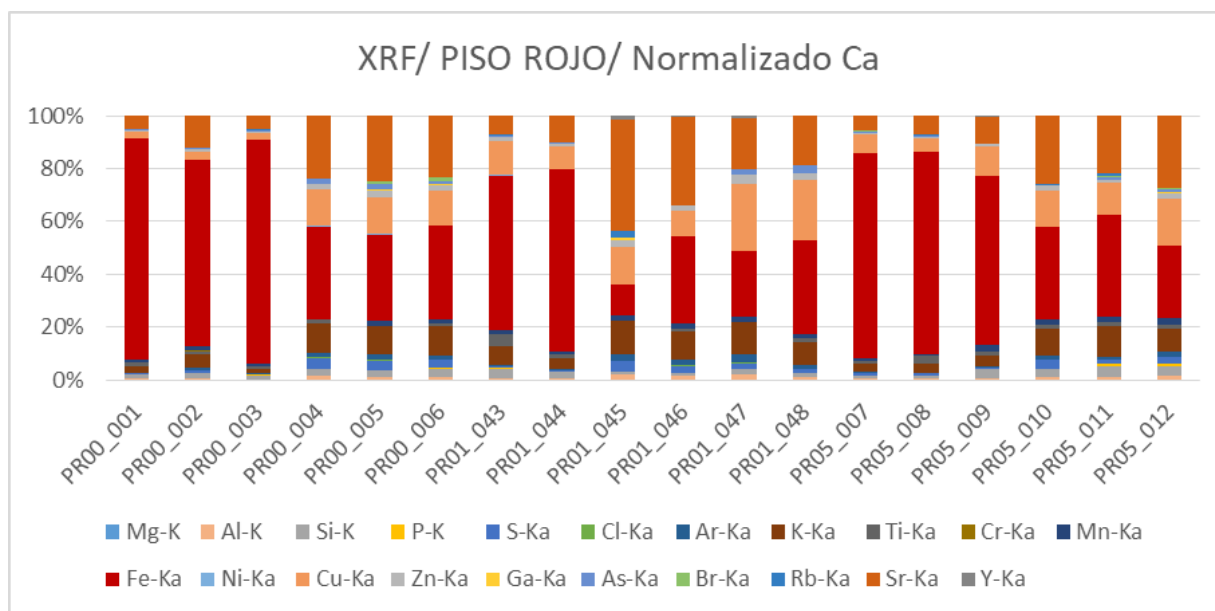
Con los resultados obtenidos era complicado observar los demás elementos presentes, aparte del calcio, debido a que este elemento tiene el mayor porcentaje en comparación con los otros elementos. Debido a esto fue necesario realizar una normalización con respecto al Ca, los resultados obtenidos se graficaron dejando ver las proporciones de los demás elementos presentes en las distintas capas analizadas.



GRÁFICA 22 elementos presentes, incluyendo el calcio. Piso Rojo.

Dentro de los materiales presentes se tiene que el mayor porcentaje es de hierro (Fe). Es posible observar que aunque todos los estratos analizados tienen alto contenido de este elemento, son los estratos de pigmento rojo los que lo contienen en mayor proporción. El siguiente elemento reflejado sería el estroncio (Sr) el cual se encuentra presente principalmente en rocas ígneas, en forma de carbonato. Este elemento se encuentra en mayor medida en la base de las muestras, que es un estrato blanco. En este mismo estrato hay presencia de aluminio (Al), potasio (K), sílice (Si) y azufre (S); estos elementos pueden pertenecer a los agregados<sup>16</sup> incluidos en la matriz de calcio.

<sup>16</sup> aluminosilicatos, feldespatos (potásicos), etc. presentes en las arcillas.

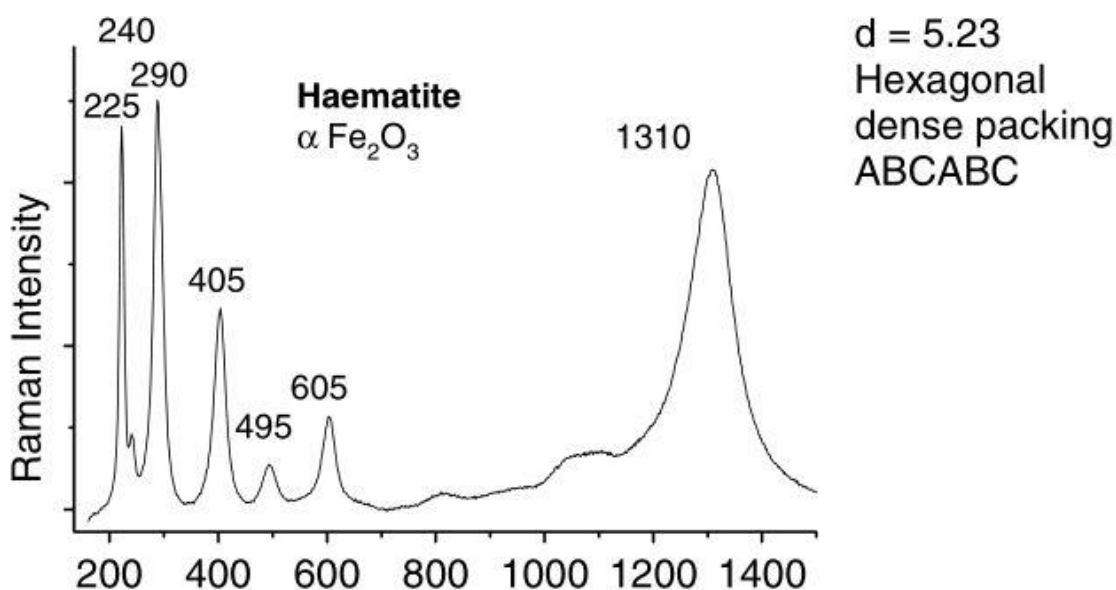


GRÁFICA 23 XRF con los elementos presentes, normalizados con respecto al calcio. Piso Rojo.

Espectroscopia Raman.

La Espectroscopia Raman es una técnica que ha sido muy utilizada para la identificación de fases amorfas y cristalinas de materiales antiguos, incluso pigmentos. (Froment et al. 2008:560) Por esto, se decidió utilizar esta metodología únicamente en los estratos de pigmento rojo del Piso Rojo, para corroborar los resultados que ya habíamos obtenido con otras técnicas como Difracción de rayos X y Fluorescencia de rayos X. Se realizó esta técnica debido a su efectividad con la identificación de pigmentos naturales minerales, como se observa en los trabajos hechos por Froment (2008) donde se identificaron alrededor de 50 pigmentos entre rojos, amarillos y ocre. Gracias a trabajos como el mencionado, se tienen claramente identificadas las bandas de diferentes espectros como: óxidos de hierro, cuarzos, calcitas entre otros. Esto permite identificar los minerales utilizados para elaborar el pigmento rojo utilizado en Teotihuacan durante la construcción de las distintas capas del Piso Rojo<sup>17</sup>.

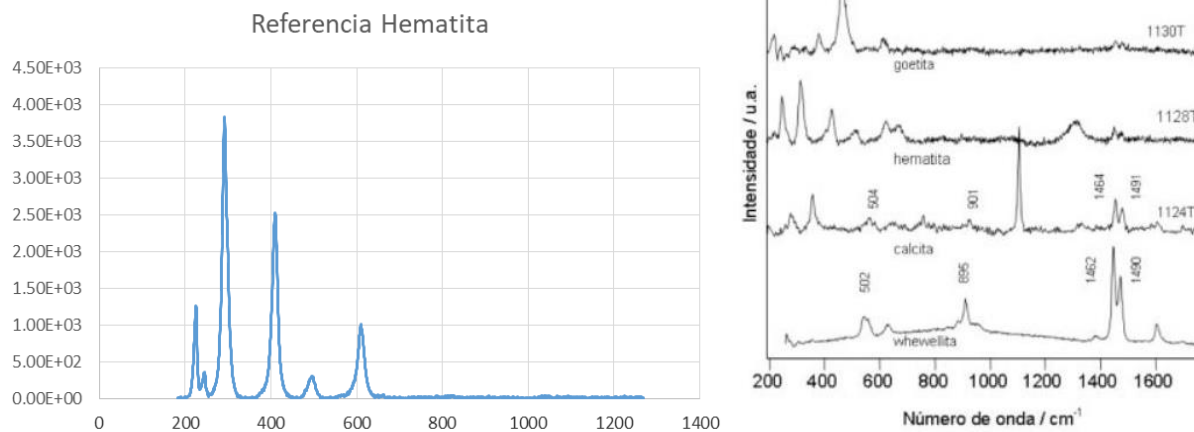
<sup>17</sup> Ya hemos hablando de la constitución estratigráfica del Piso Rojo y en el capítulo de Archeomagnetismo señalamos el periodo de tiempo en el cual se construyen toda esta serie de estratos. Las cuales fueron, cada una, una superficie de uso que tuvo un periodo de ocupación.



GRÁFICA 24 Espectro Raman de la Hematita (Froment et al. 2008).

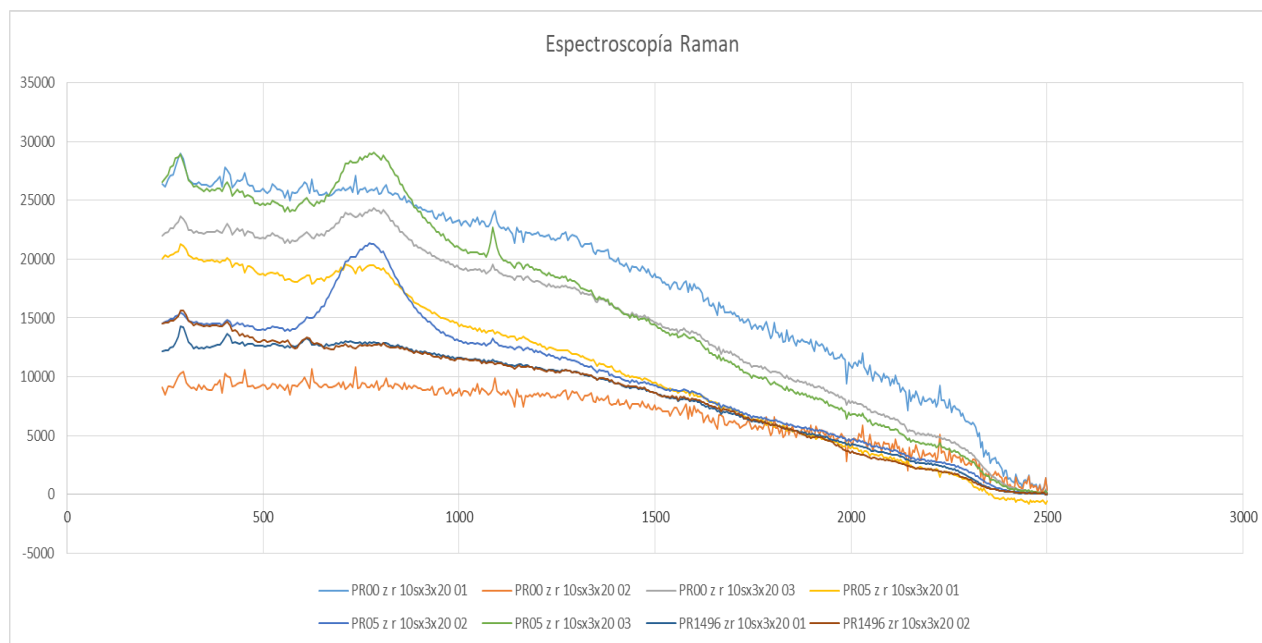
El objetivo principal era corroborar el contenido de hematita y verificar si los espectros eran más claros con esta metodología. También, hacer una comparación entre las muestras: PR00 (sin procesar) y la muestra impregnada en resina PR1827, para comprobar la eficacia de esta metodología analizando ambos tipos de muestras. Ya que en el caso de los análisis de con MEB se obtuvieron muy buenos resultados analizando las muestras impregnadas.

Como producto de estos análisis se observó que de la muestra impregnada no se obtenían los resultados deseados, el espectro era poco definido lo que hace casi imposible de identificar las bandas de la hematita; sobre todo cuando se compara con los obtenidos en los análisis de la muestra sin impregnar, donde aún con el ruido que tenemos debido a la heterogeneidad de los materiales contenidos en la mezcla del pigmento rojo, se pueden identificar las bandas características de la hematita (225, 240, 290, 405, 495 y 605).



GRÁFICA 25 Izq. Espectro Referencia Hematita 785nm (LANCIC). Dcha. Espectros hematita y calcita (Faria et al., 2011)

Se observa en la mayoría de los espectros las bandas correspondientes a la hematita y algunas de las bandas de la calcita (1086), esta se aprecia en la mayoría de los espectros, aunque es menos clara en la muestra PR05\_01 y las dos lecturas tomadas de la muestra PR1496. La mala definición de los picos en las distintas bandas se debe a la heterogeneidad de materiales que se encuentran presentes, aunque mayoritariamente se observan las bandas de la hematita y la calcita, es evidente que existen otros materiales que están provocando ruido en el espectro. También observamos una anomalía que forma una curva entre las bandas del 700 al 900 aproximadamente, la cual puede estar relacionada con algún mineral presente en el pigmento porque la anomalía está presente en casi todas las lecturas, excepto en la primera lectura de la muestra PR00 y se ve muy levemente en los espectros de la muestra impregnada.



GRÁFICA 26 comparativa de los espectros obtenidos del análisis del Piso Rojo, muestras PR00, PR05 y PR1496.

### Síntesis Piso Rojo.

Con los resultados obtenidos con las metodologías que se han presentado se propone que el Piso Rojo está compuesto por una serie de estratos que se componen generalmente de una capa de “estuco” y una con pigmento rojo. Aunque en algunos casos es posible observar que existe más de una capa de pigmento rojo, esto puede ser una muestra de los trabajos de conservación de la plaza. Es muy probable que debido al uso del espacio, y a la durabilidad del pigmento, se tuviera que dar mantenimiento periódicamente, sobre todo al color.

También se conoce, como resultado de estos análisis, que la matriz de estuco es de calcita magnesiana, y tiene una gran cantidad de agregados en la argamasa. Esto es una gran diferencia con respecto al Piso Blanco en donde se observó que casi no contiene agregados, que el firme es la misma roca caliza molida y compactada; y el enlucido es el mismo material pero con un molido más fino, mientras que para el Piso Rojo se tiene una capa de pigmento rojo que está hecho con hematita y en algunos casos contiene cinabrio. El caso del cinabrio es definitivamente una revelación, porque es un elemento que se ha encontrado asociado a contextos rituales y mortuorios, sobre humanos o sobre objetos de gran valor (Gazzola, 2009:57) Pero tener este mineral presente en el piso de esta colosal plaza nos confirma su envergadura dentro del contexto ritual- ceremonial teotihuacano.

También se han identificado algunos de los agregados como vidrio volcánico, materia orgánica quemada (la cual puede ser remanente del proceso de producción de la cal) y una gran cantidad de aluminosilicatos y plagioclasas que pueden provenir de la inclusión de arcillas a la matriz de estuco. En el caso del vidrio volcánico, durante los últimos años se han realizado diversas investigaciones acerca del uso de esquirlas volcánicas, provenientes de Veracruz, en pisos de Teopancazco, Pecci (2016) menciona que estos vidrios volcánicos son parte de la carga de los argamasas de los pisos de este centro de barrio. Estos pisos están datados para la fase Xolalpan Temprano (350 d. C.) por lo que son posteriores al Piso Rojo, al parecer el piso del que habla Pecci tiene las mismas características constructivas que el Piso Negro. Aun así, parece que el uso de vidrio volcánico como parte del argamasa del estuco es algo recurrente en Teotihuacan, no sólo para el sector ceremonial sino para algunas otras áreas como Teopancazco. Aunque aún es necesario hacer más estudios de pisos provenientes de diferentes áreas y fases constructivas (con dataciones absolutas) para poder hacer una mejor interpretación acerca del uso de las mismas materias primas en todo el sitio como parte del control y distribución de recursos.

El Piso Rojo muestra perfeccionamiento en el uso de las materias primas. El color rojo vibrante en contraste con el blanco del estuco permite observar claramente las capas que lo conforman. A diferencia del Piso Blanco, del cual se ha propuesto que el pigmento estaba elaborado usando arcillas rojas, el color era menos llamativo que el obtenido usando hematita como la fuente de color. También se encontró una partícula de hematita especular, este mineral tiene un color rojo encendido con partículas brillantes. Estos pisos al fraguar y ser pulidos, seguramente tenían un brillo llamativo gracias a las características del pigmento pero también debido a que los cristales en el estuco se acomodan en la superficie y dan un acabado lustroso y brillante al piso.



## IV.1.3 Piso Negro

El Piso Negro es el piso más común en todo el sitio. Este piso fue utilizado durante la última fase de ocupación teotihuacana<sup>18</sup>. Está compuesto, al igual que los pisos anteriores, por una capa de firme (soporte) y el enlucido; aunque en este caso el firme es de un material totalmente diferente. En el caso del Piso Blanco el firme es la roca caliza natural molida, el Piso Rojo utiliza al Piso Blanco como firme y sólo los divide una pequeña capa de arcilla. Para el caso del Piso Negro se vuelve a elaborar un firme, que está conformado por gravas de escorias volcánicas y una arcilla oscura<sup>19</sup> y otros materiales.



FOTOGRAFÍA 57 Imágenes del Perfil del Piso Negro.

Al ser la última superficie de ocupación, estuvo presente en la mayoría de las áreas excavadas. Sin embargo debido a esto mismo, el enlucido del piso estaba muy deteriorado en la mayoría de la superficie excavada. Es posible que esta superficie se encontrara expuesta durante un largo periodo de tiempo y debido a los procesos de erosión se fue perdiendo el enlucido. En fotos presentes en el informe del Chadwick de los años 60, se observa que al parecer este piso estaba totalmente expuesto, no se describe si era así para toda la plaza o solo en las áreas donde él estaba realizando sus estudios, esto explicaría el desgaste del enlucido.

<sup>18</sup> Dato obtenido por la relación entre los resultados arqueomagnéticos obtenidos para esta investigación y su vinculación con la cronología de ocupación del piso.

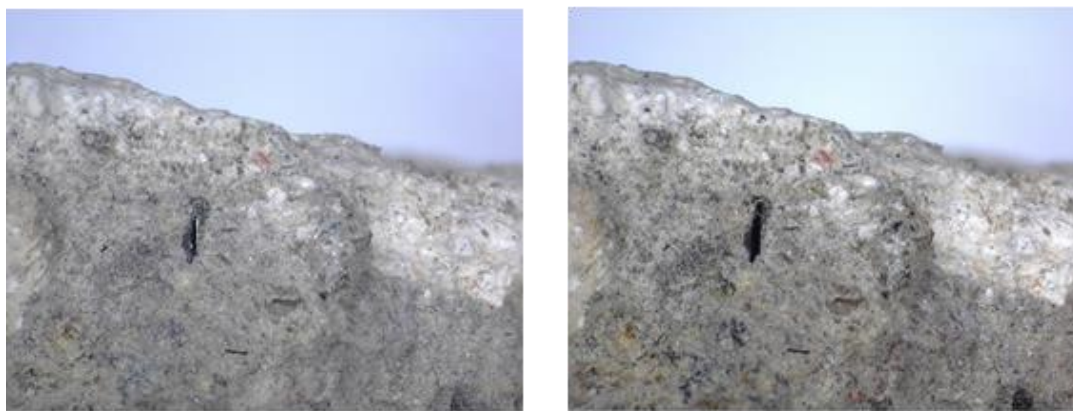
<sup>19</sup> Característica por la cual lo llamé Piso Negro desde los trabajos de excavación.

Otro de los grandes problemas con este enlucido fue que aquellos pequeños fragmentos que aun mantenían parte de él, y en algunos casos hasta el color, se deterioraron con mayor rapidez debido a las intensas lluvias que tuvimos durante la temporada de excavación. Por este motivo es que no hay suficientes muestras con enlucido y pigmento rojo para trabajar con ellas; y las pocas que se recuperaron fueron utilizadas para los análisis arqueomagnéticos.

#### a) Microscopía Óptica.

Se hizo el registro fotográfico del Piso Negro, de las muestras: PN01, PN02 y PN03. Se tomaron fotografías del perfil y el alisado de la superficie, en algunos casos la superficie mostró parte del enlucido, aunque muy deteriorado. Una de las principales características que se aprecian desde los análisis microscópicos, es la clara diferencia de materiales utilizados para elaborar el firme de este piso comparado con los pisos blanco y rojo, que fueron elaborados con la misma matriz de cal. En el caso del Piso Negro la matriz está compuesta por un sedimento oscuro y arcilloso; mezclado con una carga de rocas volcánicas, vidrio volcánico y otros minerales (algunos de ellos presentes de manera natural en el sedimento).

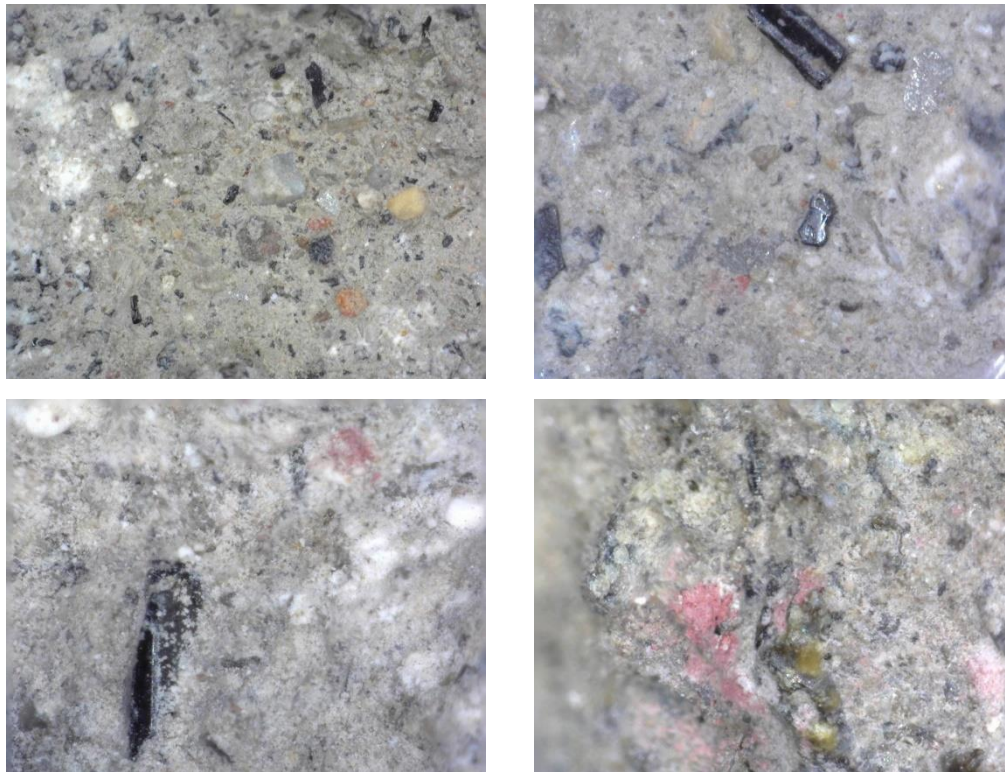
En las imágenes a continuación muestran la primera etapa de identificación de algunos agregados y de la estructura del Piso Negro. El uso de la luz polarizada permitió observar mejor varios detalles sobre el contenido de la carga en el firme y apreciar en algunos de los perfiles de las muestras, la presencia del enlucido blanco. En el caso de análisis de los perfiles se tuvo que utilizar la corrección de profundidad del campo, en todas fotografías tomadas, debido a la irregularidad de la superficie para observar claramente los diferentes materiales presentes en el piso.



FOTOGRAFÍA 58 PN03MO\_18. 70x, perfil/Firme y enlucido/ detalle de posible vidrio volcánico. Izq. Sin luz polarizada. Dcha. Con luz polarizada.

Otro dato observado al analizar el perfil, es la forma en la que está integrado el enlucido con el firme. Al ver que el estuco se encuentra incorporado al firme, parece que en el proceso de elaboración de este piso, el firme aún no había secado por completo cuando se colocó el enlucido. Aunque se aprecia que el firme se encuentra alisado, tiene irregularidades en la superficie debido a la composición del argamasa la cual crea una superficie rugosa. Debido a las características de porosidad del firme y al fraguado de la argamasa de estuco, el enlucido se integró con el firme, uniendo ambas capas y creando un piso diferente a los dos anteriores.

Dentro de los materiales pre-identificados se encuentran: material orgánico quemado, fragmentos de rocas ígneas, cuarzos, algunos minerales con tonalidades plateadas, rastro de pigmento rojo, fragmentos de posible resina, entre otros. Aunque la mayoría de los minerales presentes en el firme son parte del sedimento arcilloso, no se descarta la posibilidad de que hubieran incorporando elementos en la carga para hacer más resistente el argamasa o alguna otra razón para mejorar el esqueleto del firme.

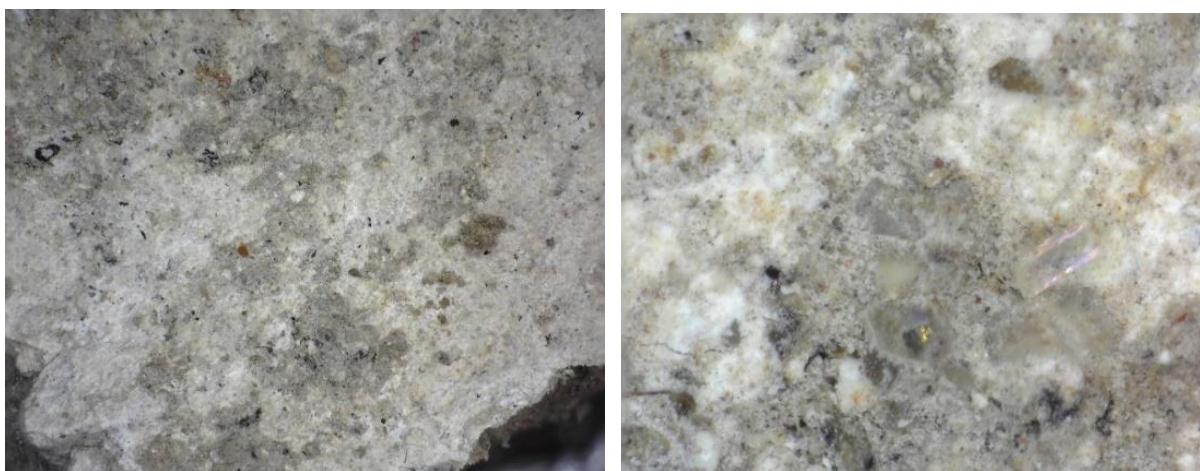


FOTOGRAFÍA 59 Imágenes del microscopio óptico donde podemos apreciar los distintos tipos de agregados presentes en el firme (superficie alisada y perfil) del Piso Negro.



Al revisar la superficie deteriorada, se identificaron algunos detalles como la presencia de superposición de dos capas de estuco con pigmento rojo. Esto puede ser un indicador del mantenimiento que se le daba a la superficie de la Plaza, como se observó para el conjunto de capas que llamamos Piso Rojo. Al parecer el Piso Negro también tuvo más de una capa de enlucido, lo que habla del uso y restauración de la Plaza. Desafortunadamente no se tiene el conjunto total de recubrimientos de estuco para elaborar más hipótesis acerca del mantenimiento periódico del piso. Pero tomando en cuenta que el Piso Blanco y el Piso Rojo mostraron un mantenimiento periódico<sup>20</sup>, no es aventurado pensar que lo mismo ocurriera con el Piso Negro, el cual se conoce, gracias a los análisis arqueomagnéticos, tuvo una ocupación de aproximadamente de doscientos años.

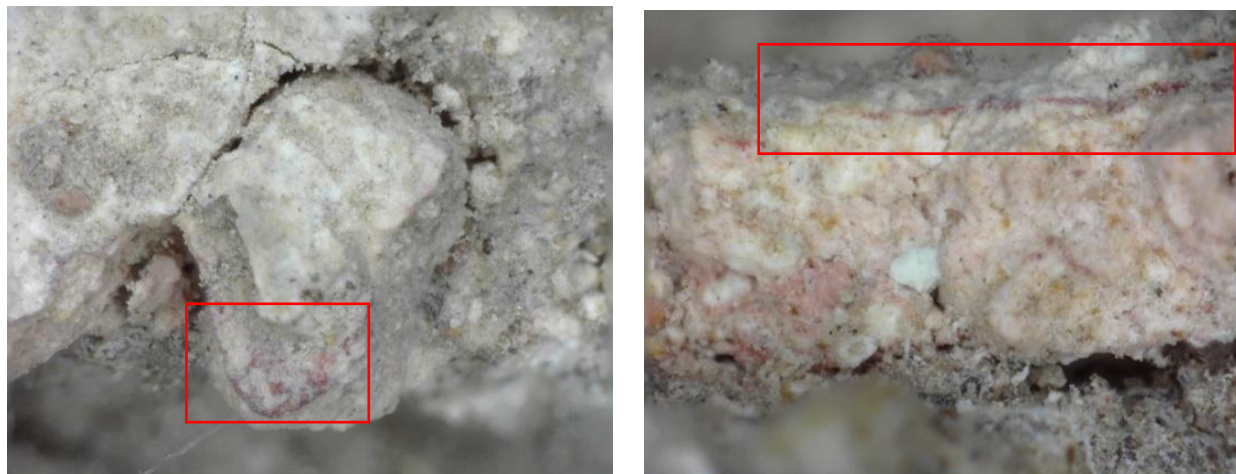
Durante la temporada de excavación se registró que el Piso Negro también estaba cubierto por pigmento rojo en algunas áreas con estuco; aunque la mayoría de las muestras que fueron recuperadas no presentan la coloración a simple vista, con los análisis microscópicos se observaron remanentes del pigmento rojo.



FOTOGRAFÍA 60 Imágenes muestra PN03: Izq. 30x superficie alisada, Dcha.150c acercamiento a restos del estuco.

---

<sup>20</sup> Aun cuando no se puede establecer la periodicidad con que se hacía esta renovación o mantenimiento de la superficie, al menos no por el momento.



FOTOGRAFÍA 61 Imágenes de una superficie anterior aun con pigmento rojo. Ambas en 150x.

**b) Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) con EDS.**

De este piso se analizaron dos muestras: PN03 (sin procesar) y PN1829 (En bloque: impregnada y con una cara pulida a espejo). En el caso del Piso Negro es evidente que los mejores resultados se obtuvieron del análisis de la muestra en bloque. Desde las imágenes de alta resolución observaron las características de la superficie. En cambio en la muestra sin procesar las imágenes presentan sombras en superficie y no se tienen imágenes nítidas, estas sombras suelen ser áreas donde el haz de electrones no alcanza a analizar dejando espacios vacíos en los mapas de distribución elemental, y por lo tanto haciendo más compleja la identificación de los materiales. Se debe tomar en cuenta que los análisis de muestra sin procesar fueron de la superficie con estuco (deteriorado) y de un área expuesta del firme. En cambio el análisis de la muestra en bloque es del perfil, lo que permite observar con mayor claridad los elementos que componen el firme y también se observa la capa de enlucido (deteriorado) del Piso Negro.

Como se ha visto con los análisis de los pisos anteriores, sólo es posible identificar elementos mayoritarios, debido a los alcances del equipo. Por ello no se habla de elementos traza en ningún caso. Sin embargo esta metodología si permitió hacer una identificación previa de algunos de los agregados presentes en las argamasas, aunque como se presenta para las metodologías ya descritas, estos pueden ser parte de la naturaleza de la matriz. Es por medio de otras metodologías como los análisis petrográficos, con las que se hicieron algunas identificaciones entre materiales presente de forma natural y algunos posibles agregados.

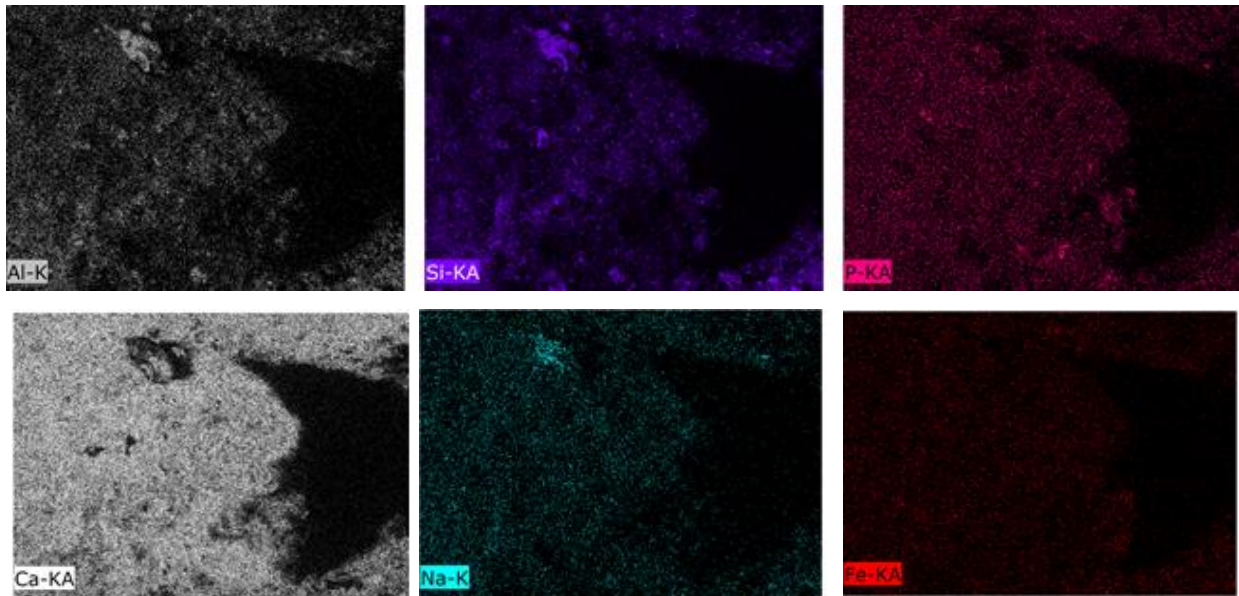
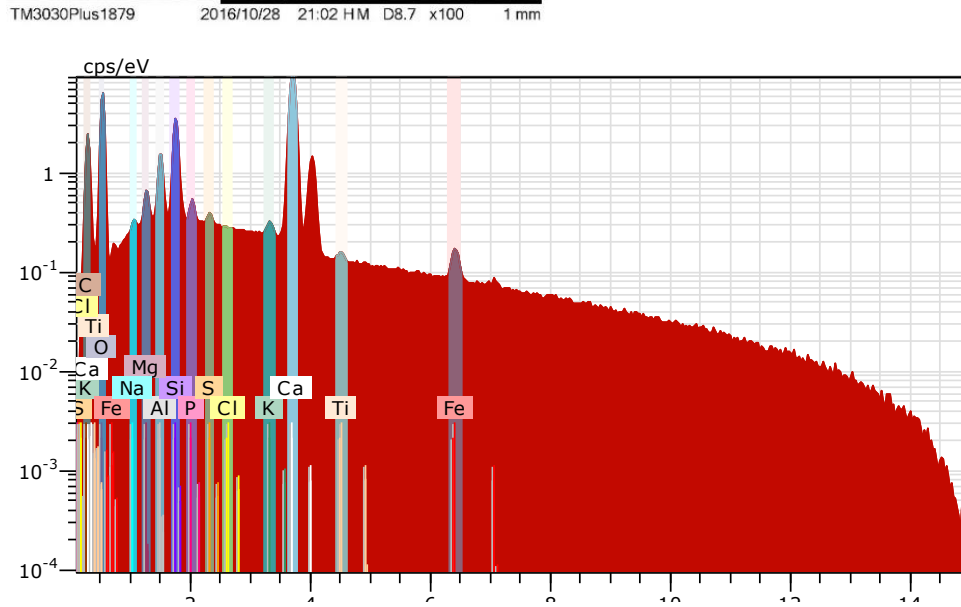
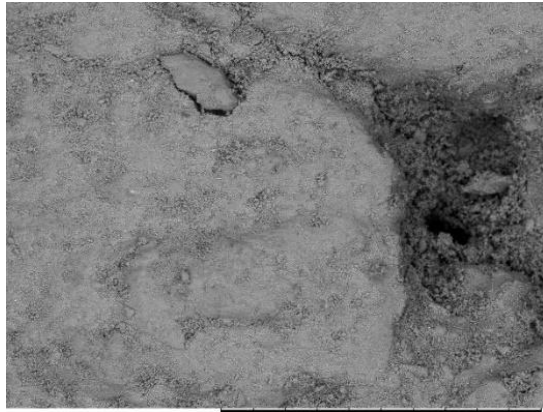
Gracias a los estudios de Microscopía electrónica de barrido, fue posible observar la composición general de la matriz, la cual se complementa perfectamente con los análisis hechos con XRD y XRF. Se debe tomar en cuenta que dentro de los resultados obtenidos también se obtuvieron resultados de EDS, debido a que los análisis se hacen al mismo tiempo. Gracias a estos análisis en conjunto se obtuvieron otros espectros que sirven como complemento a la hora de hacer interpretaciones. Los resultados de los análisis de fluorescencia también son representados en una tabla con las proporciones de los elementos, aunque no se puede tomar en cuenta los porcentajes ya que son relativos, se observa la presencia correspondiente de cada elemento y en algunos casos estas proporciones estuvieron muy cercanas a las proporciones reales presentes en ciertos materiales, tal fue el caso de la Calcita.

A continuación se presenta primero los resultados obtenidos del análisis de la muestras sin procesar, del cual se presentan los ejemplos más sobresalientes y los resultados generales. Después se encuentran los resultados obtenidos al analizar la muestra en bloque.

- Muestra sin procesar PN03

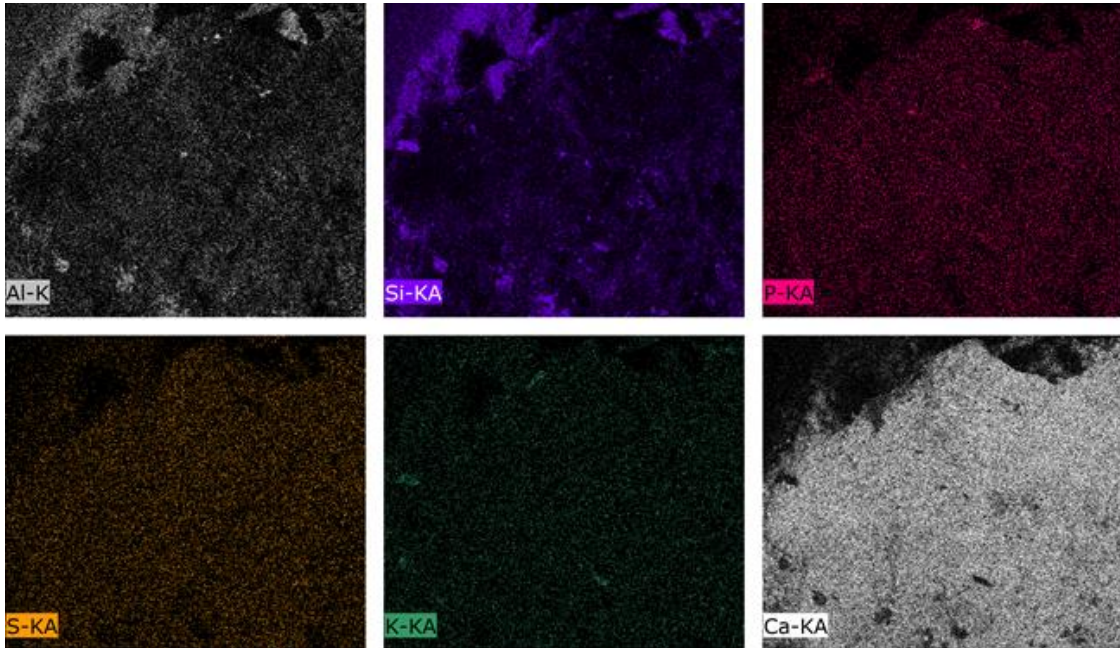
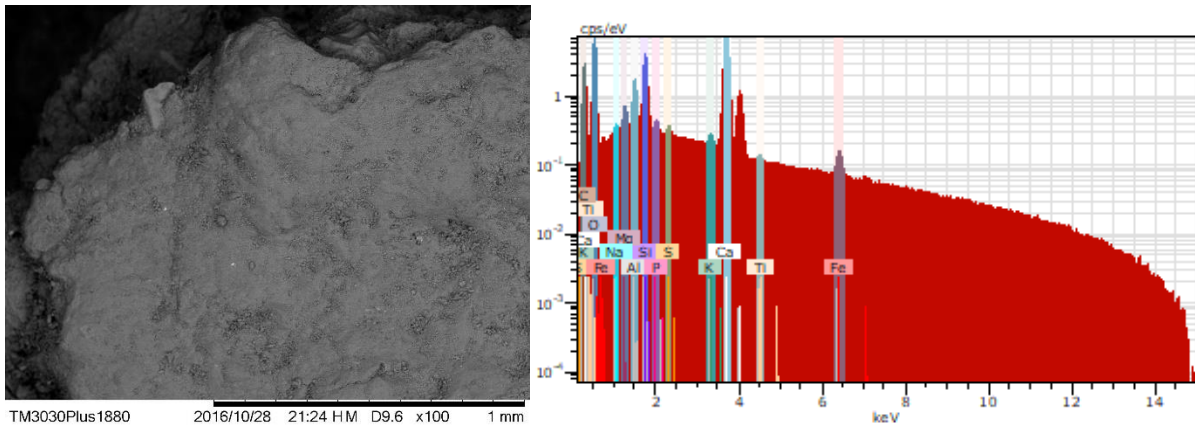
Este es un claro ejemplo en el que la irregularidad de la superficie no permitió hacer el análisis total de la superficie. El sector derecho de la muestra tiene un hundimiento y debido a la ubicación del haz de electrones, esta área no fue analizada. En los mapas de distribución por elemento se observó una mancha negra que No representa la carencia del elemento en esta área. Esta área analizada es un sector que claramente cuenta con el enlucido. Casi toda la superficie muestra gran concentración de Ca. También se distingue un mineral en la superficie que tiene aluminio, sílice y sodio, que puede ser un feldespató sódico o plagioclasa, debido a que también presenta calcio.

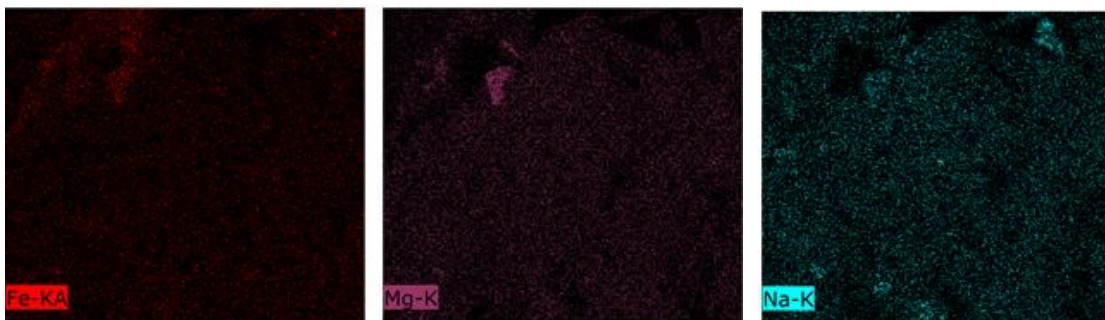




MAPA 19 Imagen de alta resolución 100x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro.

El siguiente sector analizado presenta en la esquina superior izquierda, que la superficie presenta gran cantidad de Al y Si. En la imagen de alta resolución se observa que el análisis se hizo en una esquina de la muestra, estas áreas presentan mayor deterioro del enlucido ya que se destruía con facilidad. Por lo tanto los resultados muestran la composición del firme y no del enlucido. En el restante, de la superficie de la muestra se ve la presencia principalmente de Ca, y en poca proporción P y Na. Y también de algunas partículas minerales con alto contenido de Si, Mg y Fe o Al, Na y P.



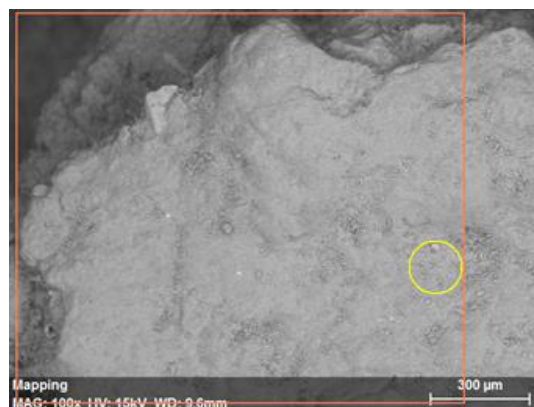


MAPA 20 Imagen de alta resolución 100x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro.

Como ya se mencionado, no se tomaron los valores del porcentaje de los elementos porque estos son relativos ya que sólo se observan los elementos con mayoritarios. Sin embargo estos valores permiten entender de forma general el contenido de los elementos presentes en los materiales del Piso Negro. En el primer ejemplo observamos que en el enlucido hay un alto porcentaje de calcio, que tiene sentido ya que hemos visto gracias a los análisis con XRD que la matriz del enlucido está hecha de una calcita magnesianas. Aunque se esperaba tener mayor concentración de magnesio, al parecer el mayor contenido de sílice y aluminio puede estar relacionado con algún mineral presente en el área analizada, que puede ser un agregado antrópico.

En el segundo ejemplo se observa el análisis de un área del firme, en los resultados se ve la diferencia en los materiales utilizados, el alto porcentaje es ahora de los elementos presentes en distintos minerales, que pueden estar presentes de forma natural o como agregados. En este caso vemos que la presencia de calcio pero no es tan significativo su valor si se compara con el primer caso.

Element	AN	Series	Net	norm. C	Atom. C	Error
			[wt.%]	[at.%]	[%]	
Oxygen	8	K-series	2439	46.23	58.38	6.3
Calcium	20	K-series	10907	36.18	18.24	1.1
Carbon	6	K-series	833	11.26	18.95	1.9
Silicon	14	K-series	1484	3.43	2.47	0.2
Aluminium	13	K-series	553	1.40	1.05	0.1
Iron	26	K-series	64	0.61	0.22	0.0
Magnesium	12	K-series	199	0.57	0.48	0.1
Sulfur	16	K-series	93	0.21	0.13	0.0
Sodium	11	K-series	16	0.07	0.06	0.0
Potassium	19	K-series	16	0.04	0.02	0.0
Total:			100.00	100.00		





Element	AN	Series	Net norm.	C Atom.	C Error
			[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	8	K-series	2988	53.63	68.80
Silicon	14	K-series	4702	24.06	17.59
Aluminium	13	K-series	1643	8.53	6.49
Calcium	20	K-series	1020	6.34	3.25
Iron	26	K-series	284	4.17	1.53
Magnesium	12	K-series	163	1.02	0.86
Sodium	11	K-series	96	0.88	0.79
Potassium	19	K-series	156	0.82	0.43
Titanium	22	K-series	46	0.39	0.17
Sulfur	16	K-series	26	0.15	0.10
Total:			100.00	100.00	

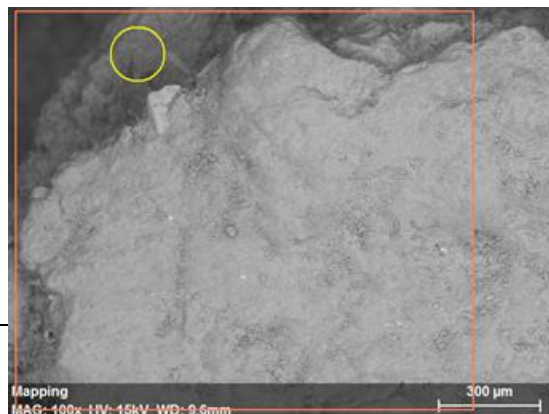


TABLA 8 Cuantificaciones elementales de análisis puntuales de SEM del Piso Negro sin procesar.

- Muestra en bloque con pulido espejo/ PN1829

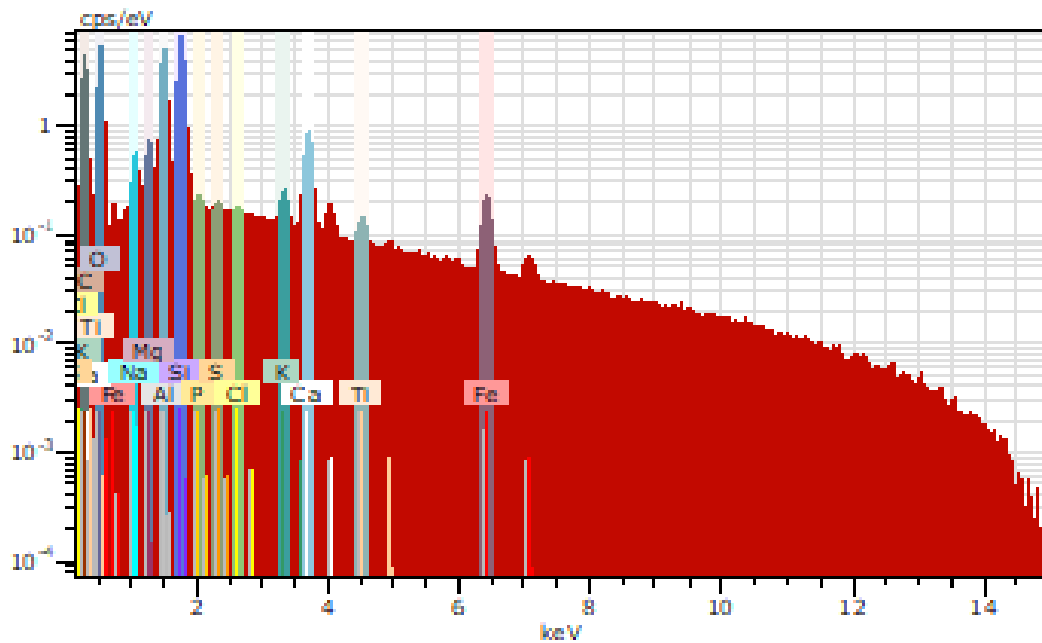
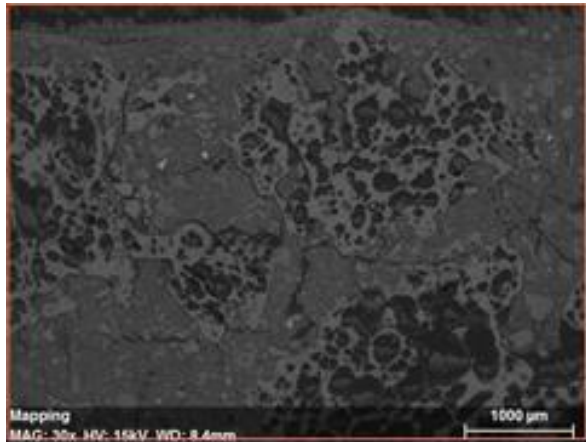
Las imágenes generadas del análisis de la cara pulida a espejo, de la muestra en bloque del Piso Negro, son realmente excepcionales. A diferencia de las muestras sin procesar en donde las imágenes muestran superficies poco nítidas, las imágenes del bloque pulido son muy claras y se distingue la presencia de los diferentes materiales que conforman el firme del piso e incluso observar el aplanado de estuco, que aunque como ya se ha dicho se encuentra deteriorada, ha sido posible analizarla y observar las diferencias de los elementos presentes en cada argamasa (firme y enlucido).

El primer ejemplo a continuación es un análisis general (30x) del perfil de la muestra. Donde se observa, primero las diferencias entre el firme y el enlucido. En los mapas de distribución por elemento químico tenemos, en el mapa del Calcio, una gran acumulación de este elemento en la parte superior de la imagen. Esta capa es claramente el enlucido, la cual presenta un alto porcentaje de Ca y no se observa, a esta escala, la presencia de otros elementos en ella.

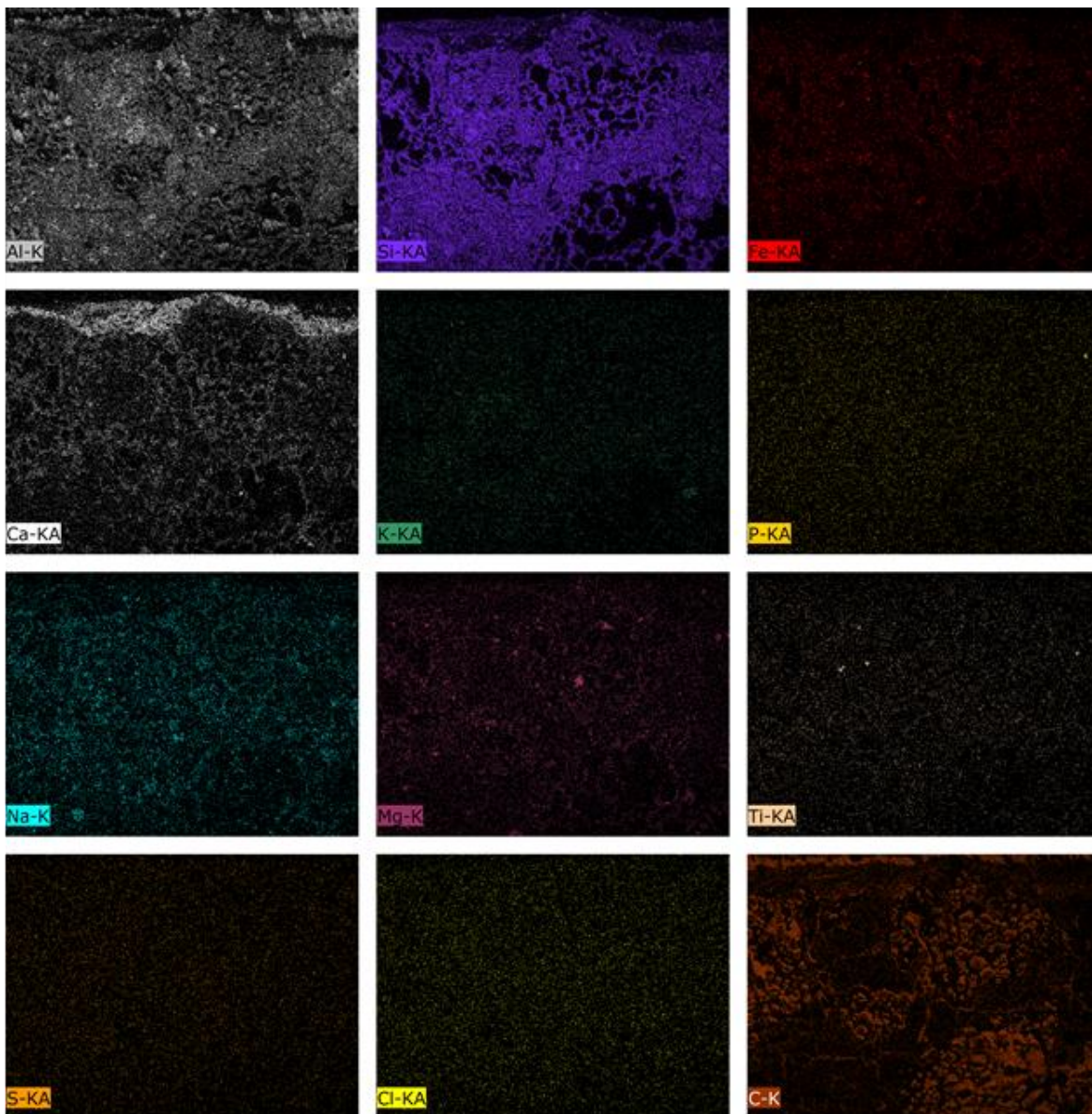
Por otro lado, el estrato inferior que claramente es parte del firme de este piso. El cual contiene, principalmente, un alto porcentaje de Si, seguido por un alto contenido de Al. También se tiene presencia de algunas partículas de Na, Mg, Fe y Ti. Dentro del firme, en el mapa de Ca, se ven algunos canales con calcio, esto puede deberse a la filtración de los carbonatos y no a que el argamasa del firme tuviera agregados de roca caliza.

En la imagen de alta resolución no se distingue muy bien entre el enlucido y el firme, es en los mapas de distribución elemental que observan las diferencias entre ambas capas. Por otro lado el firme contiene diferentes materiales, en algunas áreas presenta de un material con grandes poros

y el resto es un material más compactado. En los mapas de distribución elemental, en general, todos los elementos presentes en el firme tienen están compuesto por casi los mismos elementos, y la mayor presencia es de Al y Si.



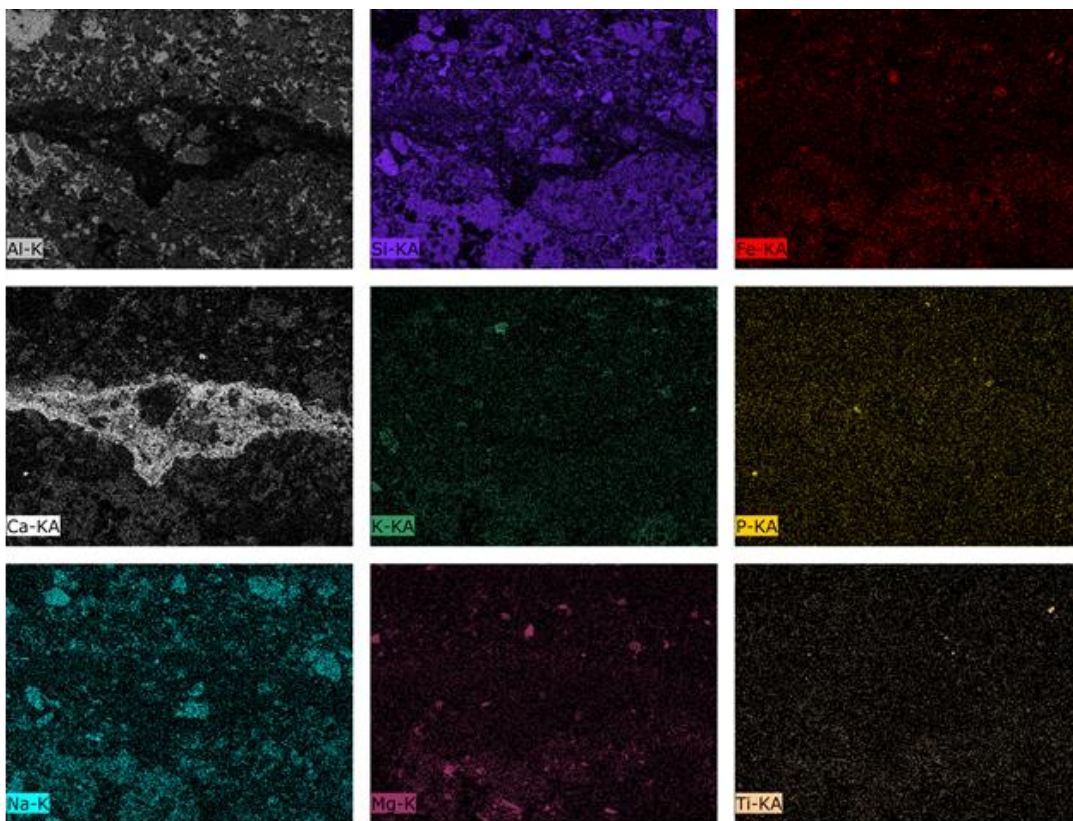
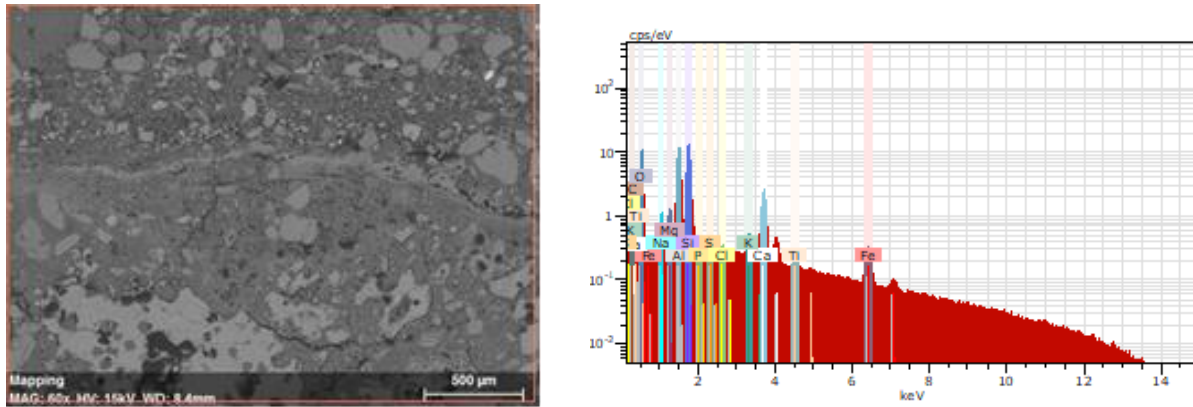
MAPA 21 Imagen de alta resolución 30x, XRF espectro y abajo. Piso Negro bloque



MAPA 21 Imagen de alta resolución 30x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro bloque pulido.

En la misma muestra pero a 60x se distingue al interior de la mezcla del firme, diferentes minerales que los componen. Se observa que la matriz está compuesta por minerales con alto contenido de Si, Al y Na; y también unas partículas de Fe, K, P, Mg y Ti. En la parte media del área analizada se encuentra una acumulación de Ca que quizá sea pequeño fragmento de roca caliza que se mezcló en el argamasa.

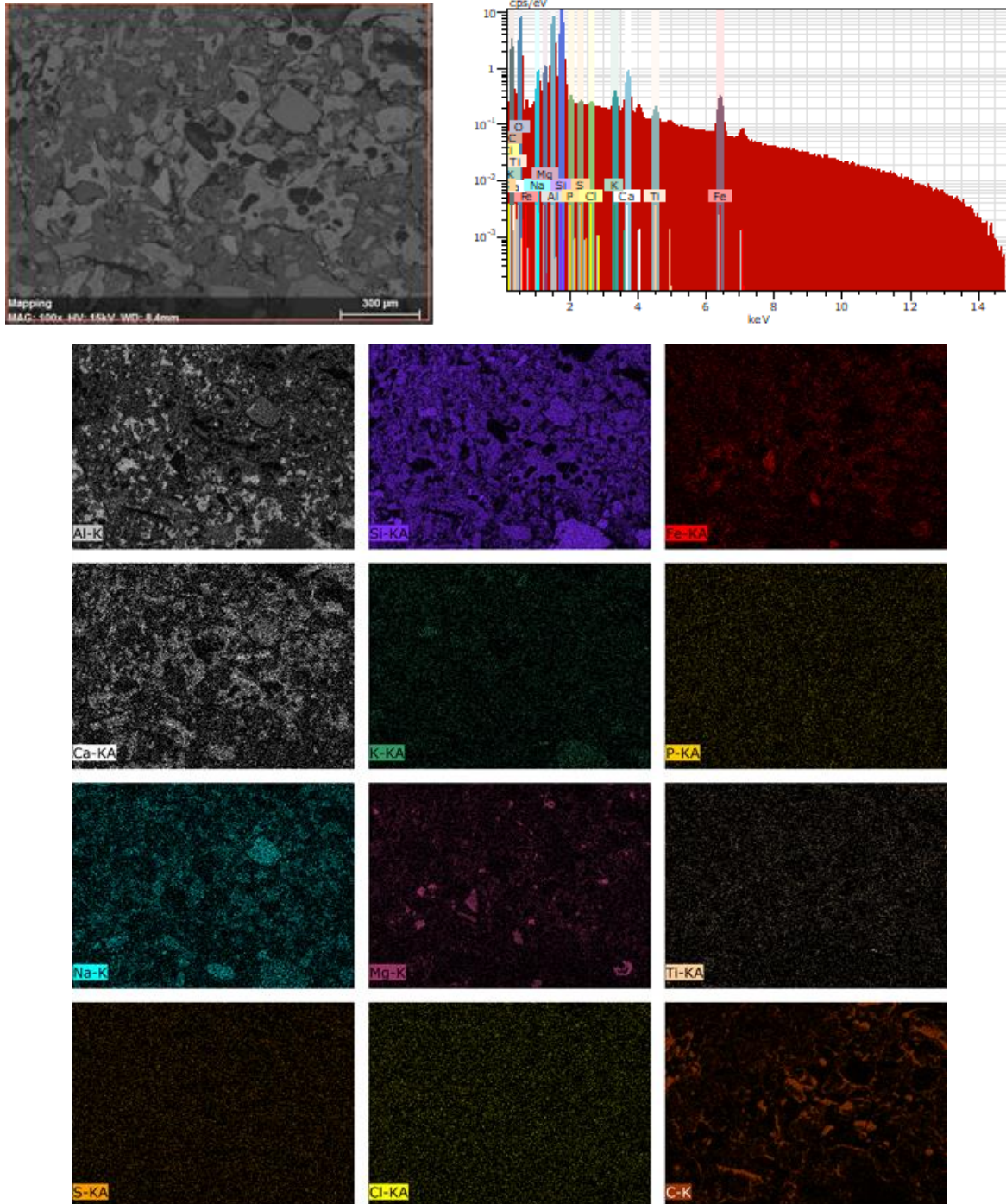




MAPA 22 Imagen de alta resolución 60x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro bloque pulido.

En esta área analizada del firme, se observa que los materiales que lo conforman tiene una alta concentración de Si, Na, Al y Ca. Todos estos elementos son componentes presentes en los aluminosilicatos, que son muy comunes dentro de los sedimentos. Al parecer también ha presencia de algunos feldespatos potásicos y algunas plagioclasas. Así como, algunas partículas de Fe y Mg, que puede tratarse silicatos ferromagnesiano, como el Olivino que es un mineral presente

comúnmente en las rocas ígneas, y por lo tanto en los sedimentos volcánicos. Algunos de estos fragmentos pueden ser escoria volcánica, el cual también ha sido identificado en los análisis micromorfológicos que se describe en el siguiente capítulo.

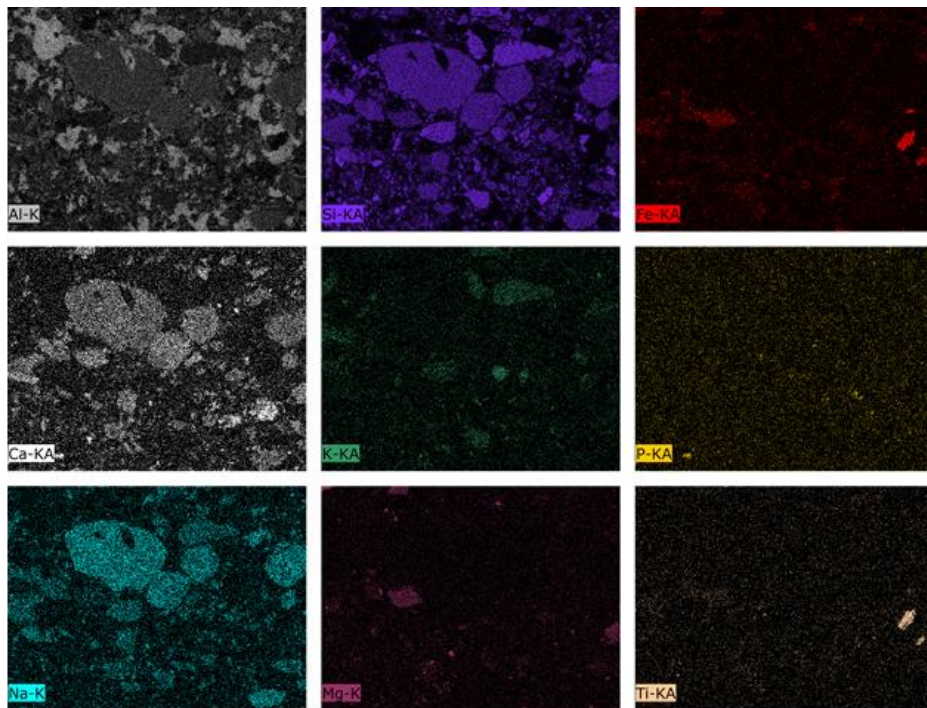
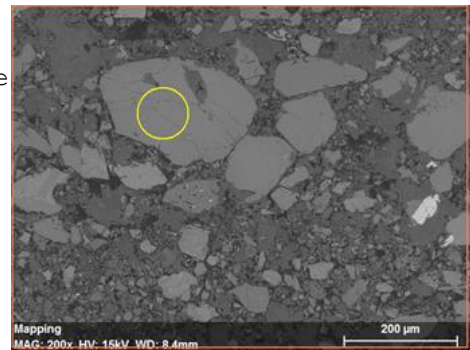


MAPA 23 Imagen de alta resolución 100x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro bloque pulido.



En muchos de los casos los análisis muestran materiales que son complejos y por lo tanto, difíciles de identificar. Tal es el caso del ejemplo a continuación donde se ven fragmentos definidos de un material con alto contenido de Sí, Na y Ca, este último en menor cantidad, por lo que podría tratarse de un tipo de vidrio o roca caliza con un alto contenido de sílice y sodio. También se observan partículas de ferrotitanio y una material con alto contenido de Si, Na y k, este es complejo de identificar debido a que la mayoría de los minerales que presentan esta composición química también contienen aluminio y este no tiene nada de aluminio, así que no fue posible identificar que mineral es.

Element	AN	Series	Net un.	C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Oxygen	8	K-series	6679	41.00	59.67	5.1
Silicon	14	K-series	14745	19.56	16.22	0.8
Carbon	6	K-series	472	8.18	15.87	1.6
Calcium	20	K-series	2063	5.21	3.03	0.2
Sodium	11	K-series	1991	4.84	4.91	0.3
Potassium	19	K-series	111	0.23	0.13	0.0
Magnesium	12	K-series	87	0.16	0.15	0.0
Iron	26	K-series	11	0.07	0.03	0.0
Total:			79.27	100.00		



MAPA 23a Imagen de alta resolución 200x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro bloque pulido.

c) Difracción de rayos X (XRD).

Los resultados de la identificación mineralógica que se obtiene con esta metodología fueron realmente sobresalientes sobre todo para el Piso Blanco y el Piso Rojo. Pero en el caso del Piso Negro se presentaron muchos problemas debido a la heterogeneidad de material (incluso en las muestras en polvo) y la rugosidad de la superficie. Debido a estos factores, las mediciones presentan una gran cantidad de fluorescencia emitida, la cual generó mucho ruido en los difractogramas. Por ello fue muy complicado hacer la identificación de las fases cristalinas de los materiales presentes. También, en los análisis de las muestras que no estaban en polvo se puede tener orientación preferencial de las partículas, dificultado la identificación de las fases cristalinas de los minerales presentes. (Aguilar- Melo, 2014:99)

Dentro de las fases cristalinas que se identificaron se encuentra, al igual que con los pisos anteriores, calcita en el enlucido. Se trata de calcita magnesiana que posiblemente sea una dolomita pero no hay certeza de los porcentajes de los elementos que la conforman, por ello, no se puede afirmar. Incluso identificar la fase cristalina de la calcita fue complicado, debido a la fluorescencia.

Los difractogramas del firme presentaron mucha más fluorescencia, lo que hizo muy compleja la identificación de los materiales que componen esta matriz. Debido a la irregularidad de la superficie de este, se tomaron algunos fragmentos y se molieron con la finalidad de obtener difractogramas más claros y podíamos evitar la orientación preferencial que es común en muestras sin moler. El resultado no fue el esperado, incluso incrementamos el tiempo de análisis de 3600 a 5400s y 7200s, la fluorescencia siguió metiendo mucho ruido en las mediciones.

En cuanto a los agregados, tanto del enlucido deteriorado y del firme, no se logró hacer ninguna identificación de algún material en particular, aunque se identificaron algunos minerales. Los minerales identificados indican de la presencia de aluminosilicatos que se encuentran de forma natural en el sedimento utilizado para elaborar el argamasa del firme. Y para este caso, es complicado diferenciar entre los agregados antrópicos y los que son parte del sedimento.

Tanto los difractogramas del enlucido y el firme tiene una gran cantidad de fluorescencia en comparación con los obtenidos de los otros dos pisos. Sin embargo, es claro como hay una mayor cantidad de fluorescencia registrada en los análisis realizados al firme. Debido a este problema los picos de los elementos son difíciles de observar y dificulta la interpretación con cualquiera de ambos programas.

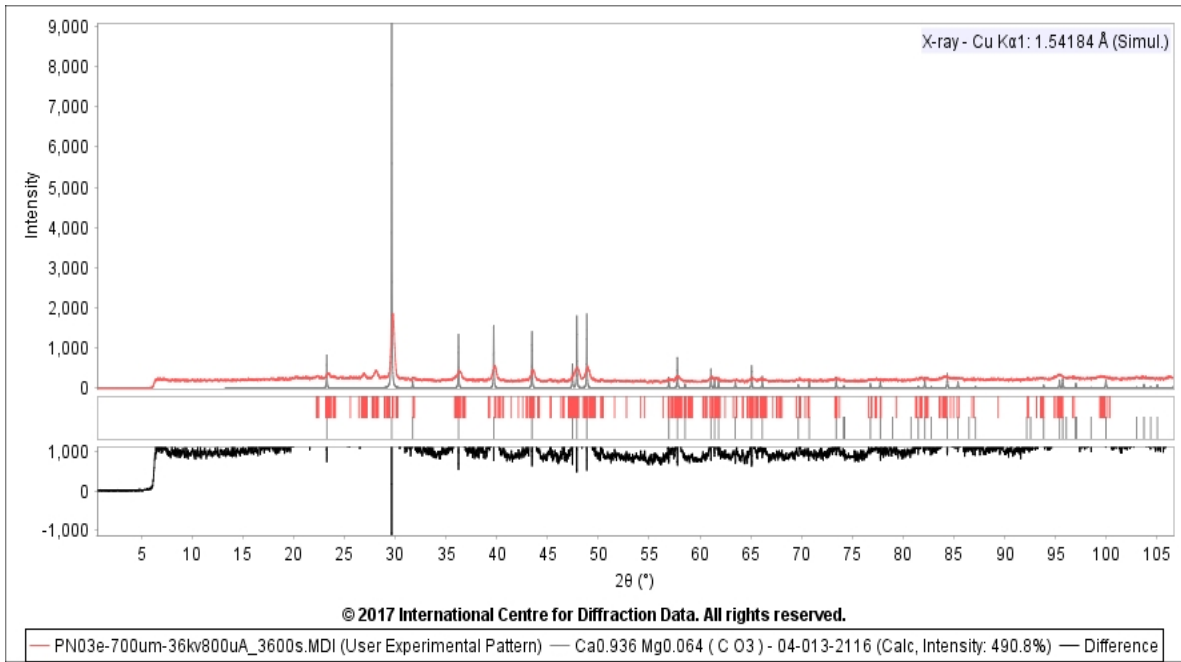
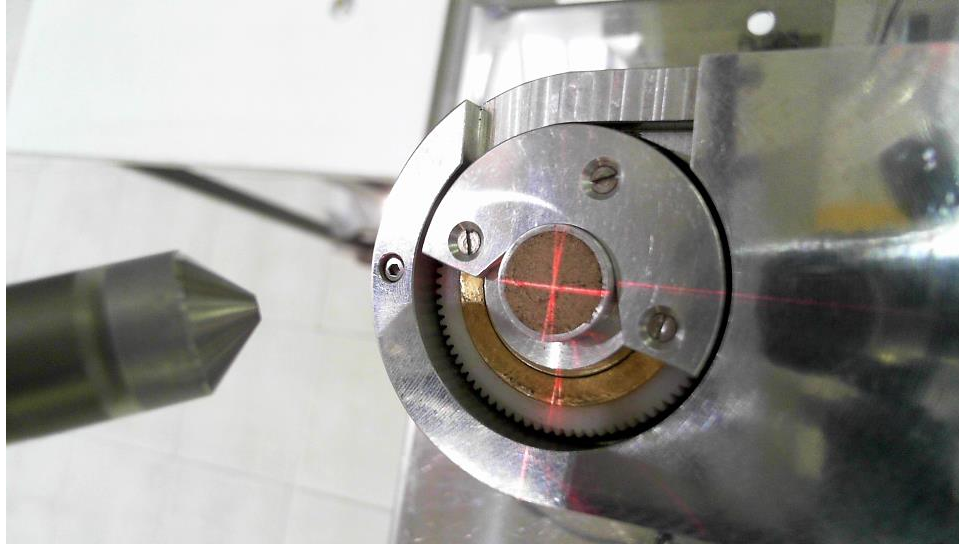
A continuación se presenta la tabla 9, en la cual se tienen los resultados generales obtenidos tanto con PDF2 como con PDF4. Dentro de los resultados más sobresalientes está la identificación de fase cristalina del Ca y algunos otros minerales comúnmente presentes en rocas y sedimentos. Los espacios en blanco de la identificación con PDF2 son porque no se pudo identificar ninguna fase cristalina debido a la fluorescencia presente en el difractograma. Aunque se tuvo menos tiempo para revisar los difractogramas con PDF4 se obtuvieron resultados más precisos que con el PDF2.

<b>No. de Muestra</b>	<b>Identificación PDF2</b>	<b>Identificación PDF4</b>
PN01f	-	Sodio (Na)/ Magn Albita/ Cromita
PN02e	-	Calcita Magnesiana- Dolomita
PN02e_2	Anortita/ Leucita/ Piroxeno/ Calcita/ Magnetita/ Microclina	Calcita/ K, Na, Al, Si (Silicatos/Feldespatos)/ (microclina/ albita/ anortita/ pyroxeno)
PN02f	Cuarzo/ Anortita/ Óxido de Hierro- Magnetita/ Cristobalita/ Albita/	Calcita/ Na, Al, Si, O (Silicatos/ Feldespatos)/ Albita/ Anortita
PN03_ mat. amarillo	-	(Na, Ca) Al (Si, Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
PN03e	-	Calcita Magnesiana- Dolomita
PN03f	-	Na (Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )/ posible Lingunita del grupo de los feldespatos.

TABLA 9 resultados generales de XRD del Piso Negro.

#### Muestra PN03e/ Enlucido Molido

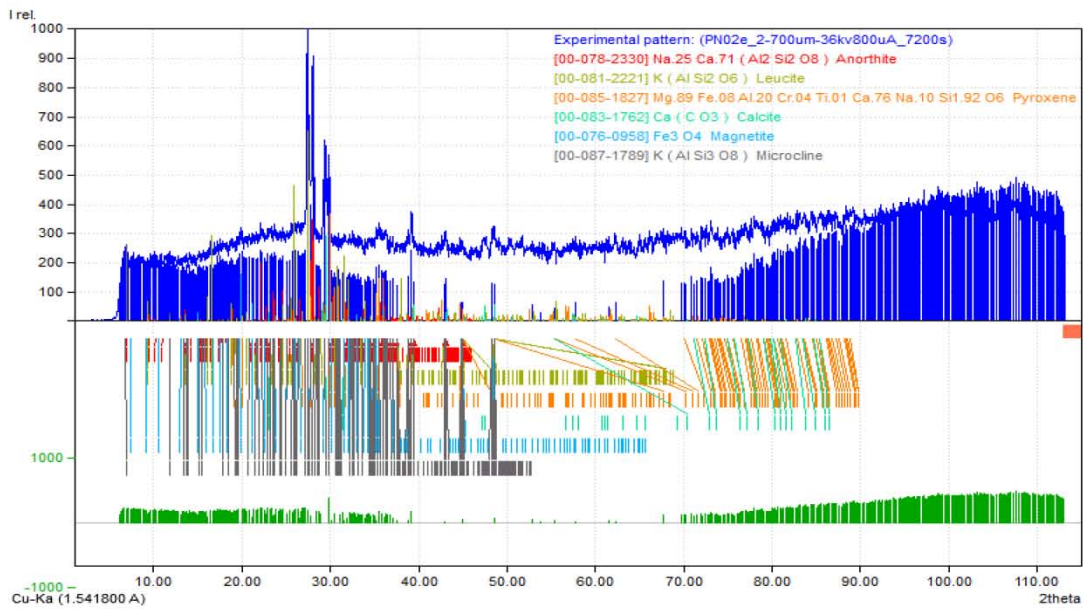
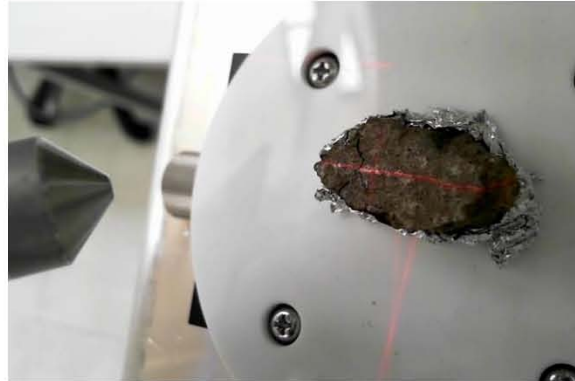
Esta es la única muestra de enlucido presente en una de las muestras del Piso Negro. Se decidió moler la muestra, después de haber terminado con los demás procesamientos, sólo faltaban los análisis con FTIR y en este caso también se utiliza la muestra en polvo. Se pudo observar la reducción de fluorescencia en esta muestra, seguramente debido a que la muestra está en polvo pero también puede ser gracias a los materiales de los que está compuesto el enlucido.



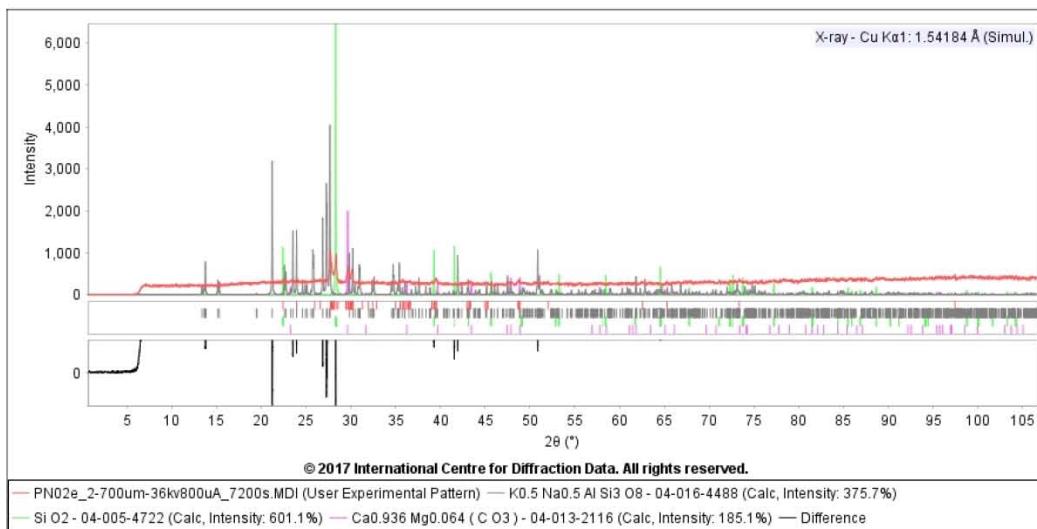
GRÁFICA 27 Difractograma PDF4, muestra PN03e/ Enlucido molido.



Muestra PN02e\_2/ Fragmento de enlucido en el bloque.



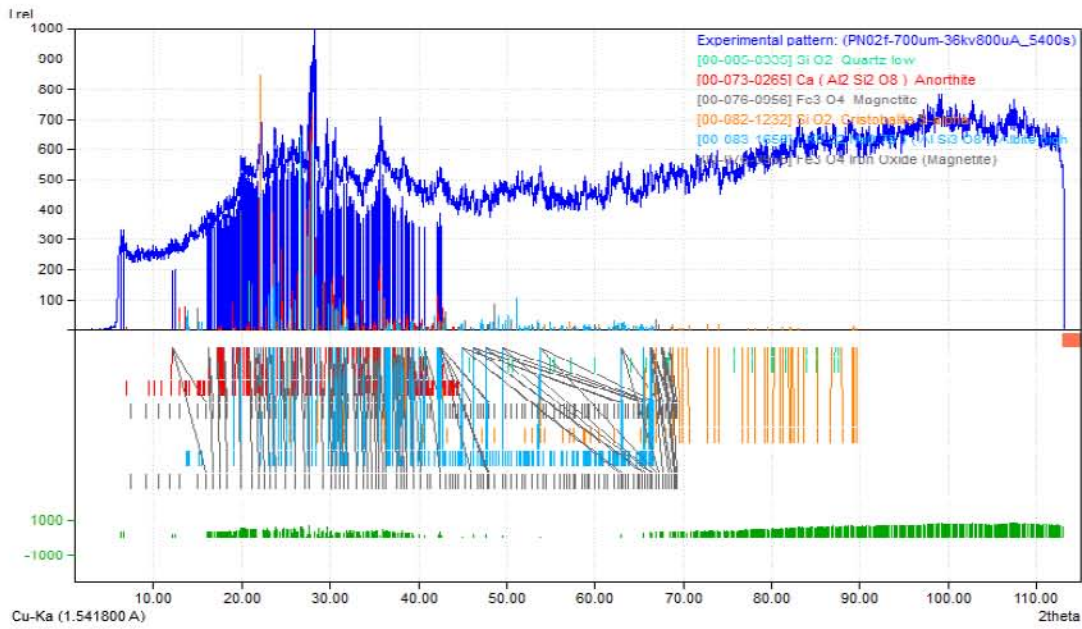
PDF2



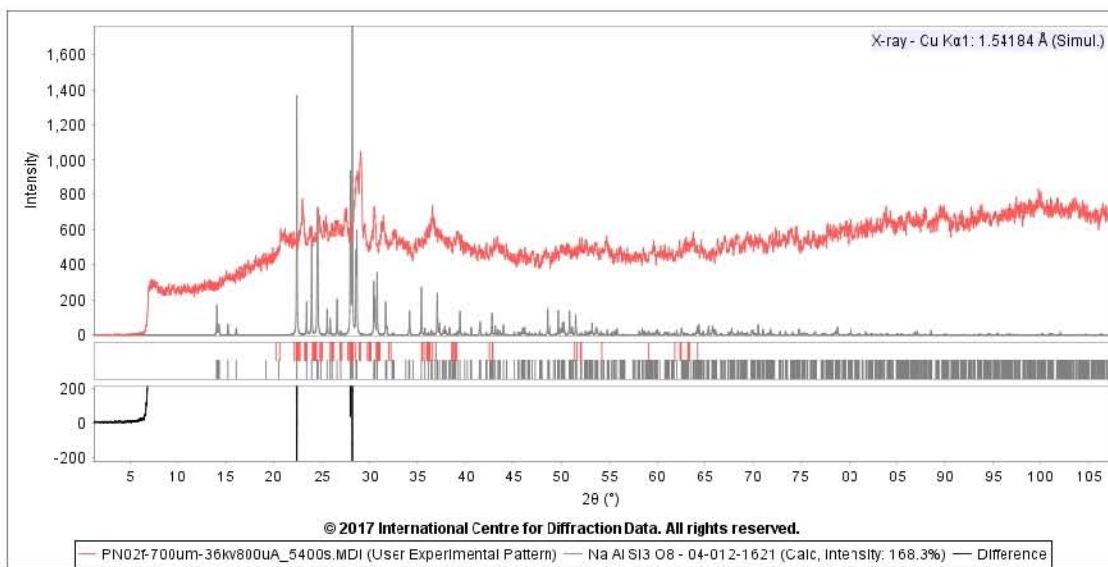
PDF4

GRÁFICA 28 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PN02e/ fragmento en bloque.

Muestra PN02/ Firme molido



PDF2



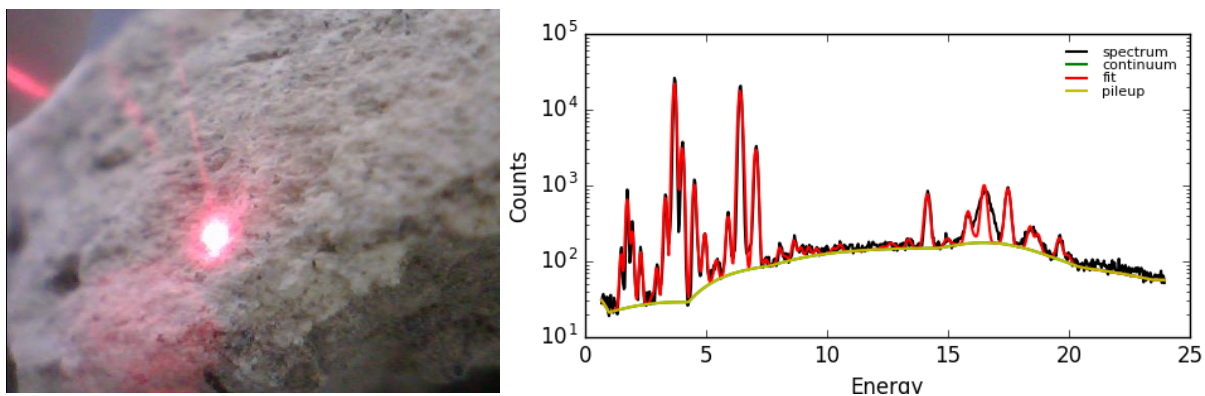
PDF4

GRÁFICA 29 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PN02/ Firme molido.

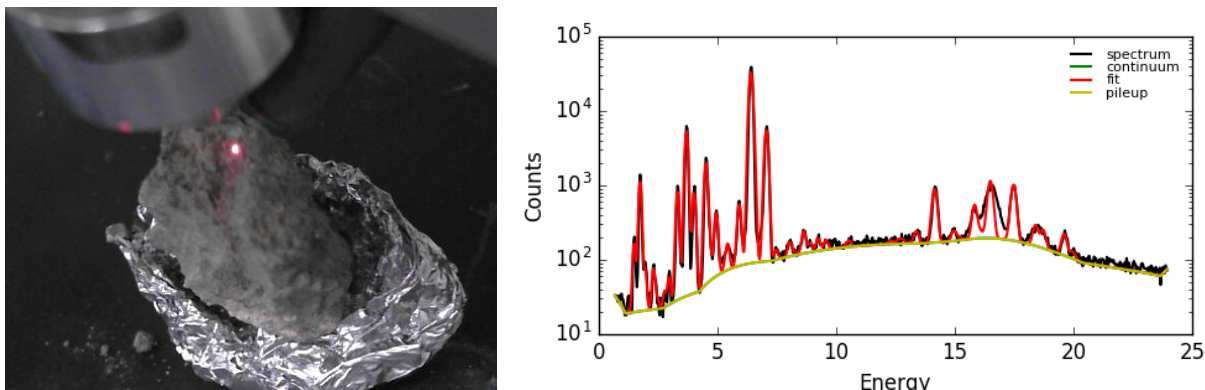
d) Fluorescencia de rayo X (XRF).

Se analizaron las mismas muestras que se revisaron en el microscopio petrográfico: PN01, PN02 y PN03. Se seleccionaron sólo estas muestras debido a que tenían el mejor estado de conservación y presentan rastros del enlucido o una superficie alisada relativamente homogénea que facilita el estudio con XRF. Aunque el firme no cuenta con estas características, se le hicieron análisis en algunas áreas.

Tanto el firme y su superficie alisada mostraron, los mismos resultados elementales y similitud en las proporciones, esto es de esperarse porque se tiene el mismo elemento (en la estructura del piso) sólo que el alisado es la superficie del firme que fue trabajado para dar homogeneidad a la misma. En el caso del enlucido de cal, contiene los mismos elementos que el firme pero lo que cambia es la proporción de estos. Esta capa tiene una mayor cantidad de Ca. Los resultados obtenidos muestran una mezcla entre el enlucido y el firme, debido al rango de penetración de análisis del spot (haz de rayos X) y al diámetro del mismo. Y debido a lo deteriorado del enlucido es fácil cubrir, dentro del análisis, áreas de la superficie que contengan únicamente enlucido.



GRÁFICA 30 Imagen tomada con el microscopio integrado al equipo SANDRA y el espectro obtenido.



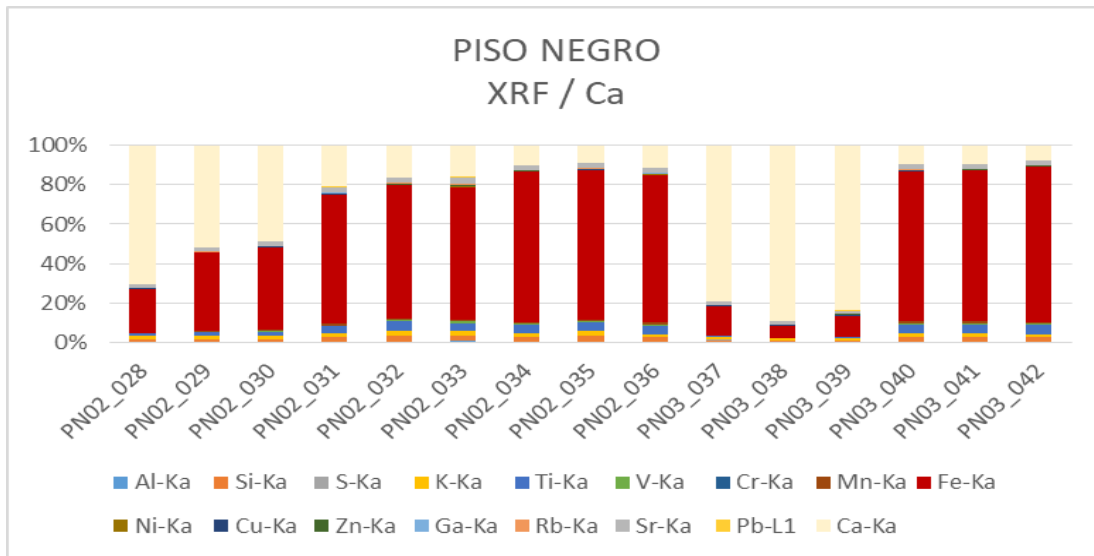
GRÁFICA 31 Imagen tomada con la cámara integrada al equipo SANDRA y el espectro obtenido.

Se debe tomar en cuenta, como ya he mencionado, que debido al diámetro de análisis del spot (haz de rayos X) los resultados de la superficie analizada, sobre todo en el caso del enlucido, están combinados con los de la superficie alisada del firme. Aun así, los resultados muestran que el enlucido tiene una proporción mucho mayor de Ca con respecto a los demás elementos presentes. Una vez normalizados los demás elementos con respecto al calcio<sup>21</sup>, se observa que el enlucido contiene una mayor cantidad de Si, K, Ti, Cu y Sr, que el firme. Y, sin contar el Ca, el elemento con mayor presencia es el Fe. En el caso del hierro presente en el enlucido puede tratarse de la lectura en conjunto del estuco (deteriorado) y el alisado del firme; y no a la presencia de Fe como parte del pigmento, el cual sólo lo se ha observado en los análisis microscópicos. La alta cantidad de Fe, Si, K, Ti y Sr puede deberse a que son elementos presentes en los minerales presentes en las arcillas, en este caso, la arcilla utilizada para elaborar la argamasa del firme. Y la poca proporción de calcio presente puede ser la que se encuentra de forma natural en los suelos arcillosos, aunque también podría ser un material agregado. Más adelante, en la síntesis de este piso, se habla sobre la hipótesis de porque el calcio puede ser un indicador de algún elemento agregado al firme.

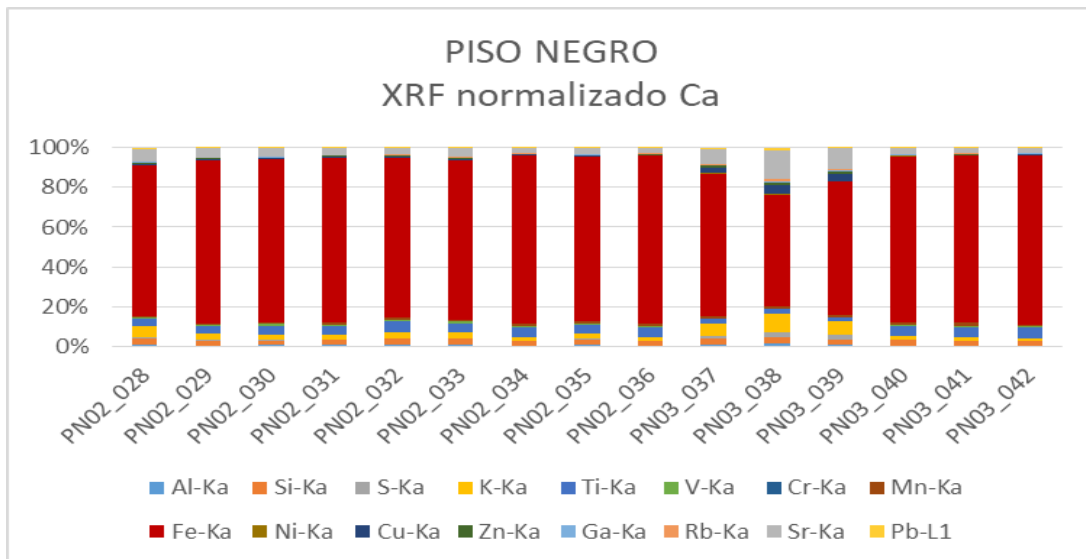
En las gráficas 32 y 33, se observan las diferencias entre los elementos presentes en el firme y el enlucido, como ya se ha mencionado la diferencia más clara la tenemos en la proporción de calcio. Y desde la primera grafica vemos que el hierro también es otro elemento que muestra estas diferencias, de forma opuesta, ya que la mayor proporción la tenemos en el firme. Este elemento puede ser el indicador de que el sedimento utilizado para la matriz se trate de un Andosol, rico en

<sup>21</sup> Debido a la alta concentración de este elemento no se podía apreciar bien las proporciones de los demás elementos presentes en la capa.

hierro. Aunque no es un suelo característico de la edafología del lugar, en el actual Estado de México más del 20 % del suelo es de este tipo; así que, no sería difícil su transportación de yacimientos cercanos. Los andosoles son suelos oscuros, con alto contenido de material volcánico como vidrio, ceniza y otros materiales provenientes de eyecciones volcánicas, por ello también su alto contenido de Si. Los materiales que caracterizan este suelo también las observamos en los análisis micromorfológicos realizados al Piso Negro y de los cuales hablamos más adelante.



GRÁFICA 32 elementos químicos mayoritarios, incluyendo el calcio.



GRÁFICA 33 elementos normalizados con respecto al calcio.



### Síntesis Piso Negro.

El piso Negro es el más conocido en Teotihuacan, en varios sectores que han sido excavados y estudiados arqueológicamente se ha identificado este piso, el cual ha sido llamado *concreto teotihuacano*, debido a resistencia y dureza que presenta. Este piso está relacionado con la 4ª etapa constructiva, que se ha dicho que es, la ampliación del edificio 9.N3E1<sup>22</sup>. Se sabe gracias a las dataciones absolutas obtenidas en esta investigación, que el Piso Negro tuvo una posible ocupación de 200 a 250 años, tomando en cuenta que su construcción está ubicada hacia el 350 d. C. aproximadamente y que el gran incendio, que también está presente en el centro de la Plaza, está situado para el 550 d. C.

Los resultados de los análisis físicos del Piso Negro muestran que la matriz del firme está posiblemente hecha de un suelo volcánico arcilloso, del cual seguramente se tenían yacimientos en el área o muy cercanos a la gran urbe. Ya que la composición edáfica de la zona corresponde a suelos volcánicos. Por lo tanto, se propone que la matriz del firme está compuesta, principalmente por un andosol (con alto contenido de arcillas), que este por sí mismo es altamente adhesivo y, como resultado se tiene un argamasa altamente cohesionado y resistente, en términos generales. Se conoce que la cal, hasta hoy en día, es un aditivo que se integra con facilidad a sedimentos finos, da volumen, produce adherencia entre las partículas y puede ayudar al secado de sedimentos húmedos. Se han reportado casos de sedimentos cementados de forma natural debido al contenido de carbonatos de calcio. (López- Ávila, et. al., 2004:1) La presencia de Ca en el interior del firme quizá se deba a la filtración de los carbonatos de calcio dentro de la matriz de la argamasa, aunque el suelo parece tener un alto contenido de arcillas y estas no son porosas, los carbonatos pueden filtrarse gracias a los agregados de material volcánico y otros, que están presentes en el argamasa y que hacen que sea un poco más poroso. Lo arcilloso del suelo puede ser el factor principal por el cual el firme del piso está tan bien consolidado; aunque también creemos que se empleaba algún tipo de Aditivo orgánico orgánico para su consolidación pero aún no se tienen los datos necesarios para confirmar esta hipótesis.

Con estos análisis ha sido muy complicado diferenciar entre los materiales que están presente de forma natural en el suelo (utilizado para elaborar el argamasa del firme) y aquellos que

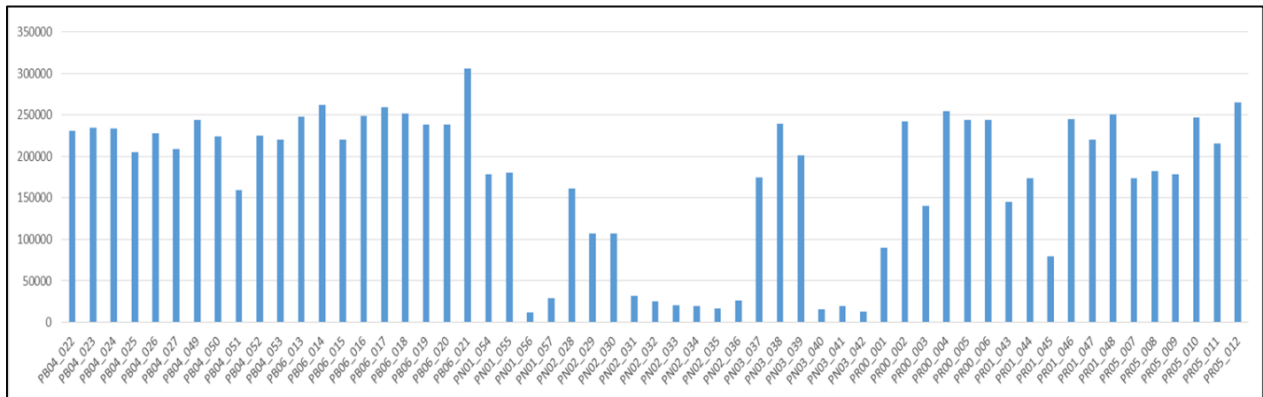
---

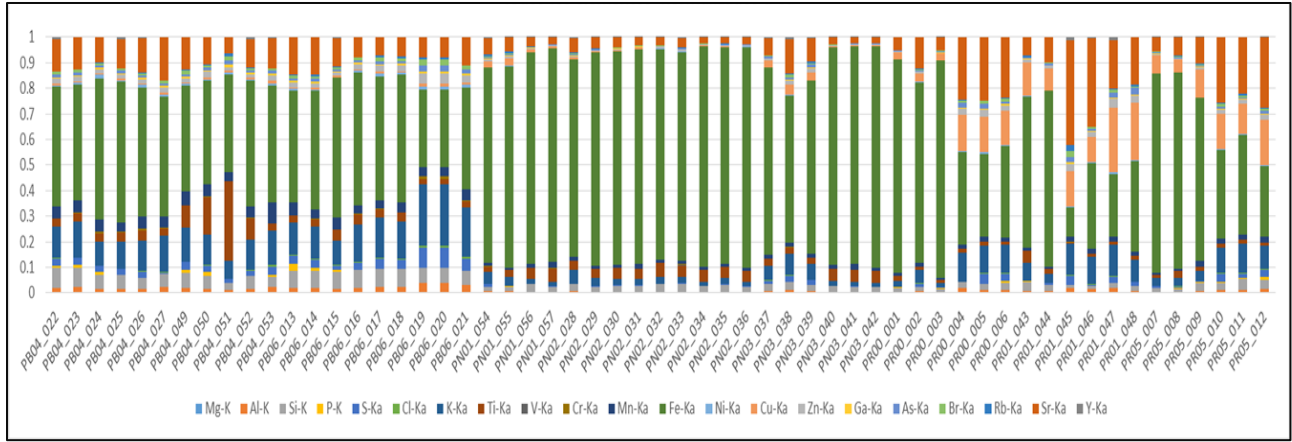
<sup>22</sup> Aunque nosotros sólo excavamos el sector de la fachada N, nuestra hipótesis indica que se hizo una ampliación total del edificio 9 y el edificio 11, así como la ampliación de las fachadas de la plataforma adosada a la Pirámide del Sol.

fueron agregados antropogénicamente, ya fuera para dar alguna característica física al piso o por algún valor cultural. En este caso, los análisis micromorfológicos son un gran complemento, ya que permite observar algunas diferencias entre los diferentes minerales y la forma en la que estos están integrados en el piso.

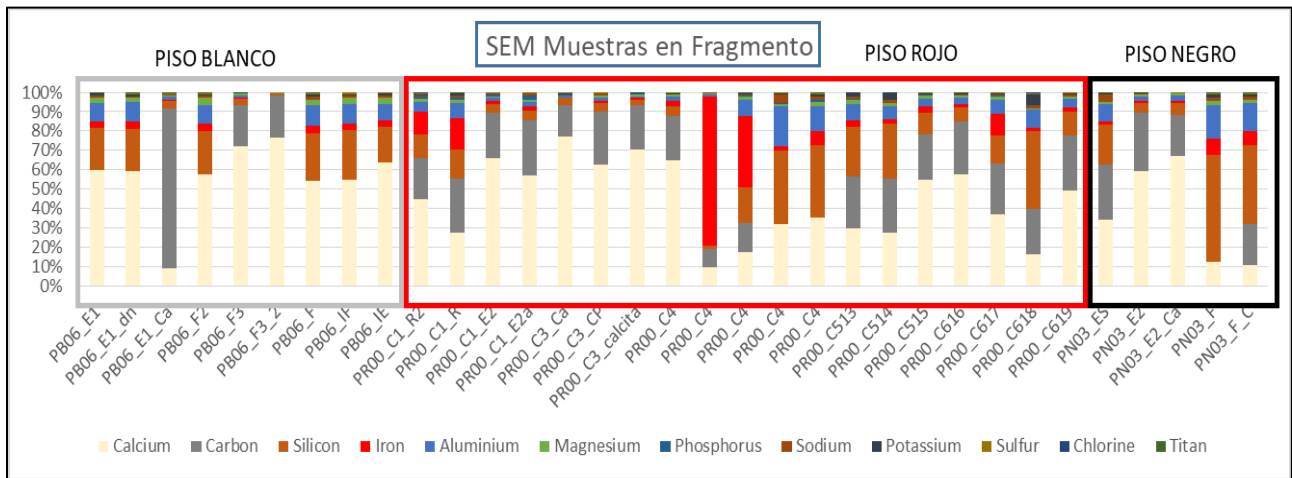
Sin duda aún falta mucho por conocer de este piso, y hay muchos más análisis que pueden ser aplicados para conocer mejor su composición. De hecho en algunos casos, como en los estudios de XRD o SEM, sería importante profundizar mucho más en los análisis y realizar un mayor número de lecturas para conocer con mayor detalle los componentes presentes en el piso, de tal forma que se puedan determinar los minerales presentes en el sedimento, los diferentes materiales que conforman la carga y ver las proporciones de estos. Con la finalidad de poder reproducir estos materiales sobre todo para su uso en la restauración de las diferentes construcciones de este sitio.

A continuación se presentan algunos gráficos comparativos entre los tres pisos, con los resultados de XRF y SEM. Estas gráficas permiten observar las similitudes y diferencias entre los elementos presentes en cada piso o en cada tipo de muestra, como en el caso de los análisis de microscopía electrónica de barrido. Todos estos resultados se han descrito a detalle en este capítulo, y sólo se presentan las gráficas como un recurso visual comparativo. Así como, la tabla general de resultados de XRD con las bases de datos PDF2 y PDF4.

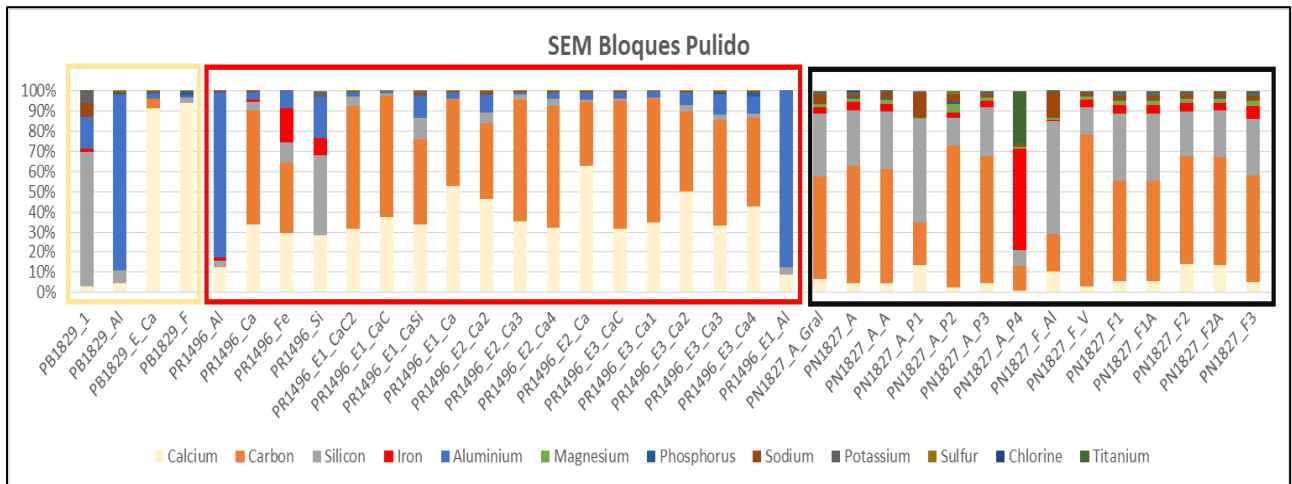




GRÁFICA 35 XRF Gráfica de elementos mayoritarios normalizados con Ca.



GRÁFICA 36 SEM comparación de resultados de los tres pisos/ muestras sin procesar.



GRÁFICA 37 SEM Comparación de resultados de los tres pisos/ muestras impregnadas.

No. de Muestra	Identificación PDF2	Identificación PDF4
PB01_test1	Calcita/ Albita/ Boggista/ Cuarzo	Calcita
PB01_test2	Calcita/ Montmorillonita/ Augita	Calcita Magnésica- Dolomita
PB03_test1	Calcita magnésica- Dolomita/Piroxeno/ Anortita/ Montmorillonita/ Caolinita	Calcita Magnésica- Dolomita
PB03_test2	Calcita magnésica- Dolomita/ Albita/ Montmorillonita/ Anortita	Calcita Magnésica- Dolomita
PB06_a1	Calcita/ Boggista/ Cordierita/ Calcita Magnésica/ Clinopyroxeno	Calcita
PB06_a2	Calcita/ Anortita/ Ortoclasa	Calcita
PR00_capa 1	Calcita/ Ortopyroxeno/ Moganita/ Hematita	Calcita Magnésica- Dolomita
PR00_capa 2	Piroxeno/ Calcita/ Montmorillonita/ Hematita	Calcita
PR00_capa 3	Calcita magnésica- Dolomita/ Calcita/ Cuarzo/ Hematita	Calcita Magnésica- Dolomita/ Cinabrio
PR00_capa 4	Calcita/ Anortita/ Tridimita/ Cuarzo	Calcita Magnésica- Dolomita
PR00_capa 5	Calcita/ Boggista/ Anortita/ Albita/ Cuarzo	Calcita Magnésica- Dolomita
PR00_capa 6	-	Calcita Magnésica
PR01_capa1	Calcita/ Clinopyroxeno/ Hematita/ Caolinita/ Cinabrio	Calcita
PR01_capa 2	Calcita/ Anortita/ Lizardita/ Cinabrio/ Hematita/ Cristobalita	Calcita
PR01 EB_capa2	-	Calcita
PR05 EB_base	Calcita/ Ortoclasa/ Clinopyroxeno/ Microlina/ Óxido de hierro- Ilmenorutilo	-
PR05_capa 1	-	Calcita/ Aluminio
PR05_capa 2	Calcita/ Albita/ Caolinita/ Hematita	Calcita
PR05_capa 3	Calcita/ Hematita	Calcita
PN01f	-	Sodio (Na)
PN02e	-	Calcita Magnésica- Dolomita
PN02e_2	Anortita/ Leucita/ Piroxeno/ Calcita/ Magnetita/ Microclina	Calcita/ K, Na, Al, Si (Silicatos/Feldespatos)
PN02f	Cuarzo/ Anortita/ Óxido de Hierro- Magnetita/ Cristobalita/ Albita/	Calcita/ Na, Al, Si, O (Silicatos/ Feldespatos)
PN03_mat. amarillo		(Na, Ca) Al (Si, Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
PN03e	-	Calcita Magnésica- Dolomita
PN03f	-	Na (Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )/ posible Lingunita del grupo de los feldespatos.

TABLA 10 XRD Tabla comparativa de resultados con PDF2 y PDF4.

# **CAPÍTULO V. IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS Y AVANCES TECNOLÓGICOS. RESULTADOS.**

En este capítulo se describen los resultados que obtenido con los análisis de infrarrojo, que es una técnica física, y con los análisis de petrográficos de los pisos, que es una metodología geológica. En ambos casos, estos estudios fueron realizados para identificar algunos de los procesos tecnológicos que intervinieron en la elaboración de los tres pisos teotihuacanos, de la Plaza de la Pirámide del Sol. Con la espectroscopia infrarroja se observó el grado de calcinación de los carbonatos, con la finalidad de conocer parte del proceso de producción de la cal, material muy utilizado en Mesoamérica (Barba et al. 1999, et al. 2014; Magaloni, 1996; Hueda, 2004; Villaseñor, 2011), específicamente en Teotihuacan, ha sido un material ampliamente usado en las diferentes fases constructivas en casi todos los sectores del sitio.

En el caso de los análisis micromorfológicos, estos se hicieron con la finalidad de identificar algunos de los materiales utilizados. A su vez, observar de manera más detallada los



diferentes estratos que componen cada uno de los pisos, así como la forma en la que estos fueron contruidos.

*V.1 Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) con Reflectancia total atenuada (ATR). Metodología para determinar el grado de calcinación de los carbonatos.*

Como se explica en el capítulo II, la microscopía infrarroja es una técnica micro destructiva que se ha utilizado ampliamente en los análisis de patrimonio cultural, especialmente cuando sólo se cuenta con una pequeña muestra (Prati et al, 2010:792). Esta metodología es aplicada en materiales orgánicos e inorgánicos, es rápida y puede realizarse in situ (Weiner 1990, en Chu et al., 2008:906). Aunque puede no ser destructiva, para este estudio se decidió tomar una pequeña porción de muestra de 25 estratos entre firmes y enlucidos, de los tres pisos. En el caso del Piso rojo fueron desprendidas varias de las capas para analizarlas por separado, aunque con algunas excepciones en las que no fue posible separa la capa de pigmento rojo del estuco, en esos casos se hicieron polvo en conjunto.

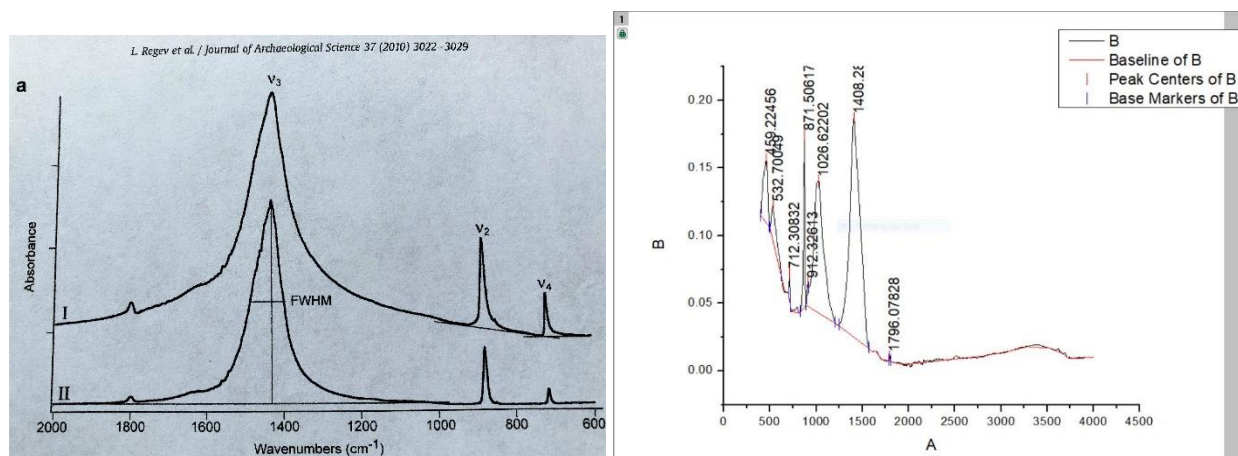
Se utilizó esta técnica empleando la propuesta metodológica creada por Chu (2008) con la cual es posible diferenciar entre calcita natural<sup>1</sup> o geológica, y aquella han sido transformados gracias a la exposición a altas temperaturas (observando el grado de calcinación de los carbonatos) o calcita antropogénica. La cual ha sido aplicada en el estudio de materiales mesoamericanos, especialmente en estucos y argamasas de área Maya. Un ejemplo de esto es el trabajo realizado por Ortiz Ruiz (2014) donde analiza estucos y materiales de hornos. Se analizan estos materiales para buscar las diferencias de temperatura al interior de los hornos y, también, diferenciar entre estucos y calcitas naturales (geológicas), con resultados sobresalientes. Actualmente se continúa trabajando acerca de la identificación del uso de la pirotecnología en sociedades antiguas, particularmente en sitios de la península de Yucatán, mediante el desarrollo de metodologías analíticas.

Ortiz Ruiz (2014) sintetiza los resultados de Chu (2008) en una tabla donde se observan los valores que se obtienen de la relación entre  $v^2/v^4$ , que muestran el grado de temperatura al que fueron sometidos los carbonatos. El tamaño del radio está directamente relacionado con el grado

---

<sup>1</sup> Utilizamos los términos de calcita empleados por Chu 2008

de temperatura, mientras mayor es este, mayor fue la temperatura a la que fue expuesta la calcita<sup>2</sup>. Aun cuando es posible observar similitudes de los valores entre algunos materiales, también se distinguen diferencias. Por ejemplo, los tres pisos que se analizaron no son modernos, así que es posible descartar los resultados obtenidos para estucos modernos. También gracias a los demás análisis realizados se tiene información acerca de la heterogeneidad del material y se ha podido descartar o diferenciar las mediciones (picos) de otros minerales. La metodología de Chu (2008) ha sido probada en materiales calcáreos, los cuales no tienen agregados o al menos no se ven representados en los espectros. Esto es muy diferente, ya que las argamasas elaboradas para construir los pisos son heterogéneas. La diversidad en los materiales que los componen hace que los espectros muestren una gran cantidad de picos relacionados con todos los minerales presentes en los diferentes materiales. Aunque los picos de la calcita fueron claramente reconocibles, los espectros presentaron algunas dificultades sobre todo para trazar la línea base. Y aunque se marcaron los picos más sobresalientes, para la base de datos de esta metodología únicamente se utilizaron los valores de  $v^2$ ,  $v^4$  y  $v^3$ .



GRÁFICA 38 Izq. Espectro de Calcita (Ragev, 2010) Dcha. Espectro del Piso Rojo, estrato rojo, PR01\_R.

A continuación se presenta la tabla (11) de referencia de los valores de la relación entre de  $v^2/v^4$ , en la cual se observan los rangos determinados para los diferentes materiales analizados durante en estudio de Chu (2008).

<sup>2</sup> Aunque también esto depende de la cantidad de tiempo expuesto a una cierta temperatura. No sólo el grado de temperatura, sino el tiempo de exposición a esta.

Valores	Material	Temperatura	Observaciones
0- 3.0	Calcita geogénica	Ambiente	
4.0	Ceniza	$\pm 700$	
3.5- 5.0	Calcitas parcialmente calcinadas	$\pm 700$	
5.4- 7.5	Calcitas calcinadas	$\pm 800$	
3.0- 4.0	Argamasa		Expuesto al ambiente
4.5- 6.0	Argamasa		Protegido o enterrado
3.0- 6.0	Estuco Arqueológico		
5.8- 7.2	Estuco Moderno		

TABLA 11 Diferenciación entre calcitas naturales y antropogénica, Chu et al. 2008 (Ortiz Ruiz, 2014:77)

Los resultados obtenidos para el Piso Blanco se encuentran entre 3.3 y 4.7, aunque sólo se hicieron análisis de 4 muestras, se observa la similitud y que el radio se encuentra en el rango de 3.4. Así como, la similitud entre los valores de las diferentes muestras de firme analizadas que se sitúan por encima del rango entre calcita geogénica y, entra dentro de las calcitas parcialmente calcinadas. En cambio, el enlucido tiene un valor mayor el cual entra dentro de las calcitas parcialmente calcinadas. Esto puede mostrarnos dos cosas: que ya existe el conocimiento tecnológico acerca de la quema de la calcita para la obtención de cal pero aun se encuentra, la tecnología, en sus primeras etapas por lo tanto no hay un control de la temperatura. O, que el enlucido está mezclado con alguna arcilla que contiene algún material el cual altera la lectura de los valores de  $v^2$  y  $v^4$ . El hecho de tener calcitas parcialmente calcinadas a  $\pm 700$  grados, es un indicador del conocimiento tecnológico de la quema de la materia prima (Barba et al. 1999; Ortiz Ruiz, 2014; Murakami, 2010 y 2016), para la obtención de la cal. Lo que también implica, el conocimiento del uso de este material en el ámbito constructivo.

Si este fuera el caso y el Piso Blanco está elaborado con una cal mal quemada, producto de la quema incipiente de la calcita. Estamos hablando de un uso muy temprano de la cal en Teotihuacan. Ya que, como hemos visto, el Piso Blanco pertenece a la primera fase constructiva del Conjunto Pirámide del Sol, que es parte de las primeras construcciones del sitio. Al tener una cal incipientemente calcinada, se puede suponer que aunque existe el conocimiento tecnológico para quemar calcita natural y transformarla en cal, no existe la tecnología necesaria para controlar la temperatura. Esto puede estar relacionada con la cantidad de combustible disponible, madera para la combustión o la falta de hornos en los que se puede controlar mejor la temperatura sin gastar tanto combustible, como en el caso de la quema en piras de leña. (Barba et al. 1999)

El Piso Rojo muestra valores del radio entre el 4.3 y el 6.2, tenemos dos valores arriba de 8 que corresponden a una lectura del pigmento rojo<sup>3</sup> y la otra de un sedimento que se encontraba entre dos capas, por lo tanto estos valores no los consideramos debido a que la lectura del grado de calcinación de la calcita seguramente se encuentra enriquecida por la presencia de otros minerales. Los valores generales de las capas de *estuco*<sup>4</sup> nos indican que este piso tiene carbonatos calcinados y otros, parcialmente calcinados.

La muestra PR00, que era una de las pocas que contiene el total de los estratos que conformaban el Piso Rojo, presenta en sus resultados un incremento en la temperatura cuando comparamos las primeras capas con las últimas. Aunque la diferencia es mínima también la podemos apreciar en las otras muestras de este piso pero como estas no tienen el total de los estratos que componen el Piso Rojo, es difícil relacionar las capas entre las muestras. Aun así, sí tomamos en los resultados de PR00, podemos suponer que el aumento en la calcinación de los carbonatos está relacionado con un mejor manejo tecnológico para quemar calcita y obtener cal. Aun cuando no tenemos pruebas acerca de cual era el método utilizado para quemar el material natural y transformarlo en “cal”, con estos resultados observamos una variación o “avance” en el conocimiento de este proceso donde de alguna forma se mejora la concentración de calor elevando la temperatura. Se han realizado algunos estudios como los realizados por Barba y Cordova (1999) donde plantean que la quema del material calcáreo posiblemente se hacía en emparrillados de madera, ya que no se han identificado hornos para la producción de cal. Esta técnica de quemado no es tan eficiente y requiere de una gran cantidad de combustible (madera) para obtener la temperatura necesaria para producir cal. (Barba et al., 1999:175)

Otro detalle que observamos en los resultados es el incremento en los valores de la relación entre  $v^2/v^4$  en las lecturas que se hicieron a las capas con pigmento rojo. Este aumento se supone muestra que esa mezcla fue expuesta a una mayor temperatura o tuvo una exposición prolongada al calor. Sin embargo consideramos que en este caso, al tener una constante que nos indica que este aumento notorio sólo se da en los estratos que contienen las particular de pigmento (en la

---

<sup>3</sup> Esta capa de pigmento es de un color rojo oscuro muy intenso, puede ser que esta capa tenga una cantidad mucho mayor de hematita y arcilla, y por eso los valores tan elevados en comparación con las lecturas de las demás capas.

<sup>4</sup> En este momento utilizo la palabra estuco sin comillas debido a los resultados obtenidos, para este piso el grado de calcinación de la calcita permite la obtención de cal, la cual es el ingrediente principal de la elaboración de una argamasa de cal o estuco. Para el caso del Piso Blanco, al no tener calcita calcinada (cal) considero que se tiene una argamasa de calcita pero no un estuco.

mayoría de los casos hematita<sup>5</sup> y arcilla), la relación entre  $v^2$  y  $v^4$  está siendo alterada por la presencia de algún otro mineral integrado en el pigmento. Como hemos visto con los demás análisis realizados al Piso Rojo, la capa con pigmento también contiene calcita. La mezcla del pigmento contenía cal, que es la calcita calcinada; y minerales, principalmente hematita y arcillas.

En el caso del Piso Negro, se hicieron análisis del enlucido (estuco) y del firme. Aunque contamos con una cantidad limitada de muestras de enlucido del Piso Negro, en las dos muestras que pudimos analizar obtuvimos valores mayores a 5, lo cual nos muestra que las calcitas están calcinadas. Como podemos observar en los análisis micromorfológicos, este enlucido contiene material orgánico quemado y tiene un color blanco diferente al de las capas de estuco del Piso Rojo. También presenta una gran cantidad de esparita, que son cristales de calcita; debido a la presencia de estos cristales podemos suponer que el material fue sometido a algún proceso de calentamiento.

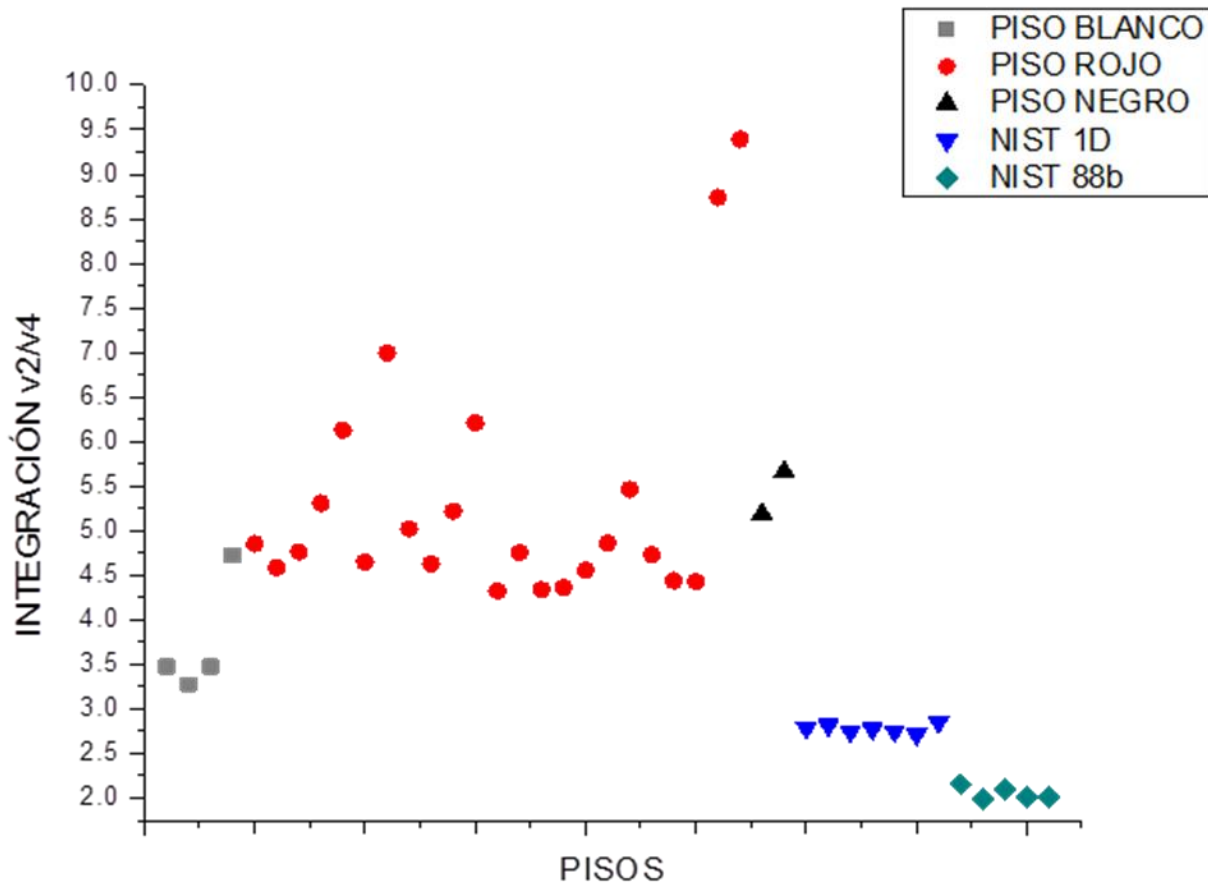
Sin embargo tuvimos que descartar los resultados del firme, principalmente porque este estrato está compuesto en su mayoría por otros materiales, por lo tanto los valores de la integración obtenidos no reflejan la calcinación de los carbonatos de la calcita. Los resultados del firme eran muy elevados, aunque desde el inicio sabíamos que se trataba de un argamasa con una composición completamente diferente al enlucido, al saber (por los resultados con las otras metodologías) que teníamos calcio quisimos observar que tipo de resultados se obtienen si el material no es mayoritariamente calcareo. En este caso comprobamos que la metodología no es aplicable, por lo tanto no tomamos en cuenta los valores de esas integraciones.

En la grafica observamos con mayor claridad las diferencias entre los Pisos. Tenemos un Piso Blanco cuyo argamasa para el firme fue elaborada con una cal mal quemada. Sin embargo el enlucido muestra un valor mayor que representa una cal parcialmente calcinada, la cual puede ser reflejo de la tecnología incipiente para su producción pero que de alguna forma utilizan una cal de mejor calidad para elaborar el enlucido, y por ello es posible observar el incremento en la intensidad de las bandas  $v^2$  y  $v^4$  de la mezcla del enlucido. Para el Piso Rojo se observa claramente un patrón en los resultados del firme. Sin embargo tenemos algunos valores más elevados que suponemos también son resultado de la integración de alguna arcilla en la argamasa con pigmento rojo. Es así que tenemos un Piso Rojo con calcitas calcinadas y parcialmente calcinadas, cuyos estratos de pigmento están mezclados con arcilla. Por último tenemos el enlucido del Piso Negro, cuya

---

<sup>5</sup>Aunque tenemos dos capas que presentaron rastros de cinabrio.

argamasa está elaborado con calcita calcinada, del cual también observamos otros indicadores micromorfológicos que nos permiten suponer que la calcita fue sometida a mayor temperatura. Se trata también de una mezcla con mayor heterogeneidad en los agregados, que observamos mejor gracias a los análisis micromorfológicos que describimos en el siguiente capítulo.



GRÁFICA 39 Distribución de los resultados del grado de calcinación de los carbonatos en los tres pisos.

A continuación tenemos la tabla con los resultados de cada muestra, la integración fue redondeada, de forma que es más claro observar los valores y relacionarlos con la tabla anterior de Diferenciación entre calcitas naturales y antropogénicas.



IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS Y AVANCES TECNOLÓGICOS

MUESTRA	MATERIAL	INTEGRACIÓN	DES VEST	Observaciones
PB01F	Firme	3.4	0.031754701	Mismo mat que el usado en el aplanado del Talud
PB03F	Firme	3.3	0.017842595	Mismo mat que el usado en el aplanado del Talud
PB06F	Firme	3.5	0.018472035	Mismo mat que el usado en el aplanado del Talud
PB06E	Enlucido	4.7	0.028835159	Mismo mat que el usado en el aplanado del Talud
PR00C1_2	Estuco/ Pigmento Rojo	4.8	0.09946469	Capas mezcladas
PR00C1_2a	Estuco/ Pigmento Rojo	4.6	0.09277696	Capas mezcladas
PR00C3_4	Estuco/ Pigmento Rojo	4.8	0.08952861	Capas mezcladas
PR00C5	Estuco	5.3	0.09641468	Capa gruesa/ Rosa
PR00C8R	Pigmento	6.1	0.28334873	
PR00C9B	Estuco	4.6	0.04817428	
PR00C10R	Pigmento	7.0	0.18379702	
PR00C13	Estuco	5.0	0.02879126	Capa Rosa
PR00C14B	Estuco	4.6	0.08740006	Base de la Muestra
PR01C1B	Estuco	5.2	0.02585642	La división de capa es diferente entre las muestras
PR01C1R	Pigmento	6.2	0.17365185	
PR01C2B	Estuco	4.3	0.10274591	
PR01C2R	Pigmento	4.7	0.11612729	
PR01C3B	Estuco	4.3	0.02954859	No lectura del pigmento
PR01C4B	Estuco	4.3	0.07572685	No lectura del pigmento
PR05C2R	Pigmento	4.5	0.07210022	
PR05C3B	Estuco	4.9	0.07936331	
PR05C3R	Pigmento	5.5	0.2599237	
PR05C4B	Estuco	4.7	0.12558473	
PR05C5B	Estuco	4.4	0.0133217	
PR05C7B	Estuco	4.4	0.05667689	
PR05C7R	Pigmento	8.7	1.07125554	
PR05S	Sedimento	9.4	1.62534919	Sedimento entre capas 5 y 6
PN01E	Estuco	5.2	0.18585186	
PN03E	Estuco	5.7	0.4891612	
1DN/PB	Referencia Calcita	2.8	0.00679027	Muestra de Referencia
Nist1D/PB	Referencia Calcita	2.8	0.01789988	Muestra de Referencia
Nist1D/PR	Referencia Calcita	2.7	0.00100465	Muestra de Referencia
1DN/PR	Referencia Calcita	2.7	0.00513562	Muestra de Referencia
N1D/PR	Referencia Calcita	2.7	0.01061256	Muestra de Referencia
Nist1D/PN	Referencia Calcita	2.7	0.00174168	Muestra de Referencia
N1D/PN	Referencia Calcita	2.8	0.01368538	Muestra de Referencia
Nist88B/PB	Referencia Dolomita	2.1	0.06239132	Muestra de Referencia
N88B/PB	Referencia Dolomita	2.0	0.01446353	Muestra de Referencia
N88B/PR	Referencia Dolomita	2.1	0.00913184	Muestra de Referencia
Nist88B/PN	Referencia Dolomita	2.0	0.03689075	Muestra de Referencia
N88B/PN	Referencia Dolomita	2.0	0.03304934	Muestra de Referencia

TABLA 12 Resultados de FTIR (ATR) de los tres pisos.

## *V.2 Micromorfología de suelos aplicada en el estudio de Pisos provenientes de la Plaza de la Pirámide del Sol.*

Los estudios Micromorfológicos consisten el análisis microscópico de muestras de suelos no perturbados (Splé et al. 1990:32). La muestra debe tomarse de tal forma que al ser impregnada no pierda su estructura original. En el caso de los pisos el procedimiento es el mismo, lo que permite analizar los materiales de un piso aunque si mantiene una estructura original, no se puede apreciar. La forma en la que se encontraban colocados los diversos sustratos. Por ello es importante conservar la estructura original de la muestra, y su orientación estratigráfica, para poder observar los procesos que ocurrieron en los materiales durante la construcción de los pisos.

Una vez impregnado el material se preparan las láminas delgadas, las que son posteriormente analizadas en el microscopio petrográfico. Una de las aportaciones que hicimos en esta investigación fue ocupar el restante de la muestra, pulir a espejo la cara opuesta, cortarla en las dimensiones necesarias para ser analizadas en un microscopio electrónico de barrido. Algunas de las grandes ventajas de hacer esto son: utilizar la misma muestra para hacer todos los análisis posibles (sin importar que está impregnada en resina<sup>6</sup>); tener resultados que se complementan, no sólo porque sean parte del mismo material sino porque estás analizando la misma muestra, como en el caso del Piso Rojo que está compuesto por varias capas y con estos estudios complementarios se puede analizar cada una de las capas sin tener que desprenderlas (analizando el perfil); realizando micromorfología, XRF, imágenes de alta resolución, mapas por elemento químico y porcentajes (no absolutos) de los elementos químicos. Splé (1990) menciona que la micromorfología se complementa perfectamente con los análisis de microscopía electrónica de barrido, debido a que “amplía considerablemente su resolución y precisión analítica”.

---

<sup>6</sup> También se observó que las muestras impregnadas no pueden ser analizadas, o no darán tan buenos resultados, con todas las metodologías que utilizamos en esta investigación. Aunque hace falta hacer más análisis para confirmar la efectividad de otras metodologías aplicadas muestras impregnadas.

a) Piso Blanco

En general, todo indica que el firme y el enlucido del Piso Blanco están compuestos por los mismos materiales. Como hemos identificado con los análisis descritos en el capítulo anterior, el mortero está compuesto por una calcita con alto contenido de magnesio y algunos minerales como cuarzos, que se encuentran de forma natural en el material geológico. La estructura del mortero se encuentra amalgamada, encontramos algunos otros minerales que pueden observarse claramente pero están totalmente mezclados con la matriz, casi no presenta poros seguramente por la compactación al construir el piso y a que la granulometría de la calcita (molida) permite mejor distribución con los otros minerales y mejor ocupación de espacios vacíos. Se aprecian algunas grietas que ya han sido rellenadas por carbonatos de calcio, seguramente como parte de los procesos de disolución y cristalización que les son característicos.

Todo parece indicar que se preparaban dos morteros: uno para el firme y otro para el enlucido; aunque la única diferencia que existe entre ambos es el grado de molido y que el firme tiene una mayor cantidad de partículas de mayor tamaño y algunos minerales que pueden observarse como: cuarzos o fragmentos de la misma calcita sin moler. En cambio el enlucido presenta un molido más fino y casi no hay presencia de otros minerales. Ambas parte presentan un alto grado de compactación, aunque sigue siendo un material poco resistente<sup>7</sup>. Otra diferencia notoria es el espesor (a), el firme se encuentra entre 3 y 5 cm (no se puede observar completo en la lámina, pero se tomaron las medidas en campo) y el enlucido (b) mide entre 0.150 y 0.250cm.

La matriz de ambas partes parece ser, en gran medida, micrita<sup>8</sup> y tiene algunos otros minerales de mayor tamaño que pueden pertenecer de forma natural a la calcita (materia prima), en general se observa homogeneidad en el mortero. La micritización puede ser provocada por la abrasión mecánica que destruye la textura interna de las partículas<sup>9</sup>, esto puede ser un indicador de la molienda de la materia prima para elaborar el mortero. También observamos la posible presencia de minerales del calcio de mayor tamaño, posiblemente esparita (c) la cual se presenta cuando el material fue expuesto a altas temperaturas. En las imágenes c y d observamos, en la

---

<sup>7</sup> Durante las excavaciones, sobre todo en la temporada de lluvias, las orillas del piso se desprendían con facilidad. Al igual que era común que se separara el enlucido del firme. Mostrando claramente que no hubo una integración entre ambas partes.

<sup>8</sup> Micrita: “matriz o barro carbonatado compuesto por un agregado de cristales finos menores a 4 micras de aragonito a calcita rica en Mg. Por diagénesis se transforman en cristales de calcita baja en Mg. Al microscopio se ve como una masa homogénea criptocristalina y oscura, normalmente de color pardo.” ([http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine\\_mod231.pdf](http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine_mod231.pdf))

<sup>9</sup> [http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine\\_mod231.pdf](http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine_mod231.pdf)

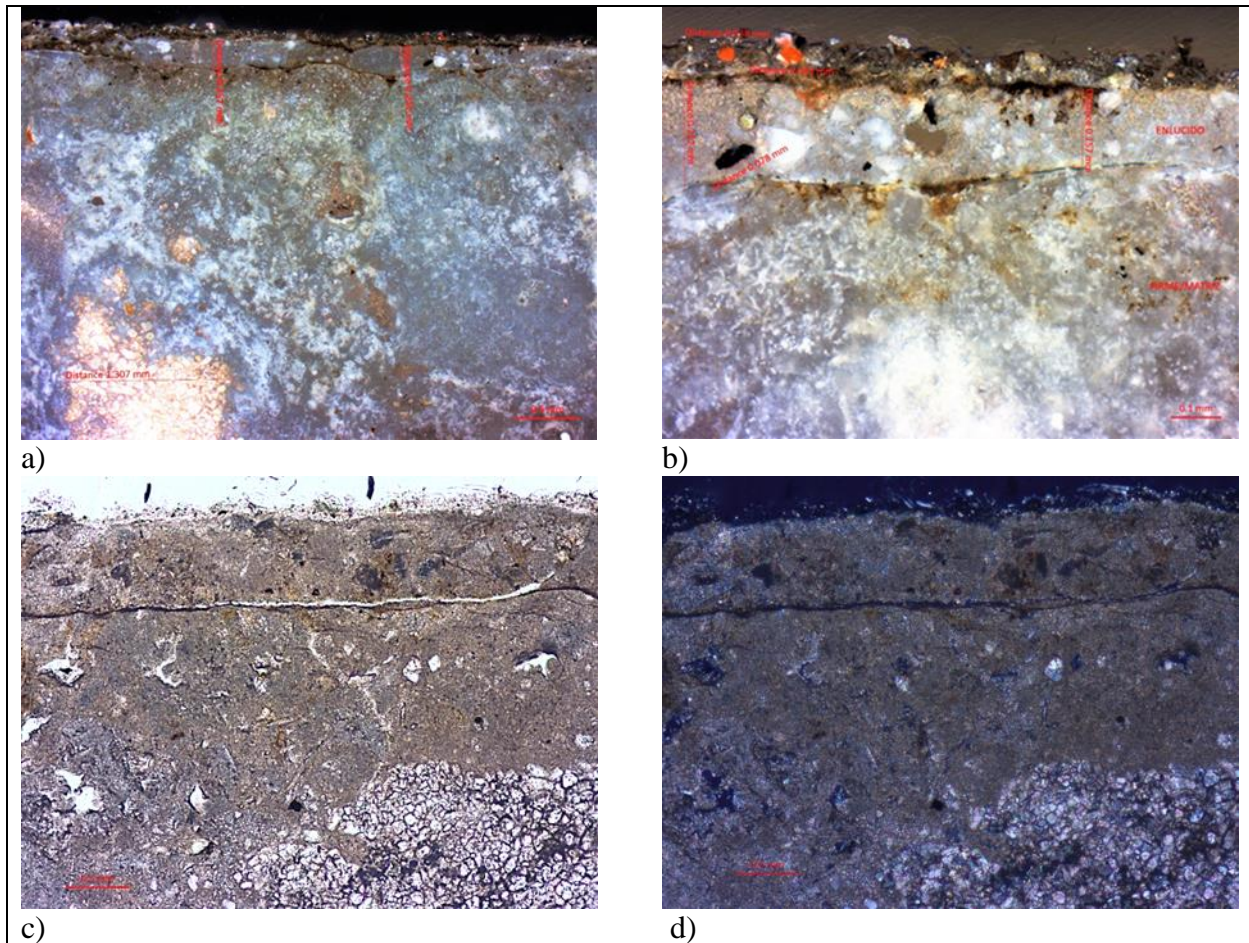
esquina inferior derecha un conjunto de minerales, posiblemente cementados por la calcita. Puede tratarse de una arenisca, la cual se encontraba de forma natural en el yacimiento de calcita; el hecho de estar tan incorporada a la matriz quizá se deba a que todo el material fue molido para elaborar el mortero y por eso no vemos definidos los límites de la roca. También observamos que los demás fragmentos de minerales presentes tienen los bordes redondeados, esto puede ser consecuencia de la molienda de la materia prima para formar el mortero, ya que la fricción entre los materiales puede generar el desgaste de las aristas.

Tanto el firme como el enlucido presentan una matriz compactada y es posible observar claramente la separación entre ambas partes del piso (c). Entre ellos observamos un material, quizá partículas de arcillas y carbonato de calcio, que se fue filtrando por las fracturas y depositando en el espacio vacío que existía entre los estratos (b). En el enlucido, también se observó la presencia en particular de algunos minerales de menor tamaño. La distribución mineral en la matriz de calcita es heterogénea, por lo que es posible encontrar áreas con acumulación de estos (b y j), y otras áreas donde solo se aprecia el mortero de calcita pura (c). Aun así es difícil hablar del uso de agregados para esta etapa constructiva, aunque se observó dentro de firme presencia de silicatos y feldespatos, que posiblemente se encuentran en la calcita natural.

Unos de los detalles que fue posible observar con mayor claridad, fue la presencia de un tercer estrato. Al inicio parecía ser solo acumulación de sedimento en la superficie, pero al revisar toda la superficie de la muestra vimos que este material se encontraba cubriendo todo el enlucido, en algunas áreas con un mayor espesor y en otras, mucho más deteriorado pero se encuentra de forma constante. También observamos en general, la presencia de partículas rojo dentro de este estrato. Debido a esto último<sup>10</sup> suponemos que se trata de la presencia de un pigmento rojo, muy deteriorado, el cual puede estar elaborado con tierras rojas, al contrario de la hematita presente en el Piso Rojo.

---

<sup>10</sup> Y relacionado con la observación en campo de la presencia de color rojo sobre la superficie, un pigmento muy deteriorado y el cual se perdía con facilidad, sobre todo por la disolución debido a las intensas lluvias.

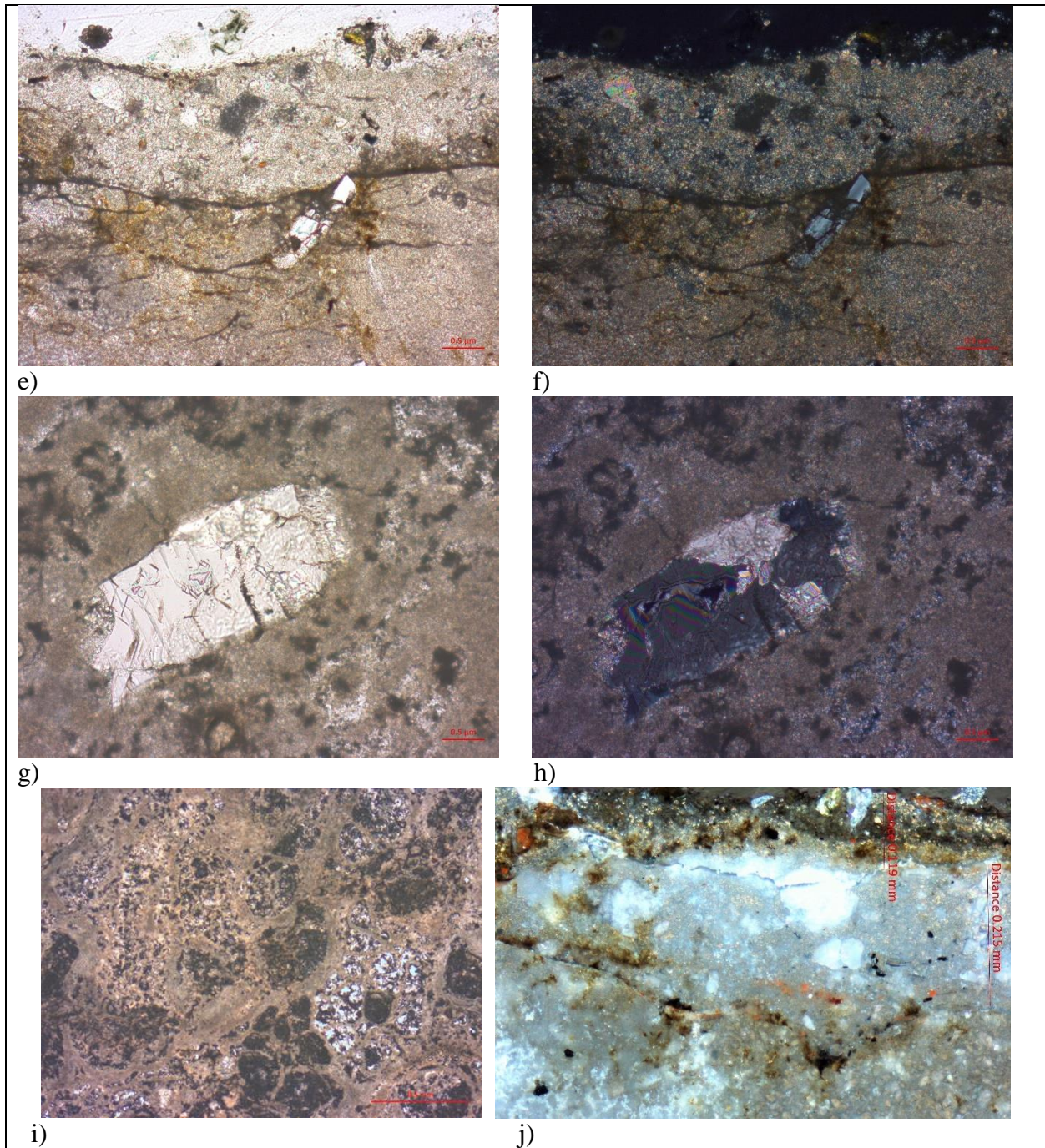


General Piso Blanco

a. (Luz transmitida, 2.5x) vista general de perfil del Piso Blanco. Se observan tres capas: el firme, el enlucido y, sobre la superficie del enlucido, restos del pigmento rojo. b. (Luz transmitida, 5x) Acercamiento a la división entre el firme y el enlucido. También se aprecian partículas de color rojo en el estrato de pigmento (deteriorado). c. (Luz transmitida, 5x) y d. (Nicoles cruzados, 5x) Observamos los tres estratos. También vemos en el firme, en la esquina inferior derecha, la presencia de esparrita (cristales de calcio de mayor tamaño), así como otros minerales con bordes redondeados. Bien observamos, principalmente en la imagen c, las fracturas o grietas que se rellenaron con carbonatos de calcio, se ven como líneas de color blanco.

FOTOGRAFÍA 62 Imágenes petrográficas General Piso Blanco.



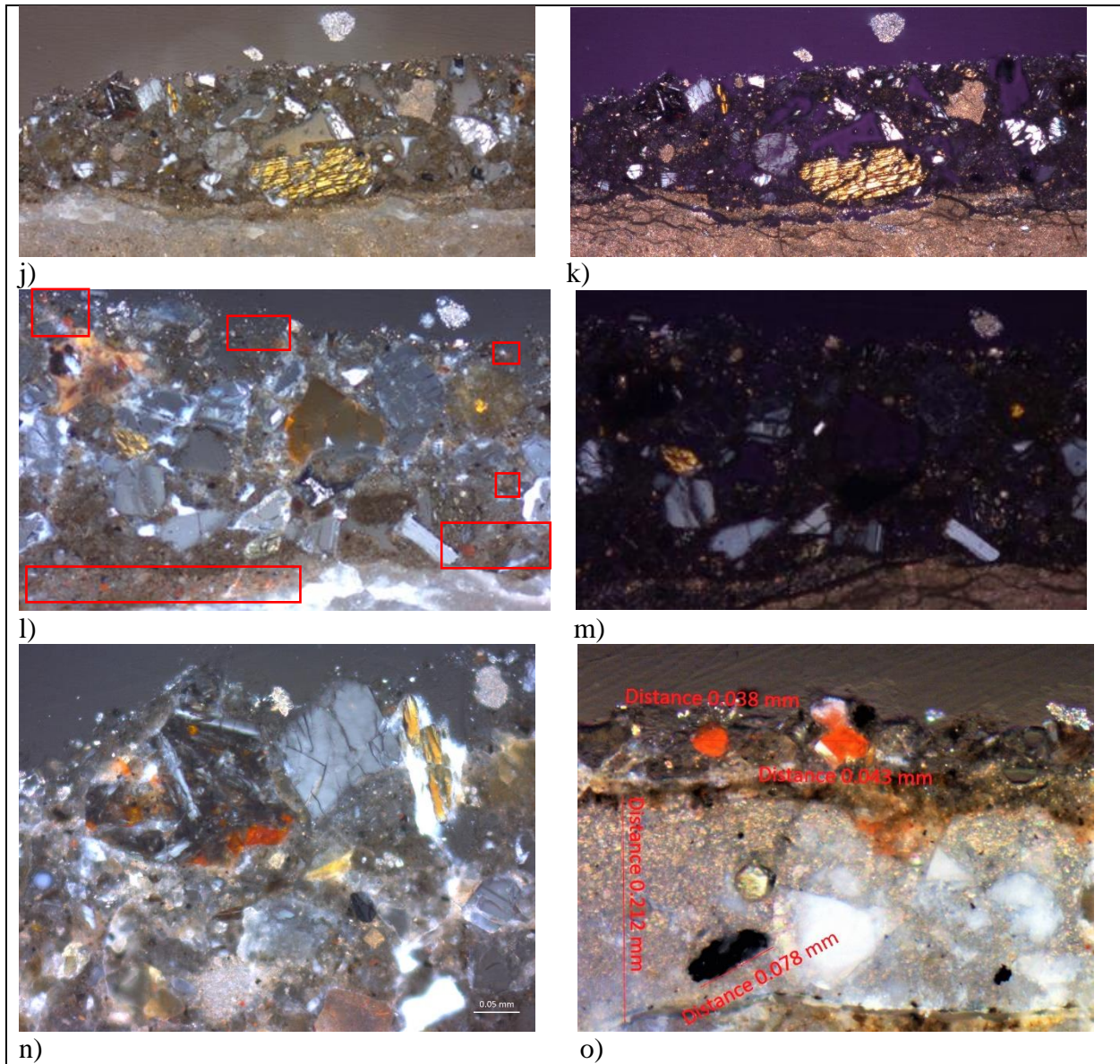


#### Firme y Enlucido Piso Blanco

La imagen e (Luz reflejada, 10x) y f (Nicoles cruzados, 10x), muestran la unión entre el firme y el enlucido. Apreciamos la similitud entre la matriz de ambos componentes del piso. También se observa un feldespato, el cual se encuentra muy fracturado, aun así podemos ver algunas de las líneas y contrates característicos (luz polarizada). g (luz reflejada, 20x) y h (Nicoles cruzados, 20x) Presentan una plagioclasa, la cual muestra un proceso de carbonatación en sus fracturas y no tiene muy definidos todos los bordes, vemos que alrededor de la plagioclasa se acumularon carbonatos de calcio, seguramente en los espacios vacíos entre el mineral y la matriz. En la imagen i (Luz reflejada, 5x) observamos que la matriz de calcita. Por último tenemos la imagen j (luz transmitida, 10x) unión entre firme y enlucido.

FOTOGRAFÍA 63 Imágenes petrográficas Firme y Enlucido, Piso Blanco.





Restos de posible Pigmento Rojo/ Piso Blanco

La imagen j (luz transmitida, 10x) y k (Nicoles cruzados, 10x) muestran una posible arcilla compuesta de minerales heterogéneos de diversas coloraciones y tamaños. Casi no presenta poros, y podemos apreciar el desperdimiento de algunos minerales en la superficie. Este estrato se encuentra sobre el enlucido. En l (Luz transmitida, 10x) y m (Nicoles cruzados, 10x), tenemos un acercamiento a los componentes minerales traslucidos, opacos, de diversos tamaños, todos dentro de una matriz café claro. También, observamos mejor algunas partículas rojas, las cuales señalamos con recuadros rojos. Estas partículas rojas se encuentran distribuidas por todo el estrato. La imagen n (luz transmitida, 20x) muestra en una mayor ampliación algunos de los minerales que componen este estrato. Podemos observar que todos los minerales se encuentran muy fragmentados y con los bordes redondeados. Por último tenemos, o (luz transmitida, 5x) donde observamos el espesor del enlucido y el posible pigmento rojo, así como, medidas de dos partículas de un mineral rojo. También dentro del enlucido tenemos un fragmento de material orgánico quemado.

FOTOGRAFÍA 64 Imágenes petrográficas restos de pigmento, Piso Blanco.

## b) Piso Rojo

Como podemos observar este piso está compuesto por una serie de capas (a') que se dividen en "estrato blanco" o estuco y "estrato rojo" o pigmento. En algunas ocasiones se ven más de un estrato de pigmento rojo seguidos, los cuales consideramos son muestras de algunas restauraciones que se hicieran de color sobre la superficie que estaba siendo utilizada. Consideremos que cada "conjunto" de capas: Estuco/Pigmento, conforman una superficie que fue habitada aunque no sabemos el lapso de tiempo que fueron utilizadas cada una. Gracias a los estudios Arqueomagnéticos conocemos que el Piso Rojo (completo) fue construido entre el 290/385 d. C. Es importante tomar en cuenta que estos resultados fueron obtenidos al analizar todos los estratos que conforman el piso, así que las fechas hacen referencia a la construcción de todo el conjunto de capas. Por el momento no fue posible analizar todas las capas por separado y conocer el periodo de construcción y ocupación de cada superficie.

El Piso Rojo es claramente diferente al Piso Blanco, aunque conocemos que el estrato blanco también está compuesto por calcita, al igual que el firme y el enlucido del piso anterior, este mortero tiene características diferentes. Se puede observar la diferencia en la coloración, el piso blanco tiene una tonalidad más blanco-amarillenta que es característica de la calcita natural. Sin embargo cuando existe el proceso de transformación a cal, el color se vuelve blanco brillante. Dentro de los diversos estratos de estuco que conforman el Piso Rojo, apreciamos diferencias en las tonalidades del blanco (a-d), algunos son más amarillentos y otros más azules, esto seguramente se debe al grado de calcinación de la cal. Como nos mostraron los resultados de infrarrojo, este piso tiene calcitas calcinadas y otras parcialmente calcinadas, la coloración puede ser uno de los indicadores visibles acerca de este proceso de producción. La presencia de esparita en la matriz también puede ser un indicador del proceso de calcinación, ya que al calentar la calcita (micrita), esta tiene un proceso de recristalización donde los cristales de calcio se engrosan.

Una de las características más representativas cuando observamos este piso en el microscopio<sup>11</sup> es la presencia de *agregados*<sup>12</sup> (e-j), tanto minerales como orgánicos, y que corresponden a distintos procesos o funciones. Los agregados que observamos en los morteros, en general son: partículas de mayor tamaño que las partículas de la matriz, traslucidos y de colores

---

<sup>11</sup> Tanto estereoscópico como petrográfico

<sup>12</sup> Que es un material de grano fino, el cual le da cuerpo, volumen y resistencia al mortero. (RS Correa, 2001) O también puede hacer que el mortero sea moldeable, maleable, poroso, permeable, entre otros (Callaza, 2002)

similares a la matriz de cal. Magaloni (2001) menciona que para la elaboración de estucos en el Área Maya se utilizaba cal viva y arenas calcíticas<sup>13</sup>, quizá pasara un caso similar con la utilización de materias primas para la elaboración de los morteros de los pisos teotihuacanos. Encontramos material orgánico o algunas partículas de hierro (hematita), las cuales resaltan a la vista por su coloración negra o rojo oscuro en contraste con la matriz blanca. También tenemos una gran presencia de vidrio volcánico, este material ya había sido reportado por Pecci (2009, 2016), como parte de los agregados contenidos en los morteros de los pisos que ella analizó, provenientes del Centro de Barrio de Teopancazco, también en Teotihuacan.

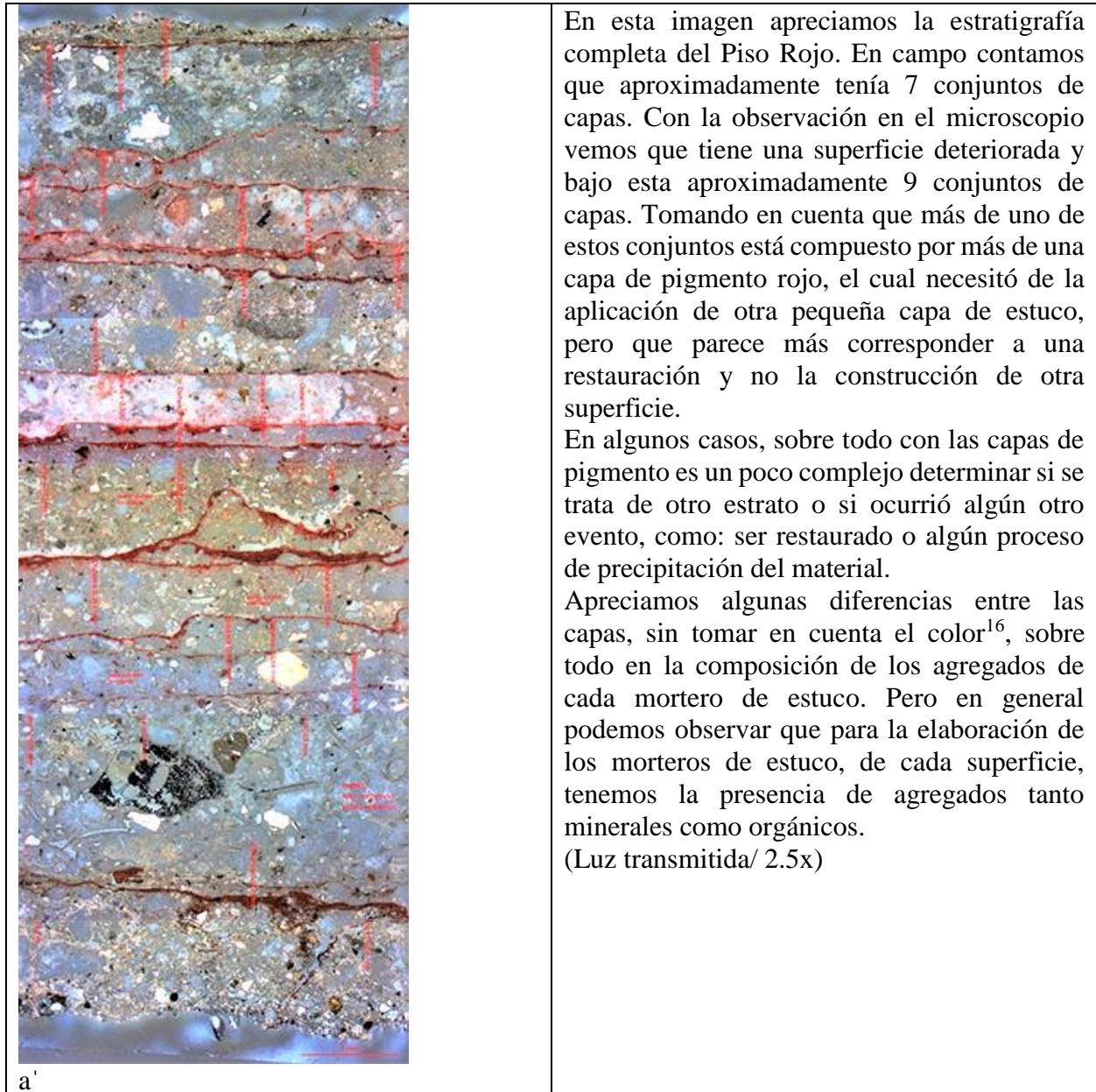
El material orgánico que observamos en el estuco (d y k), puede tener origen en el proceso de producción de la cal. Seguramente como parte de este proceso quedan restos de la materia orgánica utilizada para calentar la calcita natural. Barba (1999) sugiere la posibilidad del uso de pinos como material de combustión, aunque también menciona que se pudieron utilizar materiales como “[...] pencas de maguey, la caña del maíz, y de otros pastos y restos vegetales secos (Sheehy, 1998)” (Barba, et al., 1999:176) en la Imagen k' observamos restos de material orgánico quemado y en la imagen l' tenemos una muestra de pino. Ambos materiales son parecidos, aunque no llegamos a hacer identificación taxonómica del material orgánico presente, el ejemplo mostrado nos permite aceptar la hipótesis de Barba sobre el uso de pino como material de combustión y esto, explica su presencia en el interior del mortero de estuco.

El color rojo que le da nombre a este piso, proviene de los estratos de pigmento que recubrían cada una de las superficies (m-o). Como hemos visto con los análisis químicos, este pigmento está elaborado principalmente de hematita, aunque tuvimos al menos dos casos de estratos con contenido de cinabrio. Es notoria la diferencia entre el pigmento mineral de hematita, empleado para recubrir el Piso Rojo y aquel de posibles tierras rojas utilizado para pintar el Piso Blanco. Una de las principales diferencias entre ambos pigmentos es que este es de un color rojo

---

<sup>13</sup> Aunque el término como tal no está definido. Y al menos yo, no encontré una definición acerca de este tipo de arenas, supongo que se trata de una calcita cuya granulometría es del tamaño de las arenas. O se trata de *arenas cuarcíticas* que serían arenadas con un alto contenido de cuarzo. En cualquier caso, ambos materiales pueden ser el tipo de agregados que están presentes en los morteros de estuco del Piso Rojo.

más oscuro, brillante. Pero incluso en las capas de pigmento rojo podemos observar diferencias, como: el espesor, la irregularidad de la aplicación<sup>14</sup>, la integración con la capa de estuco<sup>15</sup>



a'

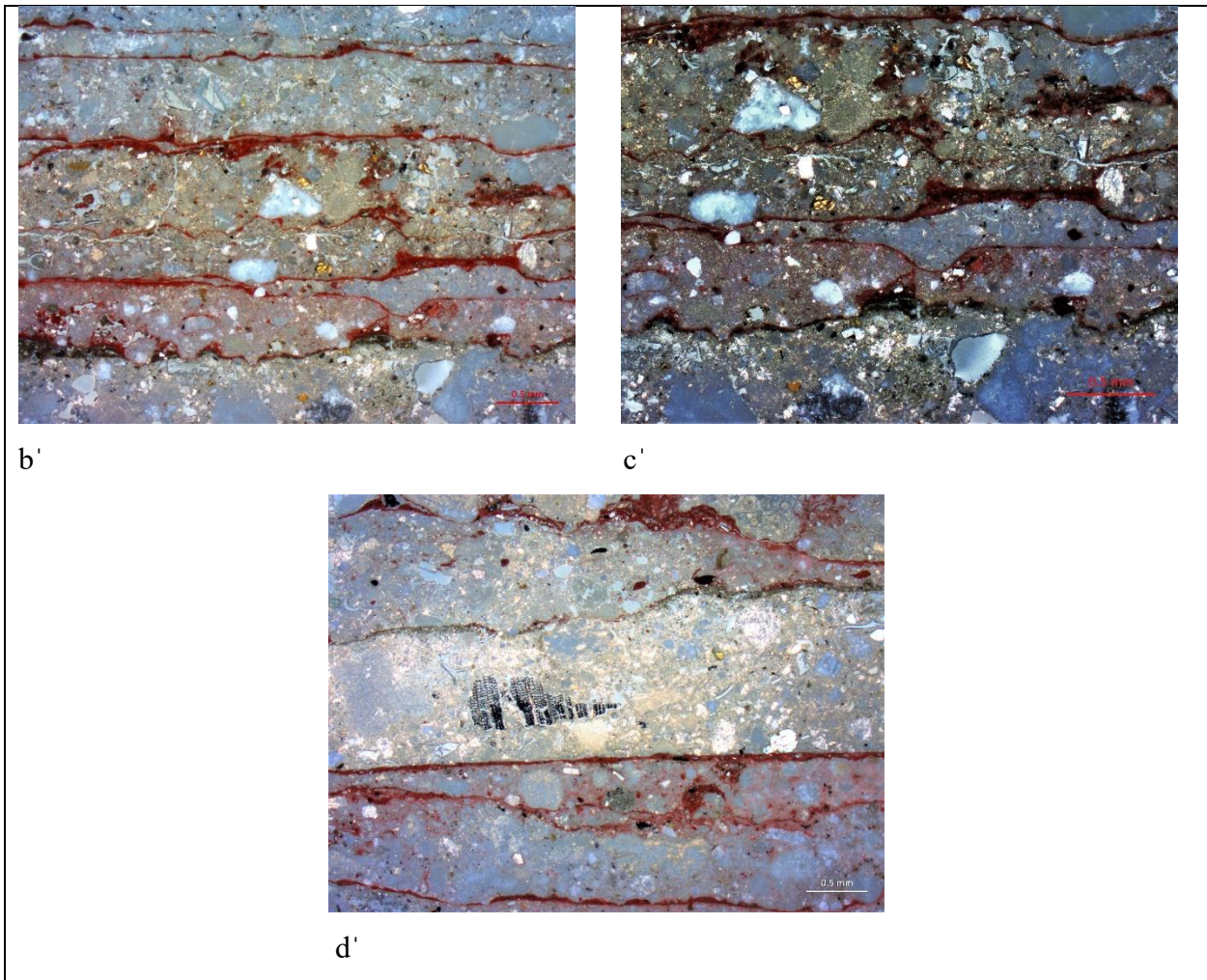
FOTOGRAFÍA 65 Imágenes petrográficas Estratigrafía completa Piso Rojo.

<sup>14</sup> Aunque esta puede bien corresponder al alisado de la superficie o a que tan húmedo se encontraba aun el estuco.

<sup>15</sup> Vemos que en algunos casos se podía desprender entre una capa y otra, mientras que en otros casos el pigmento se encontraba muy mezclado con el estuco, a tal grado que la coloración del estuco era casi rosa. Esto puede estar relacionado con la aplicación del pigmento cuando el estuco aún está fraguando.

<sup>16</sup> Esta imagen está formada por una serie de fotografías que fueron trabajadas en Adobe Photoshop CC 2015 para crear el collage de la estratigrafía completa. Sin embargo las imágenes no tenían la misma intensidad de luz, se arreglaron para complementarse lo mejor posible, pero existen algunas variaciones con respecto al color original.

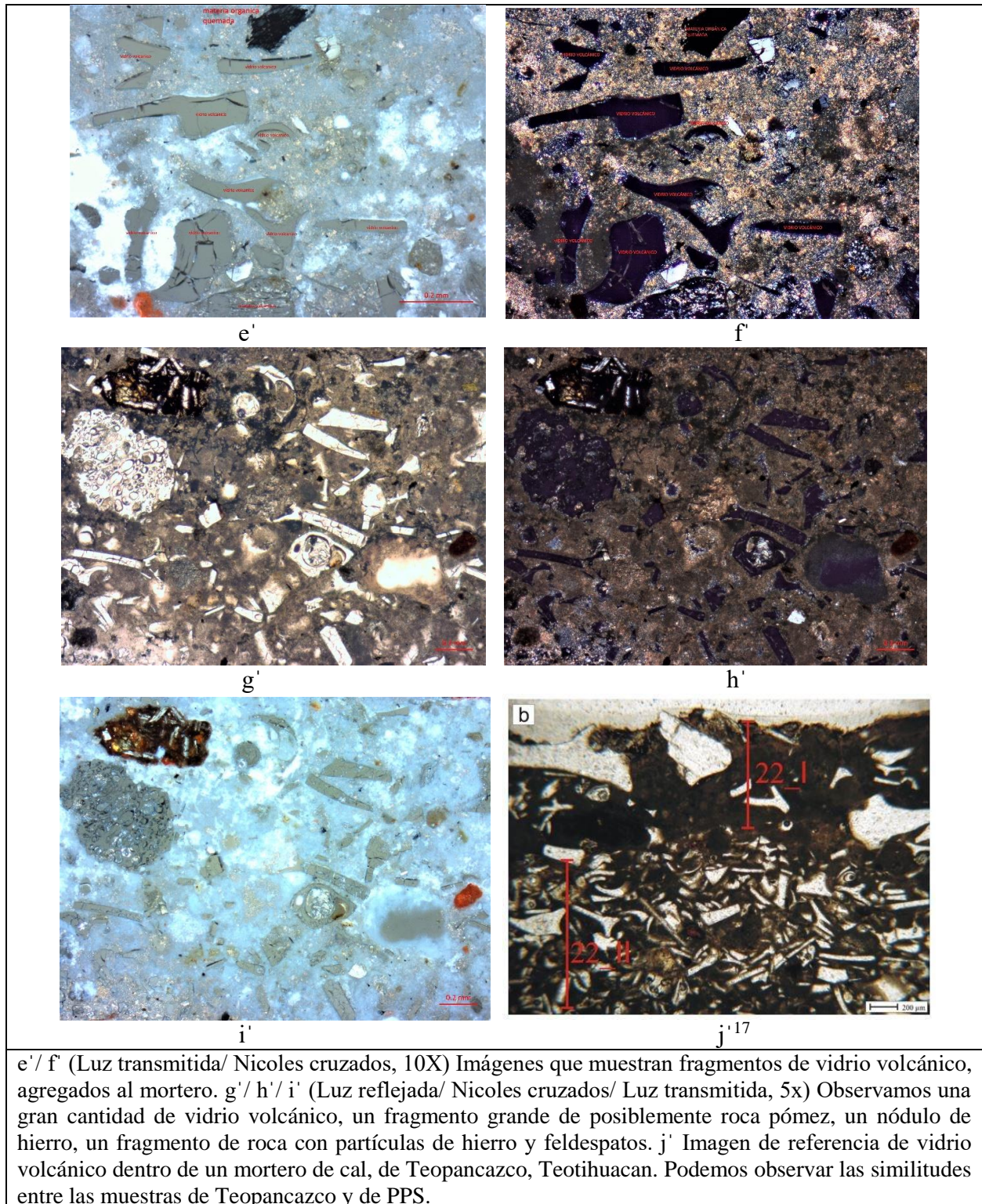




b' (Luz transmitida, 2.5x) muestra un fragmento del Piso Rojo donde observamos las diferencias entre los espesores de las distintas capas de estuco y de pigmento. c' (Luz transmitida, 2.5/editado sin luz) Es una fotografía modificada a la que le quitamos toda la luz para observar con mayor detalle los diferentes agregados presentes en los morteros, también se aprecian fracturas que se rellenaron con carbonatos de calcio y fragmento de hematita. d' (Luz transmitida, 2.5x) observamos en la capa central de la imagen, como parte del mortero de estuco, un fragmento grande de material orgánico quemado.

FOTOGRAFÍA 66 Imágenes petrográficas Estratigrafía Piso Rojo.

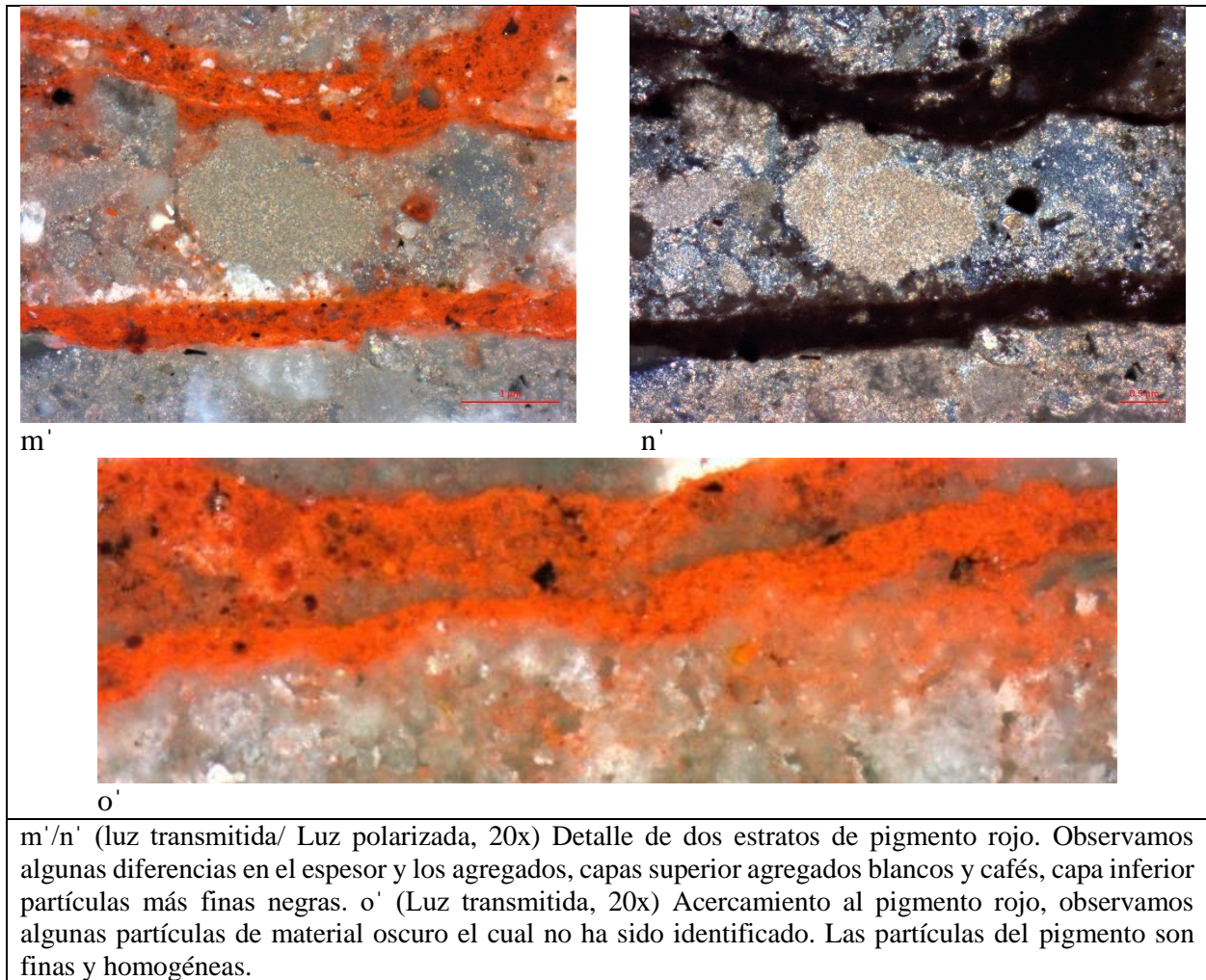




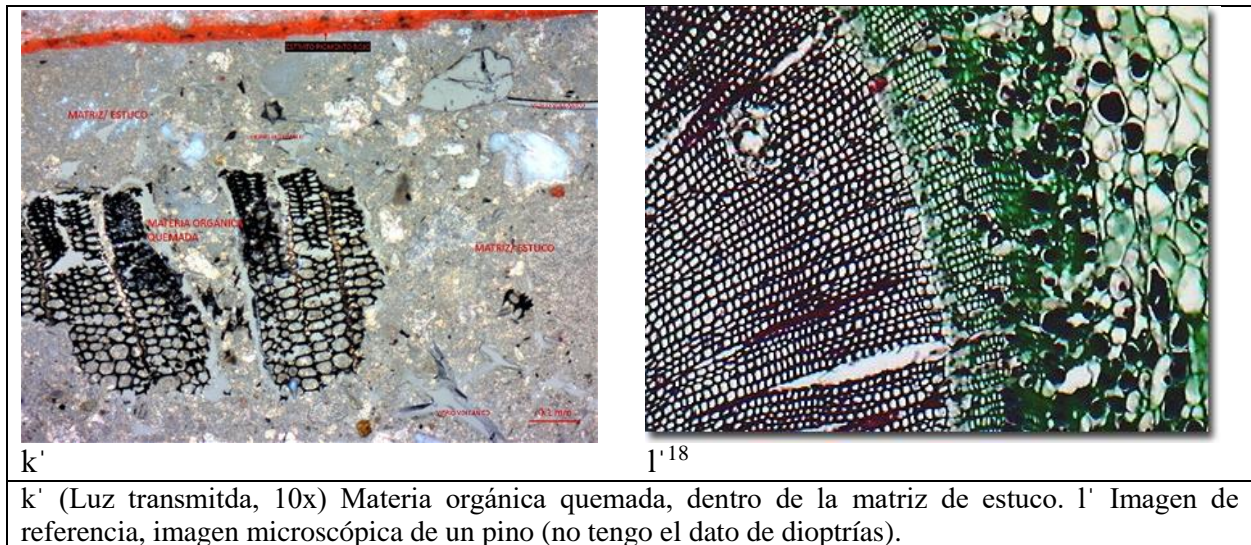
FOTOGRAFÍA 67 Imágenes petrográficas Agregados, Piso Rojo.

<sup>17</sup> Imagen toma de Pecci, 2016





FOTOGRAFÍA 68 Imágenes petrográficas Pigmento rojo, Piso Rojo.



FOTOGRAFÍA 69 Imágenes petrográficas Material orgánico quemado, Piso Rojo.

<sup>18</sup> <https://micro.magnet.fsu.edu/optics/olympusmicd/galleries/brightfield/pinestemhigh.html> 07/31/2018

c) Piso Negro

El Piso Negro que como hemos mencionado es conocido como concreto teotihuacano<sup>19</sup>, es un tipo de piso que se encuentra registrado para casi todo Teotihuacan, sin embargo es poco descrito en estudios científicos. Se trata de la última superficie de ocupación, por lo tanto esta superficie fue mucho más afectada por los procesos de intemperismo, quizá sea este el motivo por el cual el enlucido se encontraba tan deteriorado, sobre todo cuando lo comparamos con los dos niveles de piso anteriores. A pesar de ello el firme alisado de este piso se encontraba en muy buenas condiciones y estaba menos afectado por las lluvias que el Piso Blanco y el Piso Rojo en las áreas que se encontraban al descubierto.

Al igual que los niveles de piso anteriores, el Piso Negro está compuesto por un firme y un enlucido<sup>20</sup> (a<sup>1</sup>). Como mencionamos en los antecedentes, este piso presentó, en fragmentos muy pequeños del enlucido, rastros de pintura roja, sin embargo no fue posible recuperar muestras de ello. Por fortuna identificamos algunas partículas minerales rojas, que fueron indicadores de la presencia de un pigmento rojo (i<sup>1</sup>). Observados tanto por microscopía óptica como petrográfica.

En general las muestras recuperadas no tenían restos de estuco, y lo poco que había se encontraba muy deteriorado (a<sup>1</sup>, b<sup>1</sup>), y era muy complicado de apreciar, a simple vista. Afortunadamente en los análisis micromorfológicos sí fue posible observar parte de este enlucido y conocer los materiales que lo conforman. Aunque algunas de las características que presenta pueden deberse a su grado de desgaste, originado por diversos procesos de erosión. Se sabe que la matriz del estuco es de calcita, la mayoría micrita (producido así seguramente por la molienda de la materia prima) y con fragmentos de esparita (posiblemente originada por el proceso de calentamiento<sup>21</sup> (g<sup>1</sup>- l<sup>1</sup>). Este enlucido de estuco también presenta fragmentos de vidrio volcánico pero en tamaños más pequeños, puede que este agregado se esté moliendo más o que sea ceniza volcánica lo que estén agregando (k<sup>1</sup> y l<sup>1</sup>). También se observan fragmentos pequeños de material orgánico quemado (i<sup>1</sup>)<sup>22</sup>, suponemos que el deterioro de la materia orgánica se debe a que al momento de producir la cal, la temperatura se elevó lo suficiente para calcinar el material. Los resultados de infrarrojo acerca del grado de calcinación de la calcita indican que fue transformada

---

<sup>19</sup> Por sus cualidades de dureza y resistencia.

<sup>20</sup> En este caso es difícil conocer acerca de cuantos recubrimientos de estuco y pigmento rojo tuvo este piso, debido a que, al menos en las áreas excavadas, ya no tenía casi rastros de este.

<sup>21</sup> Ver los resultados de infrarrojo.

<sup>22</sup> No fueron identificados debido a su tamaño.

a cal (calcita calcinada). Sin embargo este estuco no tiene el mismo grado de conservación que el del Piso Rojo, quizá, debido al intemperismo que sufrió durante los años de abandono del sitio (hacia el 650 d. C.) hasta su descubrimiento al inicio de 1900.

El cambio más notorio en cuanto a la elaboración de este piso lo tenemos en el firme, debido al cambio total en el uso de materiales para crear este mortero. El firme está compuesto por un esqueleto de gravas de rocas volcánicas, como: basaltos y pómez de varios colores; amalgamados con un sedimento con altas proporciones de arcillas, minerales de hierro y una gran cantidad (y variedad) de aluminosilicatos. También observamos fragmentos de vidrio volcánico, restos de materia orgánica quemada y probablemente resina o un aglutinante orgánico que se encuentra cristalizado<sup>23</sup>. La gran porosidad que observamos en el firme, en realidad se trata de las vacuolas, que es una característica de algunas rocas ígneas. Todos estos materiales conforman un mortero bastante heterogéneo el cual fue compactado dando como resultado un firme consistente, fuerte y duradero.

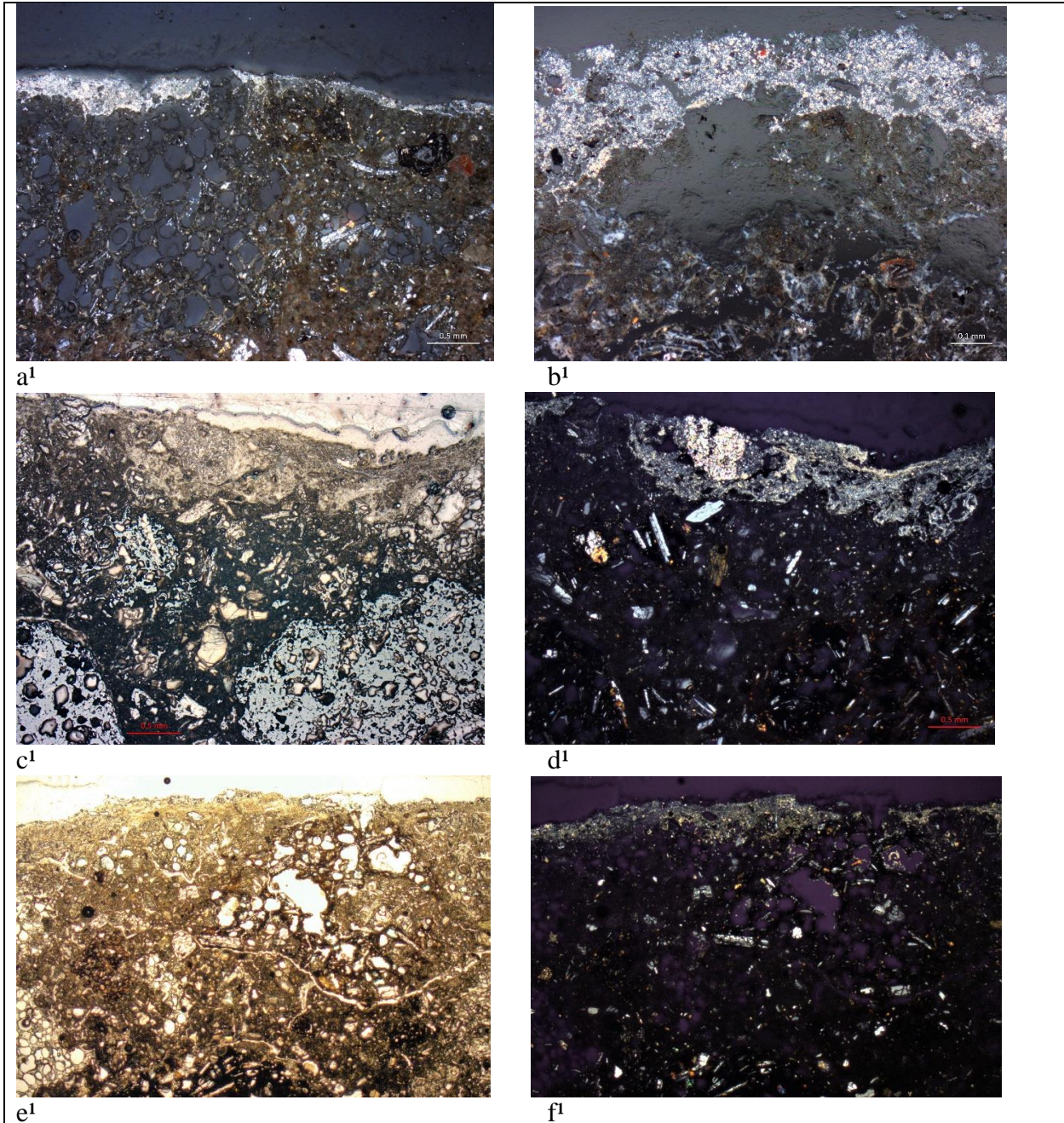
Las grietas que observamos en el firme pueden deberse a procesos de ensanchamiento y contracción de las arcillas por los cambios entre las temporadas de lluvia y la temporada de sequía. Estos cambios provocan distintos procesos de erosión en los pisos, bastante parecidos a los que provocan en los suelos. La ventaja de estos pisos es que el recubrimiento de cal (estuco) crea una superficie impermeable (en gran medida), que protegía al piso de un mayor deterioro. Podemos observar que la mayoría de las fracturas se fueron rellenando de carbonatos, seguramente por un proceso de filtración de este elemento, desde la superficie hasta el interior del firme. Estas fracturas se encuentran entre las uniones de las gravas y la matriz.

Aun cuando existen varios elementos que están dando firmeza y resistencia al piso, suponemos que las resinas observadas son resultado de la cristalización de algún Aditivo orgánico utilizado para provocar mayor consolidación de la argamasa. Aunque no fue parte de este estudio, se sabe que actualmente se realizan investigaciones acerca de los Aditivo orgánicos orgánicos utilizados en época prehispánica y los distintos usos que tuvieron. No es raro suponer que también pueden haberse utilizado con este fin. Durante las excavaciones del 2014, las argamasas creadas para restaurar la plaza se hacían utilizando savia de nopal como Aditivo orgánico, de acuerdo a métodos tradicionales seguidos por los habitantes de la zona.

---

<sup>23</sup> La cual suponemos es de origen orgánico, pero no se le han hecho análisis para afirmar este dato.

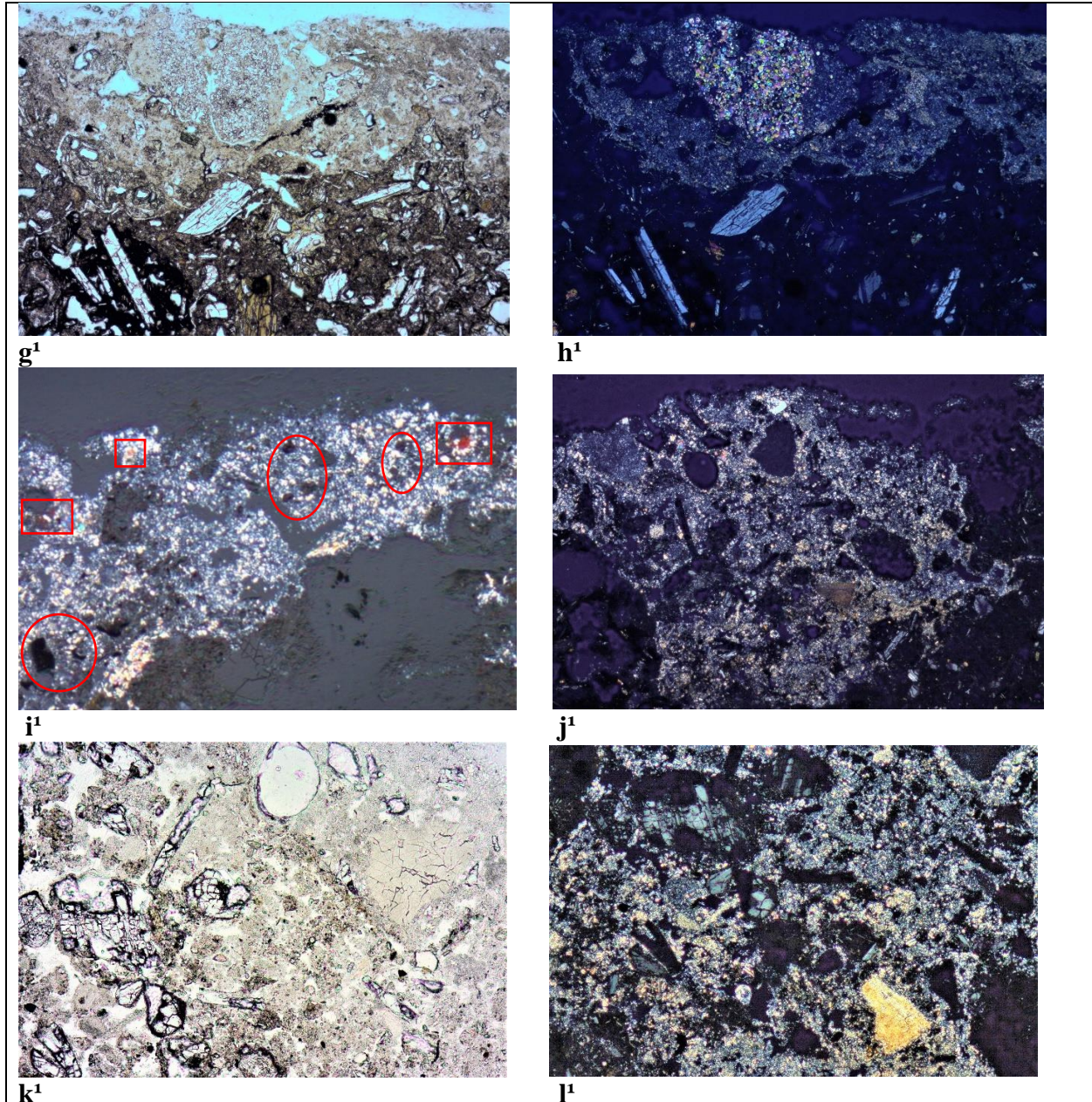




General Piso Negro: a<sup>1</sup> (Luz polarizada, 2.5x) Imagen general del perfil de este piso. Observamos la diferencia de espesor entre las dos capas que lo componen. b<sup>1</sup> (Luz polarizada, 5x) Observamos que debido a la “porosidad” del firme el estuco se encuentra dentro de las vacuolas y grietas. c<sup>1</sup> (Luz transmitida, 5x) observamos gravas de rocas volcánicas con los bordes redondeados. Así como, acumulación de estuco en las irregularidades de la superficie. d<sup>1</sup> (Nicoles cruzados, 5x) El material que amalgama la matriz es un sedimento arcilloso con alto contenido de aluminosilicatos y feldespatos. e<sup>1</sup> (luz reflejada, 2.5x) otra imagen general del firme donde apreciamos grandes vacuolas, los cuales pertenecen al material volcánico. Este piso presenta una gran cantidad de grietas, ubicadas principalmente alrededor de las gravas volcánicas. f<sup>1</sup> (Nicoles cruzados, 2.5x) Gran cantidad de minerales presentes en la matriz del mortero.

FOTOGRAFÍA 70 Imágenes petrográficas General Piso Negro.

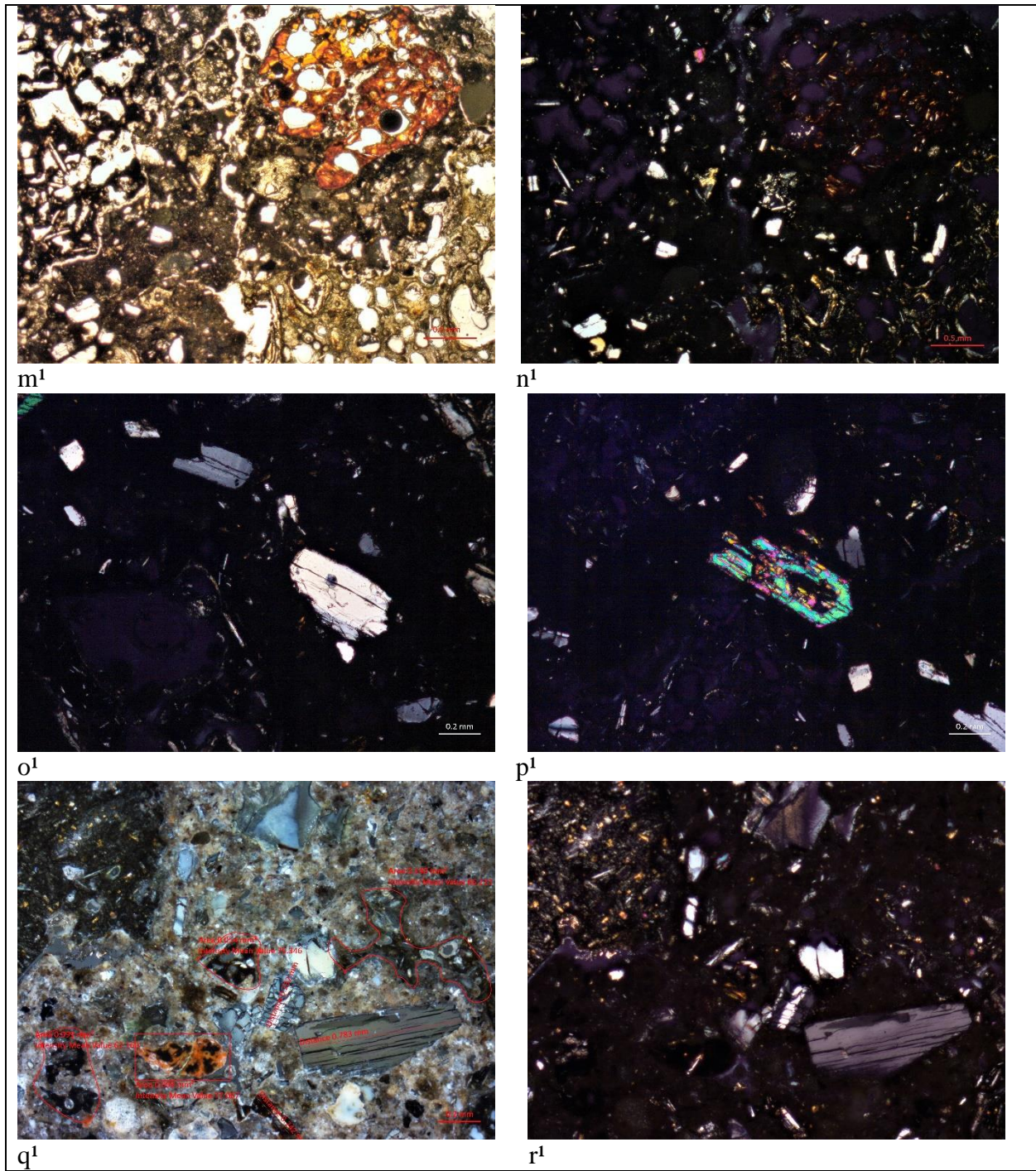




Enlucido: g<sup>1</sup> (Luz transmitida, 5x) Unión entre el firme y el estuco. Vemos como el estuco se encuentra adherido a toda la superficie del firme. Se encuentran integrados. h<sup>1</sup> (Nicoles cruzados, 5x) Presenta una matriz de micrita (calcita) aunque tiene algunos bloques de esparita. i<sup>1</sup> (Luz polarizada, 10x) Marcamos con recuadros las partículas minerales rojas y en los círculos tenemos posibles fragmentos de carbón o material orgánico quemado. j<sup>1</sup> (Nicoles cruzados, 10x) Mortero de estuco con minerales heterogéneos y una matriz de calcita (micrita). Las partículas de todo el mortero, en general, son muy finas. k<sup>1</sup> (Luz transmitida, 20x) La matriz de calcita presenta algunos fragmento sin moler de la misma materia prima, también podemos observar gran cantidad de minerales sin bordes bien definidos o erosionados. l<sup>1</sup> (Nicoles cruzados, 10x) observamos homogeneidad en las partículas de la matriz del estuco, con excepción de algunos fragmentos del mismo material. Observamos feldespatos: plagioclasas y piroxenos muy fragmentados, al igual que vidrio volcánico (posiblemente ceniza volcánica). Todos los materiales se encuentran muy fragmentados.

FOTOGRAFÍA 70 Imágenes petrográficas Enlucido, Piso Negro.

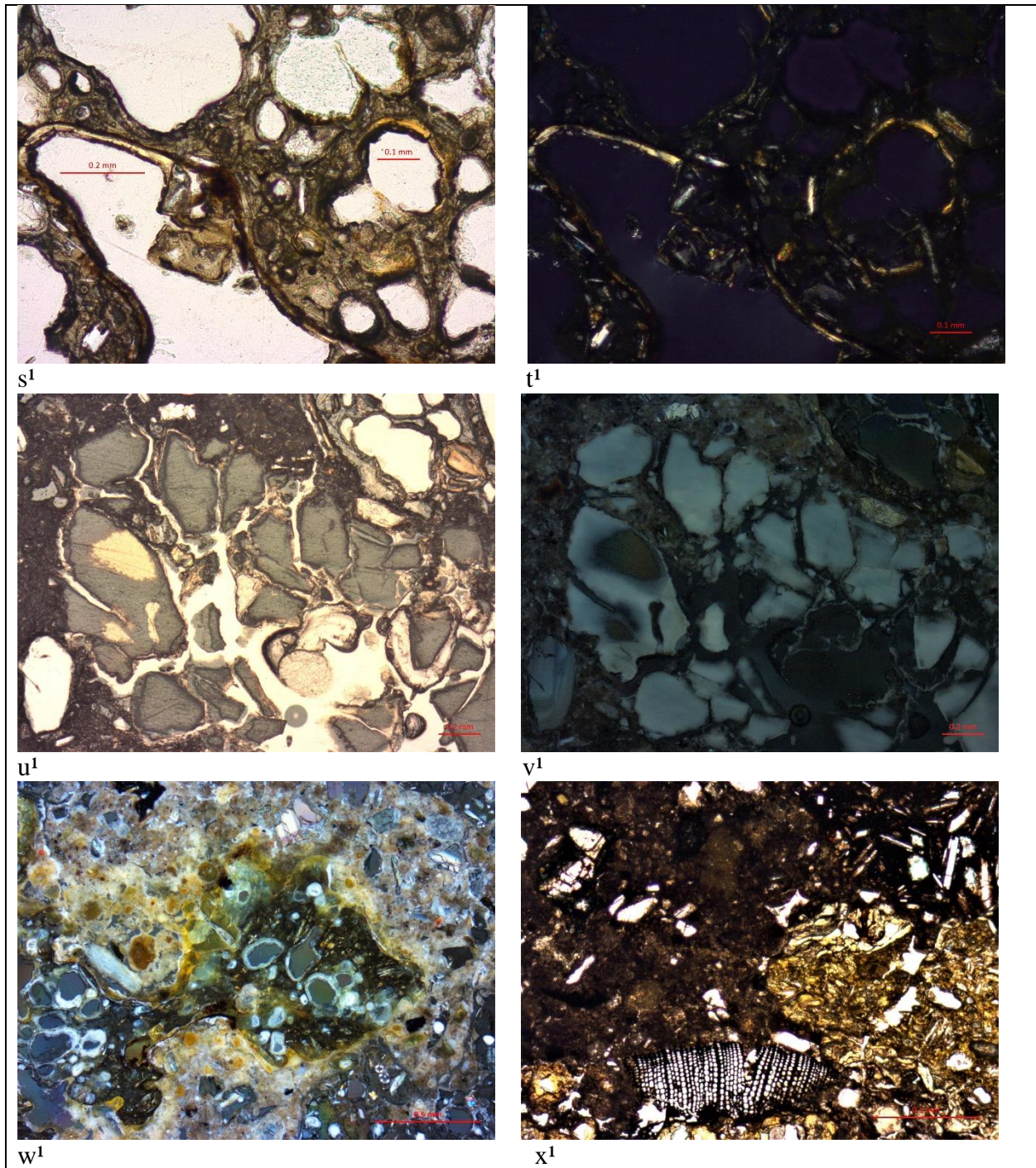




Firme: m<sup>1</sup> y n<sup>1</sup> (luz transmitida/ Nícoles cruzados, 2.5x) El esqueleto del mortero son gravas de rocas volcánicas, como basaltos y pómez. Se observan muchos poros (características del material volcánico), diversas grietas. También se vemos a la matriz penetrando en los espacios vacíos (superficiales) de las gravas. Se observa una gran cantidad de aluminosilicatos presentes en el material volcánico y en la matriz. o<sup>1</sup> (Nícoles cruzados, 20x) Plagioclasa. p<sup>1</sup> (Nícoles cruzados, 20x) Piroxeno. q<sup>1</sup> y r<sup>1</sup> (Luz transmitida/ Nícoles cruzados, 20x) Conjunto de minerales heterogéneos presentes en la matriz (vidrio volcánico, nódulos de hierro, arcillas, aluminosilicatos).

FOTOGRAFÍA 71 Imágenes petrográficas Firme, Piso Negro.





s<sup>1</sup> y t<sup>1</sup> (Luz transmitida/ Nícoles cruzados, 10x) Cutanes de arcilla en las vesículas (interior) de un grava volcánica. u<sup>1</sup> y v<sup>1</sup> (Luz transmitida/ Nícoles cruzados, 5x) Resina “orgánica” fragmentada, contenida en la matriz. w<sup>1</sup> (Luz transmitida, 2.5x) Resina “orgánica”, dentro de una matriz de color café claro con minerales heterogéneos, parece que está sobre la matriz y fue rellenando algunos espacios vacíos. x<sup>1</sup> (Luz polarizada, 2.5x) Material Orgánico “quemado” al interior de la matriz.

FOTOGRAFÍA 72 Imágenes petrográficas Agregados orgánicos, Piso Negro.

# CÁPITULO VI. DISCUSIÓN FINAL Y CONCLUSIONES.

“Entonces, la superficie terrestre es ciertamente el soporte físico,  
la base sólida que sostiene la vida de los seres vivos”.

(Maldonado, 2007:6)



FOTOGRAFÍA 73 panorámica de la Plaza de la Pirámide del Sol, Teotihuacan. Tomada durante las excavaciones del 2014.

Las interpretaciones generales que hemos obtenido como resultado de esta investigación, se han dividido en tres partes. Primero se desarrolla la propuesta cronológica de la construcción de las cuatro etapas, descubiertas hasta ahora, que componen este conjunto arquitectónico. Después se engloba todo lo obtenido con los análisis realizados para conocer los materiales utilizados para la construcción de cada uno de los pisos que conforman de los tres niveles de piso de la Plaza de la Pirámide del Sol. Así como, la observación acerca de algunos avances tecnológicos y cambios en el uso de ciertos materiales utilizados para producir las argamasas de los pisos y, la implementación y el uso de agregados, etc. Y al final, relacionamos estos cambios y modificaciones en los pisos, con los cambios y avances de la sociedad teotihuacana en sus diferentes fases. Todo esto nos permite entender que estos restos materiales (pisos) también son un reflejo de la sociedad.

Por último, se plantea la importancia de continuar utilizando metodologías científicas aplicadas al estudio de materiales arqueológicos y, como es que gracias a los alcances de las diferentes técnicas usadas en esta investigación, se pueden responder diversas preguntas. Se desarrolla brevemente la forma como se complementan entre las técnicas, y como sus resultados sientan las bases para una interpretación más acertada acerca de diferentes aspectos de la sociedad que se estudia. En este caso concreto, se trata de la sociedad Teotihuacana. Al tratarse de la Plaza de la Pirámide del Sol, lo que se observa son procesos que ocurrieron dentro de la elite teotihuacana o los grupos de poder al interior del gobierno, ya que se trata de un lugar de gran trascendencia dentro de esta ciudad.

Junto con esta reflexión se incluye una propuesta metodológica de análisis de los pisos que, aunque bien hace falta pulir con más detalle y agregar un mayor número de datos, es una buena herramienta para utilizar en campo, en caso de encontrarnos con un piso durante la excavación. Esta propuesta está basada únicamente en las técnicas empleadas durante esta investigación. Por supuesto que hay muchas más y espero seguir complementándola con estudios posteriores.

Me gustaría aclarar que, como casi todo en la arqueología y por más ciencia que se aplique, no hemos llegado a conclusiones sino a acercamientos. Sin duda se han contestado fragmentos aquellas preguntas iniciales de esta investigación. Sin perder de vista que el objeto de estudio es *La sociedad teotihuacana*, observada desde sus pisos. Y es que, aunque el material de aproximación fueron los tres diferentes pisos, se tuvo siempre presente que estos fueron creados



por *el hombre*. Y por lo tanto, aquello que se observa en los pisos, dependiendo de nuestro enfoque, son reflejo de la sociedad que los construyó.

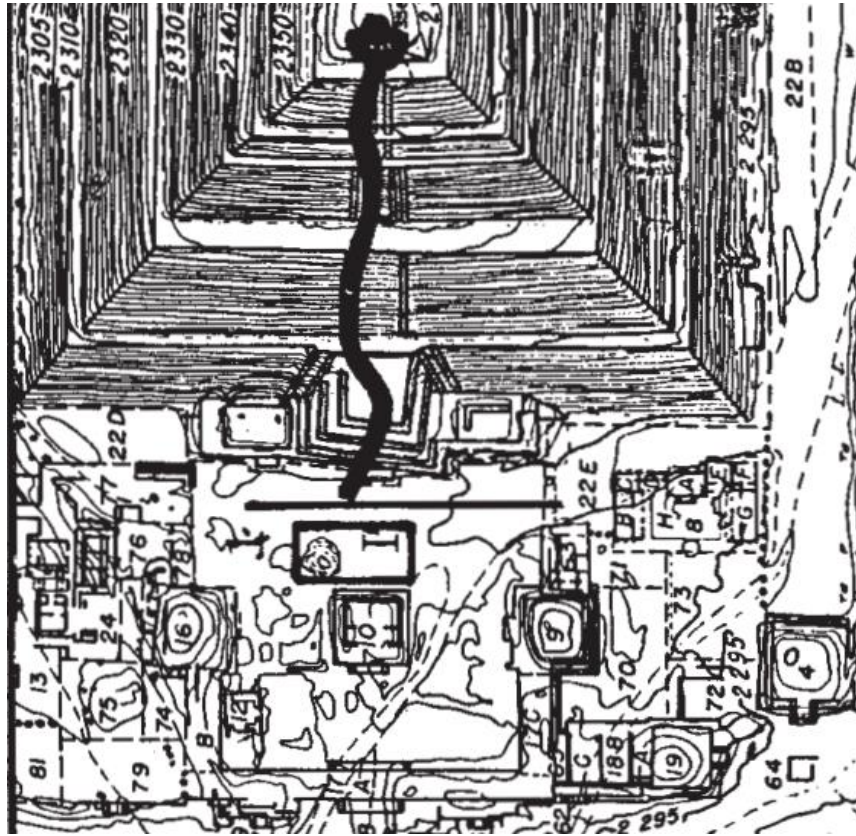
#### *VI.1 Nuevos aportes a la cronología del Conjunto Pirámide del Sol, Teotihuacan.*

Los datos arqueomagnéticos que se han presentado anteriormente en el capítulo III, permiten crear una *Propuesta Cronológica de Construcción de la Plaza de la Pirámide del Sol*. Ubicando cuatro momentos constructivos y finalizando con el acontecimiento del *Gran Incendio*, que ha sido ampliamente reportado para todo el sitio de Teotihuacan (Soler- Arechalde, 2006., Manzanilla, 2008., Manzanilla, 2009., Beramendi- Orosco, 2009), el cual también se ha registrado en la plaza. Esta propuesta también permite ubicar temporalmente los cambios en la producción y elaboración de los pisos, a lo largo de la ocupación teotihuacana, uniendo así los dos grandes rubros de este trabajo.

Si bien los resultados obtenidos aportan información acerca de la cronología de construcción del sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol, en esta investigación la propuesta engloba todo el Conjunto Plaza de la Pirámide del Sol. Aunque se ha dejado a un lado algunas edificaciones como la casa de los sacerdotes y otros espacios posiblemente habitacionales, los cuales también pertenecen a este conjunto. Por lo tanto las construcciones que se están tomando en cuenta son: la Pre-pirámide del Sol (Sugiyama et al. 2013), la Pirámide del Sol, la estructura adosada a la Pirámide del Sol, la plataforma perimetral de la Plaza, los basamentos piramidales 9.N3E1 y 16.N3E1 y sus respectivas ampliaciones, asociado todo con los tres niveles de piso que se registraron y analizaron.

Como se ha desarrollado en el capítulo I, y se describe brevemente en esta propuesta, se considera tener indicadores suficientes para relacionar la elaboración de cada piso con la respectiva etapa constructiva de la plaza. Para esta propuesta se han tomado en consideración resultados provenientes de otras investigaciones (Hueda et al. 2004., Soler et al. 2006., Murakami, 2010 y et al. 2016., Sugiyama et al. 2013) y de cronologías que ya han sido establecidas para el sitio por diversos autores (Von Winning, 1987). También ha sido posible insertar esta propuesta cronológica dentro de las fases cronológicas que han sido sugeridas por varios investigadores, las cuales se han basado en diferentes metodologías de datación relativa y absoluta (Manzanilla, 2009., Beramendi-Orosco, 2009), y han sido corroboradas por investigadores como Manzanilla (2014), a lo largo de años de investigación acerca de la sociedad teotihuacana.





FOTOGRAFÍA 74 Plano Conjunto Plaza de la Pirámide del Sol, modificado de Millon, 1973 (Chávez et al. 1994).

	Late Postclassic	1350–1520 CE
Postclassic	Middle Postclassic	1150/1200–1350 CE
	Mazapa Phase-Toltec	800/900–1150/1200 CE
Epiclassic	Coyotlatelco Phase	650–800/900 CE
	Metepc Phase	550–650 CE
	Xolalpan Phase	350–550 CE
Classic	Tlamimilolpa Phase	200–350 CE
	Miccaotli Phase	100–200 CE
	Terminal Formative	150 BCE to 100 CE
Formative	Late Formative	600–150 BCE
	Middle Formative	1100–600 BCE
	Early Formative	1700–1100 BCE
Early Horizon		c. 22,000–1700 BCE

Sources: Grove (2000); Manzanilla (2009a, 2009b); Manzanilla, López and Freter (1996); Parsons (1989); Beramendi-Orosco et al. (2008); Soler-Arechalde et al. (2006); Hueda-Tanabe et al. (2004).

TABLA 13 Cronología propuesta para la Cuenca de México (Manzanilla, 2014:988)

## PROPUESTRA CRONOLÓGICA.

*Primera Etapa Constructiva. (79- 182 d.C.) Tzacualli- Miccaotli. Los inicios de un Estado.*

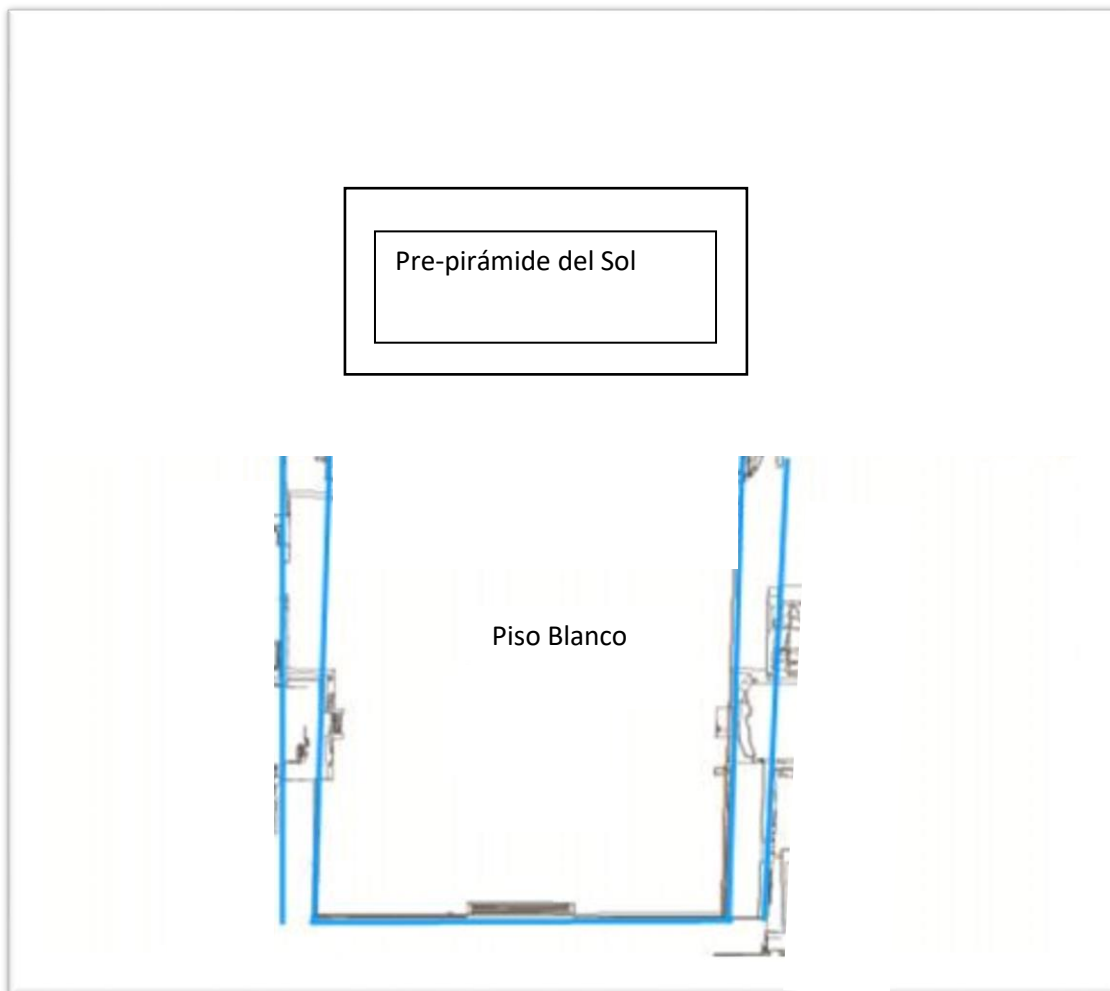
Gracias a las investigaciones realizadas por S. Sugiyama y N. Sugiyama (2013) se conoce sobre la existencia de una estructura Pre-pirámide del Sol, de la cual se encontraron restos de uno de sus taludes, se encuentra a 12.8m al interior del túnel 2 (ibíd. 2013:415). Aunque no fue datada esta estructura, mencionan que este basamento tuvo que ser construido y utilizado antes del 170 d. C., que es el periodo que ellos proponen para la construcción de la Pirámide del Sol. Dentro de los resultados obtenidos en este estudio, se comprueba que la construcción del Piso Blanco se encuentra dentro del lapso de tiempo que va del 79 al 182 d. C., el cual es anterior a la construcción de la Pirámide del Sol. Sugiyama también menciona que hay un piso relacionado con esta pre-pirámide, desafortunadamente no fue posible comparar entre ambos pisos, para confirmar que se tratara del mismo<sup>1</sup>. Aun así, debido a la temporalidad y la secuencia de construcción de estos elementos, es posible crear la hipótesis de que el Piso Blanco se encuentra relacionado con esta estructura anterior. Sin embargo no podemos afirmar que la Pre-pirámide fuera construida al mismo tiempo que el Piso Blanco y la Plataforma perimetral de la plaza.

Durante las excavaciones se registraron indicadores arqueológicos que relacionan la Plataforma Perimetral de la plaza con el primer nivel de piso. Como se describe en los antecedentes, al excavar al interior de la escalinata del edificio 9.N3E1 se encontraron restos del Talud original de la plataforma. Este talud se encontraba en contacto directo con el Piso Blanco y estaban unidos por un chaflán, el cual es un claro indicador de la relación entre ambos elementos constructivos. Aun así, no se puede afirmar que la Plataforma Perimetral de la plaza fuera parte de la primera etapa constructiva desde el inicio. Aunque está directamente relacionada con el piso blanco, pudo ser construida posteriormente; se comprobó durante las excavaciones al interior de la plataforma, que no hay restos de ningún piso anterior al Piso Blanco. También durante estas excavaciones y otras anteriores<sup>2</sup>, se comprobó que el Piso Blanco se adentraba al interior del edificio adosado. Al encontrar el talud original de la Plataforma perimetral de la plaza, se comprueba que esta fue construida y utilizada, antes que el edificio 9. N3E1.

<sup>1</sup> Esperamos en un futuro hacer esta comparación entre ambos pisos, para corroborar si se trata del mismo y confirmar las implicaciones que esto tiene.

<sup>2</sup> Sarabia, comunicación personal (2014)

Con los datos que se tienen, provenientes de otras investigaciones, se conoce que el sitio ya contaba con algunas estructuras y conjuntos habitacionales que aún no llegaban a ser barrios con las características constructivas y sociales que se verían para el Clásico Teotihuacano. Este es el periodo de las posibles migraciones a Teotihuacan, de grupos provenientes del Valle de México, debido a la intensa actividad volcánica. (Manzanilla, 2009:22) Por lo tanto, este suceso puede ser un factor clave para la construcción de la Pirámide del Sol, que conforma la segunda etapa de construcción del conjunto arquitectónico.



MAPA 24 En esta figura, se presenta un croquis con la propuesta de cuáles eran los elementos presentes de la plaza para la Primera Fase<sup>3</sup>: Piso Blanco, Muro perimetral de la plaza y basamento Pre- pirámide del Sol, que se propone fueron edificados durante la primera etapa de construcción de este conjunto. Esto es sólo una aproximación según los datos que obtenido en conjunto con los datos publicados de las excavaciones de N. Sugiyama. (et al., 2013)

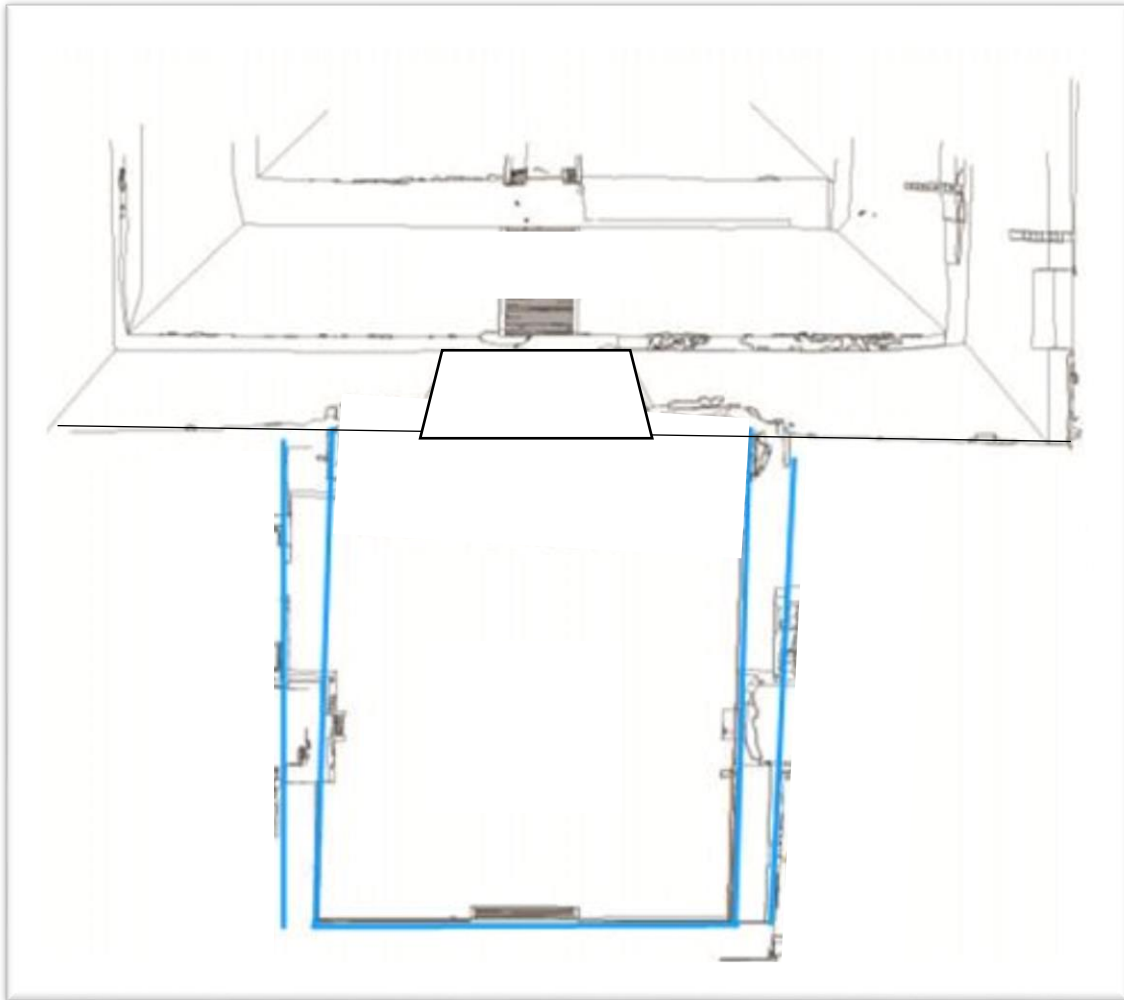
<sup>3</sup> Propuesta y croquis, Lozano B.

Segunda Etapa Constructiva. Miccaotli- Tlamimilolpa. La Gran Pirámide, el poder reflejado en la grandeza.

Esta etapa está conformada por la edificación de la Pirámide del Sol (170- 310 d. C.) y del Túnel subterráneo (134-240 d. C.) que se encuentra bajo la pirámide. (Sugiyama et al. 2013) Como se ha mencionado anteriormente, durante el uso de la primera etapa constructiva, llegan al sitio de Teotihuacan, grupos que provienen del Valle de México. Seguramente desplazados por la erupción del Xitle, que está ubicada hacia el año 80 d. C. (Córdova et al. 1994, en Manzanilla 2009: 22) Estos grupos migratorios pueden bien ser en gran medida el recurso (Barba y Córdova, 1999), traducido como mano de obra, que se necesitaba para la edificación de la gran pirámide. Aunque no se puede hablar sobre el origen de la idea de la creación de este basamento, el crecimiento poblacional, ligado con la serie de desastres naturales, pudieron ser un factor de la motivación para su creación.

Todo indica que durante este periodo de tiempo se siguió utilizando el Piso Blanco como superficie de la plaza, ya que las dataciones de este piso no corresponden con la construcción del gran basamento, debido a que son anteriores. Es de esperarse que se utilizara toda la fuerza de trabajo disponible, así como los recursos y materiales constructivos únicamente en la edificación de la Pirámide del Sol. Algunos autores han mencionado que el periodo de construcción de este basamento pudo ser de aproximadamente 100 años. Y si se toma en cuenta que, en esta fase (Miccaotli) se inicia el trazo de la Calzada de los Muertos, la construcción de terrazas debido al desnivel del terreno, se edifica la Pirámide de Quetzalcoatl, entre otras grandes construcciones (Manzanilla, 2001:221) no es raro que todo el material constructivo y la mano de obra estén enfocados en estos trabajos y por lo tanto se continúe utilizando el mismo piso.

Sin embargo, el Piso Blanco mostraba varios recubrimientos (enlucidos), los cuales pueden ser un indicador del mantenimiento que se le dio al piso durante un periodo de tiempo de aproximadamente doscientos años de uso. Por lo tanto, las diferentes capas de enlucido presentes demuestran el mantenimiento que se le dio a la superficie durante este lapso de tiempo, así como servir de referencia acerca del uso del espacio. En esta investigación no se hizo un análisis minucioso de las diferencias temporales entre un recubrimiento y otro, se recomienda que para futuras investigaciones se recupere el material arqueológico necesario que permita hacer este estudio detallado, el cual permitiría conocer los procesos y lapsos de ocupación de cada superficie.



MAPA 25 En la figura 2, en líneas azules la propuesta de cómo era la segunda etapa constructiva<sup>4</sup>, con los elementos: Pirámide del Sol, Plataforma perimetral de la plaza y continúa el uso del Piso Blanco. Parte de la hipótesis acerca del porque se sigue utilizando el mismo piso durante este periodo de tiempo es que todo el esfuerzo (material y mano de obra) está siendo enfocado en la construcción de la Pirámide del Sol, que es el basamento más grande de todo Teotihuacan.

<sup>4</sup> Propuesta y croquis, Lozano B.



*Tercera Etapa Constructiva. (290- 385 d. C.) Tlamimilolpa. Esplendor Teotihuacano.*

Es en la fase Tlamimilolpa, que varios autores han situado el momento de expansión constructiva para todo el sitio de Teotihuacan. Es el momento de la planeación urbana donde surgen los elementos que le darán forma al sitio, como: la traza ortogonal por medio de calles, “[...] los módulos constructivos, la existencia de multifamiliares de apartamentos, la presencia de barrios foráneos [...]”, la canalización del río San Juan para integrarse en la retícula del sitio, la construcción del drenaje (subterráneo), entre otros. (Manzanilla, 2009:23)

Este es el inicio del periodo Clásico donde se observa, por medio de diversos indicadores arqueológicos como los mencionados en el párrafo anterior, cambios que están ocurriendo en la sociedad teotihuacana. Estos cambios sociales pueden estar relacionados con el crecimiento poblacional, que es consecuencia de las migraciones foráneas. Como consecuencia de la integración de estos grupos, se conforma una ciudad multiétnica organizada en grupos o barrios. Cada sector y barrios, mantienen características y costumbres de su lugar de origen (Manzanilla, 2009; 2012; 2017), pero han sido integrados respetando la traza del sitio y en varios casos, cumpliendo con las formas y el uso de ciertos materiales constructivos. Estos grupos pudieron estar coordinados por la *casa de nobles* o el grupo de elite dirigente. (Manzanilla, 2017:46)

La fase Tlamimilolpa es considerada el primer periodo de grandeza del sitio. En este momento el sitio alcanzó a cubrir alrededor de 20 kilómetros cuadrados y a albergar aproximadamente 125 mil habitantes (ibíd.: 47), volviéndose la ciudad más grande y poblada de todo el altiplano central de México. En esta etapa se construye el edificio 9.N3E1 (sur) y seguramente el edificio 16.N3E1 (norte), con los cuales se conforma una *Plaza de Tres Templos* que son muy comunes en Teotihuacan (Manzanilla, 2001:218, 2008:121), y que es una de las características que ha sido tomada en cuenta al hablar de un Estado Mesoamericano. Este es un patrón constructivo muy utilizado en este sitio, que surge o tiene su auge durante el Clásico teotihuacano. Manzanilla (2001:174) menciona que este tipo de construcciones son muy comunes en el sector norte del valle y que pueden ser un indicador de centro de barrio. No es raro que se repita la composición constructiva de la Plaza de la Pirámide del Sol, en el resto del sitio. Ya que seguramente, los centros de barrio, estaban replicando este patrón constructivo en pequeña escala; aunque no se puede asegurar si era por obligación (para estar dentro de la estructura urbana) o por un sentido de pertenencia.

En este periodo de se construye el denominado Piso Rojo (290- 385 d. C.), el cual se ha asociado al basamento sur gracias a la relación entre el pigmento que se encontraba en los bloques de arranque de la escalinata de este edificio (la marca de inicio del pigmento rojo en los bloques), con la misma profundidad (nivel estratigráfico) del piso. Al interior de la ampliación de este edificio no se encontraron rastros del piso, quizá porque fue destruido y el material fue reutilizado para elaborar el enlucido del siguiente piso. No es raro que los teotihuacanos destruyeran elementos constructivos y los reutilizaran en posteriores edificaciones.

Quizá sea también en esta etapa que se construye la estructura Adosada de la Pirámide del Sol. Aunque aún no sabemos con certeza cuando fue construida (ya que no tenemos dataciones independientes de ella), si se tienen datos acerca de al menos dos etapas constructivas<sup>5</sup>. (Matos, 1995) Millon (1965: 27) menciona que esta estructura fue construida para la fase Miccaotli pero esto implicaría que fue construida recién se había terminado la edificación de la Pirámide del Sol, ya que Sugiyama (2013) propone que es en esta fase que se construye el gran basamento. Por lo tanto, se puede suponer que su primera construcción es parte de la tercera etapa constructiva del conjunto, ya que fue hecha después de la construcción de la Pirámide del Sol. Sugiyama (2013), y otros investigadores anteriormente (Millon, 1965), mencionan que la fachada oeste de Pirámide del sol tenía un gran talud con una escalinata de desplante al nivel de la plaza, la cual fue destruida (sólo quedan restos del desplante) al incorporar la estructura Adosada. Así que la Pirámide del Sol tuvo un periodo de uso en el cual no existía dicha estructura.

Se han identificado una serie de eventos, al final de la fase Tlamimilolpa, que muestran la destrucción o recubrimiento (con una nueva etapa constructiva) de estructuras existentes. Estos han sido planteados como indicadores de cambios que estaban ocurriendo en el aparato social teotihuacano. Posiblemente originados por conflictos entre los grupos de poder, como se observa en algunas pinturas murales. Al parecer hay un desplazamiento del Clan de la Serpiente emplumada, que es sustituida por el Clan del Jaguar. Esto también se observa en el Conjunto Plaza de la Pirámide del sol. De donde se conoce la existencia de decoraciones de cabezas de jaguar para las etapas constructivas donde ya existe la estructura adosada, y en sus inicios parece que estuvo dedicada al Señor de las Tormentas.

---

<sup>5</sup> Durante las excavaciones del 2014, también se abrió una cala en la fachada sur del edificio central de la plataforma adosada, donde pude observar la presencia de al menos dos etapas constructivas.

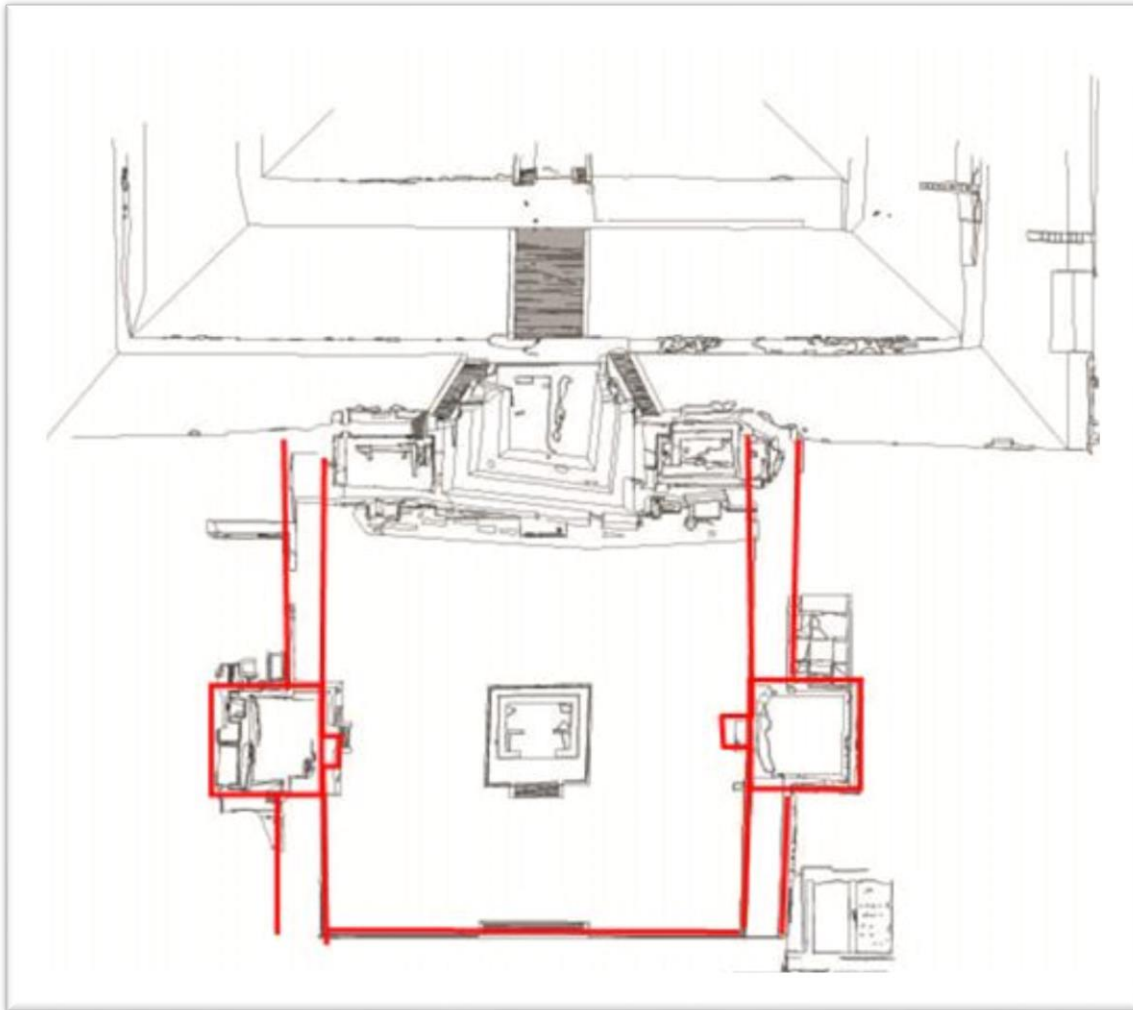


Fig. 3

MAPA 26 En la figura 3 se observan los elementos que componen la plaza para la tercera etapa<sup>6</sup>, según la propuesta, estos elementos son: Pirámide del Sol, Edificio Adosado (posiblemente primera construcción), Edificio 9.N3E1, Edificio 16.N3E1, Plataforma perimetral de la plaza y la superficie es el Piso Rojo (todos los recubrimientos). No se tienen datos acerca del momento de construcción del Altar central.

<sup>6</sup> Propuesta y croquis, Lozano B.

Cuarta Etapa Constructiva. (353- 446 d. C) Xolalpan. La gran renovación urbana.

Es el último gran momento constructivo, no quiere decir que no existieron otros momentos o modificaciones posteriores (post-teotihuacanas) pero estos son los que se han registrado hasta el momento, y enmarcan algunos de los grandes cambios de la estructura socio-política de Teotihuacan. Manzanilla (2017) hace mención de la transición entre las fases Tlamimilolpa tardío y Xolalpan temprano, y destacan una serie de eventos, como rituales de terminación donde se observa la destrucción intencional de diferentes materiales: vasijas, anafres, braseros, vasos trípodes asociados a huesos y otros materiales líticos. Todos estos materiales se encuentran sobre un piso el cual arrojó dataciones de arqueomagnetismo de 350 d.C. (Hueda, 2000; Soler, 2006; Manzanilla 2017). La propuesta de Manzanilla sobre el límite temporal entre las fases Tlamimilolpa y Xolalpan, coincide con los de la cronología que ya había sido propuesta por Rattray en 1991. (Manzanilla, 2017:25) Y las características que se plantean para este cambio también coinciden con la cuarta etapa constructiva que se propone en esta investigación. En donde se ve una abrupta transformación en el uso de los materiales, de lo cual hablaremos extensamente en el siguiente apartado. Este cambio ha sido registrado para la mayor parte del sitio y se observa tanto en la renovación arquitectónica como en el uso de otros materiales constructivos. Autores como Millón nombran a este periodo como un momento de *renovación urbana*. (Beramendi- Oroscó, 2009:100)

Este es el periodo de construcción del Piso Negro (353- 446 d.C.) está directamente relacionado con la ampliación del edificio 9. N3E1. La delimitación del tamaño de la ampliación se conoce gracias a un muro testigo, que son restos del muro oeste del edificio, al interior del sector sur de la plaza. También se reconoció y registró el corte en el piso blanco que corresponde a la ampliación del talud norte y de la escalinata que conformaban la fachada norte de este edificio. Al parecer, también es el momento de ampliación del edificio 16.N3E1 (norte), el cual es espejo del edificio sur (en conjunto con la pirámide conforman la Plaza de tres templos). Del edificio 16 se puede observar actualmente que la reconstrucción tiene las mismas dimensiones que las de la ampliación que fue delimitada para el edificio 9.N3E1.

Este puede ser también el momento donde se edifica la siguiente etapa constructiva, con la que se recubren las fachadas, y se integran otros elementos decorativos, del Edificio Adosado. Se sabe, por información proporcionada por el arqueólogo Sarabia, que se recuperaron varias esculturas de basalto con formas de cabezas de jaguar, que al parecer se encontraban decorando

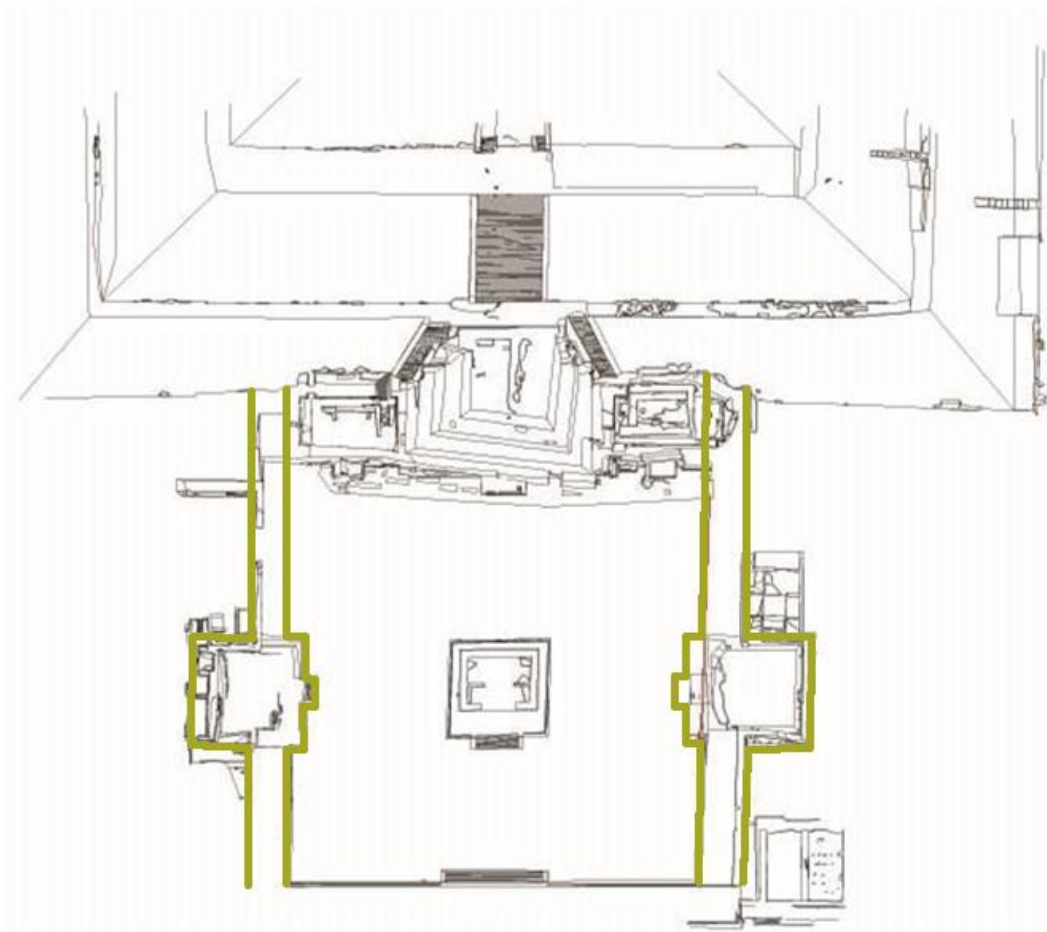
estas fachadas, así como las esquinas de cada cuerpo de la Pirámide del Sol. Esto coincide con los cambios socio-políticos plateados por Manzanilla (2017) donde se ve el empoderamiento del Clan del Jaguar sobre el de la Serpiente emplumada. El hecho de que la Pirámide del Sol presenta una decoración de jaguares hace suponer sobre el peso político que debió tener este clan. Otros estudios plantean que la Pirámide del Sol estaba dedicada al Dios de las Tormentas, debido a los entierros de infantes y otras ofrendas relacionadas con esta deidad. (Matos, 1995) Y aunque el jaguar también está relacionado con el agua y el inframundo, el hecho de que uno de los grupos de dominantes en Teotihuacan fuera el clan del jaguar y que la pirámide más grande del sitio este decorada con este motivo, no parece ser coincidencia. Y aunque, Manzanilla (2008:122) menciona que la Pirámide del Sol, posiblemente pertenece a la deidad estatal: El jaguar. Debido a las numerosas representaciones que se encontraban en su fachada. La relación entre el gran basamento piramidal y el clan del jaguar, nos muestran el peso dentro de la estructura social que tendría este grupo en particular. Esta es sólo una hipótesis que necesita de más indicadores arqueológicos para ser confirmada.

Lo que se puede argumentar, con los datos que se tienen, es la presencia de un gran cambio en la estructura de la sociedad teotihuacana, y es tal que incluso se modifican algunas estructuras, incrementando su tamaño, y se usan materiales constructivos diferentes a los utilizados con anterioridad. Es tal el caso de querer cubrir la etapa anterior que no se emplean los pisos blanco y rojo como firme del Piso Negro, sino que, se construye otro firme totalmente diferente para crear una nueva superficie. Esto puede ser un indicador de los cambios con respecto al grupo o grupos dominantes. Posiblemente el grupo entrante, en este caso el clan del jaguar<sup>7</sup>, quiere desaparecer todo rastro que rememore aquello que existió antes que él y que recordara al grupo de poder anterior. Fue tal el grado de este cambio que no sólo recubre las superficies, sino crea unas diferentes. En el caso de los basamentos 9 y 16, y la ampliación de estos; y en el caso de la superficie de la plaza, cuenta con la elaboración de un firme de gravas y arcilla que lo separan de las superficies anteriores. Podría ser que este nuevo grupo de poder no quisiera ni tocar el piso que estuvo antes.

---

<sup>7</sup> Con entrante me refiero a tomar una posición jerárquica mayor a la que tenía anteriormente.





MAPA 27 En la figura 4 observamos lo que propongo es la conformación de la plaza en la última etapa constructiva, donde tenemos los elementos: Pirámide del Sol, quizá con un nuevo recubrimiento (Matos, 1995); Edificio Adosado, con otra etapa constructiva y decoración de jaguares; Ampliaciones de los edificios 9.N3E1 y 16.N3E1; y como superficie, se encuentra el Piso Negro o Concreto Teotihuacano.

*El Gran Incendio. (547-591 d. C.) Xolalpan tardío.*

Por último, se tienen los resultados obtenidos del Piso Quemado, localizado en las excavaciones frente a la entrada del túnel subterráneo que se encuentra debajo de la Pirámide del Sol. Este piso tiene las mismas características físicas que el Piso Negro, con la diferencia de que éste fue expuesto a altas temperaturas y esto provocó un cambio en la coloración del sedimento arcilloso. Aunque se trata del mismo nivel estratigráfico del Piso Negro (si se toma en cuenta que la plaza presenta una inclinación hacia el sector este de la plaza, posiblemente para evitar estancamiento del agua), al ser un material quemado, proporciona datos del acontecimiento (incendio) y no del momento del fraguado.

Los resultados fueron excelentes y coinciden perfectamente con el momento histórico que ha sido denominado como: el Gran Incendio teotihuacano. Este evento ha sido datado por diversos investigadores alrededor del 550 d. C (Manzanilla, 2003, 2006, 2014; Soler- Arechalde, 2006, Hueda- Tanabe, 2004). Los resultados de arqueomagnetismo de esta investigación colocan este suceso entre el 547 y el 591 d. C. lo que corresponde muy bien con los resultados de investigaciones previas, que datan este evento para el 550 d.C. Este evento se integra junto con el desmantelamiento de estructuras, destrucción ritual y saqueos. (Manzanilla, 2017:25)

Como se ha mencionado, las muestras del piso quemado se recuperaron del sector frente a la entrada del túnel, que es frente a la fachada principal de la Pirámide del Sol. Lo que coincide perfectamente con lo que Millón menciona acerca de los rastros del Gran Incendio, los cuales han sido identificados “[...] en el frente, los lados de las escalinatas y sobre las plataformas de los templos.” Estas evidencias se presentan en la mayoría de las estructuras del sector ceremonial y en los templos y estructuras asociadas en el resto de la ciudad. (Millon 1988:150, en Manzanilla, 2017:25)

Dentro de esta investigación no se habla de etapas posteriores debido a que no se tiene evidencias arqueológicas (ni muestras) de otro nivel de piso que fuera construido después del Piso Negro. Aunque al igual que los otros pisos, éste también tuvo más de una capa de enlucido<sup>8</sup> que es un indicador del uso y mantenimiento del espacio a lo largo del tiempo pero las muestras recuperadas son de partes donde la superficie estuvo expuesta y se encuentra muy deteriorada. Desafortunadamente, por el momento, no se sabe el periodo de ocupación de este piso pero pudo haberse utilizado hasta la caída de Teotihuacan, señalada con el Gran Incendio en el 550. Y aunque

---

<sup>8</sup> Estas capas han sido registradas para otros sectores de Teotihuacan.

el abandono fuera paulatino, seguramente estos espacios ritual-ceremoniales fueron los primeros en abandonarse.

En esta propuesta cronológica de la construcción del Conjunto Plaza de la Pirámide del Sol, se observa que la presencia de este grupo arquitectónico ha tenido lugar desde los inicios del sitio de Teotihuacan. Sin duda es un espacio de gran valor simbólico para la sociedad multiétnica teotihuacana, y fue un espacio físico donde es posible ver reflejado el poder y grandeza que tuvo esta ciudad. En definitiva, se están observando los cambios de cada fase reflejados en los cambios constructivos que sufrió el conjunto. Aunque que este no es sólo un ejemplo, sino que es de aquí, o al menos en parte, que surge la disposición o imposición para dichos cambios arquitectónicos y constructivos en toda la ciudad. Por lo tanto, es en este conjunto arquitectónico donde se inicia lo que después serán los atributos constructivos característicos de cada fase cronológica en que se divide la historia del sitio.

A continuación se presenta una tabla con la propuesta realizada en esta investigación, comparándola con las fases que se han propuesto para todo el sitio de Teotihuacan. Así como la división de las etapas constructivas y los elementos asociados a ellas, tanto los que se reconocieron en las excavaciones del 2014, como algunos propuestos por otros autores.

<b>Etapas constructivas Complejo Pirámide del Sol.</b>	<b>Elementos asociados</b>	<b>Propuesta Cronológica</b> (Lozano- Bravo y Soler- Arechalde) + datos de otras investigaciones	<b>Fases</b> (Manzanilla, 2014)	<b>Fases</b> (Beramendi- Orosco, 2009)
Gran Incendio de Teotihuacan	-PISO NEGRO QUEMADO  Diversas estructuras presentan rastros del Gran Incendio.	[547- 591] d. C.	[550 – 600 d. C.] (Soler-Arechalde, 2006; Manzanilla, 2009, 2014)	-Alrededor del 550 d. C.
Cuarta Etapa Constructiva	-PISO NEGRO  -Ampliación del edificio Sur 9.N3E1 (Fachada norte)	[353- 446] d. C.	XOLALPAN 350 – 550 d. C.	XOLALPAN TARDÍO 300 – 545 d.C.
Tercera Etapa constructiva	- PISO ROJO.  -Construcción del edificio Sur 9.N3E1 y el edificio Norte 16.N3E1 (plaza de tres templos).	[290- 385] d. C.	TLAMIMILOLPA 200 – 350 d. C.	TLAMIMILOLPA/ XOLALPAN 215 – 330 d. C (Transición)
Segunda Etapa Constructiva	-Construcción de la Pirámide del Sol.  -Construcción del Tunel bajo la Pirámide del Sol.	[170- 310] d. C. (N. Sugiyama, 2013)  [139 240] d. C. (N. Sugiyama, 2013)	TLAMIMILOLPA 200 – 350 d. C.  MICCAOTLI 100-200 d. C.	TLAMIMILOLPA 110 – 290 d. C
Primera Etapa constructiva	-Construcción Pirámide del Sol.  -Pre- Pirámide del Sol.  -Talud tipo Mosaico, de la Plataforma perimetral de la Plaza de la Pirámide del Sol.  -PISO BLANCO	-1, 150 d. C. (Millón, 1973; Rattray, 2001 en Sugiyama 2013:423)  - Anterior a 170 d. C. (N. Sugiyama, 2013)  [79 - 182] d. C.	        TZACUALLI 150 a. C. - 100 d. C.	        TLAMIMILOLPA 110 – 290 d.C.

TABLA 14 Propuesta Cronológica de la Construcción de la Plaza de la Pirámide del Sol.

*VI.2 Materiales y tecnología. El perfeccionamiento en la construcción de los Pisos Teotihuacanos.*

Como se ha visto a lo largo de esta investigación se analizaron tres pisos, denominados: Piso Blanco, Piso Rojo y Piso Negro. Desde el momento de las excavaciones se observó que los pisos poseían diferentes características entre sí, como: textura, compactación, grado de conservación, etc. Daban la apariencia de estar hechos de materiales totalmente diferentes, y es por ello surgió la interrogante acerca de cuáles fueron los materiales constructivos empleados para construirlos.

Magaloni (1996:23), plantea un estudio realizado en la pintura mural, donde menciona que al estar presente durante los 600 años de ocupación, es posible observar los cambios en los materiales, los avances tecnológicos y el perfeccionamiento en la técnica de elaboración y plástica de los murales, que son parte de las interrogantes que se ha planteado en este estudio. Al tratarse de elementos constructivos que están elaborados con los mismos materiales, principalmente el uso de argamasas de Cal, aunque existen algunos cambios en los agregados, el espesor de soporte vs el firme, y la gama más amplia de colores empleados en los murales, entre otros; es posible establecer similitudes entre estos elementos arquitectónicos y hacer comparaciones de ellos a lo largo del tiempo. De hecho su aproximación en ese estudio también se logra por la aplicación de metodologías científicas, algunas de ellas empleadas en este trabajo.

Una vez analizados los pisos con las diferentes metodologías seleccionadas, cuyos resultados fueron descritos ampliamente en los capítulos IV y V, se observa que si bien existen características diferentes, también están contruidos con materiales en común. A lo largo de esta investigación se ha visto que las diferencias se encuentran principalmente relacionadas con cambios tecnológicos para el procesamiento de ciertos materiales como la roca caliza. O avances en el conocimiento de la elaboración de mezclas, para elaborar tanto argamasas como morteros, al integrar agregados (mayoritariamente minerales) como parte del esqueleto. Así mismo la construcción de un firme con materiales mucho más resistentes y de fácil acceso, al tratarse de materiales endémicos. Todo esto es reflejo del perfeccionamiento en la elaboración de pisos y el uso de sus recursos, por lo tanto también esto es reflejo de la existencia de un sector especializado en la construcción de los pisos y aplanados de cal, posiblemente independiente de los artistas plásticos que pintaban los murales.

Mucho se menciona la presencia de artesanos especializado dependientes del Estado (Manzanilla, 2017:85-89), el cual se hace responsable por su sustento debido a que estos



individuos tenían que dedicarse tiempo completo a los trabajos correspondientes de su especialización. Para el caso de Teotihuacan se dice que había especialistas en obsidiana, ceramistas (tanto de producción estandarizada como de producción de cerámica ritual) y artesanos de bienes suntuarios. (Manzanilla, 1992:327, Price, 1986) Sin embargo no se habla mucho de constructores, y es difícil pensar que no existiera un gran grupo de trabajadores especializados en la construcción, que debían dedicarse tiempo completo a este trabajo. Aunque Price (1986:189) menciona que la arquitectura de Teotihuacan refleja suficiente inversión como para implicar un control tanto de los materiales como de la mano de obra. El cual claramente es demandante sobre todo cuando se refiere a un sitio de más de 20km<sup>2</sup>, donde la superficie total construida es de 4.56x10<sup>6</sup> m<sup>2</sup> (Barba y Córdoba, 1999:172).

Dentro de estos personajes dedicados a la construcción de este colosal centro ceremonial, seguramente existió la división de aquellos especializados en construir los pisos. De la existencia de este grupo de especialistas es posible observar, que el conocimiento acerca del modo de preparación de las argamasas era estandarizado, lo que se ve más claramente en la secuencia de acabados de superficie que componen el Piso Rojo. Donde se observan casi los mismos materiales aunque con algunas mínimas diferencias que pueden corresponder a escases o buen abastecimiento de los materiales para su construcción (espesor del estrato, presencia de cinabrio, pureza del pigmento). Este conocimiento estandarizado tuvo que ser transmitido de una generación a otra y también ser controlado por el estado. Es posible verlo en mayor escala cuando se comparan los resultados de esta investigación con los obtenidos por Pecci de los trabajos sobre materiales del barrio de Teopancazco (et al. 2009; 2016). En los cuales destaca la presencia de esquirlas volcánicas que conforman el esqueleto de la mezcla de cal, y este mismo material está presente desde la primera superficie del enlucido del Piso Rojo, el cual puede ser anterior a los pisos descritos por Pecci. Es de esperarse que los avances tecnológicos y el uso de nuevas materias primas se ven reflejados primero en el sector político- ceremonial y de elite, y después, sean distribuidos a los demás sectores de la población, como sería un centro de barrio como lo es Teopancazco.

A continuación se describen las características más destacadas de los tres pisos, sus avances y cambios a lo largo de la ocupación del sitio.

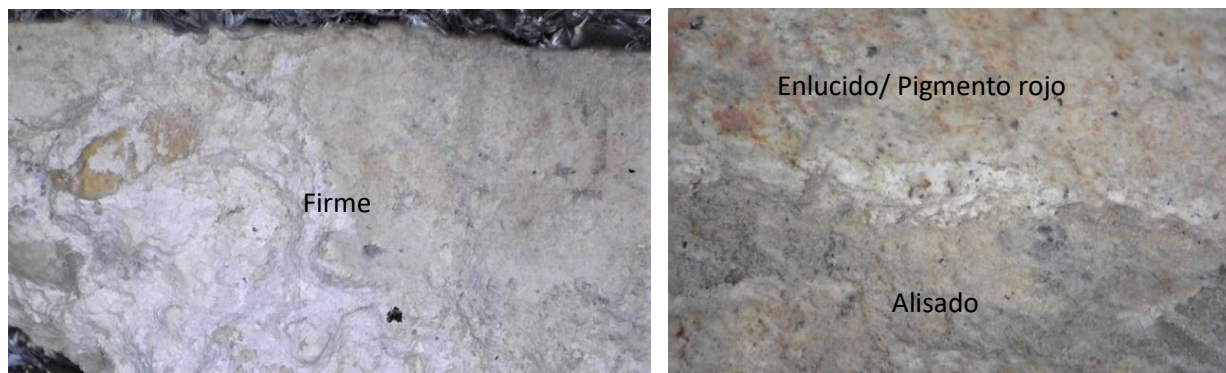
a) El Piso Blanco. (79-182 d.C.) Es el primer piso construido en la Plaza de la Pirámide del Sol, al menos hasta donde las recientes excavaciones permiten conocer. Estratigráficamente, y por los resultados obtenidos por arqueomagnetismo, se comprobó que es más antiguo que los pisos rojo y negro. Como se ha visto para otras sociedades, los materiales más antiguos no siempre son los de menor calidad, lo mismo ocurre con este piso. El cual presenta complejidad en su elaboración y tiene un excelente acabado de superficie. Este piso se ha datado, su elaboración, entre el 79 y 182 d. C. Y gracias a los análisis físicos y micromorfológicos realizados, se obtuvo información acerca de los materiales empleados para su elaboración, e incluso tener algunos datos acerca del proceso de producción.

El principal material empleado para la elaboración de este piso es: *calcita* con alto contenido de magnesio, este material se encuentra parcialmente calcinado<sup>9</sup> de forma incipiente. Este piso se encuentra sobre un relleno de nivelación el cual no fue analizado en este trabajo, este relleno<sup>10</sup> se encontraba sobre la roca madre, que en este terreno se trata de tepetate. El firme del Piso Blanco está hecho de cal, cuyo proceso de transformación (quema) es aún incipiente. Tiene una muy buena compactación, como podemos observar en los análisis micromorfológicos. Un factor de esta compactación e integración de la argamasa puede ser debido a la poca presencia de agregados. Aunque su compactación es buena, el piso se desprendía y pulverizaba con facilidad, sobre todo si se saturaba de agua. Algunos de los minerales identificados dentro la argamasa del firme son: cuarzos y conglomerados calcáreos, los segundos seguramente pertenecían al material geológico en su estado natural. Debido a estos datos proponemos que este piso presenta pocos agregados antrópicos. Murakami (2016) menciona que para las fases Miccaotli y Tlamimilolpa, en todo el sitio, se registran aplanados hechos solo con cal y no tiene presencia de agregados o cargas, sólo cuentan con una pequeña proporción de cuarzos y feldespatos, los cuales pueden ser parte de la materia prima, como ya se ha mencionado.

---

<sup>9</sup> El material de este piso presenta una calcinación incipiente, en los análisis de Infrarrojo, capítulo IV.

<sup>10</sup> Creado debido a la irregularidad de la superficie de tepetate.



FOTOGRAFÍA 75 Imagen microscopio óptico, Izq. Perfil del firme del Piso Blanco. Dcha. Superficie del Piso Blanco, observamos un área alisada y otra cubierta con el enlucido y rastros del pigmento rojo.

El enlucido del Piso Blanco también está compuesto de cal en mayor cantidad, y a diferencia del firme, la granulometría de la mezcla es más fina. En los resultados de los análisis de XRD, XRF y SEM, se observa que ambos elementos tienen la misma composición química. Es en los análisis petrográficos (micromorfológicos) que se observan algunas diferencias como el tamaño de grano de la matriz y agregados, aunque casi no contiene partículas otros minerales como cuarzos y esparita, que sí están presentes en el firme. Esto puede ser un indicador de que la cal utilizada para el enlucido tenía un proceso de manufactura más fino, quizá el material fuera cernido.

Se observan diferencias entre el firme y el enlucido; incluso es posible desprenderlos<sup>11</sup> físicamente. Esta característica quizá sea un indicador de la forma de construcción del piso; donde se colocó la mezcla del firme, se aplanó, alisó y se dejó secar parcial o totalmente, y después se colocó la mezcla del enlucido, este también fue aplanado y alisado. Al tener esta separación entre estos elementos, firme y enlucido, es posible considerar que existió un proceso de fraguado de ambas argamasas por separado y debido a esto no hay una integración entre ambos elementos del piso. Con los análisis micromorfológicos se observa que algunos de estos espacios vacíos, entre el firme y el enlucido, se han rellenado con carbonatos de calcio. Esto puede ser debido a que el enlucido ha tenido procesos de precipitación, disolución, transportación y deposición; y que estos carbonatos se han ido re-cristalizando en estos espacios.

Otro dato importante ha sido la verificación de la existencia de pigmento rojo cubriendo la superficie del enlucido. Como se ha dicho anteriormente, desde la temporada de excavación se registró la presencia de un posible pigmento rojo, muy deteriorado, en el Piso Blanco. El limpiar

<sup>11</sup> Esto lo comprobamos principalmente cuando tomamos las muestras para arqueomagnetismo, ya que fue relativamente fácil desprender los especímenes obteniendo únicamente el enlucido.

el piso localizado al interior de la cala 1-2, se observaron pequeñas manchas de color rojo/anaranjado muy deteriorado y el cual se desintegró, a simple vista, con las primeras lluvias. Ya en el laboratorio, desde la revisión microscópica fue posible observar rastros de este color sobre el enlucido. No se puede asegurar que la presencia de hierro, en bajas cantidades comparado con los otros dos pisos, sea debido al pigmento rojo ya que es muy difícil analizar sólo los restos del posible pigmento con los equipos utilizados. Aun así, al hacer los análisis micromorfológicos se identificó un estrato de un sedimento sobre la capa de enlucido, el cual puede tratarse de los restos de pigmento rojo. Este pigmento parece estar hecho de lo que se conoce como *tierras rojas*, que es una tierra con tonalidad rojiza, debido a que los minerales presentes se encuentran en la gama de rojos, cafés y negros. También se observan algunas partículas rojas, bien definidas o como polvo, las cuales pueden ser fragmentos pequeños de hematita o algún otro mineral rojo. Por lo tanto, para esta etapa de construcción no se está utilizando hematita pura para elaborar el pigmento. En cambio están utilizando algunas tierras rojas mezclada con hematita, con la cual se crea el pigmento que tiene una coloración más anaranjada que lo que observamos para el piso posterior.

**b) El Piso Rojo.** (290-385 d.C.) Los constructores teotihuacanos utilizaron el Piso Blanco como firme para el siguiente piso. Parece que desgastaron el enlucido y lo cubrieron con una capa fina de sedimento<sup>12</sup> después colocaron la primera capa de *estuco* del nuevo piso. En el caso del Piso rojo ya se puede hablar de estuco porque la argamasa está elaborada con *Cal*, a diferencia del Piso Blanco que estaba elaborado con roca caliza incipientemente quemada. Para esta etapa constructiva (fase Tlamimilolpa) se perfecciona la tecnología de la quema de roca caliza para obtener cal, que es un material con características beneficiosas para la construcción y para la vida cotidiana<sup>13</sup>. Se sabe que la materia prima sigue siendo roca caliza con alto contenido en magnesio, gracias a los análisis físico-químicos (XRD); y gracias a los estudios de infrarrojo se conoce el grado de temperatura al que pudieron ser expuestos los carbonatos para elaborar cal. Esto implica un proceso de exposición a altas temperaturas de la materia prima para ser transformada. Lo cual requirió de una gran cantidad de recursos y esfuerzo, como lo plantearon Barba y Córdoba (1999) en su estudio sobre la energía requerida para la producción de la cal en tiempos teotihuacanos.

---

<sup>12</sup> El arqueólogo Sarabia mencionó que este sedimento era en realidad desperdicio de la talla de esculturas de piedra. (comunicación personal) En realidad el material y color es similar a la piedra utilizada para hacer esculturas, pero no se puede asegurar porque no fue analizado este material.

<sup>13</sup> La cal es antiséptica e impermeable (Boyton, 1980 en Murakami, 2016:62)

Murakami (2010, 2016) propone que la tecnología de producción de la cal fue introducida en Teotihuacan durante el final de la fase Tzacualli o el principio de la fase Miccaotli. Menciona que esta tecnología proviene de la región Puebla- Tlaxcala, debido a que hay presencia del uso de la cal junto con el método constructivo de Talud tablero en el sitio de Tlalancaleca, que está reportado para el periodo formativo. Sus estudios arrojan información acerca del uso de este recurso únicamente para estructuras cívico-ceremoniales en el momento de ser introducida la tecnología. (Murakami, 2016:62) Los estudios de Villaseñor (2012), también coinciden al proponer que la cal para los aplanados es utilizada principalmente en los edificios públicos y residenciales de la élite. En el caso de Teotihuacan la mayoría de los espacios y estructuras, tanto político-ceremoniales (públicas) como habitacionales, fueron recubiertas con estuco (aplanados de cal). Sin embargo este proceso ocurrió a lo largo del tiempo y no se puede asegurar que la calidad de los materiales fuera la misma para los diferentes sectores que componen la ciudad, ni para los diferentes periodos de tiempo. Todo parece indicar que el uso de aplanados de cal para los muros y pisos, en los sectores habitacionales, está más relacionado con una cuestión de higiene (Villaseñor, 2012:17, Barba et al., 2013:37-41). En cambio su uso en el sector público puede ser por una cuestión estética, ya que los aplanados fueron utilizados como soporte de pintura mural (Magaloni, 1996a y 1996b), recubrimiento de fachadas o como pisos (Barba y Córdova, 1999; Barba et al., 2009, et al. 2013; Murakami, 2010 y 2016) resistente al agua y lustrosos<sup>14</sup>. Observar un centro ceremonial de tal magnitud con estos acabados definitivamente debe haber causado una impactante visión del sitio, no sólo para sus habitantes, sino para aquellos visitantes. Y esto definitivamente es parte de la imagen que la ciudad quería ofrecer a todo el altiplano central, donde su dominio e influencia no tenían lugar a duda. (Barba et al., 2009; Manzanilla, 1992, 1999, 2001, 2008, 2009, 2012, 2014, 2017; Millon, 1960, 1967 y 1988; Murakami, 2010 y 2016, Sugiyama y Cabrera, 2007)

Murakami (2016) menciona que los primeros datos de uso de aplanados de cal en Teotihuacan corresponden las estructuras de la Pre-Ciudadela y las etapas tempranas de la Pirámide del Sol y la Pirámide de la Luna. Esto es algo de esperar, ya que es común que la implementación de nuevos materiales y tecnología, sobre todo si estos son considerados de lujo, sean utilizados primero en el sector público-ceremonial y después, al ser aceptado por el grupo de poder, distribuidos en el resto del sitio y la población (dependiendo del recurso que se trate).

---

<sup>14</sup> Cuando la superficie de cal es pulida, las partículas minerales se acomodan y dan un acabado brillante.



Sin embargo es para la fase Tlamimilolpa que el uso del estuco como recubrimiento se vuelve extensivo en el sitio, siendo utilizado en algunos conjuntos departamentales como Teopancazco (Barba et al., 2009), pero sigue limitado para la elite teotihuacana (Murakami, 2016:63) Esto puede ser un indicador de control del recurso por los grupos de poder. Para profundizar en ello sería necesario hacer análisis de la calidad de los estucos y la composición de las argamasas en diferentes zonas del sitio y de diferente estatus social y de todas las fases de ocupación. Esto permitiría hacer comparaciones y contestar preguntas acerca de, si es sólo la cal el material que está siendo restringido, si se utilizaban los mismos materiales orgánicos y minerales como agregados en las argamasas, si hay un patrón en el espesor y la forma de elaboración de los aplanados, etc. Las respuestas a estas interrogantes nos ayudarían a conocer acerca del control del recurso; así como, si existió un establecimiento (obligación) del uso de estos recursos y, de los mismos métodos constructivos, creando entonces una estandarización de las construcciones para todo el sitio de Teotihuacan. Barba (1999) propone que el uso generalizado de la cal, en el altiplano central, se da debido a la influencia teotihuacana. Se debe recordar que para ese momento no existía otra ciudad ni del tamaño ni la relevancia de Teotihuacan en todo el altiplano, (Manzanilla, 2012) no es raro que su influencia llegara a todos los sitios rurales de los que estaba rodeado, e incluso más allá.

Hasta el momento sólo se ha hecho referencia a la producción de los materiales requeridos para elaborar los aplanados de cal que conforman el Piso Rojo. No se ha abordado el tema de la cantidad requerida, de cal y los materiales ligados a su producción, para abastecer las necesidades únicamente de este grupo arquitectónico. Barba y Córdova (1999) muestran que el cuadrante N3E1 (que es donde se encuentra ubicado el Conjunto Arquitectónico Plaza de la Pirámide del Sol) la superficie construida, según datos de Millón (1973), es de 55 644 m<sup>3</sup>, cantidad en la cual no están contemplados recubrimientos de plazas, calzadas y techos. Aun así, los datos propuestos por Barba y Córdova permiten observar la magnitud del recurso empleado y la energía necesaria para la construcción del sitio. Y debido a las dimensiones de la plaza fue necesario el uso de grandes cantidades de roca caliza, ya procesada en forma de cal. Así como el uso de vidrio volcánico y arcillas como agregados, y una gran cantidad de hematita y cinabrio (aunque este segundo en mucha menor proporción que la hematita). El requerir un gran abastecimiento de estos materiales puede mostrar el control que Teotihuacan tenía sobre los yacimientos, o la posibilidad de un excelente intercambio comercial donde el abastecimiento de la gran urbe fuera el objetivo principal

de los grupos que controlaban las fuentes de materia prima. Manzanilla propone (1983:16) “[...] La posibilidad de que Teotihuacan fungiese como centralizador de la producción diversificada de la Cuenca de México.” Esto permitiría una afluencia de bienes más variada y extensa, lo que permitiría abastecer sin problemas las necesidades, en este caso constructivas, del sitio.

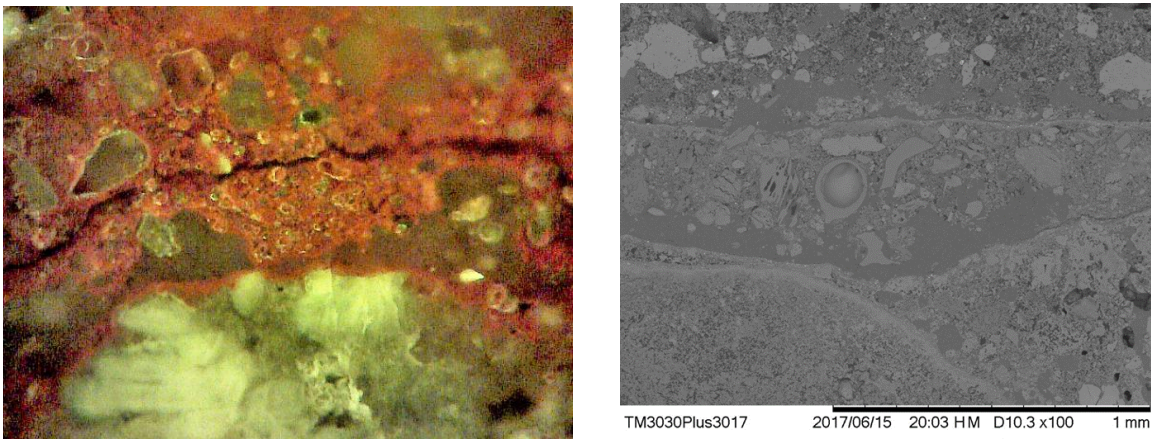
Manzanilla sugiere “I propose, then, that this diversified subsistence base could have been recreated on a larger scale during the Classic horizon, through a regional network of redistributive activities involving groups from different parts of the Basin of Mexico, who were offering their surplus to the Teotihuacan gods (and priests). This type of circulation is not proposed as an exclusive one; direct exchange between producers would be a parallel circuit” (Manzanilla, 1992: 327)

El hecho tanto de la influencia como el poder o dominancia del sitio sobre los grupos cercanos, permitió que Teotihuacan no tuviera problemas de abastecimiento para su desarrollo urbano. Pues se encontraba en una postura de liderazgo sobre todo el Altiplano Central de México; así que la apropiación de los yacimientos o los recursos de otros grupos cercanos, formó parte de su estrategia política de control y dominio.

Otro avance tecnológico en la construcción de pisos fue la inclusión de agregados minerales y orgánicos. Una de las hipótesis acerca de la introducción de cargas en la matriz es que al mezclar los agregados en la argamasa se obtiene una mayor cantidad de la mezcla. Esto quiere decir que las cargas generan un mayor volumen, por lo tanto se requiere menos cal que es un material que requiere de un complejo proceso de producción (Barba y Córdova, 1999; Murakami, 2010 y 2016; Ortiz-Ruíz, 2014). Dentro de estos agregados observamos el uso de materiales como vidrio volcánico que, al estar situados en un sitio de alta actividad volcánica y suelos de este tipo, no son de difícil acceso. Aunque Pecci (2016) propone que las esquirlas volcánicas empleadas para los aplanados de Teopancazco provienen de Veracruz. Manzanilla (2009) dice que desde el periodo de tiempo entre el 70 y 80 d.C. se da inicio a una gran actividad constructiva en el sitio y comienzan la explotación de material constructivo como tezontle y escoria volcánica. Así que no es extraño que para el esplendor teotihuacano, la extracción y abastecimiento de estos recursos cubriera cualquier necesidad constructiva dentro de la ciudad, sin que se tuvieran que importar materiales de fuera del área del valle central. Por lo tanto, el traer materiales de los que existen yacimientos cercanos al sitio, seguramente se trata más de una cuestión ideológica y no a una necesidad constructiva.

También al incluir cargas en la argamasa, le proporcionas otras características como resistencia, dureza, menor tiempo de fraguado, etc. (Villaseñor, 2009 y 2011) Y es que utilizar

sólo cal para elaborar el enlucido del piso, requería de grandes cantidades de este recurso lo cual implica una gran cantidad de energía empleada y materia prima. Como menciona Barba, este material requiere un alto nivel de capacitación tanto en la selección de la materia prima, la quema y apagado de la roca caliza y la elaboración y aplicación de la argamasa. (Barba et al. 1999:176) En cambio con otros materiales como el vidrio volcánico, la parte compleja sería la extracción (aunque al ser una zona de suelo volcánico, los yacimientos pueden estar en un área cercana y de forma superficial) y quizá en algunos casos se moliera este material, pero no requiere un complejo método de producción.



FOTOGRAFÍA 76 Izq. Fotografía microscopio óptico integrado al equipo de Raman, detalle del pigmento rojo, muestra impregnada en resina. Dcha. Imagen microscopio electrónico de barrido, detalle de unos de los estratos del Piso Rojo, se observan las inclusiones, entre ellas tenemos presencia de vidrio volcánico.

El hecho de utilizar la misma tecnología<sup>15</sup> por aproximadamente 200 años para la elaboración de los estratos que componen<sup>16</sup> el Piso Rojo, genera algunas hipótesis. Aunque presenta diferencias entre las capas no son muchas y han sido observadas por medio de análisis petrográficos. En general se sigue manteniendo el mismo tipo de carga, y sólo se ve que algunas capas contienen menos o más cantidad de agregados. Así que puede suponerse que el Estado Teotihuacano tiene no sólo el control de los recursos, sino el control de la forma y las cantidades que se requerían para elaborar las mezclas de cal, tanto para aplanados, morteros o argamasas. En

<sup>15</sup> Supongo que es la misma tecnología gracias a los resultados obtenidos hasta el momento aunque sé que para confirmarlo es necesario realizar una mayor cantidad de análisis puntuales por cada una de las capas existentes en el piso, y hacer estos estudios en un mayor número de muestras.

<sup>16</sup> Suponemos que cada conjunto estuco/pigmento rojo, conforman una superficie utilizada.

pocas palabras, el control de una receta para la elaboración de estas mezclas. Esta información tuvo que ir pasando entre generaciones, ya que se trata de más de dos siglos de uso de esta composición de estuco. Otra hipótesis es que llegaron a tal perfeccionamiento de la calidad de las mezclas que no era necesario hacer cambios en la composición o agregar ningún otro elemento, ya que tal como estaba era funcional, duradero y tenía el acabado que ellos buscaban. Y no es hasta que tiene lugar un acontecimiento socio- político que se cambia con esta forma de construcción, para dar lugar a una *renovación urbana*, según palabras de Millon (Manzanilla, 2008; 2009 y 2014; Murakami, 2010 y 2016)

Otro elemento importante en la composición del Piso Rojo es sin duda el color. Se conoce, gracias a los análisis físico-químicos, XRF, XRD, Raman y SEM, que el principal componente del pigmento del piso Rojo es la hematita. Este es un mineral de uso común por los grupos prehispánicos, de relativamente de fácil acceso y el cual ha sido ampliamente utilizado como pigmento en diferentes contextos, como en pintura mural, en pintura de cerámica, en entierros, etc. Este mineral puede ser utilizado puro o mezclado con otros minerales para obtener distintas tonalidades de rojo (Gazzola, 2009:58)

Sin duda se esperaba encontrar hematita como elemento principal del pigmento rojo y es que son muchos los estudios que se han realizado donde se demuestra su presencia, sobre todo como pigmento en la pintura mural (Magaloni, 1996a y 1996b; Gazzola, 2009). En cambio encontrar la presencia de mercurio, elemento característico de la traza de cinabrio en los análisis de XRF y de XRD, ha sido un gran hallazgo e incluso raro debido el material en el que está siendo empleado, no así su contexto. Gazzola (2009) menciona que el cinabrio casi siempre se encuentra relacionado con contextos funerarios y rituales. Es considerado un material de prestigio y, aunque el contexto del que hablamos es claramente un espacio destacado dentro del contexto ritual de la sociedad teotihuacana, está siendo incorporado en el pigmento del piso. Y debido a las dimensiones de la plaza, su uso es a gran escala aun cuando la proporción fuera mínima. Esto demuestra como incluso el piso de este espacio, de transito restringido al tratarse de una plaza cerrada, tenía una importancia destacada en comparación con otras superficies (pisos) habitacionales o de relativamente libre acceso.

En el caso del pigmento rojo de este piso, el cinabrio está mezclado con hematita aunque las proporciones de cinabrio son mínimas. “Según el estudio de Torres (1972), el cinabrio pudo ser colocado sobre una capa de hematita para conservar su intensidad, ya que se tornaba más claro

al mezclarse con la cal del enlucido.” (Gazzola, 2009:64). También se tiene que tomar en cuenta que el cinabrio y la malaquita, no tienen buena adherencia (Gazzola, 2009) y quizá sea por eso que se mezcla con otros minerales como la hematita, para fijarse como pigmento.

“[...]”, Magaloni (1996) menciona que el fondo rojo teotihuacano, elaborado a partir de hematita especular, aparece en los murales estudiados por lo menos hasta la fase II (Tlamimilolpa temprano). De la misma manera, Rattray (2001) indica que la hematita no se usó en las primeras fases para pintar la cerámica. La técnica al fresco empleada en esta pintura es característica, según Magaloni, de las fases Tlamimilolpa y Xolalpan.” (Gazzola; 2009:66) Esto coincide perfectamente con los resultados de los estudios de paleodirecciones magnéticas, que permiten situar la construcción del Piso Rojo entre el 290-385 d. C. Por lo tanto su construcción entra dentro de la misma fase Tlamimilolpa/ Xolalpan. (Beramendi- Orozco, 2009) Esto muestra que el uso del color rojo, de pigmentos elaborados con hematita y cinabrio (en algunos casos), se extiende incluso a otros elementos arquitectónicos que pertenecen al sector de poder político o ritual/ceremonial. Y el conjunto Plaza de la Pirámide del Sol es el ejemplo perfecto de un espacio que conjunta estas características.

Es posible considerar que el color rojo, como recubrimiento de diferentes tipos de superficies, responde al aparato simbólico dentro de la ideología teotihuacana. Y es que aunque se observan los cambios en la tecnología y el uso de diferentes materiales en todas las etapas constructivas, se mantiene el uso del pigmento rojo recubriendo cada nivel de piso a lo largo de la construcción y ocupación de la Plaza de la Pirámide del Sol. Esto parece ser un rasgo simbólico/ideológico de larga duración el cual se observa desde el inicio de la construcción del conjunto arquitectónico. Primero utilizando pigmentos elaborados con tierras rojas, para dar el color rojo. Después continúa su uso durante el auge teotihuacano, en donde se tiene un perfeccionamiento del pigmento, que es una mezcla de hematita, cinabrio (en poca proporción) que juega un papel relevante debido a lo exclusivo de este mineral y, otros minerales. Por último continúan utilizando este color para pintar el Piso Negro el cual, como se verá más adelante, pertenece a una etapa en donde se hicieron grandes cambios en las construcciones y los métodos constructivos; pero no así en el uso del color rojo como recubrimiento de la superficie.

La presencia de cinabrio en el pigmento genera una reflexión sobre la importancia de esta plaza. Y es que al ser un material tan valioso, por qué se usaría para pintar un piso. Hay que tomar en cuenta que este mineral tanpreciado tuvo que llegar por medio de las redes comerciales, ya que



no hay yacimientos registrados cercanos al sitio. Manzanilla (en Chapman, 2009:223) menciona que los extranjeros traían bienes manufacturados y minerales como: serpentina, hematita, cinabrio y malaquita. Por lo tanto puede suponerse que este piso no era accesible para todos, ya que no cualquiera accedía a este espacio ritual. Lo que no es extraño, pues se trata del conjunto Plaza de la Pirámide del Sol, que está integrado por el basamento piramidal más grande del sitio y también se trata de una plaza cerrada. Se propone que la importancia de este conjunto era tal que se trataba de un espacio restringido y no es extraño que se utilizara un recurso material tan exclusivo para el piso *sagrado* de este espacio. En este espacio ritual no cualquier individuo ponía un pie, sólo personajes selectos de la sociedad teotihuacana, como sacerdotes y miembros de la élite teotihuacana tuvieron ese privilegio.

c) El Piso Negro (353-446 d.C.) es una muestra clara del cambio que sufrió toda la Ciudad de Teotihuacan en la transición de la fase Tlamimilolpa a Xolalpan. Murakami (2016:68) menciona que este cambio abrupto se ve reflejado también en los aplanados. Los cuales muestran una mejor calidad del estuco, tiene un mayor grado de calcinación y presenta un gran porcentaje de agregados, principalmente ceniza o vidrio volcánico. (Barca et al. 2013; Pecci et al. 2016) Los análisis de infrarrojo dieron resultados que permiten saber que los carbonatos se encuentran totalmente calcinados, esto es un claro indicador del perfeccionamiento de la que tecnología para la obtención de la cal.

Murakami (2010; 2016) ya mencionaba este control y perfeccionamiento de la quema de roca caliza, lo cual se ve reflejado en las muestras que obtuvo de varios sectores de la ciudad. También menciona que él no observa diferencias en la calidad de los aplanados del sector central ceremonial o de elite y de aquellos que provienen de conjuntos de la periferia de la ciudad (ibid. 2016:68). Esto es un indicador de estandarización de la forma y contenido de las argamasas. Lo que implica un control total del grupo o de los grupos de poder, sobre la planeación y crecimiento urbano de la ciudad. Esto coincide con lo planteado por Pasztory (1992, como se cita en Manzanilla, 2001:166) quien dice que “El concepto teotihuacano de la ciudad utópica incluía a toda la población en el mismo tipo de vivienda, teniendo siempre a la vista las grandes pirámides”. Las cuales seguramente son el ejemplo a replicar, por ello la existencia de pequeñas plazas de tres templos en los centros de barrio. (Manzanilla, 2017: 67) Por lo tanto, no es raro que también los materiales de construcción y las formas constructivas, se estén repitiendo en todo el sitio.

Se observa, con los estudios microscópicos y micromorfológicos, que el aplanado de cal de este piso contiene una mayor proporción de carga. Contiene una gran presencia de vidrio volcánico, aunque puede tratarse de ceniza o esquirlas (Pecci, 2016) también se observan fragmentos de mayor tamaño que parecen ser de obsidiana), fragmentos de mica o minerales especulares, cuarzos, arcillas, feldespatos. También tiene una mayor abundancia de material orgánico quemado, que puede ser un remanente del proceso de quemado de la Cal. El aumento en las cargas implica una menor proporción de cal para la elaboración de la argamasa. Por lo tanto, puede tener el mismo espesor de los aplanados anteriores pero utilizando una menor cantidad de este material cuya fabricación requiere de un mayor esfuerzo (Barba y Córdoba, 1999). Y también le da otras características beneficiosas para la construcción, como: menor duración en el proceso de fraguado, mejor consolidación, resistencia, etc. El aumento en la carga puede indicar dos factores, uno es el perfeccionamiento en la elaboración de argamasas de mejor calidad y durabilidad. Y el otro estaría relacionado con un desabastecimiento de la materia prima, tanto del recurso natural (roca caliza), como de los recursos energéticos (madera, para la quema). Como resultados se tiene una constante explotación de dichos recurso en esta fase.

Como parte de esta renovación urbana, también se observa una transformación drástica en la construcción del firme, el cual tiene características totalmente diferentes a los de las etapas anteriores. Está compuesto por gravas y arenas de rocas volcánicas como basalto, andesita y pómez; mezclado con un sedimento café oscuro rico en arcillas, con una gran cantidad de aluminosilicatos presentes tanto en las gravas como como en el sedimento y cuyo espesor es de aproximadamente 3 a 5cm<sup>17</sup>. En los análisis petrográficos se identificaron pequeñas áreas con resina, esto puede ser indicador del uso de un aditivo orgánico para darle mayor consolidación a la argamasa. Quizá se trate de un aditivo orgánico hecho a base de baba de nopal<sup>18</sup>, el cual pudieron utilizar y es por ello que se observa rastros de resina, aunque en realidad lo que se trata de la cristalización de los azúcares de dicho aditivo. Tener presencia de este elemento puede ser el motivo por el cual este piso es tan resistente, y junto por esta característica es que ha ganado el dado el nombre de *Concreto teotihuacano*. Aunque para corroborar la presencia de aditivos dentro

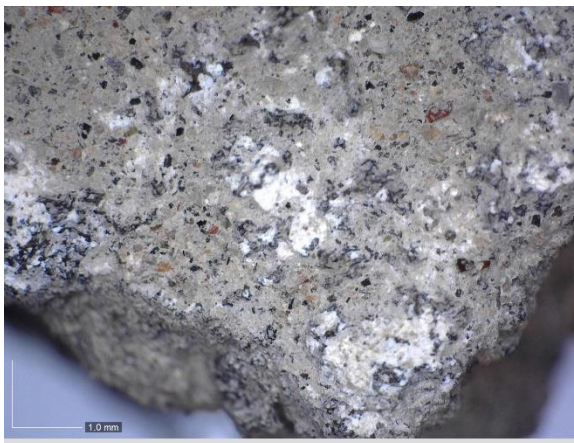
---

<sup>17</sup> Aunque encontramos diferencias del espesor sobre todo mientras más cercano se encuentra a la Pirámide del Sol, esto coincide con el desnivel del piso que se inclina también en esta dirección.

<sup>18</sup> Como menciono en el capítulo V, actualmente se sigue empleando la baba de nopal para la elaboración de morteros y argamasas de restauración para los trabajos en la Plaza de la Pirámide del Sol. Se cortan varias pencas de nopal y se ponen a hervir en agua dentro de grandes contenedores, se deja reposar y después se toma únicamente el líquido para incluir en la mezcla.

de la mezcla de argamasa es necesario realizar otros análisis como Cromatografía de Gases asociado con Espectrometría de Masas, para identificar estas resinas orgánicas.

Las diferencias en el uso de materiales para la elaboración del firme también parecen estar relacionadas con las modificaciones hechas en toda la Ciudad. La construcción del Piso Negro está relacionado con la ampliación del edificio 9.N3E1 y como fue descrito en la propuesta cronológica, estas diferencias constructivas son parte de los indicadores que demuestran un cambio en la estructura de gobierno. Este cambio al interior de las esferas de poder de la sociedad teotihuacana quizá está relacionado con el inicio del declive de dicha civilización. Manzanilla y otros autores mencionan que la ciudad no fue abandonada repentinamente sino paulatinamente, pero seguramente espacios como el Conjunto Pirámide del Sol, que tuvo un evento de desacralización durante el gran incendio, fue abandonado inmediatamente. Este puede ser el principal motivo por el cual no se encontró en este espacio, aplanados que correspondan a la fase Metepec y que se han identificado para otros sectores. Y se tiene evidencia de la desacralización del espacio, con el Piso Quemado, que se recuperó de las excavaciones en el sector central de la Plaza, justo frente a la fachada oeste de la Pirámide del Sol. La superficie que fue quemada del Piso Negro presentó diferencias que corresponden a la exposición al fuego como cambio en la coloración de la arcilla y endurecimiento de la argamasa.



FOTOGRAFÍA 77 Izq. Imagen microscopio Dino-Lite, Superficie Piso Negro, presenta pequeñas áreas con enlucido muy deteriorado. Dcha. Muestra de Arqueomagnetismo del Piso Negro quemado, se observa el enlucido en perfecto estado, aunque no se distingue ningún pigmento. El firme tiene un color café rojizo, producto de la exposición al fuego.

Tomando en cuenta los estudios de Murakami (2010 y 2016) donde él describe tres tipos de aplanados se tenía la hipótesis, al inicio de esta investigación, de que se trataba de los mismos tres tipos de pisos que fueron identificados en la temporada de excavación 2014. Sin embargo, por las descripciones e imágenes que presenta, junto con la cronología que él propone para cada uno de estos aplanados, se ha visto que tanto el Piso Blanco como el Piso Rojo, se encontrarían dentro del lapso temporal que él describe para el primer tipo de aplanado, y en este trabajo se ha comprobado que no se trata del mismo tipo de aplanado. Las descripciones que Murakami presenta para el primer tipo de aplanado coinciden con los resultados obtenidos del análisis del Piso Blanco. Sin embargo, parece que en su estudio no obtuvo muestras de aplanados que pueda compararse con el Piso Rojo, que se ha identificado como un piso intermedio y que corresponde al Clásico teotihuacano. El siguiente tipo de aplanado presente, tiene las mismas características del aplanado presente en el Piso Negro. Y durante las excavaciones del 2014 que tuvieron lugar en el sector sur de la Plaza de la Pirámide del Sol, no se recuperaron muestras de aplanados posteriores, como los que él describe para las fases Xolalpan Tardío a Metepec. Las dataciones que se tienen para este sector de Teotihuacan llegan hasta el momento del incendio, y no se encontró ningún otro piso por encima del piso quemado (Piso Negro).



FOTOGRAFÍA 78 Estratigrafía de los tres pisos identificados en el sector sur de la plaza.

En el plano de sitio, elaborado por Millon (1970), se observa que la Plaza de la Pirámide del Sol no es la plaza más grande. De hecho la plaza de la Luna es de mayor tamaño pero también se trata de un espacio abierto, lo que puede indicar que era un espacio público, aunque no se puede asegurar que el acceso era para toda la población que habitaba el sitio. Sin embargo la Plaza de la Pirámide del Sol, era claramente un espacio restringido. Tan es así, que se tenían que subir unas escaleras centrales desde la fachada oeste de la Plataforma perimetral de la plaza (que no es la Plataforma Perimetral de todo el conjunto<sup>19</sup>) para poder ver y acceder a la explanada<sup>20</sup>. Otro dato que llama la atención es que es posible observar claramente la Pirámide del Sol desde la lejanía, se puede observar cuando se está caminando sobre la Calzada de los muertos desde la altura de la Ciudadela. Sin embargo, cuando se encuentran en la calzada, justo a la altura de la Pirámide del Sol, no puede ser vista. La Plataforma perimetral de la Plaza tiene la suficiente altura para ocultar de la vista, de los que transitan sobre la calzada, la gran pirámide. Seguramente esto no es fortuito y también tenía un propósito o un significado. Sin duda este espacio no era para ser pisado ni visto por cualquiera y su grandeza podía observarse desde lejos, la cual es imponente. Pero al estar cerca de ella, no era posible verla de frente a menos que accedás a la Plaza. Por lo tanto, tampoco cualquier individuo podía verla de frente, este pudo ser un privilegio reservado. Estas siguen siendo interpretaciones basadas en la observación y los resultados obtenidos, en conjunto con los resultados publicados de más de un siglo de investigaciones en el Conjunto arquitectónico de la Pirámide del Sol. Aún queda mucho por entender, sin embargo este tipo de trabajo es un acercamiento a ello.

Los resultados obtenidos de los análisis de los tres pisos, han permitido hacer interpretaciones acerca de los cambios que fueron ocurriendo a lo largo de la ocupación teotihuacana. Se observa claramente la implementación de avances tecnológicos como el control de la energía para la producción de la cal, los cambios en la producción de las argamasas de cal, la introducción de cargas y las modificaciones de los agregados en cada etapa constructiva; entre otros. Todo esto permite observar el perfeccionamiento al que llegaron los constructores especializados en la elaboración de aplanados y pisos, a lo largo del tiempo. Y como este

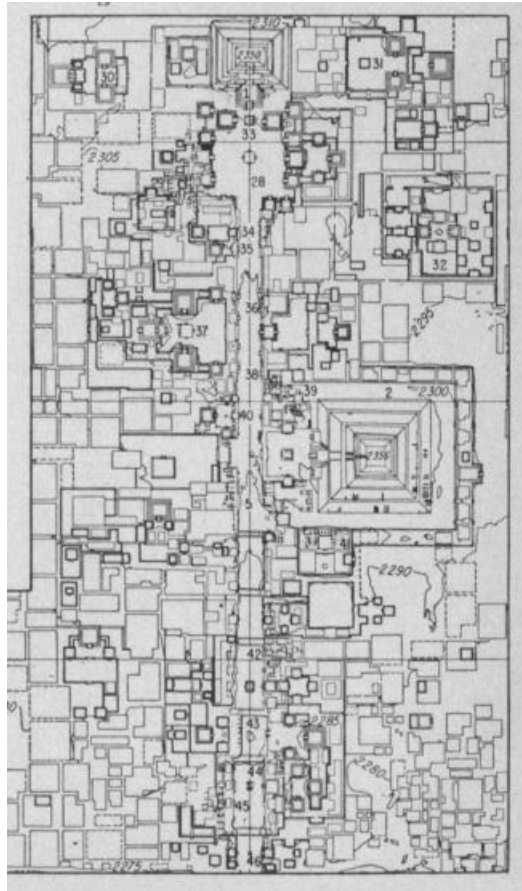
---

<sup>19</sup> La cual también apoya lo restrictivo del espacio. Pues el conjunto está rodeado por una Plataforma perimetral y la Plaza también tiene una plataforma que la circunda.

<sup>20</sup> La Plaza era una plaza cerrada, ya que la plataforma se encontraba en contacto con la Pirámide del Sol. Aunque actualmente esto no lo podemos observar, en las excavaciones del 2014 se encontró parte de la continuación del talud cercano a la fachada oeste de la Pirámide del Sol. (Lozano, 2014)



conocimiento tuvo que ser controlado por el Estado y es por eso que se ve reflejado en todo el sitio y en las diferentes fases cronológicas.



MAPA 28 Plano de la retícula general de la parte “ceremonial” de Teotihuacan. (Millon, 1970).

### *VI.3 Arqueometría, la nueva cucharilla de la arqueología. ¿Indispensable o no?*

Ya van más de tres décadas de la implementación de análisis arqueométricos aplicados en materiales arqueológicos. Y los resultados han ido mejorando junto con los avances en los equipos y las propuestas metodológicas. Cada técnica permite proponer o confirmar el empleo de los diferentes estudios en diversos materiales de patrimonio cultural, entre ellos los arqueológicos. Este no es un caso único, existen muchos estudios interdisciplinarios y multidisciplinarios, y cada vez son más las investigaciones que desde su origen plantea un trabajo de colaboración entre distintas disciplinas.

Afortunadamente en Teotihuacan existen varios proyectos interdisciplinarios los cuales están obteniendo importantes aportaciones para la arqueología del sitio, del altiplano central, de México, e incluso más allá. Algunos ejemplos son los proyectos dirigidos por la Dra. Linda R. Manzanilla en el Centro de Barrio de Teopancazco y en el conjunto arquitectónico Xalla. O reciente investigación dirigida por Sugiyama y Sugiyama en la Plaza de las columnas. Las aportaciones más relevantes, para armar las interpretaciones que se tiene de estos sectores de Teotihuacan, han surgido de investigaciones que suelen estar relacionadas con resultados obtenidos de análisis arqueométricos. Esta no es la única forma de acercamiento al análisis de materiales, sin embargo, sí se puede afirmar que es gracias al uso de nuevas tecnologías que se pueden comprobar datos que anteriormente sólo era posible suponer o creer, acerca de características o composición de los materiales arqueológicos.

En esta investigación las muestras de pisos fueron sometidos a varias metodologías físicas para conocer las características elementales de los materiales que los componen. Como ya ha sido mencionado en el capítulo IV, las técnicas de análisis se seleccionaron principalmente por ser No destructivas o No invasivas. Esto facilitaba el uso de la misma muestra para la realización de más de un análisis. Lo que, en el caso de los materiales arqueológicos, implica una gran ventaja debido a la escasez de algunas muestras o a que no se puede tomar muestras de un objeto completo. Todas estas técnicas analíticas han sido ampliamente utilizadas en materiales que son patrimonio cultural y se ha comprobado su eficacia. En este caso se comprobó su efectividad analizando PISOS arqueológicos.

Un factor que es importante seguir recalcando, es que una sola metodología no tendrá tanto alcance en la interpretación de los resultados. Por lo tanto, es el conjunto de técnicas

complementarias las que ayudan a completar la información obtenida. En este caso los análisis de Microscopía Óptica de Barrido, Fluorescencia de rayos X y Difracción de Rayos X, permitieron conocer los elementos que se encuentran en mayor proporción en cada Piso. Y al conjuntar los resultados los obtenidos de los análisis microscópicos y petrográficos, con los elementales, fue posible identificar las principales materias primas de cada mezcla que componen a cada una de las argamasas de los tres niveles de piso.

El uso de la metodología de Infrarrojo por Transformada de Fourier con ATR plateada para reconocer el grado de temperatura al que fueron expuestos los carbonatos, permitió identificar el perfeccionamiento de la producción de cal para la elaboración de aplanados (en este caso, pisos), a lo largo de la ocupación teotihuacana. Gracias a la existencia de trabajos como los de Barba y Córdova (1999), Villaseñor (2009, 2011), Murakami (2010, 2016), Ortiz-Ruíz (2014), entre varios otros, es que se han aclarado dudas sobre el proceso de producción, el uso y el perfeccionamiento de las argamasas de cal. Afortunadamente los resultados obtenidos en esta investigación, también se insertan dentro del marco propuesto por estos autores. Y aporta una nueva mirada sobre el uso de este material a lo largo del tiempo y, relacionado con las etapas de construcción propuestas para el Conjunto Pirámide de Sol.

Sin embargo estos resultados han llegado a una mejor cohesión, gracias a las aportaciones de la cronología de los cuatro estadios constructivos identificados para este conjunto arquitectónico. Los análisis arqueomagnéticos de pisos, por medio de paleodirecciones magnéticas, han permitido elaborar una propuesta cronológica donde se observan cuatro grandes periodos constructivos. También permite ubicar en el tiempo el uso, modificaciones y avances tecnológicos de algunos materiales. Los cuales corresponden a su vez a procesos socio-económicos que tuvieron lugar al interior de la estructura social teotihuacana.

Si bien aún quedan muchos estudios por hacer, y refinamiento de los ya hechos, se alcanzó a comprender mejor la transición de una etapa constructiva a otra del Conjunto Arquitectónico Pirámide del Sol. El siguiente paso a seguir dentro de esta misma línea de investigación, estaría ligado a responder: ¿cuáles son las implicaciones sociales que están relacionadas con el hecho de utilizar ciertos materiales en cada periodo de tiempo? También hacer una propuesta de excavaciones extensivas en diferentes sectores de la Plaza, para comprobar la existencia de los mismos niveles de piso en toda la superficie. Continuar con el muestreo de los pisos para completar las bases de datos, tanto arqueomagnéticas como de materiales, ya existentes. Así como, hacer un

estudio más detallado acerca de los materiales utilizados como cargas y Aditivo orgánicos, lo que permitiría elaborar una receta, mucho más aproximada, para elaborar aplanados que sean utilizados en futuras restauraciones en la Pirámide del Sol y en toda zona arqueológica de Teotihuacan.

#### *VI.4 Propuesta metodológica de análisis de Pisos Antiguos.*

En ningún caso se pretende con esta propuesta plantear que es la única forma de analizar o aproximarse al conocimiento y entendimiento de los pisos arqueológicos. Por el contrario, esta es una herramienta de ayuda para aquellos que no se han enfrentado al análisis de este material (o que ni si quiera lo consideran un material arqueológico) y conocer algunos de las metodologías que se pueden aplicar, los requisitos para ello y algunos ejemplos de qué tipo de preguntas se pueden responder al realizar dichos análisis.

Existen diversas investigaciones que han incorporado el análisis de los pisos, con diferentes aproximaciones. Uno de los primeros trabajos que realizamos fue el estudio de restos químico en los pisos, para detectar áreas de actividad en un conjunto de cuevas en la sierra de Durango (Lozano, 2012); como ya se mencionó en el apartado correspondiente, esta metodología no tuvo éxito en esta investigación. Y es justamente por estos errores a los que es posible enfrentarse que se hace la siguiente tabla. La cual puede ayudar a dar una idea de qué tipo de muestras se deben tomar, cuántas, y cuál es el objetivo de dicho muestreo. Esto evitará llegar al laboratorio con una caja de muestras que no están destinadas a un estudio en específico y que, cuando se quiera realizar algún análisis no se tengan limitantes como que la muestra tenía que tomarse de un modo, o estar embalada de cierta forma, o que se requieren un número mínimo de ejemplares, etc.



<b>TÉCNICA</b>	<b>No. MUESTRAS Empleadas en esta investigación.</b>	<b>¿POR QUÉ UTILIZAMOS ESTA TÉCNICA?</b>
<b>Arqueomagnetismo</b>	<p>83 especímenes de 7 ejemplares de tres muestras.                      Piso 1-12 esp.                      Piso 2- 9 esp.                      Piso 3-12 esp.                      Piso 4- 5 esp.                      Piso 5- 9 esp.                      Piso 6- 11 esp.                      Piso 7- 11 esp.                      Piso 8- 14 esp.</p> <p>Al menos deben recuperarse 8 especímenes de cada muestra.                      El muestreo requiere de características específicas.                      Revisar el manual correspondiente (Soler, 2006a)</p>	<p>Esta técnica es empleada para obtener dataciones de materiales que se encuentren in situ y en un contexto que permita la creación de propuestas cronológicas. Ha tenido excelentes resultados analizando pisos de estuco quemado. También dio excelentes resultados con pisos de cal no quemados, debido a que durante el fraguado del material las partículas magnéticas contenidas en la argamasa, se orienten con respecto al Norte magnético del momento, aunque en estos casos se le hará el lavado magnético a un mayor número de especímenes para reducir el error debido a que la intensidad de la señal magnética suele ser menor.</p> <p>Debido a las características físicas de los pisos encontrados, y a estudios anteriores hechos en pisos teotihuacanos, se decidió <b>desde campo</b> tomar las muestras para realizar dataciones por medio de paleodirecciones magnéticas. Es importante recalcar que es indispensable tomar las muestras con los requerimientos necesarios desde campo, ya que no podrán ser analizadas en el laboratorio si no cumple con los requisitos de adquisición.</p>

<b>Micromorfología de Pisos</b>	<p>3 láminas delgadas, una de cada nivel de piso.</p> <p>Es recomendable tener más de una muestra de cada ejemplar para hacer comparaciones.</p>	<p>Esta técnica se utiliza para el estudio de suelos pero ha sido aplicada exitosamente en el análisis de pisos antiguos. La metodología utilizada permite ver la composición, forma, estructura, organización, color, poros, etc., en los suelos, estas mismas características pueden ser descritas para los pisos. La técnica es aplicada a pisos porque la mayoría de los materiales utilizados para la elaboración de pisos proviene de sedimentos, suelos y rocas.</p>
-------------------------------------	--	---

		Este estudio, en conjunto con XRD y SEM, permite identificar la composición mineralógica de la muestra y su estructura, composición o forma de elaboración.
--	--	---

Técnicas Físicas no Destructivas		
La principal razón por la cual fueron seleccionados estos análisis es porque son metodologías NO destructivas y de alta sensibilidad. Aunque tienen limitaciones han sido muy exitosas en la identificación elemental, molecular y cristalográfica de los materiales que componen un objeto. En este caso aplicándolas en pisos antiguos.		
<b>Microscopía Óptica.</b>	15 muestras 6 de Piso Blanco. Muestras: PB01, PB02, PB03, PB04, PB05, PB06. 6 de Piso Rojo: PR00, PR01, PR02, PR03, PR04, PR05. 3 de Piso Negro: PN01, PN02, PN03.	Se utilizó un microscopio portátil <i>Dino Lite</i> para realizar el registro fotográfico. Una ventaja de utilizar este equipo es la utilización de la <i>corrección de profundidad de campo</i> , que permite observar la superficie de manera homogénea y apreciar mejor los microcomponentes del piso. Aunque se debe tomar en cuenta que esta herramienta conjunta una serie de fotografías de diferentes profundidades, armando una imagen que No representa la morfología real de la superficie, permite observar algunos agregados con mayor claridad.
<b>Fluorescencia de rayos X</b>	8 muestras 2 de Piso Blanco: PB04 (dos fragmentos), PB06. 3 de Piso Rojo: PR00, PR01, PR05. 3 de Piso Negro: PN01, PN02, PN03.	Esta técnica ayuda a conocer la composición química elemental del material que compone la argamasa o aplanado, en el caso de los pisos.  En este caso, debido al diámetro de análisis del láser y lo heterogéneo de las muestras, las mediciones proporcionan los componentes principales de los materiales que conforman la muestra, estos son resultados generales así que cuando se trata de materiales heterogéneos se tiene la limitante de que las mediciones no corresponden sólo a uno de los minerales sino a todos los que se encuentren en el área muestreada.  Por lo tanto los resultados son cualitativos y no cuantitativos. Se utilizó el equipo SANDRA I desarrollado en el Lancic (IF, UNAM).

<p><b>Difracción de rayos X</b></p>	<p>9 muestras, 3 muestras de cada tipo de piso.                  PR00, PR01, PR05                  PN01, PN02, PN03                  PB01, PB03, PB06</p> <p>Sí se tiene posibilidad será mejor tomar muestras que puedan ser pulverizadas para obtener mejores resultados en la lectura. O buscar superficies planas y homogéneas.</p>	<p>Al igual que la metodología anterior, esta se ha empleado para el estudio e identificación de materiales, teniendo mucho éxito en sus resultados. A diferencia de XRF, esta técnica identifica la estructura cristalina en estado sólido, del material analizado. Una de las limitaciones de esta metodología es que solo trabaja con estructuras cristalinas y no con soluciones, y normalmente se tienen que tomar muestras para ser analizadas. Afortunadamente con el equipo ADis, desarrollado en el Lancic, es posible trabajar con piezas completas. Para este caso, se analizaron algunas muestras completas sin consolidar y de algunas se tomó parte de la muestra para procesarla y hacer las mediciones en polvo.</p>
<p><b>Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier</b></p>	<p>9 Muestras, tres de cada tipo de piso.                  PR00, PR01, PR05                  PB01, PB03, PB06                  PN01, PN02, PN03</p>	<p>Está metodología fue empleada para conocer si la roca caliza, de las argamasas, fue expuesta a altas temperaturas. Lo que habla sobre los procesos y perfeccionamiento de la producción de la Cal.</p> <p>Actualmente en el LANCIC se encuentran haciendo una base de datos, que estamos tomando en cuenta, sobre estucos y materiales geológicos de carbonatos de calcio todos provenientes de Área Maya. Aunque los resultados aún son preliminares se ha visto que con esta metodología creada por Chu (2007), con la que pueden observarse diferencias entre los materiales de carbonatos de calcio, geológicos y los que fueron expuestos a altas temperaturas.</p>
<p><b>Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)</b></p>	<p>3 Muestras sin consolidar: PB06, PN03, PR00                  3 muestras consolidadas: PR-1496, PB- 1829, PN- 1827.</p>	<p>Esta técnica fue empleada debido a la alta sensibilidad del equipo. El cual es capaz de crear imágenes de alta resolución de los materiales analizados. Estos equipos poseen una gran profundidad de campo que permite analizar mejor los materiales presentes en la superficie de muestra.</p> <p>De hecho una de las grandes ventajas que se tiene al utilizar este equipo en materiales tan heterogéneos, como es el caso de los pisos, es que es posible hacer análisis puntuales de algunos de los</p>

		<p>agradados (cargas) que encontramos dentro de la matriz. E incluso en el caso del Piso Rojo se lograron analizar varios de los estratos, por separado, que lo conforman.</p> <p>Las imágenes son de tal resolución que podemos observar pequeños detalles con gran amplificación.</p> <p>Una de las limitantes es que las imágenes solo pueden ser generadas en blanco y negro, debido a que no utiliza luz visible. También tiene limitaciones en el tamaño que debe tener la muestra para entrar dentro del equipo.</p>
<p><b>Espectroscopia Raman</b></p>	<p>2 muestras de Piso Rojo: PR00 y PR-1496</p> <p>Se obtienen mejores resultados cuando se toma un pequeño fragmento de muestra y se hace polvo. Sin embargo también es posible realizar estudios a muestras en bloque.</p>	<p>Esta metodología de análisis ha sido muy utilizada para el estudio de Pigmentos. En esta investigación fue aplicada únicamente en dos muestras de Piso Rojo. Un bloque con una superficie con acabado de pulido espejo y, un fragmento de piso sin impregnar. Se utilizó con la finalidad de identificar el material empleado para la elaboración del pigmento rojo del piso.</p> <p>Aunque se habían obtenido resultados de SEM o XRD, sobre el tipo de material empleado. Se utilizó esta técnica que ha obtenido muy buenos resultados en la identificación de pigmentos e incluso de algunos colorantes, para contrastar la información obtenida y sobre todo para comprobar que esta metodología puede ser utilizada en el análisis de pisos prehispánicos con pigmentación y dar resultados positivos. Así tener una mayor gama de técnicas entre las cuales se puede elegir dependiendo la disponibilidad.</p>
	<p>En todos los casos mientras mayor sea el número de muestras analizadas más completa será la base de datos.</p>	<p>En caso de tener más de un material para comparar, es importante obtener el mismo número de muestras para cada tipo de material.</p>

<p><b>Química de pisos</b></p>	<p>97 muestras de los tres niveles de piso y un nivel de tepetate trabajado. La mayoría de las muestras son del piso blanco, sólo hay una muestra de piso rojo.</p>	<p>Normalmente esta metodología es empleada para la detección de Áreas de Actividad mediante la distribución de los residuos químicos que se han impregnado en los pisos a través de varias exposiciones a la misma actividad.</p> <p>Para este estudio no es posible proponer áreas de actividad debido a que los espacios de muestreo son muy pequeños, cuando se comparan con el tamaño total de la plaza. Aun así se hicieron los análisis para ver si era posible observar diferencias en cuanto a los materiales que conforman cada piso.</p> <p>Comprobamos que No es un estudio recomendable si lo que se plantea como objetivo de la investigación es realizar una caracterización material o tecnológica de los materiales.</p>
--------------------------------	---	---



### VI.5 Algunas experiencias para compartir.

Estas recomendaciones están basadas en la experiencia que adquirida durante el desarrollo de esta investigación. Han sido planteadas considerando de qué forma podría este trabajo estar más completo o, cómo evitar algunos problemas una vez que se ha cerrado la excavación y se tienen los materiales en el laboratorio y ya no hay nada que podamos hacer para solucionarlo. Los siguientes puntos no tienen una secuencia, ya que responden a diferentes problemáticas.

- Durante la temporada de excavación será importante, que al reconocer un piso o apisonado, antiguo, se tomen las muestras necesarias para los diferentes análisis que se pueden realizar como los descritos en el cuadro anterior, sobre todo en el caso de aquellos pisos que serán enterrados nuevamente o que tienen ciertas características que pueden perderse por factores de deterioro, como sí el piso presenta color o rastros de exposición al calor.
- Hacer un registro fotográfico exhaustivo, en el cual se observen las características generales del piso o apisonado y se muestren los diferentes componentes del piso (firme, enlucido, pigmento). En el caso de los apisonados es importante que se observen claramente las diferencias entre el firme y la superficie alisada o pulida. También se hará el registro del perfil del piso junto con los estratos, anteriores y posteriores, que compongan toda la estratigrafía excavada. Se debe tomarse registro fotográfico, y muestreo, de aquellos detalles sobresalientes o características relevantes de los pisos. Es importante tener en mente que NUNCA son demasiadas fotografías para el registro.
- En el caso de encontrar un piso con pigmento, será necesario hacer el registro fotográfico completo, buscando las condiciones óptimas de iluminación para futuras interpretaciones. Es importante revisar que las fotografías sean lo suficientemente nítidas para mostrar la coloración *real* observada en campo. En caso de estar en un contexto cerrado o tener cubierta la excavación, será necesario utilizar iluminación artificial con el fin de obtener mejores imágenes. Aunque se sabe que la toma de muestras siempre presenta complicaciones, sobre todo para justificar la intervención y extracción de algunas muestras, es de gran relevancia hacer notar que solamente haciendo análisis de los materiales es que será posible caracterizar los componentes de estos. Hay que procurar tomar una muestra del pigmento recién está expuesto para evitar que se deteriore o se pierda por eventos naturales, como es el caso de las lluvias.

- Mientras mayor cantidad de muestra se tome siempre será mejor. Sin embargo, es necesario tener un registro detallado del contexto de donde proviene la muestra, sobre todo cuando se tiene más de un color o más de un piso, es necesario saber ubicar espacialmente cada muestra para no confundir o mezclar contextos. Y es que realizar nuevamente excavaciones en el mismo lugar no es lo más conveniente ni en términos de investigación ni de presupuesto.
- En esta investigación se utilizó el restante de las muestras utilizadas para la elaboración de láminas delgadas para los análisis petrográficos. Estos restantes deberán ser cortados y la cara a analizar deberá tener un acabado de pulido espejo, con el fin de realizar toda la gama de análisis realizados en esta investigación y otros que no se hicieron. Es importante tomar en cuenta que esta muestra se encuentra impregnada de una resina, la cual puede interferir con algunos de los estudios.
- Una vez que se conocen el tipo de análisis a los que se tiene acceso, y teniendo clara nuestra pregunta de investigación, es necesario darle secuencia a los análisis. Se tiene que comenzar con aquellos que no sean destructivos o que modifiquen la muestra, sobre todo si son muestras únicas o se tiene muy poco material. Después se realizan aquellos análisis que requieren muestras mínimas, si es que se tienen los permisos necesarios para el muestreo. Y por último, se realizaran aquellos análisis que destruyan parcial o totalmente, o que modifiquen la composición original de la muestra, como disolución de muestra en un líquido o impregnación en resina o consolidación. Siempre y cuando se tengan los permisos necesarios para la destrucción parcial o total de la muestra.

**BIBLIOGRAFÍA.**

AGUILAR Melo, Valentina.

2014 Desarrollo y aplicación de difracción y fluorescencia de rayos X in situ para la caracterización de materiales., Tesis de Maestría en Ciencias, Posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales, UNAM, México, p.120.

BARBA P., Luis Alberto

1986 La química en el estudio de áreas de actividad., en Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad., Linda Manzanilla (ed.), Serie Antropológica: 76, Arqueología, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México, pp.21- 40

BARBA, Luis A., José Luis Córdova, Roberto Rodríguez

1991 Manual de técnicas microquímicas de campo para arqueología., Cuadernos de investigación, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.

BARBA, Luis A., José Luis Córdova Frunz

1999 Estudios energéticos de la producción de la cal en tiempos teotihuacanos y sus implicaciones., Latin American Antiquity, Vol. 10, No. 2, Cambridge University Press, pp. 168-179.

BARBA Pingarrón, Luis, Isabel Villaseñor Alonso (eds.)

2013 La Cal. Historia, Propiedades y Uso., Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México, p. 288.

BARCA, D., D. Mirello, A. Pecci, L. Barba, A. Ortiz, L. R. Manzanilla, J. Blancas.

2013 Provenance of glass chards in archaeological lime plaster by LA- ICP- MS: implication for the ancient routes from the Gulf of Mexico to Teotihuacan in Central Mexico., Journal of Archaeological Science, 40, 3999- 4008

BERAMENDI- Orosco, Laura E., G. Gonzalez- Hernandez, J. Urrutia- Fucuguachi, L. R. Manzanilla, A. M. Soler- Arechalde, A. Goguitchaishvili, N. Jarboe.

2009 High- resolution chronology for the Mesoamerican urban center of Teotihuacan derived from Bayesian statistics of radiocarbon and archaeological data., *Quaternary Research* 71, pp. 99-107.

BERNAL, Ignacio

1963 Teotihuacan. Descubrimientos. Reconstrucciones., Secretaría de Educación Pública, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

BRIDGES, E. M.

1970 *World soils.*, Cambridge University Press, Great Britain.

CABRERA Castro, R., A. Sarabia.

2008 Aproximación a la secuencia arquitectónica de la Pirámide del Sol en Teotihuacán. SE, México.

CASANOVA- González, Edgar, Angélica García- Bucio, José Luis Ruvalcaba- Sil, Victor Santos- Vazquez, Baldomero Esquivel, Tatiana Falcón, Elsa Arroyo, Sandra Zetina, María Lorena Roldán, Concepción Domingo.

2012 Surface- enhanced Raman spectroscopy spectra of Mexico dyestuffs., *Journal of Raman Spectroscopy*, published online in Wiley Online Library.

(wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jrs.4086

CAZALLA Vázquez, Olga

2002 *Morteros de Cal. Aplicación en el Patrimonio Histórico.*, Tesis Doctoral, Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.

CHAPMAN, Anne

2009 Teotihuacan y Tenochtitlan: reflexiones sobre los modelos de redistribución y de mercado de la obra de Karl Polanyi., *Anales de Antropología*, 43, ISSN: 0185- 1225, México, pp. 229- 239

CHÁVEZ, René E., Linda Manzanilla, Nayeli Peralta, Andrés Tejero, Gerardo Cifuentes y Luis Barba.

1994 Estudio magnético y de resistividad en los alrededores de la Pirámide del Sol, Teotihuacan, México., *Geofísica Internacional*, Vol. 33, No. 2, pp. 243- 255.

CHU, Vikki, Lior Regev, Steve Weiner, Elisabetta Boaretto.

2007 Differentiating between anthropogenic calcite in plaster, ash and natural calcite using infrared spectroscopy: implications in archaeology., *Journal of Archaeological Science*, 35, pp.905- 911.

COWGILL, George L.

1997 State and society at Teotihuacan, Mexico., *Annu. Rev. Anthropol.*, 26, Annual Reviews Inc., pp. 129- 161.

ESPARZA López, Rodrigo

2015 Introducción., en *Nuevos aportes de las técnicas de arqueometría en el estudio y caracterización del patrimonio cultural de Latinoamérica.*, Rodrigo Esparza (coord.) El colegio de Michoacán, Zamora, Michoacán.

ESPINOSA Morales, Y., J. Reyes, D. Arano, R. Domínguez, J. R. Ruvalcaba, P. Bartolo Pérez.

2013 Estudio microscópico de estucos prehispánicos de la ciudad maya de Edzná, Campeche, México., *Acta Microscópica*, Vol. 22, No. 4, pp. 300- 310.

FREESTONE, I. C. and A. P. Middleton

1987 Mineralogical applications of the analytical SEM in archaeology., *Mineralogical Magazine*, Vol. 51, British Museum Research Laboratory, London WC1B 3DG, pp. 21- 31.

GAZZOLA, Julie

2003 “El Uso del Cinabrio en Teotihuacan. Identificación en Contextos Funerarios”. Carlos Serrano (Coord.), *Contextos Arqueológicos y Osteología del Barrio de la Ventilla, Teotihuacan*

(1992-1994). Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, p. 81-83.

2009 Uso de cinabrio en la pintura mural de Teotihuacán., *Arqueología*, 40, enero- abril, pp. 57-70.

HYMAN, David S.

1973 Cements at Teotihuacan: A Criticism of Margain's Appraisal., *American Anthropologist*, Vol. 75, pp-313- 314.

HUEDA- Tanabe, Y., A.M. Soler- Arechalde, J. Urrutira- Fucuguachi, L. Barba, L. Manzanilla, M. Rebolledo- Vieyra, A. Goguitchaichvili.

2004 Archaeomagnetic studies in central Mexico- dating of Mesoamerican lime- plasters. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

IUSS Grupo de Trabajo WRB

2006 Guidelines for soil description., FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fourth edition, Rome

2007 Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma

KOOISTRA, M. J. ed.

1985 Guidelines for standard abridged micromorphological description of thin sections., ISRIC, World Soil Information, ICSU World Data Centre for Soils.

LACLAVETINE, K., J.L. Ruvalcaba- Sil, C. Duverger y E. Melgar

2013 Arqueometría: aplicación de física en la arqueología. Aportes de la Fluorescencia de Rayos X (XRF) en el estudio de artefactos aztecas., conference paper, noviembre 2013.

[https://www.researchgate.net/publication/284184233\\_Arqueometria\\_aplicacion\\_de\\_la\\_fisica\\_en\\_arqueologia\\_Aportes\\_de\\_la\\_fluorescencia\\_de\\_rayos\\_X\\_XRF\\_en\\_el\\_estudio\\_de\\_artefactos\\_aztecas](https://www.researchgate.net/publication/284184233_Arqueometria_aplicacion_de_la_fisica_en_arqueologia_Aportes_de_la_fluorescencia_de_rayos_X_XRF_en_el_estudio_de_artefactos_aztecas)



LOPEZ Ávila, Guillermo, Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena, Carlos A. Ortiz Solorio, David Flores Román y Miguel A. Segura Castruita.

2004 Sedimentos del ex lago de Texcoco y su comportamiento con la aplicación de materiales calcáreos y compactación., *Terra Latinoamericana* [en línea] 22 (enero- marzo). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa>

LOPEZ Delgado, V., A. M. Soler Arechalde, G. Espinosa- Rodríguez, A. Goguitchaichvili.

2010 Rock- Magnetic and archeomagnetic survey from some classical settlements at Chapultepec archeological site (western Mesoamerica). Continuation of LATINMAG Special Issue #4, *Stud. Geophys. Geod.*, 54.

LOZANO Bravo, Hilda.

2012 Análisis químico de pisos del sitio Cueva del Maguey, Durango. Estudio sobre aprovechamiento y utilización de espacios abiertos y cerrados., Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Antropología e Historia.

LOZANO Bravo, Hilda, Alejandro Sarabia

2014 Informe de excavaciones arqueológicas realizadas dentro del programa de conservación e investigación en el complejo arquitectónico de la pirámide del sol. Teotihuacán, México. Temporada 2014. Excavaciones en la plaza de la pirámide del sol (21.N3E1) y en el edificio sur de la plaza de la pirámide del sol (9.N3E1).

MAGALONI, Diana.

1996<sup>a</sup>/2001 El espacio pictórico teotihuacano. Tradición y técnica., en *La pintura mural prehispánica en México.*, Beatriz de la Fuente (coord.), Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM, Vol. I Estudios, Tomo II, México, pp. 187- 225.

1996b Teotihuacán: un recorrido temporal a través del microscopio., en *La pintura mural prehispánica en México*, Boletín Informativo, año II, No. 5, diciembre, Teotihuacán, Vol. I., Leticia Staines Cícero (ed.), UNAM, México, pp. 23- 25.

MANZANILLA Naim, Linda Rosa

1983 La redistribución como proceso de centralización de la producción y circulación de bienes. Análisis de dos casos., Boletín de Antropología Americana, No. 7, Julio, Pan American Institute of Geography and History, pp. 5- 18.

1986 Introducción., en Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad, Linda Manzanilla (ed.), Serie Antropológica: 76, Arqueología, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México, pp. 9-18.

1992 The economic organization of the Teotihuacan priesthood: hypotheses and considerations, en Art, Ideology, and the city of Teotihuacan., A symposium at Dumbarton Oaks, 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> October 1988., Janet Catherine Berlo (ed.), Dumbarton Oaks Trustees for Harvard University, Washington, D. C. pp. 321- 338.

1997 The impact of climatic change on past civilizations. A revisionist agenda for further investigation., en Climatic Change\_ Mexico. First International conference on Climatic Change in Mexico, Taxco 1993., Quaternary International, the journal of the International, Union for Quaternary Research., Vols. 43/44, Nat Rutter (ed. in Chief), Pergamon., pp. 153- 159.

1999 The emergence of complex urban societies in Central Mexico. The case of Teotihuacan., en Archaeology in Latin America, Gustavo G. Politis and Benjamin Alberti (eds.), Routledge, London and New York, pp. 93- 129.

2001 La zona del Altiplano Central en el Clásico., en Historia Antigua de México., Vol. II, El horizonte Clásico, Manzanilla, L. y López Lujan, L. (coords.), segunda edición, CONACULTA, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México, pp. 203-239.

2001 Gobierno corporativo en Teotihuacan: una revisión del concepto “Palacio” aplicado a la gran urbe prehispánica., Anales de Antropología, Rosa María Ramos (ed.), Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, Vol. 35, México, pp. 157- 190.

2008 La Iconografía del Poder en Teotihuacan., en Símbolos de Poder en Mesoamérica, Guilhem Oliver (Coord), Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp. 111- 131.

2009 Nuevos datos sobre la cronología de Teotihuacan. Correlación de técnicas de fechamiento., V Coloquio Pedro Bosch Gimpera. Cronología y Periodización de Mesoamérica y el Norte de México, Chapter: Nuevos datos sobre la cronología de Teotihuacan. Correlación de técnicas de fechamiento, Publisher: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, Editors: Annick Daneels (ed.), pp.21-52

2012 La vida doméstica en Teotihuacan. Una ciudad excepcional en Mesoamérica., en “90 años de Cultura. Centro de Enseñanza para Extranjeros. Historia, Arte, Literatura y Español.”, José Luis Palacio Prieto (coord.) UNAM, Centro de Enseñanza para Extranjeros, México, pp. 127- 141

2015 The Basin of Mexico., The Cambridge World Prehistory, Colin Renfrew and Paul Bahn (eds.), Cambridge University Press, Book DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/CHO9781139017831>, Online ISBN: 9781139017831, Hardback ISBN: 9780521119931.

<http://dx.doi.org/10.1017/CHO9781139017831.067>

2017 Teotihuacan, ciudad excepcional de Mesoamérica., Primera Edición, Colegio Nacional, México, p. 144.

McCLUNG, Emily, Luis Barba Pingarrón.

2011 Ciencias aplicadas al estudio de estructuras monumentales en Teotihuacan, México., Archaeological Practice: A Journal of the Society for American Archeology, January, pp. 19- 28

MEJÍA Pérez Campos, Elizabeth, Alberto Juan Herrera Muñoz.

2013 Minas y Mineros: presencia de materiales en sedimentos humanos al sur de la Sierra Gorda de Querétaro en México., Chungara, Revista de Antropología Chilena, Vol. 45, No. 1, pp. 161- 176.

MENDOZA, G.

1877 Las pirámides de Teotihuacan. Anales del Museo Nacional, 1ª época, vol. I, Talleres del Museo Nacional, México, pp. 190- 196.

MILLON, Rene.

1960 The beginings of Teotihuacan., American Antiquity, Vol. 26, No. 1, Cambridge University Press., pp.1-10.

1964 The Teotihuacan Mapping Project., American Antiquity, Vol. 29, No. 3, Cambridge University Press, pp. 345- 352.

1967 TETOTIHUACAN., Scientific American, Vol. 216, No. 6, Scientific American a division of Nature America, Inc.

1970 Completion of Map of Giant Ancient City in the Valley of Mexico., *Science, New Series*, Vol. 170, No. 3962, American Association for the Advancement of Science, pp. 1077- 1082.

1988 The last years of Teotihuacan dominance., from Cowgill, G. *The collapse of ancient states and civilizations.*, University of Arizona Press, pp. 102- 164.

MILLON, Rene, Bruce Drewitt and James A. Bennyhoff.

1965 The Pyramid of the Sun at Teotihuacán: 1959 Investigations., *Transactions of the American Philosophical Society*, Vol. 55, No. 6, American Philosophical Society, pp.1- 93

MURAKAMI, Tatsuya.

2010 Power relations and urban landscape formation: A study of construction labor and resources at Teotihuacan., *ProQuest Dessertations and Theses*.

2016 Materiality, regimes of value, and the politics of craft production, exchange and consumption: A case of lime plater at Teotihuacan, Mexico., *Journal of Anthropological Archaeology*, 42, pp. 56- 78.

PECCI A., L. Barba, A. Ortíz.

2003 Los pisos arqueológicos como fuentes de información cultural, sugerencias para su aprovechamiento. 51th International Congress of Americanists. Santiago de Chile del 14 – 18 de julio.

PECCI, A., L. Barba, J. Blancas, L. R. Manzanilla, A. Ortiz, D. Barca, G. M. Crisci, D. Mirello.

2009 Provenance of the limestone used in Teotihuacan (México): a methodological approach., *Arqueometría* 51, 4, Universidad de Oxford.

PECCI, Alessandra, Domenico Mirello, Donatella Barca, Gino M. Crisci, Raffaella De Luca, Agustín Ortiz, Linda R. Manzanilla, Jorge Blancas, Luis Barba.

2016 Identifying a technological style in the making of lime plaster at Teopancazco (Teotihuacan, Mexico)., *Archeol Anthopol Sci*, published online. DOI 10.1007/s12520-016-0352-x

PÉREZ Ireta, Griselda.

2016 Caracterización por métodos no destructivos de espectroscopias de rayos X de cerámicas arqueológicas del sitio Cerro de los Remedios, Comonfort, Guanajuato., Tesis de licenciatura, Universidad de Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas.

PRICE, Barbara J.

1986 Teotihuacan as world system: concerning the applicability of Wallestein's model., en Origen y formación del estado en Mesoamerica., serie Antropológicas 66, Insitituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México, pp.169- 194.

REGEV, Lior, Kristin M. Poduska, Lia Addadi, Steve Weiner and Elisabetta Boaretto.

2010 Differentiating between calcites formed by different mechanisms using infrared spectrometry: archeological applications., Journal of Archaeological Science, Vol. 37, Issue 12, pp. 3022- 3029.

RUVALCABA Sil, José Luis.

2011 Los artefactos nos cuentan su historia. Caracterización de los materiales arqueológicos., Ciencias, 104, octubre- diciembre, Pp. 70- 76.

Análisis No destructivos para el estudio del Arte, la Arqueología y la Historia., Posibilidades Tecnológicas y Proyectos Relacionados con el Estudio y Conservación del Patrimonio en México, Instituto de Física, UNAM.

[http://www.fisica.unam.mx/andrea/presentacion/downloads/ANDREAH\\_folleto.pdf](http://www.fisica.unam.mx/andrea/presentacion/downloads/ANDREAH_folleto.pdf)

SOLER Arechalde, A. M.

2014 Arqueomagnetismo en México 1965- 2013, Latinmag Letters, Volumen 4, Numero 4.

2006 Investigaciones arqueomagnéticas en México- Fundamentos. Historia y Futuro-, Instituto de Geofísica de la UNAM, México.

2006 Archaeomagnetic investigation of oriented pre- Columbian lime- plasters from Teotihuacan, Mesoamerica., Earth Planets Space, 58, pp. 1-7

2011 Detailed analysis and improvement of the secular variation curve to Mesoamerica and early times., Latinmag Letters, Vol.1, Special Issue, C05, 1-7, Proceedings Tandil, Argentina.

SALAMANCA Correa, Rodrigo

2001 La tecnología de los morteros. Facultad de ingeniería, Universidad Militar “Nueva Granada”, pp. 40- 48.

SPENSLEY, Ellen

2005 Resultados de estudios micro-morfológicos en sedimentos, estucos y suelos en la Trinidad, Petén. Disponible en: [www.famsi.org/reports/03101es38spensley.pdf](http://www.famsi.org/reports/03101es38spensley.pdf).

STOOPS, G. and A. Jongerius

1975 Proposal for a micromorphological classification of soil materials. I. A classification of the related distributions of fine and coarse particles., Goederma, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Vol. 13 pp. 189- 199.

STRAULINO Mainou, Luisa.

2012 El intemperismo de las calizas en monumentos prehispánicos mayas. El caso de la cornisa del edificio 5N2, Río Bec., Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, vol. 64, No. 1, pp.49-60.

STRAULINO, L., S. Sedov, D. Michelet, S. Balanzario

2013 Weathering of carbonate materials in ancient Maya constructions (Río Bec and Dzibanché): Limestone and stucco deterioration patterns., Quaternary International 315.

SUGIYAMA, Nawa, Saburo Sugiyama, Alejandro Sarabia G.

2013 Inside the Sun pyramid of Teotihuacan, Mexico: 2008- 2011. Excavations and preliminary results., Latin American Antiquity, 24 (4), pp. 403- 432.

SUGIYAMA, Saburo, and Rubén Cabrera Castro.

2007 The Moon Pyramid Project and the Teotihuacan State Polity., Ancient Mesoamerica, Vol. 18, Issue 01, doi: 10.1017/S0956536107000053.

Disponible en: <http://journals.cambridge.org/ATM>

TERÁN Guerrero, Anuar Gabriel, Ana María Soler Arechalde, Avto Goguitchaichvili, Celia Caballero- Miranda, Juan Morales, Jaime Urrutia Facuguachi.



2016 Dataciones arqueomagnéticas en la Ciudadela de Teotihuacan, Sierra de las Navajas y Xalasco., *Arqueología Iberoamericana* 29:15. 20. ISSN 1989-4104.  
<http://laiesken.net/arqueologia/>.

VAZQUÉZ DE Ágredos Pascual, Ma. Luisa, Linda R. Manzanilla.

2016 Corporate Paint and Pharmaceutical Mixtures from Teotihuacan: the Teopancazco Neighborhood Center., *Int J. Pharmacovigil* 1(1): 11.

VILLASEÑOR, I., J. Aimers.

2009 Una de cal por las que van de arena: un estudio diacrónico de los estucos de Calakmul y Palenque., *Estudio de Cultura Maya XXXIII*.

VILLASEÑOR Alonso, Isabel y Luis Alberto Barba Pingarrón.

2011 El estudio de materiales constructivos en la arqueología mesoamericana., *Anales de Antropología*, 45, ISSN: 0185-1225, pp. 79- 98.

2012 Los orígenes tecnológicos de la Cal., Cuicuilco, vol. 19, Septiembre- Diciembre, Escuela Nacional de Antropología e Historia, Distrito Federal, México, pp. 11- 41.

VON WINNING, Hasso.

1987 La iconografía de Teotihuacan. Los Dioses y los signos., Tomo I, Instituto de Investigaciones Estéticas, Estudios y fuentes del arte de México, XLVII, UNAM, México.

## APENDICE

En este apartado desarrollo los resultados obtenidos con los análisis químicos de pisos, de las áreas expuestas durante las excavaciones del 2014 en el sector sur y la cala del sector centro-este de la Plaza de la Pirámide del Sol. Y observamos las limitaciones de realizar esta metodología en áreas tan pequeñas cuando se compara con la extensión del contexto general.

### *Análisis de residuos químicos aplicado a pisos. ¿Cuándo sí? ¿Cuándo No?*

Como se mencionó en capítulos anteriores, esta metodología fue realizada debido al conocimiento previo y a los buenos resultados que había tenido en otros estudios sobre áreas de actividad. Aunque teníamos el conocimiento, desde que se tomaron las muestras en campo, que no iba a ser posible realizar mapas de distribución de residuos; los cuales son la base principal para identificar áreas de actividad (Barba 1986, Manzanilla, 1986) decidimos tomar las muestras y ver si encontrábamos diferencias en los contenidos de los residuos en la diferentes áreas excavadas y, también observar si habían cambios en las concentraciones de los residuos entre un piso y otro. Hemos visto que las excavaciones realizadas en la plaza durante el 2014 constan únicamente de pozos de sondeo y aunque algunos de estos tienen una extensión considerable, son espacios muy pequeños con respecto al tamaño total de la plaza, por lo que sería muy aventurado hacer interpretaciones del uso del espacio.

Aun con las limitantes que conocíamos decidimos analizar en el laboratorio todas las muestras y ver si encontrábamos diferencias que pudieran estar relacionadas con los materiales empleados para la elaboración de los pisos. Desde el momento de las excavaciones observamos diferencias en los materiales de los tres niveles de piso. El Piso Negro es claramente diferente a los otros dos pisos aunque el enlucido era un típico “estuco”, en cambio, el Piso blanco se veía similar al firme del Piso Rojo, pero el color, la compactación y otros componentes nos mostraban un material distinto. Llegamos a proponer que quizá el Piso Blanco estaba hecho de una mezcla de cal y tepetate. Debemos tomar en cuenta que la coloración del piso, al ser observada en campo, tenía variaciones debido a la iluminación y también a otros factores como el contacto con el sedimento en el que se encontraban enterrados.

También debemos tomar en cuenta que la distribución entre el número de muestras de cada tipo de piso no es homogénea, debido a que son pocas las áreas excavadas que tuvieron los tres pisos expuestos. De hecho, sólo se analizó una muestra de piso rojo, ya que es el piso que tenía una menor área expuesta. En cuanto al análisis de muestras de tepetate, estas sólo se hicieron de la que fueron tomadas en la excavación central, como ya se mencionó; y no se tomaron muestras de este material para hacer los demás estudios que se hicieron para esta investigación.

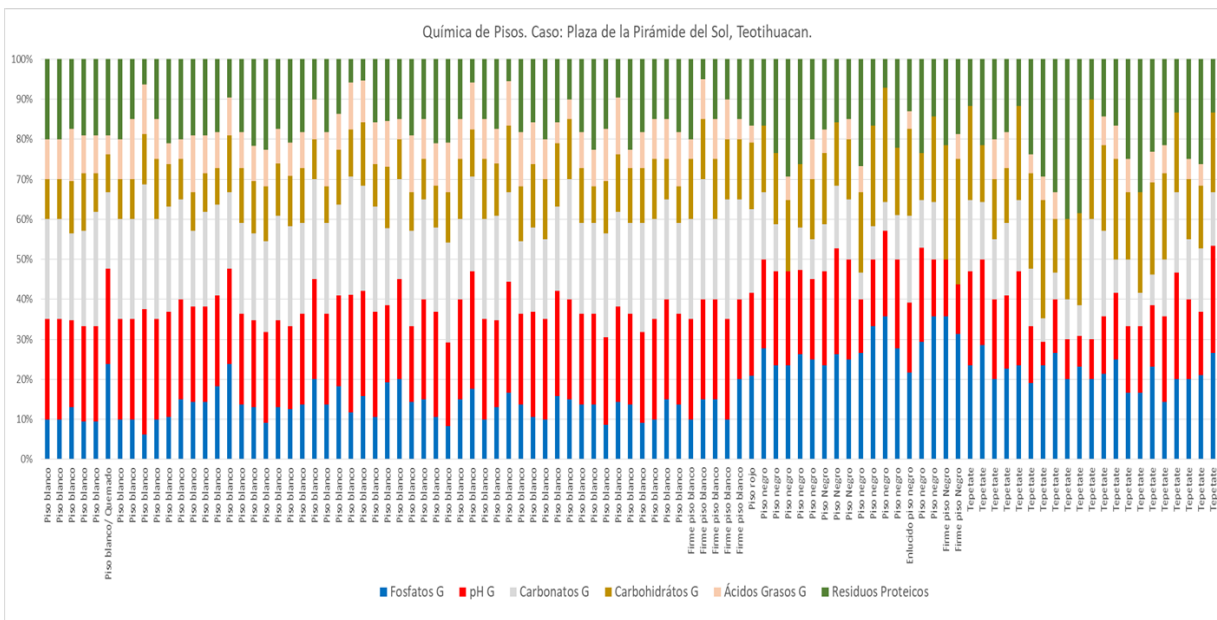
En general observamos diferencias en los contenidos químicos, en los tres niveles de piso. En la Gráfica 1 podemos ver claramente que el Piso Negro tiene un mayor contenido de fosfato en comparación con el Piso Blanco y el Piso Rojo, quizá esto sea porque el firme del Piso Negro está hecho con tierra y es normal que se encuentren materiales orgánicos que están en proceso de descomposición. Sin embargo los dos pisos, blanco y rojo, muestran los valores más altos en cuanto a carbonatos. En el caso del Piso Rojo, desde la observación en campo se tenía la hipótesis que era un piso de estuco; a diferencia del Piso Blanco del que no mostraba las mismas características en campo pero en el laboratorio también dio como resultado alto contenido de carbonatos. Los valores altos de pH que obtuvimos del Piso Blanco, pueden estar directamente relacionados con la alcalinidad del material del que están hechos (roca caliza), y en cambio los valores más bajos se encuentran en el Piso Negro y corresponden principalmente a las muestras del firme, que también puede estar relacionado con lo ácido de las tierras con las que están hechos y a su alto contenido de hierro, aluminio y otros minerales.

En cuanto a los contenidos de ácidos grasos, observamos poca cantidad en general pero nos llamó la atención que tanto el Piso Rojo como el firme del Piso Negro carecían de estos residuos. Sin embargo suponemos que estos resultados pueden estar relacionados con los residuos depositados en los pisos y no tanto en el tipo de material. Así también el caso de los residuos proteicos que se encuentran en mayor cantidad en el tepetate y este material por sí mismo no contiene este tipo de residuos. Así es que en ambos casos los resultados son debido a los residuos agregados, los cuales tuvieron que ser parte de una actividad constante para poder ser registrados en la superficie. (Barba, 1986) Aunque bien puede tratarse de residuos relacionados con algún tipo de aglutinante orgánico empleado para mejorar la consistencia o el fraguado de los pisos, desafortunadamente no podemos ahondar en este tema debido a que no se hicieron los estudios necesarios para detectarlos.

Como ya dijimos, estos resultados no se pueden interpretar de forma que podamos hablar sobre actividades. Lo que sí observamos con este primer acercamiento en el análisis de las muestras de estos pisos, y nos llamó mucho la atención, el alto contenido de carbonatos que se encuentran en el Piso Blanco, lo que nos hizo pensar que algunos de los resultados estaban más relacionados con el tipo de material con el que está hecho el piso que con los residuos de actividades realizadas sobre este. Este tipo de resultado suele ser muy común en pisos de estuco, por lo cual tuvimos nuestra primera observación acerca de los materiales que conforman el Piso Blanco, el Piso Rojo y también el enlucido del Piso Negro, que son las muestras con mayor contenido de carbonatos.

Así que, aun con las limitaciones que esta metodología presentaba para esta investigación en específico, pudimos obtener algunos datos favorables. También debemos tomar en cuenta que el hecho de no obtener mayor información nos permite corroborar que su principal función acerca de delimitar áreas de actividad, sólo puede ser realizada siempre y cuando se tengan la suficiente superficie expuesta en la que se puedan obtener muestras para formar los mapas de distribución. Si no se cumple con esta condición, entonces estaremos viendo únicamente contenidos los cuales pueden estar relacionándose sí con una actividad o bien con el tipo de material, específicamente en el caso de los pisos.

Quizá para esta investigación no tendrían que haberse realizado estos análisis ya que los datos obtenidos fueron muy básicos y pueden ser confirmados con técnicas analíticas más sofisticadas y con resultados más puntuales. Aun así quisimos dejar este apartado para mostrar el trabajo realizado y comentar que este tipo de análisis ha dado muy buenos resultados cuando los objetivos y los elementos analizados son los requeridos por la metodología.



Gráfica. Porcentajes de los residuos químicos.

	Fosfatos	pH	Carbonatos	Carbohidratos	Ácidos Grasos	Residuos Proteicos
<b>PISO BLANCO</b>	Promedio: 2.79310345 Desviación Estandar: 0.83263734	Promedio: 10.1272414 Desviación Estandar: 0.07619903	Promedio: 4.96551724 Desviación Estandar: 0.62028622	Promedio: 1.84482759 Desviación Estandar: 0.388507	Promedio: 1.24137931 Desviación Estandar: 0.50646158	Promedio: 8.18965517 Desviación Estandar: 0.5606042
<b>PISO ROJO</b> Solo una muestra analizada	Promedio: 5	Promedio: 10.04	Promedio: 5	Promedio: 3	Promedio: 0.5	Promedio: 8.5
<b>PISONEGRO</b>	Promedio: 4.70588235 Desviación Estandar: 0.46966822	Promedio: 9.50058824 Desviación Estandar: 0.53873081	Promedio: 1.82352941 Desviación Estandar: 1.28623939	Promedio: 2.44117647 Desviación Estandar: 0.70450233	Promedio: 0.23529412 Desviación Estandar: 0.31213214	Promedio: 8.14705882 Desviación Estandar: 0.52335175
<b>TEPETATE</b>	Promedio: 3.33333333 Desviación Estandar: 0.91287093	Promedio: 9.14380952 Desviación Estandar: 0.55920905	Promedio: 2.19047619 Desviación Estandar: 0.98076744	Promedio: 2.26190476 Desviación Estandar: 0.78452291	Promedio: 0.33333333 Desviación Estandar: 0.32914029	Promedio: 8.19047619 Desviación Estandar: 0.66098772

Tabla . Promedio y Desviación Estandar de los resultados químicos, por tipo de piso y análisis.

Qué sí podemos decir:

- Que los tres pisos presentan enriquecimiento de los distintos residuos, y que sus proporciones son distintas en cada tipo de piso.
- Aunque podemos observar diferencias entre los contenidos de los residuos, al no tener mapas de distribución, es imposible sugerir algún uso en el espacio o referirnos a alguna actividad.
- que es necesario realizar excavaciones extensivas si el objetivo de la investigación es conocer el uso de un espacio y delimitar áreas de actividad.
- En cambio, si el objetivo es conocer el material del que está compuesto un piso, esta metodología no ofrece mayores resultados.
- La prueba de carbonatos, que puede realizarse en campo, nos puede ayudar a diferenciar entre pisos con contenidos de calcio y aquellos que no lo tengan de manera muy básica, ya que no nos ayuda a identificar de qué fase del calcio o qué tipo es.

No tenemos los datos para hablar de método constructivo empleado para la elaboración de esta ampliación, sin embargo fue posible observar el cambio en los materiales e incluso en la colocación de los bloques. Para el caso de la primera etapa de construcción tenemos una muralla hecha en estilo mosaico, en cambio para la tercera etapa los bloques ya no están cortados y acomodados con esa misma técnica.



# ÍNDICE DE IMÁGENES

<u>FOTOGRAFÍAS</u>	PÁGINA
FOTOGRAFÍA 1 Vista panorámica de sitio arqueológico de Teotihuacan. (Archivo del sitio arqueológico del PPS).....	8
Fotografía 2 Vista panorámica del Complejo Arquitectónico Pirámide del Sol, en primer plano se encuentra la plaza.....	10
FOTOGRAFÍA 3 Fotografías del área de excavación donde se señala la localización de los pozos y calas realizadas durante la temporada de excavación 2014, sector sur Plaza de la Pirámide del Sol.....	16
FOTOGRAFÍA 4 Recuperada del informe de Chadwick 1963. Muestra parte de la fachada norte del edificio 3, que en la nomenclatura de Millon es el 9.N3E1.....	18
FOTOGRAFÍA 5 Talud tipo mosaico localizado al interior de la escalinata del edificio 9.n3e1, en contacto con el Piso Planco.....	18
FOTOGRAFÍA 6 Estratigrafía de los tres niveles de piso localizados en el sector sur de la plaza, pozo 6.....	19
FOTOGRAFÍA 7 Muestra PB06, planta. Se observan diferencias entre el firme y el enlucido. También se distingue el pigmento rojo que recubría el enlucido dando el acabado final al piso.....	20
FOTOGRAFÍA 8 Muestra PR00, perfil estratigráfico. Se pueden observar diferencias entre los materiales de las capas.....	21
FOTOGRAFÍA 9 Muestra PN03. Detalle de la unión entre el firme y el enlucido. Se observa un posible fragmento de vidrio volcánico o cristal de hornblenda .....	22
FOTOGRAFÍA 10 Piso Blanco localizado al frente de la escalinata del edificio 9. N3E1, interior pozo1. Y detalle de la estratigrafía del firme y el enlucido del piso.....	24
FOTOGRAFÍA 11 Unión entre el talud tipo mosaico (primera etapa constructiva) y el “piso blanco”.....	25
FOTOGRAFÍA 12 Perfil estratigráfico donde se aprecian los tres pisos, intermedio se encuentra el Piso Rojo. Muestra de PR00.....	27
FOTOGRAFÍA 13 Vista general del pozo 1 junto con las calas 1 y 2. Se observan indicadores de las tres etapas constructivas como el talud tipo mosaico, el piso blanco y los cortes de la tercera etapa, los bloques de la alfarda de la escalinata de la segunda etapa.....	28

FOTOGRAFÍA 14 IZQ. Colocación de soportes para la toma de muestras. dcha. lectura del azimut y la inclinación.....	36
FOTOGRAFÍA 15 IZQ. Secado de ejemplares. dcha. área de trabajo para corte y pulido. ....	36
FOTOGRAFÍA 16 Izq. Ejemplares cortados del Piso Rojo. Dcha. Ejemplares pulidos y ejemplares con plastilina.....	37
FOTOGRAFÍA 17 Izq. Equipo JR-6 (Magnetómetro), Laboratorio de Paleointensidades Magnéticas, I. Geofísica, UNAM. Dcha. Cabina donde se coloca el ejemplar.....	38
FOTOGRAFÍA 18 Instrumento de desmagnetización, Laboratorio de Paleomagnetismo, I. Geofísica, UNAM.....	39
FOTOGRAFÍA 19 Equipo Dino Lite EDGE Digital Microscope, Laboratorio de Microscopía óptica en el LANCIC.....	42
FOTOGRAFÍA 20 Fotografías tomadas con el Microscopio <i>Dino Lite</i> , izq. Luz Visible; dcha. Luz Polarizada.....	43
FOTOGRAFÍA 21 Izq. Muestra del bloque de piso rojo. Dcha. Muestra sin consolidar de piso blanco.....	44
FOTOGRAFÍA 22 Izq. Microscopio Electrónico portátil del LANCIC, Instituto de Física, UNAM. Dcha. Colocación de la muestra en el porta objetos en la cámara de alto vacío.....	44
FOTOGRAFÍA 23 Equipo ADIS, LANCIC, Instituto de Física, UNAM.....	46
FOTOGRAFÍA 24 Izq. Ejemplo de difractograma. Dcha. Soportes circulares para análisis de muestras en polvo para el equipo el ADIS.....	47
FOTOGRAFÍA 25 Equipo SANDRA, LANCIC, Instituto de Física de la UNAM. Dcha. Espectro XRF.....	48
FOTOGRAFÍA 26 Izq. Equipo Raman BW Tek, RAMAN Ex. Dcha. Objetivos del equipo y muestra en bloque del Piso Rojo 1496.....	49
FOTOGRAFÍA 27 Equipo de Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier, LANCIC, Instituto de Física, UNAM.....	50
FOTOGRAFÍA 28 Izq. Ejemplo de estratigrafía de suelos. Dcha. Estratigrafía de tres pisos superpuestos. Pisos de este estudio.....	54

FOTOGRAFÍA 29 Izq. Lámina delgada del Piso Rojo. Dcha. Bloque pulido del Piso Rojo. Ambos se obtuvieron de la misma muestra.....	55
FOTOGRAFÍA 30 Izq. Fotografía con Luz Trasmítida. Dcha. Fotografía con Luz Trasmítida y Nícoles Cruzados. Muestra 1829.....	56
FOTOGRAFÍA 31 Ejemplo de áreas donde se tomaron las muestras, y el mismo lugar durante el proceso de restauración.....	57
FOTOGRAFÍA 32 Izq. Argamasa de porcelana. Dcha. Muestras de pisos de Teotihuacan para análisis químicos.....	58
FOTOGRAFÍA 33 Izq. Muestras al inicio del procesamiento. Dcha. Muestras después de la colocación de reactivos.....	59
FOTOGRAFÍA 34 Procesamiento de carbonatos. Dcha. Muestra con alto contenido de carbonatos.....	59
FOTOGRAFÍA 35 Procesamiento de carbohidratos. Dcha. Muestra de los distintos valores de carbohidratos en los especímenes.....	60
FOTOGRAFÍA 36 Equipo para la lectura de pH.....	60
FOTOGRAFÍA 37 Procesamiento para obtener Residuos proteicos.....	61
FOTOGRAFÍA 38 Especímenes de Piso blanco, muestra Piso 6, proceso de preparación de la muestra.....	67
FOTOGRAFÍA 39 Ejemplares de la muestra Piso 8 (Piso Rojo), en proceso de preparación.....	70
FOTOGRAFÍA 40 Ejemplares de la muestra 3 del Piso Negro. Proceso de preparación de las muestras.....	74
FOTOGRAFÍA 41 Izda. (PB06) Perfil del firme/200x/luz reflejada/detalle de clastos del esqueleto del firme. Dcha. Superficie/200x/luz polarizada/detalle posible material orgánico quemado.....	84
FOTOGRAFÍA 42 Izda. (PB01) Perfil del firme/20x/luz polarizada/ agregados geológicos de gran tamaño. Dcha. (PB01) Perfil del firme/200x/luz polarizada/posible fragmento de mica.....	86
FOTOGRAFÍA 43 Izda. (PB06) General superficie/20x/luz polarizada/superficie alisada y dos fragmentos de enlucido. Dcha. (PB06) Superficie, enlucido/100x/luz polarizada/Detalle de pintura roja.....	87
FOTOGRAFÍA 44 Izq. Fragmento del Piso blanco, comparándolo con el porta objetos del equipo de SEM- EDS. Dcha. Muestra PB06.....	88

FOTOGRAFÍA 45 Izq. Bloque Piso Blanco montado en el porta objetos al interior de la cámara de vacío. Dcha. Muestra Piso Blanco, se aprecia la cara pulida con los dos fragmentos con corte transversal.....93

FOTOGRAFÍA 46 Izq. Imagen Piso Blanco/30x/diferencia entre dos estratos. Dcha. Misma muestra/ 200x.....95

FOTOGRAFÍA 47 Fragmento del Piso Blanco con detalle de Pigmento rojo sobre el Enlucido. Plano de la superficie de la muestra.....98

FOTOGRAFÍA 48 Izda. PB01 Firme/muestra molida. Dcha. (PB06) Alisado/ muestra en bloque.....99

FOTOGRAFÍA 49 Izda. (PB06) lectura del enlucido de la muestra/microscopio integrado en el equipo SANDRA. Dcha. Lectura de la superficie alisada/ cámara fotográfica integrada al mismo equipo.....105

FOTOGRAFÍA 50 Registro fotográfico del Piso Rojo *in situ* durante las excavaciones (2014). La escala está en centímetros.....110

FOTOGRAFÍA 51 Muestra PR00, General perfil/ 20x / con Luz Polarizada.....111

FOTOGRAFÍA 52 Muestra PR00. Izq. Detalle de cargas en los distintos estratos/150x/ con Luz Polarizada. Dcha. Detalle de material orgánico quemado/ superficie/200x/con luz Polarizada..... 111

FOTOGRAFÍA 53 Izq. Muestra PR01/ detalle de cargas en la matriz blanca/150x/ con Luz Polarizada. Dcha. Muestra PR04/mineral brillante- posible fragmento de hematita especular/210x.....112

FOTOGRAFÍA 54 Izq. Perfil muestra sin procesar PR00. Dcha. Perfil de la muestra PR 1496.....113

FOTOGRAFÍA 55 Perfil de la muestra PR00, SEM. / Perfil en Microscopía óptica.....114

FOTOGRAFÍA 56 Imágenes tomadas con el microscopio del SANDRA I. Izq. “Superficie” PR05 Dcha. “Base” PR00. Se observa la convergencia de los haces de luz del área analizada.....132

FOTOGRAFÍA 57 Imágenes del Perfil del Piso Negro..... 139

FOTOGRAFÍA 58 PN03MO\_18. 70x, perfil/Firme y enlucido/ detalle de posible vidrio volcánico. Izq. Sin luz polarizada. Dcha. Con luz polarizada.....140

FOTOGRAFÍA 59 Imágenes del microscopio óptico donde podemos apreciar los distintos tipos de agregados presentes en el firme (superficie alisada y perfil) del Piso Negro.....141

FOTOGRAFÍA 60 Imágenes muestra PN03: Izq. 30x superficie alisada, Dcha.150c acercamiento a restos del estuco.....142

FOTOGRAFÍA 61 Imágenes de una superficie anterior aun con pigmento rojo. Ambas en 150x.....143

FOTOGRAFÍA 62 Imágenes petrográficas General Piso Blanco.....177

FOTOGRAFÍA 63 Imágenes petrográficas Firme y Enlucido, Piso Blanco.....	178
FOTOGRAFÍA 64 Imágenes petrográficas restos de pigmento, Piso Blanco.....	179
FOTOGRAFÍA 65 Imágenes petrográficas Estratigrafía completa Piso Rojo.....	182
FOTOGRAFÍA 66 Imágenes petrográficas Estratigrafía Piso Rojo.....	183
FOTOGRAFÍA 67 Imágenes petrográficas Agregados, Piso Rojo.....	184
FOTOGRAFÍA 68 Imágenes petrográficas Pigmento rojo, Piso Rojo.....	185
FOTOGRAFÍA 69 Imágenes petrográficas Material orgánico quemado, Piso Rojo.....	185
FOTOGRAFÍA 70 Imágenes petrográficas General Piso Negro.....	188
FOTOGRAFÍA 70 Imágenes petrográficas Enlucido, Piso Negro.....	189
FOTOGRAFÍA 71 Imágenes petrográficas Firme, Piso Negro.....	190
FOTOGRAFÍA 72 Imágenes petrográficas Agregados orgánicos, Piso Negro.....	191
FOTOGRAFÍA 73 panorámica de la Plaza de la Pirámide del Sol, Teotihuacan. Tomada durante las excavaciones del 2014.....	192
FOTOGRAFÍA 74 Plano Conjunto Plaza de la Pirámide del Sol, modificado de Millon, 1973 (Chávez et al. 1994).....	195
FOTOGRAFÍA 75 Imagen microscopio óptico, Izq. Perfil del firme del Piso Blanco. Dcha. Superficie del Piso Blanco, observamos un área alisada y otra cubierta con el enlucido y rastros del pigmento rojo.....	212
FOTOGRAFÍA 76 Izq. Fotografía microscopio óptico integrado al equipo de Raman, detalle del pigmento rojo, muestra impregnada en resina. Dcha. Imagen microscopio electrónico de barrido, detalle de unos de los estratos del Piso Rojo, se observan las inclusiones, entre ellas tenemos presencia de vidrio volcánico.....	217
FOTOGRAFÍA 77 Izq. Imagen microscopio Dino-Lite, Superficie Piso Negro, presenta pequeñas áreas con enlucido muy deteriorado. Dcha. Muestra de Archeomagnetismo del Piso Negro quemado, se observa el enlucido en perfecto estado, aunque no se distingue ningún pigmento. El firme tiene un color café rojizo, producto de la exposición al fuego.....	222
FOTOGRAFÍA 78 Estratigrafía de los tres pisos identificados en el sector sur de la plaza.....	223

GRÁFICAS

GRÁFICA 1 Direcciones medias de la muestra Piso 6, y calibración de los resultados, junto con las probables fechas. En gris tenemos la fecha elegida para esta muestra.....68

GRÁFICA 2 Direcciones Medias de las muestras Piso 4 y Piso 5, observamos la gran dispersión entre las lecturas y como algunas presentan polaridades reversas.....69

GRÁFICA 3 Direcciones medias de la muestra Piso 8 (PISO ROJO) y calibración de los resultados, junto con las probables fechas. En gris tenemos la fecha elegida para esta muestra.....72

GRÁFICA 4 Direcciones medias de la muestra Piso 1, y calibración de los resultados, junto con las probables fechas. Para esta muestra no ha sido posible seleccionar una datación debido a la poca relación que hay con el contexto del piso.....75

GRÁFICA 5 Direcciones medias de la muestra Piso 7, y calibración de los resultados junto con las probables fechas. En gris se muestra la fecha elegida.....76

GRÁFICA 6 Direcciones medias de la muestra Piso 3 y calibración de los resultados junto con las probables fechas. En gris tenemos la fecha elegida para esta muestra que se encuentra relacionada con el intervalo del Piso 7.....77

GRÁFICA 7 Direcciones medias de la muestra Piso 2 y calibración de los resultados, con la cronología elegida en gris.....79

GRÁFICA 8 Difractograma muestra PB06 enlucido, PDF4.....98

GRÁFICA 9 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PB06a2.....102

GRÁFICA 10 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PB03 alisado.....103

GRÁFICA 11 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PB03 firme.....104

GRÁFICA 12 Imagen. Ejemplo de un espectro de rayos X (PB06). Se aprecia claramente que la banda del Ca es bastante más intensa que la de cualquier otro elemento presente.....106

GRÁFICA 13 Fluorescencia de rayos X, incluyendo al calcio Piso Blanco.....107

GRÁFICA 14 Resultados Fluorescencia de rayos X, normalización con respecto al calcio.....108

GRÁFICA 15 resultados de la muestra PR00.....125

GRÁFICA 16 resultados químicos SEM de la muestra PR1496.....125

GRÁFICA 17 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PR05\_base.....127



GRÁFICA 18 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PR00_Capa 4.....	128
GRÁFICA 19 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PR00_capa1.....	129
GRÁFICA 20 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PR00_capa3. Cinabrio.....	130
GRÁFICA 21 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PR01_capa2. Cinabrio.....	131
GRÁFICA 22 elementos presentes, incluyendo el calcio. Piso Rojo.....	133
GRÁFICA 23 XRF con los elementos presentes, normalizados con respecto al calcio. Piso Rojo.....	134
GRÁFICA 24 Espectro Raman de la Hematita (Froment et al. 2008).....	135
GRÁFICA 25 Izq. Espectro Referencia Hematita 785nm (LANCIC). Dcha. Espectros hematita y calcita (Faria et al., 2011).....	136
GRÁFICA 26 comparativa de los espectros obtenidos del análisis del Piso Rojo, muestras PR00, PR05 y PR1496.....	137
GRÁFICA 27 Difractograma PDF4, muestra PN03e/ Enlucido molido.....	156
GRÁFICA 28 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PN02e/ fragmento en bloque.....	157
GRÁFICA 29 Difractograma PDF2 y PDF4, muestra PN02/ Firme molido.....	158
GRÁFICA 30 Imagen tomada con el microscopio integrado al equipo SANDRA y el espectro obtenido.....	159
GRÁFICA 31 Imagen tomada con la cámara integrada al equipo SANDRA y el espectro obtenido.....	160
GRÁFICA 32 elementos químicos mayoritarios, incluyendo el calcio.....	161
GRÁFICA 33 elementos normalizados con respecto al calcio.....	161
GRÁFICA 34 XRF. Gráfica comparativa de los tres tipos de piso, mostrando únicamente los valores del Ca.....	163
GRÁFICA 35 XRF Gráfica de elementos mayoritarios normalizados con Ca.....	164
GRÁFICA 36 SEM comparación de resultados de los tres pisos/ muestras sin procesar.....	164
GRÁFICA 37 SEM Comparación de resultados de los tres pisos/ muestras impregnadas.....	165
GRÁFICA 38 Izq. Espectro de Calcita (Ragev, 2010) Dcha. Espectro del Piso Rojo, estrato rojo, PR01_R.....	168
GRÁFICA 39 Distribución de los resultados del grado de calcinación de los carbonatos en los tres pisos.....	172

MAPAS

MAPA 1 Plano de la Plaza de la Pirámide del Sol, mi propuesta de la primera etapa constructiva- plataforma perimetral, con los datos obtenidos durante las excavaciones.....23

MAPA 2 Planta de la Plaza de la Pirámide del Sol, mi propuesta de la segunda etapa constructiva- construcción del edificio 9.N3E1, elaborada con los datos obtenidos durante las excavaciones.....26

MAPA 3 Planta de la Plaza de la Pirámide del Sol, propuesta de la tercera etapa constructiva- ampliación del edificio 9.N3E1. basado en los datos recuperados durante las excavaciones.....28

MAPA 4 Plano de la Plaza de la Pirámide del Sol (PPS, 2014) con la indicación de las áreas donde se recuperaron las muestras de cada tipo de piso.....65

MAPA 5 Conjunto de Mapas SEM- EDS del enlucido PB06/100x, mostrando los mapas por elementos más significativos.....89

MAPA 6 Conjunto de Cuantificación del enlucido PB06: Mapa de ubicación del área muestreada/100x, espectro XRF, Tabla de porcentaje por elemento (se muestran los más significativos).....90

MAPA 7 Conjunto de Mapas SEM- EDS del firme PB06/100x, mostrando los mapas por elementos más significativos.....91

MAPA 8 Conjunto de Cuantificación del Firme PB06: Mapa de ubicación del área muestreada/100x, espectro XRF, Tabla de porcentaje por elemento (se muestran los más significativos).....92

MAPA 9 Conjunto de mapas por elemento/ Piso Blanco/ 100x / elementos presentes más representativos.....95

MAPA 10 Análisis puntuales PB1496. Matriz de Calcita/100x.....96

MAPA 11 Análisis Puntual. Sedimento o arcilla con alto contenido en aluminio/ 200x.....96

MAPA 12 Fragmento inferior PB1496. Izq. Imagen alta resolución/ 200x. Dcha. Mapeo general de elementos presentes/200x.....97

MAPA 13 Fragmento inferior PB1496. Conjunto de mapas por elemento.....98

MAPA 14 Mapas por elemento químico, 30x.....115

MAPA 15 Tabla con los porcentajes de los elementos más representativos. Y mapas por elemento químico, análisis de la sección dentro del rectángulo que en la imagen de alta resolución se observa. 150x.....116

MAPA 16 Imagen de alta resolución 100x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico.....120

MAPA 17 Imagen de alta resolución 30x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico.....121

MAPA 18 Imagen de alta resolución 30x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico.....122

MAPA 19 Imagen de alta resolución 100x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro.....145

MAPA 20 Imagen de alta resolución 100x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro.....147

MAPA 21 Imagen de alta resolución 30x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro bloque pulido.....150

MAPA 22 Imagen de alta resolución 60x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro bloque pulido.....151

MAPA 23 Imagen de alta resolución 100x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro bloque pulido.....152

MAPA 23a Imagen de alta resolución 200x, XRF espectro y abajo, mapas por elemento químico. Piso Negro bloque pulido.....153

MAPA 24 En la figura 1 tenemos un croquis con mi propuesta de cuáles eran los elementos presentes de la plaza para la Primera Fase: Piso Blanco, Muro perimetral de la plaza y basamento Pre- pirámide del Sol, que proponemos fueran edificadas durante la primera etapa de construcción de este conjunto. Esto es sólo una aproximación según los datos que hemos obtenido en conjunto con los datos publicados de las excavaciones de N. Sugiyama. (et al. 2013).....197

MAPA 25 En la figura 2 tenemos en líneas azules mi propuesta de cómo era la segunda etapa constructiva, con los elementos: Pirámide del Sol, Plataforma perimetral de la plaza y continúa el uso del Piso Blanco. Parte de mi hipótesis acerca de porque se sigue utilizando el mismo piso durante este periodo de tiempo es que todo el esfuerzo (material y mano de obra) está siendo enfocado en la construcción de la Pirámide del Sol, que es el basamento más grande de todo Teotihuacan.....199

MAPA 26 En la figura 3 observamos los elementos que componen la plaza para la tercera etapa, según mi propuesta, estos elementos son: Pirámide del Sol, Edificio Adosado (posiblemente primera construcción), Edificio 9.N3E1, Edificio 16.N3E1, Plataforma perimetral de la plaza y la superficie es el Piso Rojo (todos los recubrimientos). No tenemos datos acerca del momento de construcción del Altar central.....202

MAPA 27 En la figura 4 observamos lo que propongo es la conformación de la plaza en la última etapa constructiva, donde tenemos los elementos: Pirámide del Sol, quizá con un nuevo recubrimiento (Matos, 1995); Edificio Adosado, con otra etapa constructiva y decoración de jaguares; Ampliaciones de los edificios 9.N3E1 y 16.N3E1; y como superficie, se encuentra el Piso Negro o Concreto Teotihuacano.....205

MAPA 28 Plano de la retícula general de la parte “ceremonial” de Teotihuacan. (Millon, 1970).....225

TABLAS

TABLA 1 Ciclo químico de la producción de cal. (Ortíz- Ruíz, 2014:27).....52

TABLA 2 Ejemplo de tabla con los datos utilizados para realizar la base de datos en Excel.....53

TABLA 3 Resultados de los estudios de paleodirecciones magnéticas, fechas probables y elegidas, de los tres niveles de piso de la Plaza de la Pirámide del Sol.....83

TABLA 4 Resultados XRD, Piso Blanco.....100

TABLA 5 Cuantificaciones elementales de análisis puntuales de SEM del Piso Rojo sin procesar.....118

TABLA 6 Cuantificaciones elementales de análisis puntuales de SEM del Piso Rojo en bloque.....124

TABLA 7 comparación de resultados con ambas bases de datos.....127

TABLA 8 Cuantificaciones elementales de análisis puntuales de SEM del Piso Negro sin procesar.....148

TABLA 9 resultados generales de XRD del Piso Negro.....155

TABLA 10 XRD Tabla comparativa de resultados con PDF2 y PDF4.....162

TABLA 11 Diferenciación entre calcitas naturales y antropogénica, Chu et al. 2008 (Ortiz Ruiz, 2014:77).....169

TABLA 12 Resultados de FTIR (ATR) de los tres pisos.....173

TABLA 13 Cronología propuesta para la Cuenca de México (Manzanilla, 2014:988).....193

TABLA 14 Propuesta Cronológica de la Construcción de la Plaza de la Pirámide del Sol.....208