



ESTUDIOS PREVIOS



ÍNDICE:

1	INFORME PRELIMINAR DE INSPECCIÓN	2
2	INFORME EVALUACION ESTRUCTURAL	2



1 INFORME PRELIMINAR DE INSPECCIÓN



REF. PROYECTO: 13340
FECHA: Septiembre de 2013
PETICIONARIO: DIPUTACIÓN DE PONTEVEDRA



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas
de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES, OBJETO Y ALCANCE	3
2. DOCUMENTACIÓN FACILITADA	4
3. INSPECCIÓN OCULAR DEL EDIFICIO	5
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INSPECCIÓN REALIZADA	5
3.2. VISTAS GENERALES DEL EDIFICIO	7
3.3. ROTURA DEL CAPITEL DEL ÁBSIDE 3	11
3.4. DEFICIENCIAS DE REJUNTADO	14
3.5. RETIRADA PREVENTIVA DE PIEZA DE CAPITEL DEL ÁBSIDE 3	17
3.6. OQUEDADES JUNTO A CAPITEL DE ÁBSIDE 3	20
3.7. LESIONES GLOBALES EN PAÑOS DE MURO	21
3.8. ARENIZACIÓN EN TALLAS DE CAPITELES	24
3.9. COLONIZACIÓN VEGETAL EN SUPERFICIES EXPUESTAS	25
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN	27



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas
de la Iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

1. ANTECEDENTES, OBJETO Y ALCANCE.

De acuerdo con la petición realizada por la Excm. Diputación de Pontevedra se redacta el presente Informe Técnico sobre la inspección preliminar del estado de las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo, situada en la Alameda de Pontevedra.

En los primeros días de Agosto de 2013, se produjo de manera súbita el desprendimiento parcial de un capitel del ábside central de las ruinas, generando una alarma sobre el estado de conservación de las mismas.

A petición de los técnicos de la Diputación de Pontevedra, CAPITEL redactó un plan de actuación, de referencia P-13241, con el siguiente alcance:

- Inspección ocular con medios de elevación mecánicos con objeto de:
 - Analizar la zona en la que se produjo el desprendimiento, verificando el estado de la piedra.
 - Revisión ocular de las zonas análogas para detectar de manera temprana el riesgo de desprendimiento de nuevas piezas de piedra.
 - Toma de datos de todos aquellos aspectos que puedan ser considerados de interés para el objetivo fijado.
 - Realización de reportaje fotográfico que incluya: vistas generales del edificio, detalles constructivos, lesiones y/o patologías de mayor relevancia apreciadas.
- Inspección general del resto del edificio, con el fin de caracterizar y clasificar, de modo general, los daños observados en el resto de los muros de las ruinas.
- Elaboración de un Informe de Inspección con la documentación gráfica y técnica en la que se recogen, convenientemente ordenados y procesados, los datos tomados in situ, a partir de las inspecciones realizadas durante la campaña anterior, incluyendo las medidas de actuación propuestas que se consideren más adecuadas para el estado de los elementos de piedra.



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas
de la Iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

Dicho Plan de actuación fue aceptado, y con fecha 9 de septiembre de 2013, mediante Resolución Presidencial, se autorizó el gasto.

2. DOCUMENTACIÓN FACILITADA.

Para la realización del presente Informe se ha solicitado la información disponible. En los archivos de la Diputación se ha localizado la siguiente documentación

- Copia del expediente de contratación de las obras de cubrición del ábside central de la iglesia, del año 2002. En él se hace mención a una serie de informes del año 2001 referentes al estado de conservación de las ruinas, que no han sido localizados.
- Se ha aportado un fotografía general del ábside, realizada días antes de la caída parcial del capitel.

Se encuentran disponibles en la página web del Museo de Pontevedra fotos antiguas del estado de las ruinas en diversos periodos históricos. Cabe destacar la antigüedad de las mismas en una configuración similar a la actual.



Figura 1. Estado de las ruinas en 1903 (tomada del web del Museo de Pontevedra)



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

3. INSPECCIÓN OCULAR DEL EDIFICIO.

El día 4 de septiembre se realizó la inspección de detalle del estado de conservación de las ruinas, por parte de personal experto en evaluación del estado de conservación de edificaciones.

3.1. Características de la inspección realizada

Para realizar la inspección visual, se contrató un equipo de elevación para permitir el acceso a la zona de los capiteles de los ábsides.



Figura 2. Inspección de detalle del estado del edificio.



Figura 3. Inspección de la zona del capitel desprendido.



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

Durante la inspección se realizaron los siguientes trabajos en altura:

- Comprobación manual de la estabilidad de las piezas de piedra singulares: capiteles, dovelas, etc.
- Inspección ocular del estado de conservación de las tallas de los capiteles, rejuntado de los muros y nervios de las bóvedas.
- Reportaje fotográfico exhaustivo de todos los muros y detalles constructivos de la edificación.

Desde el suelo y con ayuda de teleobjetivo se realizaron los siguientes trabajos:

- Revisión global del estado de conservación de las ruinas, tanto por la parte exterior como interior.
- Detección de lesiones de importancia en paños de fábrica.
- Detección visual de desplomes de pilastras.
- Revisión de elementos constructivos situados a nivel del suelo

Como herramienta descriptiva, se han numerado los ábsides correlativamente para facilitar el relato de los trabajos realizados. En el siguiente esquema se indica la numeración otorgada

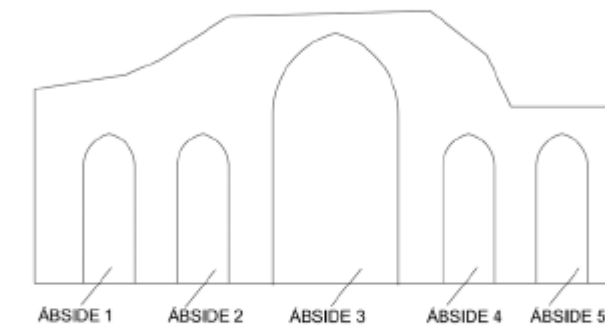


Figura 4. Esquema de denominación de los ábsides de la iglesia.



3.2. Vistas generales del edificio

Las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, situada en la Alameda de Pontevedra, se pueden agrupar en tres zonas diferencias:

- Zona exterior: que se corresponde con los paños exteriores de los muros de fachada trasera de los ábsides, que es accesible visualmente desde la Rúa Marques de Riestra.



Figura 5. Vista aérea de las ruinas y su entorno urbano



- Zona interior: la situada en el interior del recinto que da acceso a los cinco ábsides que se conservan.
- Zona interior tras el muro fachada ortogonal a los ábsides que alberga una colección de tallas y escudos de piedra.



Figura 6. Vista exterior de la Iglesia



Figura 7. Vista interior de las ruinas de la Iglesia.



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 8. Vista general del ábside 1 y ábside 2.



Figura 9. Vista general del ábside 3.



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 10. Vista general del ábside 4 y ábside 5



Figura 11. Muro frontal del ala derecha de la iglesia.



3.3. Rotura del capitel del ábside 3

En los primeros días del mes de agosto de 2013 se produjo el desprendimiento de una parte del capitel y de la imposta situada bajo el arco del lado derecho del ábside 3.

Tras una inspección detallada de la zona de fractura se observa la existencia de un plano de rotura en la piedra que compone el capitel, que ha provocado la entrada de agua y materia orgánica al interior de la piedra generando una línea de debilidad que ha terminado por fallar. El material base, como se pudo comprobar al extraer un pequeño fragmento presenta una dureza superficial considerable y un aspecto sano, circunstancia que refuerza la idea del plano de debilitamiento del capitel.

El material de rejuntado adyacente se encuentra con un elevado grado de deterioro desprendiéndose con facilidad al simple contacto manual

Unos días antes de la caída, personal de la Diputación realizó fotografías generales del edificio. Realizando una ampliación de la zona se puede intuir la presencia de una rotura de trazado vertical en el capitel siniestrado



Figura 12. Imágenes del estado previo al desprendimiento del capitel.



Figura 13. Estado actual del capitel desprendido.



Figura 14. Vista de detalle inferior del capitel deteriorado.



Figura 15. Aspecto del material de rejuntado degradado en la zona del capitel desprendido.



Figura 16. Laja de la superficie de rotura del capitel y material de rejuntado extraído de la zona del capitel siniestrado.



3.4. Deficiencias de rejuntado

Los elementos singulares más expuestos a la intemperie muestran un elevado deterioro del material de rejuntado, producido por un lavado de las escorrentías sobre los paños y por el ataque de los agentes atmosféricos.

Se observa que se han realizado reparaciones durante la vida del edificio, algunas que parecen más recientes, mediante una pasta de aspecto blanquecino que se encuentra fuertemente degradada y se descompone al contacto con los dedos.

Pese a estas diferencias, a nuestro juicio, la estabilidad de los muros de fábrica no se encuentra comprometida, si bien las carencias de rejuntado son un deterioro constante y evolutivo.

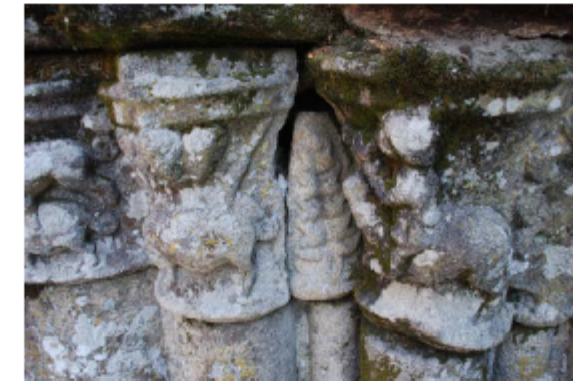


Figura 17. Elemento decorativo sin rejuntado en capitel izquierdo del ábside 3.



Figura 18. Falta de rejuntado entre piezas en lado izquierdo del ábside 3.



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 19 Falta de rejuntado de asiento entre piezas en capitel izquierdo del ábside 3.



Figura 20. Falta de rejuntado de asiento entre piezas en capitel derecho e izquierdo del ábside 1.



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

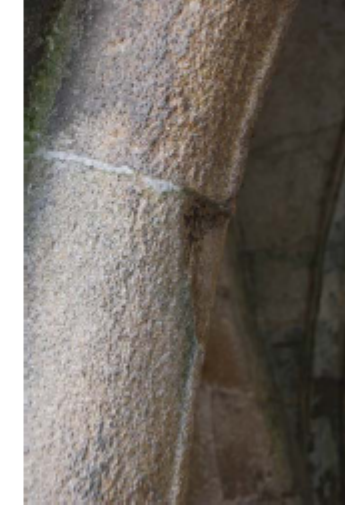


Figura 21. Secuencia del desprendimiento de una porción de rejuntado en las piezas del arco del ábside 5.



3.5. Retirada preventiva de pieza de capitel del ábside 3

Durante la visita de inspección se realizaron comprobaciones manuales de la estabilidad de las piezas singulares en los capiteles e impostas de los ábsides con objeto de detectar de manera temprana riesgos de desprendimientos de piezas como los acaecidos recientemente.

Se manipularon de la piezas para determinar su estabilidad y unión con el resto de la fábrica, obteniéndose en todos los casos resultados satisfactorios, salvo un una imposta situada en el ábside 3, en la zona simétrica al capitel desprendido.

Al detectar la facilidad de extracción de la pieza, se tomó la decisión de su retirada por el evidente riesgo de caída a una zona frecuentemente utilizada por los visitantes al edificio histórico.

La pieza extraída fue entregada al Museo de Pontevedra para su custodia.



Figura 22. Vista general ábside 3.



Figura 23. Vista frontal de Imposta sobre el capitel izquierdo del ábside 3.



Figura 24. Vista inferior de Imposta sobre el capitel izquierdo del ábside 3.



Figura 25. Hueco en la imposta sobre el capitel izquierdo del ábside 3



Figura 26. Pieza extraída manualmente de la imposta del capitel en ábside 3



3.6. Oquedades junto a capitel de ábside 3

Se observa la existencia de diversos huecos en distintas zonas de los muros portantes y elementos de encuentro. Estas oquedades son utilizadas por pequeñas aves, a juzgar por la cantidad de plumas y excrementos detectados.

Asimismo dichas aberturas suponen una vía de entrada para el agua de lluvia con el consiguiente deterioro del material situado en el interior del muro.

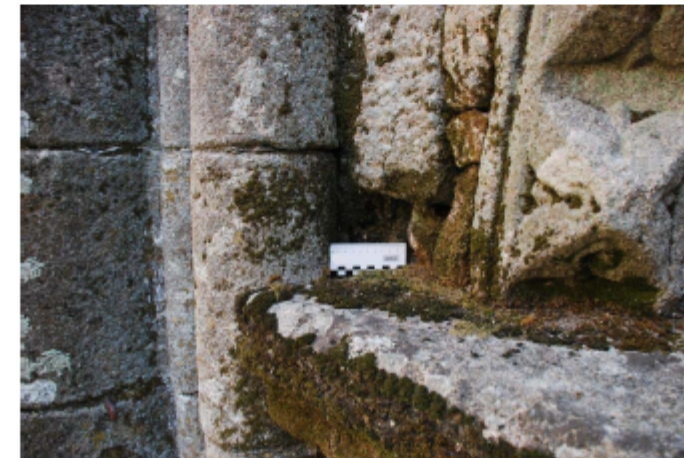


Figura 27. Vista lateral del hueco sobre el capitel derecho del ábside 3.



Figura 28. Vista frontal del hueco sobre el capitel derecho del ábside 3.



3.7. Lesiones globales en paños de muro

Los paños de fábrica de la Iglesia presentan grietas de considerable tamaño en multitud de posiciones. Su aspecto es antiguo y muchas de ellas se encuentran instrumentadas con regletas de seguimiento de aberturas.

Se ha solicitado a los responsables del archivo, la documentación disponible respecto a este sistema de seguimiento de lesiones, pero, hasta el día de hoy no se ha localizado información específica sobre estos elementos de control.

En una primera impresión, las aberturas muestran aspecto de encontrarse estabilizadas y no se han observado indicios de nuevas aberturas o progreso en longitud de las existentes, a juzgar por el aspecto exterior de la piedra que no presentan aristas vivas que hagan suponer un avance significativo de dichas aberturas.

Resulta destacable que debido a la gran magnitud de su abertura, suponen una entrada directa al interior del muro del agua procedente de la lluvia, con su correspondiente arrastre de material de ligazón de la fábrica, incluso permiten la entrada de pequeñas aves.

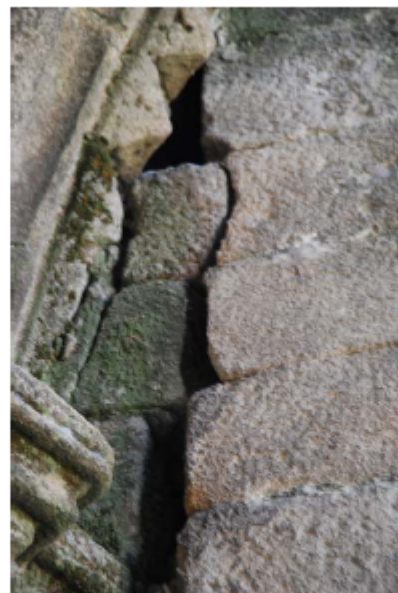


Figura 29. Grieta entre el muro frontal y el ábside 5.



Figura 30. Imagen general y de detalle de las aberturas en los elementos de sustentación del ábside 1.



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 31. Vista general y de detalle de las aberturas en los paños exteriores de los muros.



Figura 32. Regleta de seguimiento de aberturas en muros.



Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

3.8. Arenización en tallas de capiteles

Durante el proceso de inspección detallada en altura realizado sobre las tallas de los capiteles, se pudo observar el avanzado estado de arenización de las formas que componen los capiteles.

Esta arenización supone la pérdida espontánea de los granos que constituyen la roca, se trata de una afección superficial que degrada completamente las formas talladas, no suponiendo un riesgo para la estabilidad del conjunto.



Figura 33. Detalle de capitel en ábside 4.

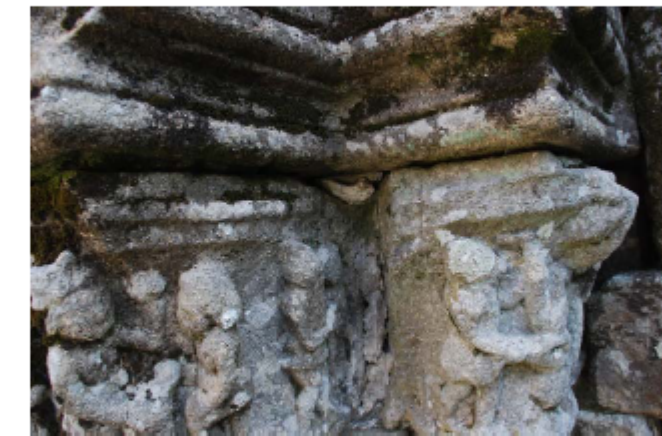


Figura 34. Aspecto degradado que presentan las tallas del capitel.



3.9. Colonización vegetal en superficies expuestas

Gran parte de las superficies horizontales de las tallas, capiteles e impostas de la zona interior de la iglesia, expuesta a la intemperie se encuentran colonizadas por vegetación de pequeño porte.

En varios puntos se ha medido más de 1,5 centímetros de grosor en el musgo. Esta vegetación genera un nivel de humedad elevada durante largos períodos de tiempo, incrementando la acción de los agentes agresivos sobre la piedra. Asimismo, impiden la escorrentía natural de las aguas de lluvia sobre los muros de la iglesia.

Para la correcta conservación de los materiales, especialmente en las zonas con piedra más blanda, zonas de talla en los capiteles, esta vegetación debe ser eliminada con medios que no deterioren la superficie de la piedra.



Figura 35. Detalle de capitel donde se aparecía la abundante presencia de musgo.



Figura 36. Vista inferior de capitel colonizado por vegetación.



Figura 37 Colonización de musgo en pieza que sobresale de la fábrica.



5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN

De acuerdo con la petición realizada por la Excm. Diputación de Pontevedra, ratificada en el escrito de Resolución Presidencial de fecha 9 de septiembre de 2013, se redacta el presente Informe que tiene por objeto la realización de una inspección ocular y evaluación preliminar de la seguridad del estado de las ruinas de Santo Domingo, en Pontevedra.

De acuerdo con lo expresado en los anteriores apartados se pueden extraer, a modo de resumen, las siguientes conclusiones:

1. Durante los primeros días de agosto de 2013 se produjo el desprendimiento parcial de un capitel del ábside de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo.
2. El día 4 de septiembre se realizó una inspección ocular detallada del estado de las zonas interiores de las ruinas, con ayuda de medios mecánicos de elevación se procedió a la revisión detallada del estado de la fábrica de piedra y de sus elementos singulares. Se realizó una extensa campaña fotográfica, las imágenes más representativas se recogen en el presente documento, aportándose la totalidad de las fotografías tomadas en un soporte informático que se adjunta al Informe.
3. Durante las labores de inspección, se procedió a la comprobación manual de la estabilidad de los capiteles y elementos singulares. En el capitel simétrico al desprendido, se extrajo con facilidad una porción del mismo, tal como se relata en el presente informe. Salvo el hecho apuntado, el resto de los elementos comprobados se encontraban en unas condiciones de estabilidad y unión aceptables. Se observó la ausencia de rejuntado en múltiples piezas, incluso con oquedades en las que se podía introducir la mano y son usadas por pequeñas aves. Se detectó la presencia de depósitos superficiales de materia orgánica, restos animales y colonización vegetal en la cara expuesta al exterior. Se evidencian lesiones producidas por el arrastre de agua de lluvia, provocando el lavado de las juntas entre piezas con pérdida acusada de



material de unión. Asimismo, se han observado avanzados deterioros por arenización de las tallas de los capiteles expuestos a la intemperie

4. El conjunto de las ruinas presenta múltiples lesiones (grandes grietas en paños de la fábrica, desplomes en pilares y muros) originadas, probablemente, por movimientos producidos por su estado de equilibrio precario, acrecentado por las vibraciones transmitidas por el tráfico cercano y los agentes atmosféricos. El edificio, en su conjunto, se puede considerar estable, puesto que las lesiones de mayor entidad del edificio presentan gran antigüedad, no resultando esperable una rápida evolución, dentro de su precario estado actual.
5. A la vista de lo anteriormente expuesto, en nuestra opinión no es previsible el desprendimiento de una pieza de los capiteles e impostas similares a la acaecida el pasado mes de agosto, ya que se ha comprobado las condiciones de unión y equilibrio de estas piezas de modo manual durante la inspección realizada. Se estima que las condiciones de seguridad, ante desprendimientos, son suficientes para su reapertura al público, si bien, ésta deberá posponerse a la realización de las labores de limpieza y rejuntado que se indican en el apartado siguiente, al existir un riesgo limitado de caída de pequeñas porciones de piedra proveniente de las juntas de la fábrica de sillería, inherente al estado actual de las ruinas.

De acuerdo con lo expuesto en este Informe Preliminar de inspección, se formulan una serie de recomendaciones de actuación que, a nuestro juicio, deben ser abordadas de manera inmediata:

1. Proceder a la limpieza cuidadosa y detallada de la vegetación y materia orgánica existente en la zona de las ruinas más expuesta a la intemperie.
2. Deberá procederse al sellado y rejuntado provisional de los elementos que se encuentran faltos de traba, en los paños de fábrica expuestos a la intemperie



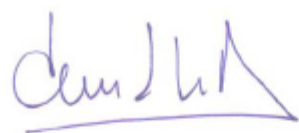
Informe de inspección preliminar del estado de las ruinas
de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

de la zona interior de las ruinas, con el objeto de detener la introducción de agua, vegetación y animales al interior de los muros de la fábrica.

3. Complementariamente a estas medidas, se propone la realización de un análisis integral de la estabilidad estructural de las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo, para proponer, en coordinación con los técnicos de Patrimonio Histórico, una actuación que garantice la conservación y durabilidad del conjunto de las ruinas.

Este documento consta de 29 páginas correlativamente numeradas.

Vigo, 19 de septiembre de 2013.



Javier de la Puente Crespo
Profesor del Área de Ingeniería de la
Construcción. Universidad de Vigo



Pedro de la Puente Crespo
Arquitecto

2 INFORME EVALUACIÓN ESTRUCTURAL



REF. PROYECTO: 13340
FECHA: Diciembre de 2013
PETICIONARIO: DIPUTACIÓN DE PONTEVEDRA



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas
de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	5
2. OBJETO Y ALCANCE.....	6
3. DOCUMENTACIÓN EMPLEADA.....	9
3.1. DOCUMENTACIÓN ESPECÍFICA DE LAS RUINAS DE SANTO DOMINGO.....	9
3.2. DOCUMENTACIÓN GENERAL CONSULTADA PARA LA REALIZACIÓN DEL INFORME.....	9
4. INSPECCIÓN DE LAS RUINAS.....	11
4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CONJUNTO.....	11
4.1.1. Vistas generales del edificio.....	11
4.2. TIPOLOGÍA DE LAS LESIONES.....	16
4.2.1. Deficiencias de rejuntado, oquedades y pérdida de material.....	16
4.2.2. Lesiones globales en paños de muro.....	18
4.2.3. Aparición de costra negra.....	21
4.2.4. Deterioro de la piedra mediante desplazaciones.....	22
4.2.5. Humedades.....	23
4.2.6. Arenización en tallas de capiteles.....	25
4.2.7. Colonización biótica.....	26
4.2.8. Deposiciones de animales.....	27
4.3. ESQUEMAS DE LESIONES POR ALZADOS.....	28
4.3.1. Plano de mediciones manuales en campo.....	29
4.3.2. Plano de daños ábsides interiores: Ábside 1.....	30
4.3.3. Plano de daños ábsides interiores: Ábside 2.....	31
4.3.4. Plano de daños ábsides interiores: Ábside 3.....	32
4.3.5. Plano de daños ábsides interiores: Ábside 4.....	33
4.3.6. Plano de daños ábsides interiores: Ábside 5.....	34
4.3.7. Plano de daños ábsides interiores: Rosetón.....	35
4.3.8. Plano de daños fachada de los ábsides interiores.....	36
4.3.9. Plano de daños ábside exteriores: Ábside 1.....	37
4.3.10. Plano de daños ábsides exteriores: Ábside 2.....	38
4.3.11. Plano de daños ábsides exteriores: Ábside 3.....	39
4.3.12. Plano de daños ábsides exteriores: Ábside 4.....	40
4.3.13. Plano de daños ábsides exteriores: Ábside 5.....	41
4.4. REPORTAJE FOTOGRÁFICO DE DETALLE.....	42



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

5. LEVANTAMIENTO GEOMÉTRICO CON LASER ESCANER.....	43
5.1. EQUIPOS EMPLEADOS.....	43
5.2. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	44
5.3. RESULTADOS OBTENIDOS.....	45
6. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD A PARTIR DEL LEVANTAMIENTO LASER.....	47
6.1. DETERMINACIÓN DE LAS SECCIONES DE CONTROL.....	47
6.2. ESQUEMAS GRÁFICOS DE ANÁLISIS DE LAS DESVIACIONES DETECTADAS.....	49
6.2.1. Plano de desviaciones horizontales de la fachada de los ábsides año 2008 31	
6.2.2. Plano de desviaciones horizontales de la fachada de los ábsides año 2013 32	
6.2.3. Plano de desviaciones horizontales de los ábsides por contrafuertes.....	33
6.2.4. Plano de desviaciones horizontales del ábside 3 por contrafuertes 2008.....	34
6.2.5. Plano de desviaciones horizontales del ábside 3 por contrafuerte. 2013.....	35
6.2.6. Plano de valores geométricos de ábsides por contrafuertes.....	36
6.2.7. Plano de valores geométricos del ábside 3 por el contrafuerte.....	37
7. EVALUACIÓN DE LAS LESIONES DETECTADAS.....	58
7.1. LESIONES RELACIONADAS CON LA FALTA DE REJUNTADO, OQUEDADES Y FALTA DE ELEMENTOS.....	58
7.2. GRIETAS EN PAÑOS.....	58
7.3. COLONIZACIÓN BIÓTICA Y COSTRAS.....	59
7.4. LESIONES RELACIONADAS CON LA HUMEDAD.....	59
7.5. LESIONES RELACIONADAS CON LA PRESENCIA DE AVES.....	60
8. ESTUDIO TEÓRICO DE LA ESTABILIDAD DEL CONJUNTO.....	61
8.1. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	61
8.2. EL ANÁLISIS LÍMITE DE LA FÁBRICA.....	62
8.3. DESCRIPCIÓN Y CONDICIONES GEOMÉTRICAS.....	63
8.3.1. Esquema de análisis para el ábside 1.....	64
8.3.2. Esquema de análisis para el ábside 3.....	65
8.4. EMPUJE DE LA CÚPULA DEL ÁBSIDE.....	66
8.5. ESTABILIDAD DEL SISTEMA DE CONTRAFUERTE.....	67
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN.....	69
9.1. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	69
9.2. RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN.....	73
9.2.1. Consolidación de zonas con grietas, desplazamientos y pérdida de material	73
9.2.2. Saneado y reposición de juntas.....	73



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

9.2.3. Limpieza de los muros.....	74
9.2.4. Tratamiento de humedades.....	74
9.2.5. Fijación de las pilastrillas central de ventanas del ábside.....	74
9.2.6. Limitadores de la presencia de aves.....	75
9.2.7. Propuesta de protección de ventanas.....	75



1. ANTECEDENTES

De acuerdo con la petición realizada por la Excm. Diputación de Pontevedra se redacta el presente Informe de evaluación y estabilidad de las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo, situadas en la Alameda de la ciudad de Pontevedra.

En los primeros días de Agosto de 2013, se produjo, de manera súbita, el desprendimiento parcial de un capitel del ábside central de las ruinas, generando una alarma sobre el estado de conservación de las mismas.

A raíz de este hecho la Excm. Diputación de Pontevedra solicitó a CAPITEL la realización de un Informe Técnico sobre la inspección preliminar del estado de las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo, situada en la Alameda de Pontevedra.

El Informe se emitió con fecha septiembre de 2013 y en él se verificó la estabilidad de los capiteles de la zona interior de los ábsides. Asimismo, se recomendaba una serie de actuaciones encaminadas a garantizar la conservación y analizar el estado estructural y la estabilidad del conjunto histórico.

Con fecha 19 de noviembre de 2013 y a petición del Servicio de Arquitectura de la Diputación de Pontevedra, se emitió un Avance de conclusiones del Informe de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de Santo Domingo, en el que se daban a conocer las conclusiones preliminares obtenidas en el análisis realizado, que se ven corroboradas en el presente documento final.



2. OBJETO Y ALCANCE.

A petición de los técnicos de la Diputación de Pontevedra, CAPITEL redactó en septiembre de 2013, un plan de actuación, de referencia P-13244, con el siguiente alcance:

- **Análisis de documentación existente:** A partir de la documentación facilitada por el Museo de Pontevedra, se efectúa una labor de análisis de la documentación disponible sobre las ruinas de la Iglesia que proporcione información de utilidad para la consecución de los objetivos propuestos.
- **Inspección ocular y toma de datos:** Para ampliar la inspección realizada en septiembre de 2013, se ha revisado de manera detallada, la cara exterior de los muros de piedra, así como los elementos de la zona interior que sean necesarios para conocer el comportamiento estructural del conjunto. Los objetivos de la inspección ocular se resumen a continuación:
 - o Determinación del conjunto estructural, caracterización de la forma del conjunto (disposición de nervios en bóvedas, geometría y disposición de contrafuertes del edificio, etc.) y definición de aquellos detalles constructivos más representativos de su esquema estructural. Caracterización de la tipología.
 - o Realización de esquemas con croquización de lesiones y/o patologías de mayor relevancia observadas: deformaciones, desconchados, fisuras, grietas, en los que se indicará: localización, trazado, medición y cualquier otro dato de interés. Estos datos han servido de base para la realización posterior de los planos de lesiones.
 - o Revisión de posibles alteraciones en el aplomado o abombamientos apreciables visualmente, en los paños de muro y en cada esquina.
 - o Realización de un reportaje fotográfico detallado de todos los aspectos relevantes de las inspecciones realizadas, especialmente en las zonas exteriores, no analizadas con detalle en el anterior informe.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

- **Obtención del modelo 3D mediante láser escáner:** Con ayuda de equipos láser, se ha efectuado una toma de datos de la geometría de las ruinas con objeto de obtener un modelo en tres dimensiones de las mismas. Los trabajos de cartografiado escáner del edificio se han realizado desde el interior del recinto y desde la vía pública. La descripción de los trabajos a realizar se indica a continuación
 - o Implantación de red topográfica de precisión que permita asegurar la homogeneidad de la representación final del conjunto, a partir de dicha red se deberá abarcar la totalidad de los elementos a documentar del conjunto histórico.
 - o Escaneado del conjunto de los elementos estructurales verticales de las ruinas del convento de Santo Domingo para formar un modelo de nube de puntos. La adquisición se realiza desde estaciones fijas. Los puntos de estacionamiento se definieron una vez examinada la zona interior a los ábsides y exterior a escanear.
 - o Para la realización de estos trabajos se ha empleado los siguientes equipos: Láser Escáner Terrestre modelo RIEGL LMS – Z390i, Estación Total modelo Leica TCR1102.
 - o Posteriormente se ha procedido a la restitución del modelo 3D: con las nubes de puntos tomadas, realizando un proceso de filtrado y de aportación de texturas para obtener el modelo en 3D (tres dimensiones) y las ortofotos de las secciones necesarias para el posterior análisis.
 - o Comparativa con modelos 3D del año 2008: De acuerdo con la información disponible, se han realizado mediciones de láser escáner hace 5 años. Estas mediciones han permitido la realización de un análisis comparativo entre la situación actual y la anterior, evaluando las variaciones producidas.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

- **Elaboración de documentación gráfica:** en formato planos en la que se recogen las lesiones detectadas, lo espesores y geometría de los muros y los desplomes y desviaciones detectadas.
- **Realización de análisis estructural y de estabilidad:** De acuerdo con los datos recabados, se ha realizado una evaluación de la estructura, analizando su capacidad portante, estabilidad y el estado de seguridad de la misma, apuntando las mejoras y recomendaciones de actuación en el campo estructural que se puedan plantear

Dicho Plan de actuación fue aceptado, y con fecha 10 de octubre de 2013, mediante Resolución Presidencial de la Diputación de Pontevedra.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

3. DOCUMENTACIÓN EMPLEADA

3.1. Documentación específica de las Ruinas de Santo Domingo

Para la realización del presente Informe se ha dispuesto de la siguiente documentación referida al edificio:

1. Libro "Cátedra Filgueira Valverde: Estudios de investigación. Convocatorias 2008-2009" en la que se encuentra el documento "Pautas de conservación prioritarias ruinas de Santo Domingo" de varios autores.
2. Se revisado ocularmente una Copia del expediente de contratación de las obras de cubrición del ábside central de la iglesia, del año 2002.
3. Plano de planta de las Ruinas de la Iglesia en formato dwg, aportado por el Museo de Pontevedra.
4. Copia del informe "Informe de seguimiento de testigos. 30ª inspección 23-06-10", con el anagrama de la empresa Enmacosa, de fecha 2 de julio de 2010. Consta de 17 páginas y un anexo con 27 fichas de inspección.

3.2. Documentación general consultada para la realización del informe

Para la realización del presente Informe se ha consultado la siguiente documentación de interés para el objetivo propuesto:

1. Libro "El esqueleto de la piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica", de Jaques Heyman, editado por el Instituto Juan de Herrera del Ministerio de Fomento en 1999.
2. Libro "Mecánica de las estructuras antiguas" de Antonio Mas-Guindal Lafarga, editado por Munilla-Ileria en enero de 2011.
3. Libro "Degradation and conservation of granitic rocks in monuments" editado por la Comisión Europea dentro del programa Protection and



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

conservation of European cultural Heritage. Proceedings del Workshop realizado en Santiago de Compostela en noviembre de 1994.

4. Libro "Análisis de estructuras de obras de fábrica" de la Colección Star Structural Architecture, Monografía nº 11, realizada por Miguel Ángel Cobreros Vime y editado por el Grupo de investigación de Tecnología arquitectónica de la Universidad de Sevilla en el año 2004.
5. Libro "Tratamiento y conservación de la piedra en los monumentos" de diversos autores, editado por el Colegio de Aparejadores y arquitectos técnicos de Madrid en octubre de 1994.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

4. INSPECCIÓN DE LAS RUINAS.

El durante los meses de octubre y noviembre de 2013 se realizaron varias inspecciones de detalle del estado de conservación de las ruinas, por parte de personal experto en evaluación del estado de conservación de edificaciones.

4.1. Descripción general del conjunto

Como herramienta descriptiva, se han numerado los ábsides correlativamente para facilitar el relato de los trabajos realizados. En el siguiente esquema se indica la numeración empleada:

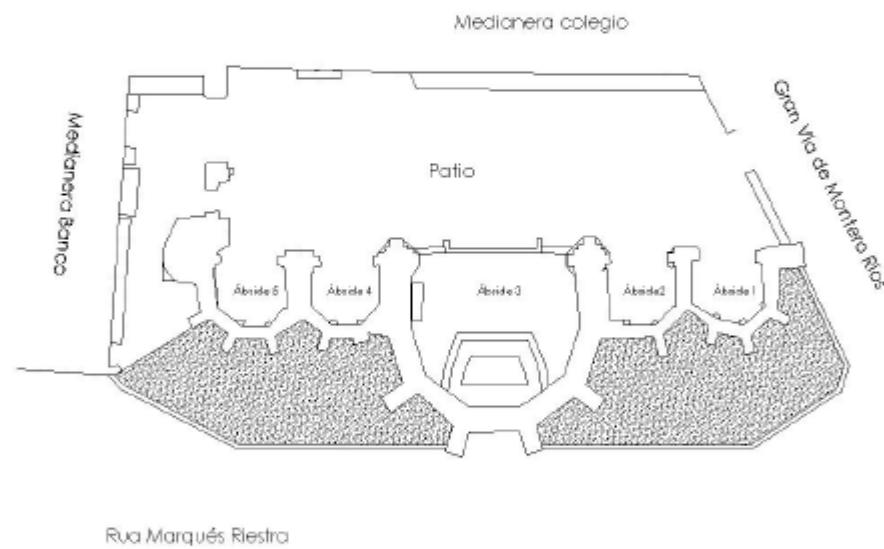


Figura 4.1. Esquema de denominación de los ábsides de la iglesia.

4.1.1. Vistas generales del edificio

Las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, situada en la Alameda de Pontevedra, se pueden agrupar en tres zonas diferentes:



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

- Zona exterior: que se corresponde con los paños exteriores de los muros de fachada trasera de los ábsides, que es accesible visualmente desde la Rúa Marqués de Riestra.



Figura 4.2. Vista aérea de las ruinas y su entorno urbano

- Zona interior: la situada en el interior del recinto que da acceso a los cinco ábsides que se conservan.
- Zona interior tras el muro fachada ortogonal a los ábsides que alberga una colección de tallas y escudos de piedra.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 4.3. Vista exterior de la Iglesia



Figura 4.4. Vista interior de las ruinas de la Iglesia.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 4.5. Vista general del ábside 1 y ábside 2.



Figura 4.6. Vista general del ábside 3.



Figura 4.7. Vista general del ábside 4 y ábside 5



Figura 4.8. Muro frontal del ala derecha de la iglesia.



4.2. Tipología de las lesiones

Las lesiones observadas en los muros de las ruinas se agrupan de acuerdo con la siguiente clasificación:

4.2.1. Deficiencias de rejuntado, oquedades y pérdida de material

Los elementos singulares más expuestos a la intemperie muestran un elevado deterioro del material de rejuntado, producido por un lavado de las escorrentías sobre los paños y por el ataque de los agentes atmosféricos.

Se observa que se han realizado reparaciones del rejuntado durante la vida del edificio, algunas que parecen más recientes, mediante una pasta de aspecto blanquecino que se encuentra fuertemente degradada y se descompone al contacto con los dedos.

Se observa la existencia de diversos huecos en distintas zonas de los muros portantes y elementos de encuentro. Estas oquedades son utilizadas por pequeñas aves, a juzgar por la cantidad de plumas y excrementos detectados.

Asimismo dichas aberturas suponen una vía de entrada para el agua de lluvia con el consiguiente deterioro del material situado en el interior del muro.

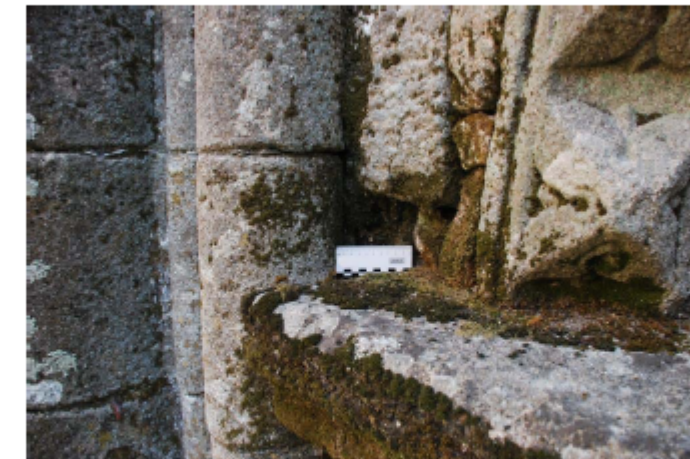


Figura 4.9. Vista lateral del hueco sobre el capitel derecho del ábside 3.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

En diversos puntos del conjunto, se observan pérdidas de material, por ejemplo pilastras circulares desaparecidas, falta de piezas de paño de fábrica, desaparición de vierteaguas de las ventanas, etc.



Figura 4.10. Pérdida de pilastra interior en el ábside 3.



Figura 4.11. Rotura y desaparición de alero bajo ventana en interior de ábside.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

4.2.2. Lesiones globales en paños de muro

Los paños de fábrica de la Iglesia presentan grietas de considerable tamaño en multitud de posiciones. Su aspecto es antiguo y muchas de ellas se encuentran instrumentadas con regletas de seguimiento de aberturas.

En una primera impresión, las aberturas muestran aspecto de encontrarse estabilizadas y no se han observado indicios de nuevas aberturas o progreso en longitud de las existentes, a juzgar por el aspecto exterior de la piedra que no presentan aristas vivas que hagan suponer un avance significativo de dichas aberturas.

Resulta destacable que debido a la gran magnitud de su abertura, suponen una entrada directa al interior del muro del agua procedente de la lluvia, con su correspondiente arrastre de material de ligazón de la fábrica, incluso permiten la entrada de pequeñas aves.

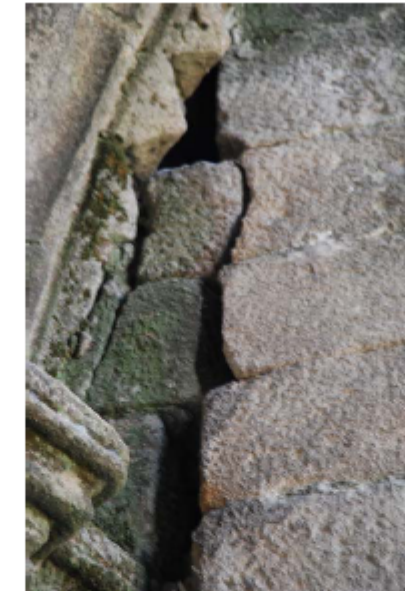


Figura 4.12. Grieta entre el muro frontal y el ábside 5.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 4.13. Imagen general y de detalle de las aberturas en los elementos de sustentación del ábside 1.



Figura 4.14. Vista general y de detalle de las aberturas en los paños exteriores de los muros.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 4.15. Regleta de seguimiento de aberturas en muros.

En la inspección realizada, se han detectado grietas con aberturas centimétricas y descolocaciones de piezas de la fábrica, entre las que destacan:

- Paño de fachada a patio en ábside 1 y entre ábsides 1 y 2
- Contrafuerte exterior del ábside 4
- Encuentro fachada rosetón con ábside 5
- Encuentro contrafuerte exterior ábside 3 con fachada
- Cubo adosado al ábside 5 y fachada rosetón
- Fachada de la iglesia con rosetón

Asimismo, se han detectado en gran número de puntos, aberturas en los enjarjes entre los muros y los contrafuertes, que no llegan a romper las piezas de la fábrica pero hacen perder la continuidad del paño.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 4.16. Abertura en el enjarje del contrafuerte con el paño de fachada.

4.2.3. Aparición de costra negra

Se observan en zonas de la fachada exterior, una película de color oscuro que presenta distintas durezas y espesores. Se trata de los depósitos superficiales de partículas sólidas generadas, normalmente, por vehículos y contaminación en general, denominadas costra negra.

En ocasiones, debido al lavado diferencial del agua de lluvia, no presentan distribuciones uniformes



Figura 4.17. Áreas con aparición de costra negra en la cara exterior.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

4.2.4. Deterioro de la piedra mediante desplazaciones

Se han observados mecanismos de degradación de la piedra que presentan como signo externo la presencia de descamaciones y desplazaciones, principalmente localizadas en la fachada exterior.

Se produce un debilitamiento superficial de la roca, generando una escama o placa que se desprende con facilidad de la base rocosa. Generalmente coinciden con los planos de debilidad mecánica de la roca, y están asociados a cristalizaciones de sales solubles, así como cambios de temperatura y humedad.



Figura 4.18. Localización en la fachada exterior de áreas con desplazación.

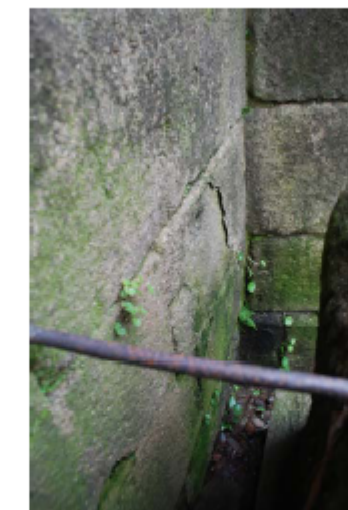


Figura 4.19. Detalle de desplazación en cara exterior tras escudo decorativo.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

4.2.5. Humedades

Debido a su exposición a los agentes climatológicos, se observan numerosas zonas en las que la humedad procedente de la escorrentía genera depósitos superficial en la piedra y áreas de crecimiento de vegetación.

La colocación de una cubierta con recogida de aguas en la parte superior de los ábsides contribuye a minimizar el efecto de la escorrentía, pero el agua aportada a fachadas discurre por los paños y por las ventanas.



Figura 4.20. Vista de los efectos de las escorrentías en la fachada exterior.



Figura 4.21. Vista de los efectos de las escorrentías en la fachada exterior y en ventanas.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

Se ha observado también la presencia de humedad capilar de tipo ascensional desde el jardín exterior. El agua en contacto permanente con la base del muro genera una entrada de humedad en el interior del mismo que alcanza el metro de altura, aproximadamente, suponiendo un mecanismo de daño y deterioro continuado sobre el tramo inferior del muro.



Figura 4.22. Diversas zonas de humedad capilar en la base del muro.

Resulta importante destacar como en las zonas en las que no existe jardín exterior, el efecto de la humedad ascensional se ve claramente limitado al no estar en contacto permanente con la humedad del terreno y por la acción secadora del ambiente, como se observa con claridad en la fotografía siguiente.



Figura 4.23. Vista del efecto de la humedad capilar y en la zona seca.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

4.2.6. Arenización en tallas de capiteles

Durante el proceso de inspección detallada en altura realizado sobre las tallas de los capiteles, se pudo observar el avanzado estado de arenización de las formas que componen los capiteles.

Esta arenización supone la pérdida espontánea de los granos que constituyen la roca, se trata de una afección superficial que degrada completamente las formas talladas, no suponiendo un riesgo para la estabilidad del conjunto.

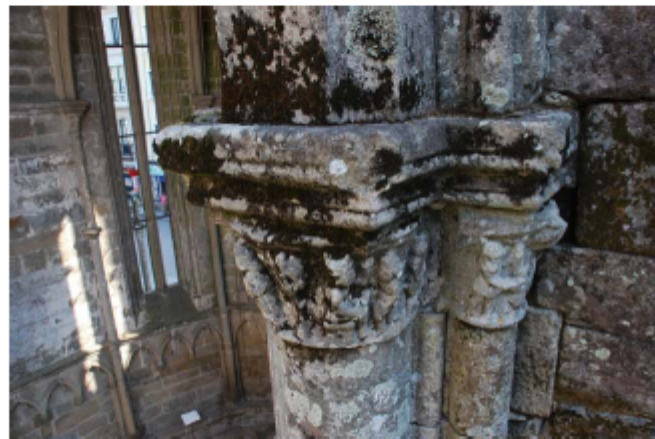


Figura 4.24. Detalle de capitel en ábside 4.



Figura 4.25. Aspecto degradado que presentan las tallas del capitel.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

4.2.7. Colonización biótica

Gran parte de las superficies horizontales de las tallas, capiteles e impostas de la zona interior y exterior de la iglesia, expuesta a la intemperie se encuentran colonizadas por vegetación de pequeño porte.

En varios puntos se han medido más de 1,5 centímetros de grosor en el musgo. Esta vegetación genera un nivel de humedad elevada durante largos períodos de tiempo, incrementando la acción de los agentes agresivos sobre la piedra. Asimismo, impiden la escorrentía natural de las aguas de lluvia sobre los muros de la iglesia.

Para la correcta conservación de los materiales, especialmente en las zonas con piedra más blanda, zonas de talla en los capiteles, esta vegetación debe ser eliminada con medios que no deterioren la superficie de la piedra.



Figura 4.26. Detalle de capitel donde se aprecia la abundante presencia de musgo.



Figura 4.27. Vista de elementos colonizados por vegetación.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 4.28. Amplias zonas afectadas por la colonización vegetal.

4.2.8. Deposiciones de animales

El conjunto monumental se encuentra frecuentado por aves, principalmente palomas, que se encaraman a los aleros, ventanas o cualquier otro resalto de los paños de fachada y realizan sus deposiciones sobre los elementos de piedra.

Se observa que se ha realizado una campaña de limitación de las áreas de posado de las aves, mediante la disposición de alambres, pero resulta insuficiente y el proceso de aportación de agentes agresivos a la piedra continua.



Figura 4.29. Efectos de las deposiciones de animales en ventanas y sobre la solera interior.

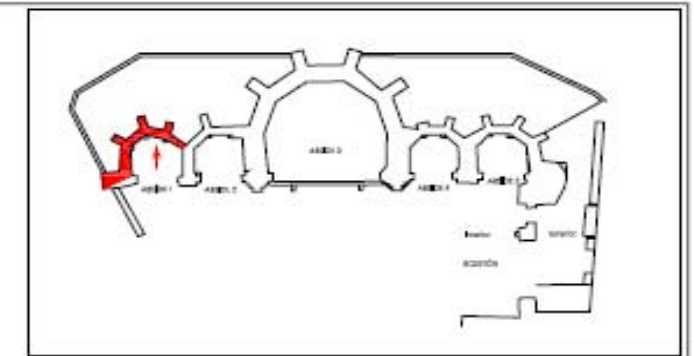


Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

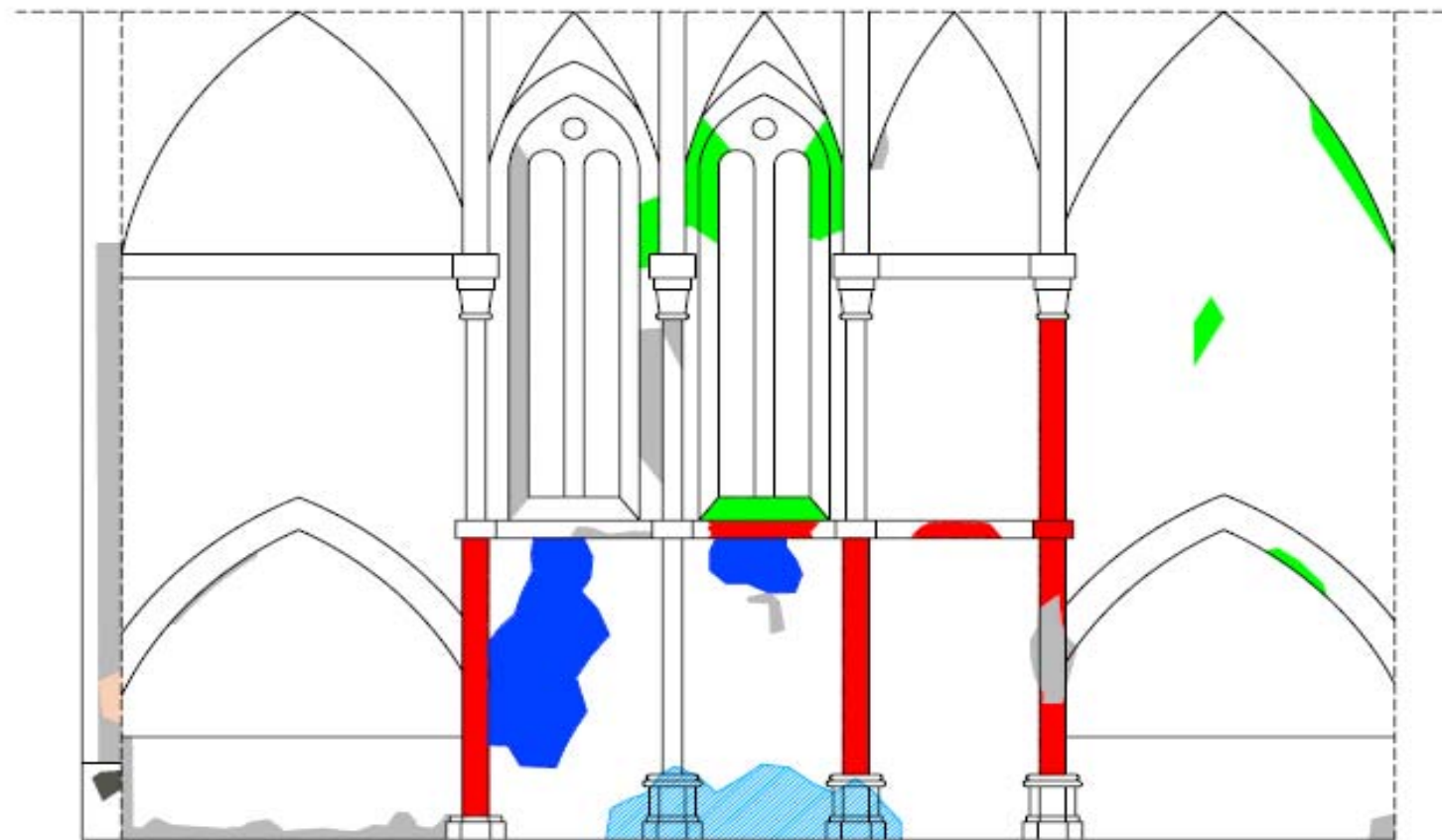
4.3. Esquemas de lesiones por alzados

Se han agrupado las lesiones observadas en planos esquema presentado por paños de muro.

- 0. Plano de mediciones manuales en campo
- 1. Daños ábsides interiores: Ábside 1
- 2. Daños ábsides interiores: Ábside 2
- 3. Daños ábsides interiores: Ábside 3
- 4. Daños ábsides interiores: Ábside 4
- 5. Daños ábsides interiores: Ábside 5
- 6. Daños ábsides interiores: Rosetón
- 7. Daños fachada de los ábsides interiores
- 8. Daños ábsides exteriores: Ábside 1
- 9. Daños ábsides exteriores: Ábside 2
- 10. Daños ábsides exteriores: Ábside 3
- 11. Daños ábsides exteriores: Ábside 4
- 12. Daños ábsides exteriores: Ábside 5

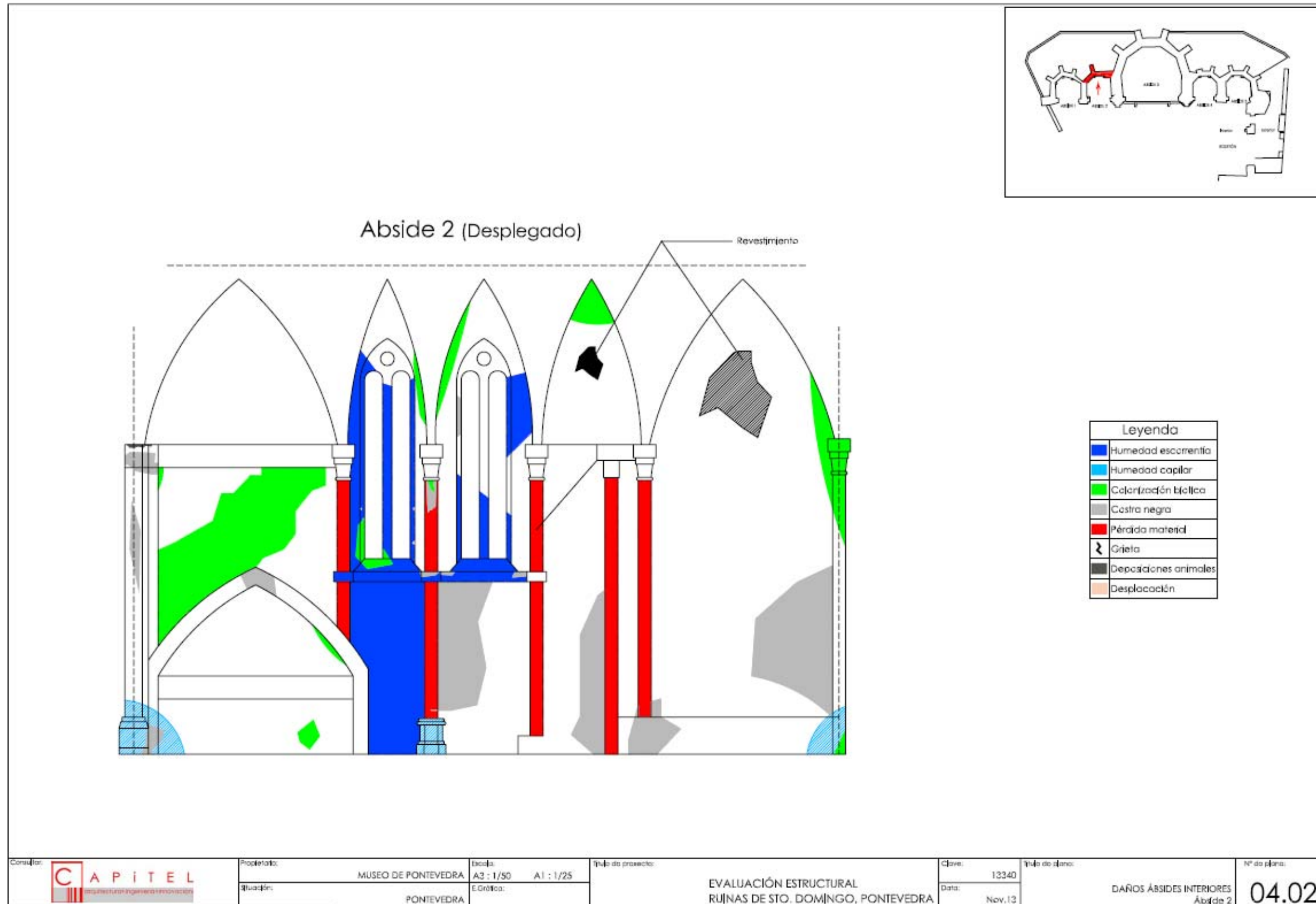


Abside 1 (Desplegado)

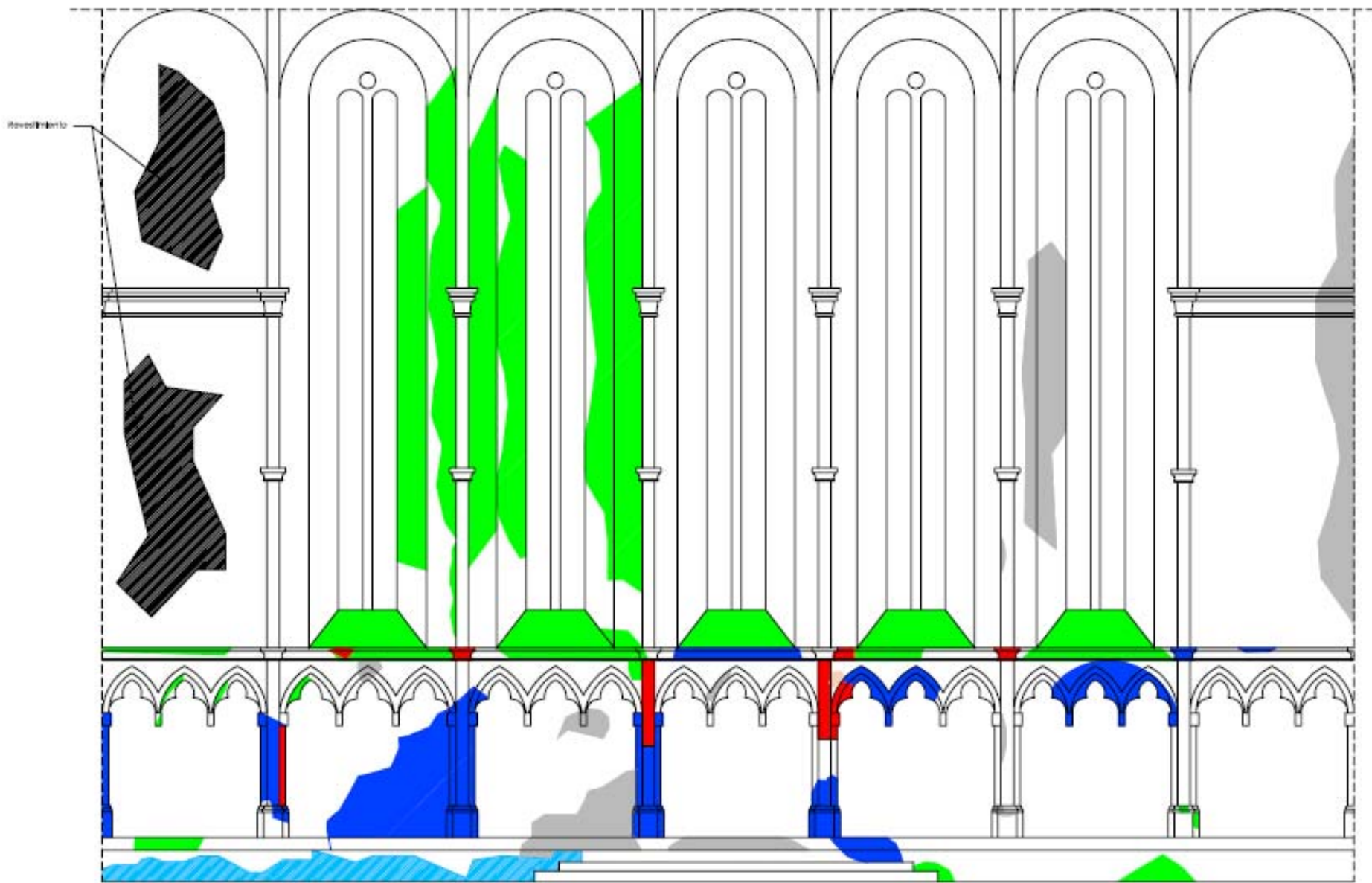
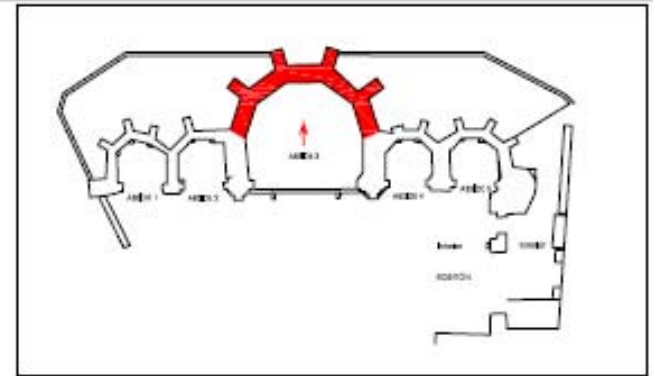


Leyenda	
■	Humedad escorrentía
■	Humedad capilar
■	Colorización eflorescencia
■	Castro negro
■	Pérdida material
	Grieta
■	Deposiciones animales
■	Desplazación

Consultor: 	Propietario:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A3 : 1/50 A1 : 1/25	Título de proyecto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Título de plano:	DAÑOS ÁBSIDES INTERIORES Ábside 1	Nº de plano:	04.01
	Situación:	PONTEVEDRA	E.Gráfica:				Data:	Nov.13				

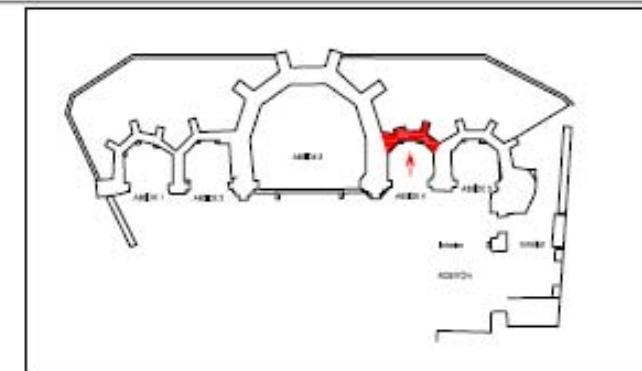


Ábside 3 (Desplegado)

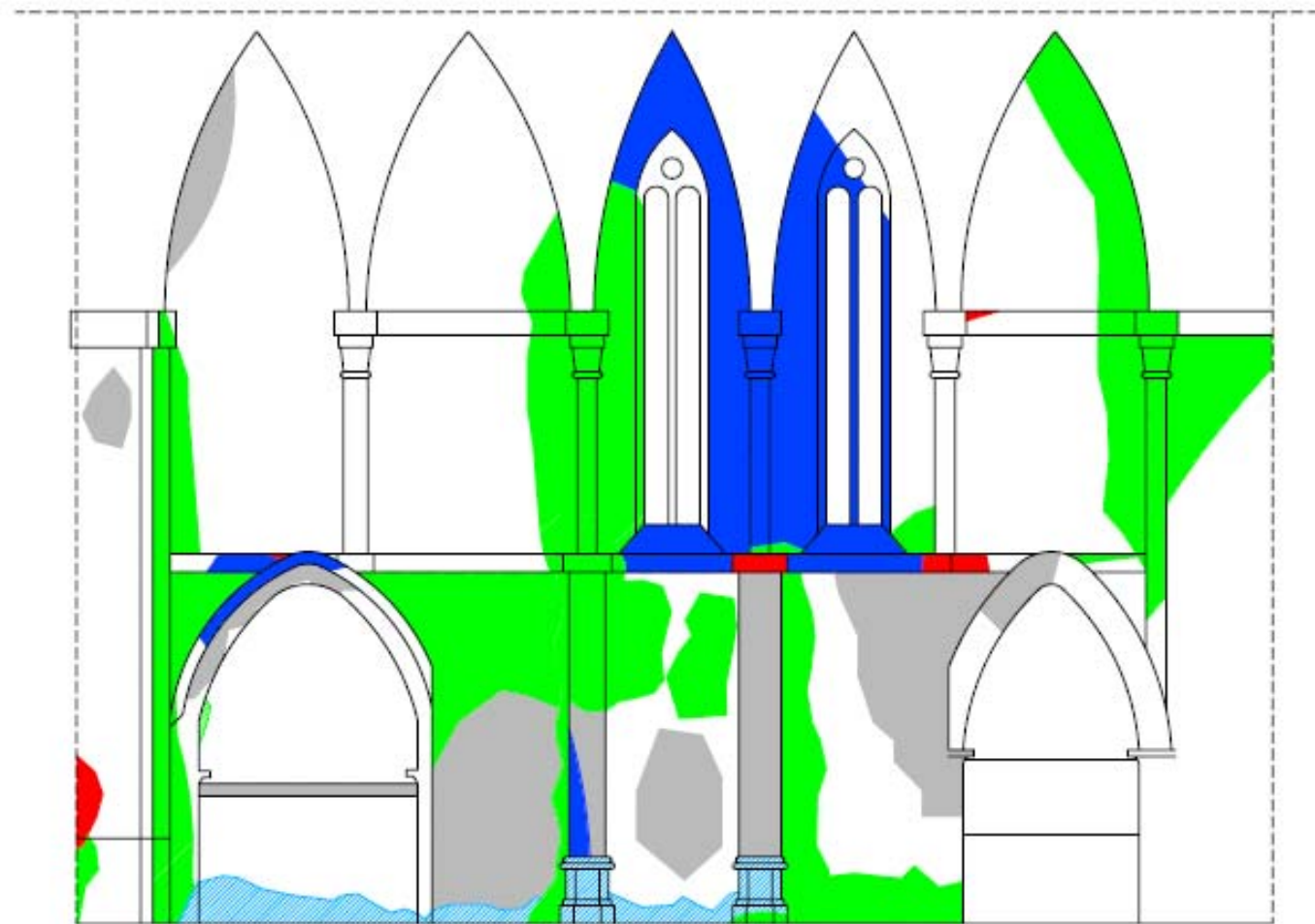


Leyenda	
	Humedad escorrentía
	Humedad capilar
	Calentazón térmica
	Costra negra
	Pérdida material
	Grieta
	Depositos animales
	Desplazación

Consultor: 	Propietario:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A3 : 1/75 A1 : 1/50	Título de proyecto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Título de plano:	DAÑOS ÁBSIDES INTERIORES Ábside 3	Nº de plano:	04.03
	Situación:	PONTEVEDRA	E.Gráfica:				Data:	Nov.13				

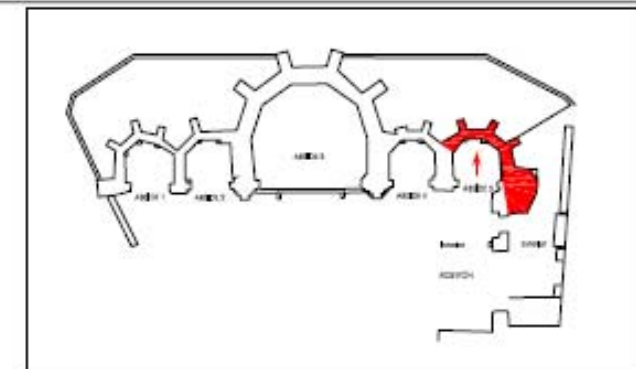


Ábside 4 (Desplegado)

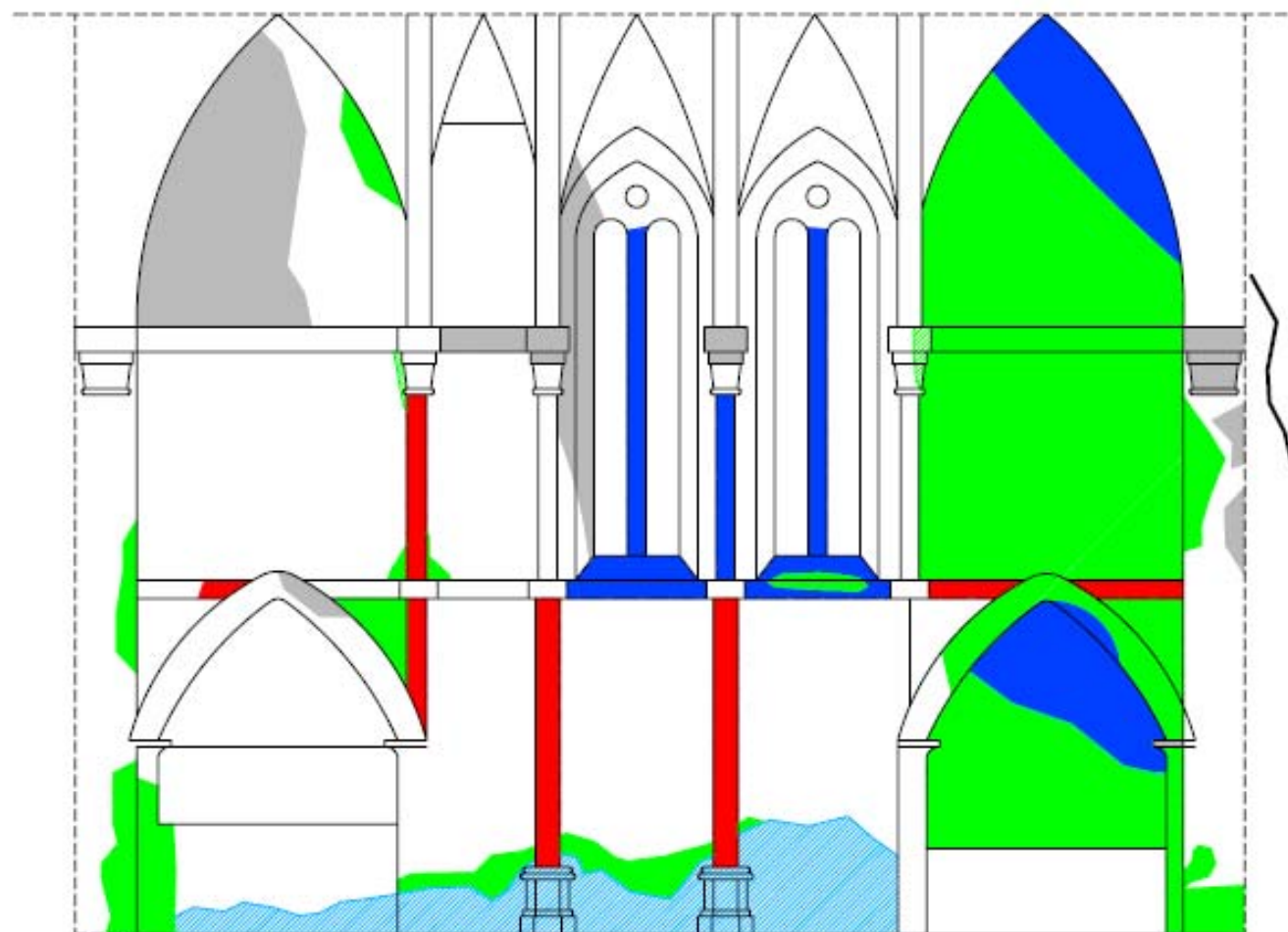


Leyenda	
■	Humedad escorrentía
■	Humedad capilar
■	Calentamiento térmico
■	Castro negra
■	Pérdida material
	Grieta
■	Deposiciones animales
■	Desplacación

Compañía: 	Propietario:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A3 : 1/50	Título de proyecto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Título de plano: DAÑOS ÁBSIDES INTERIORES Ábside 4	Nº de plano: 04.04
	Situación:	PONTEVEDRA	E.Gráfica:	A1 : 1/25		Data:	Nov.13		



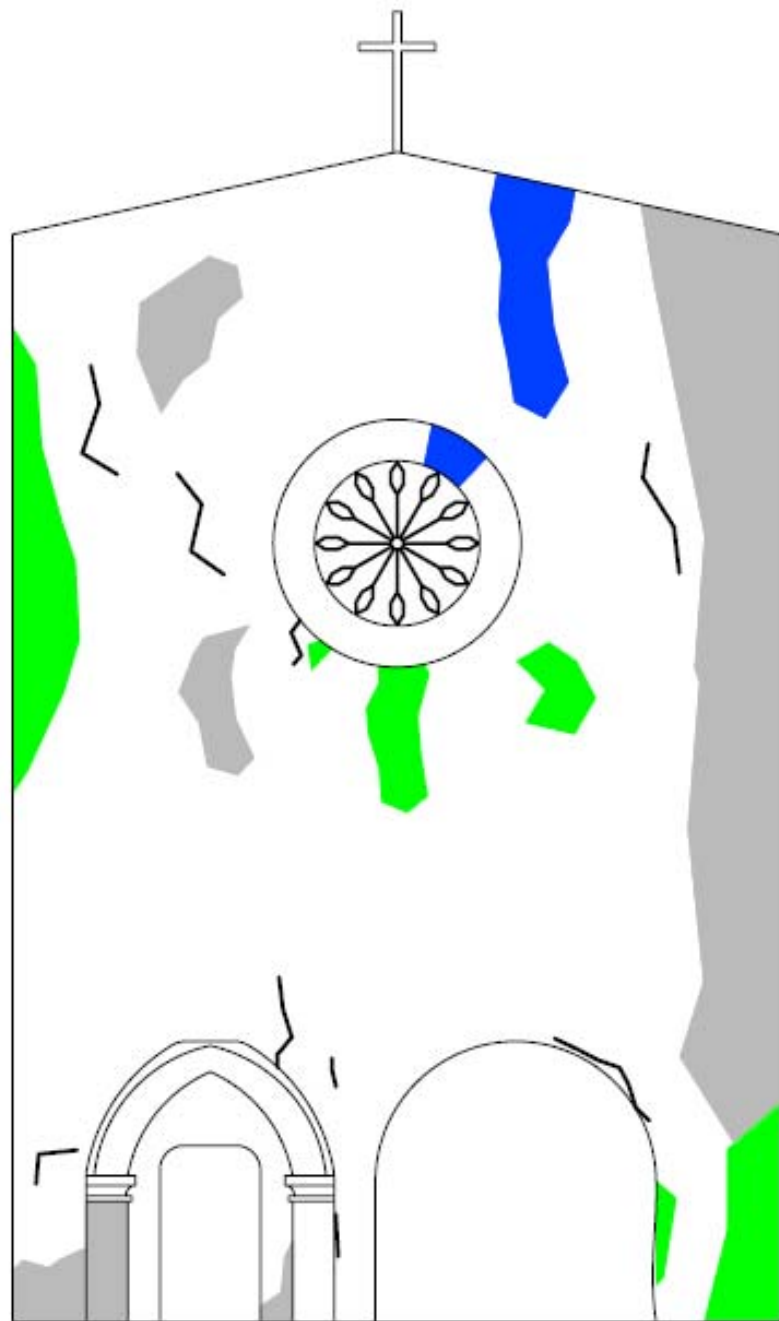
Abside 5 (Desplegado)



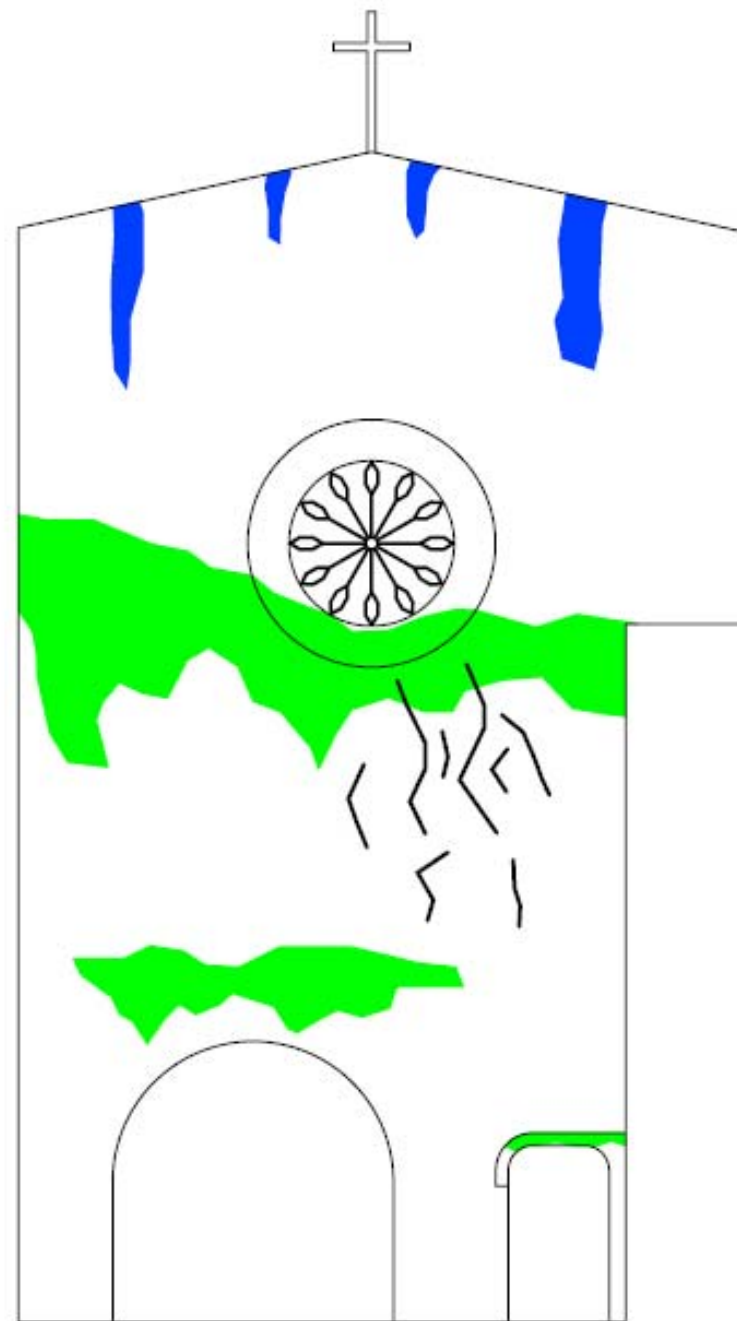
Leyenda	
■	Humedad escorrentía
■	Humedad capilar
■	Colonización biológica
■	Castro negra
■	Pérdida material
⚡	Grieta
■	Deposiciones animales
■	Desplacación

Consultor: 	Propietario: MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala: A2 : 1/50 A1 : 1/25	Título de proyecto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave: 13340	Título de plano: DAÑOS ÁBSIDES INTERIORES Ábside 5	Nº de plano: 04.05
	Ubicación: PONTEVEDRA	E. Gráfica:	Fecha: Nov. 13			

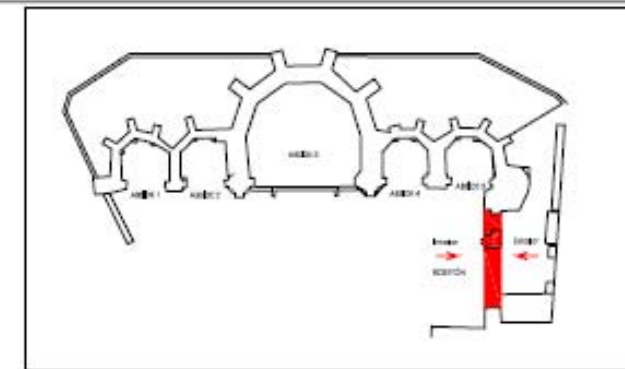
Rosetón



Interior

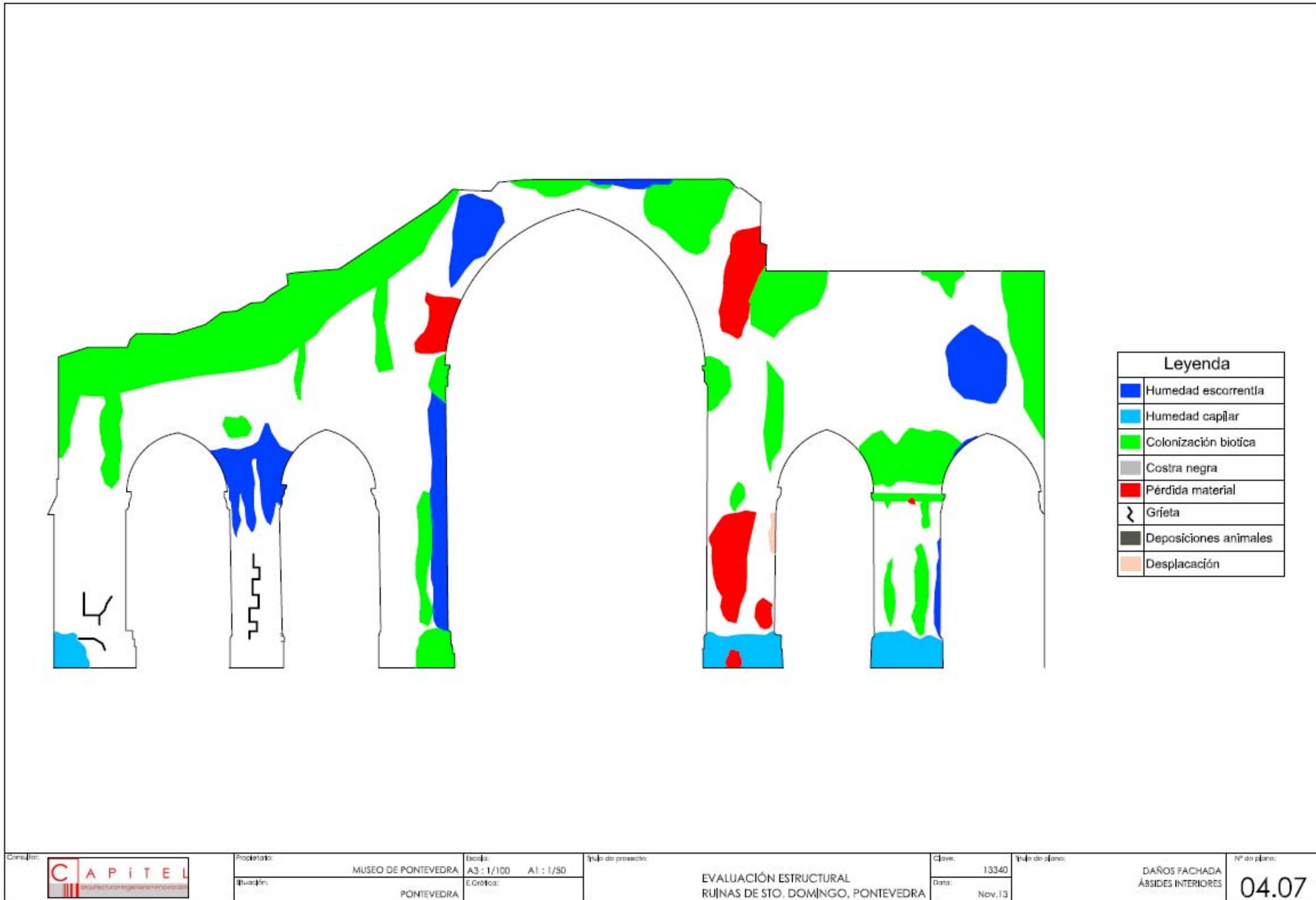


Exterior

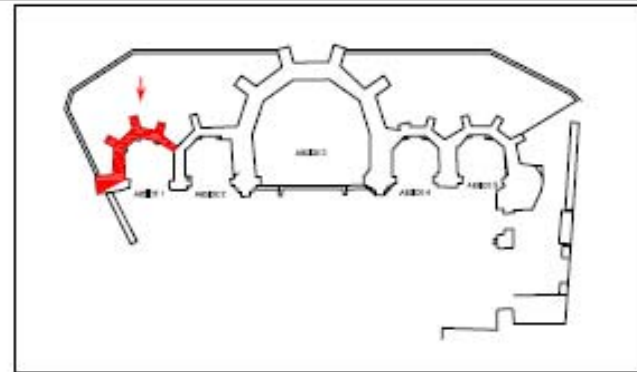
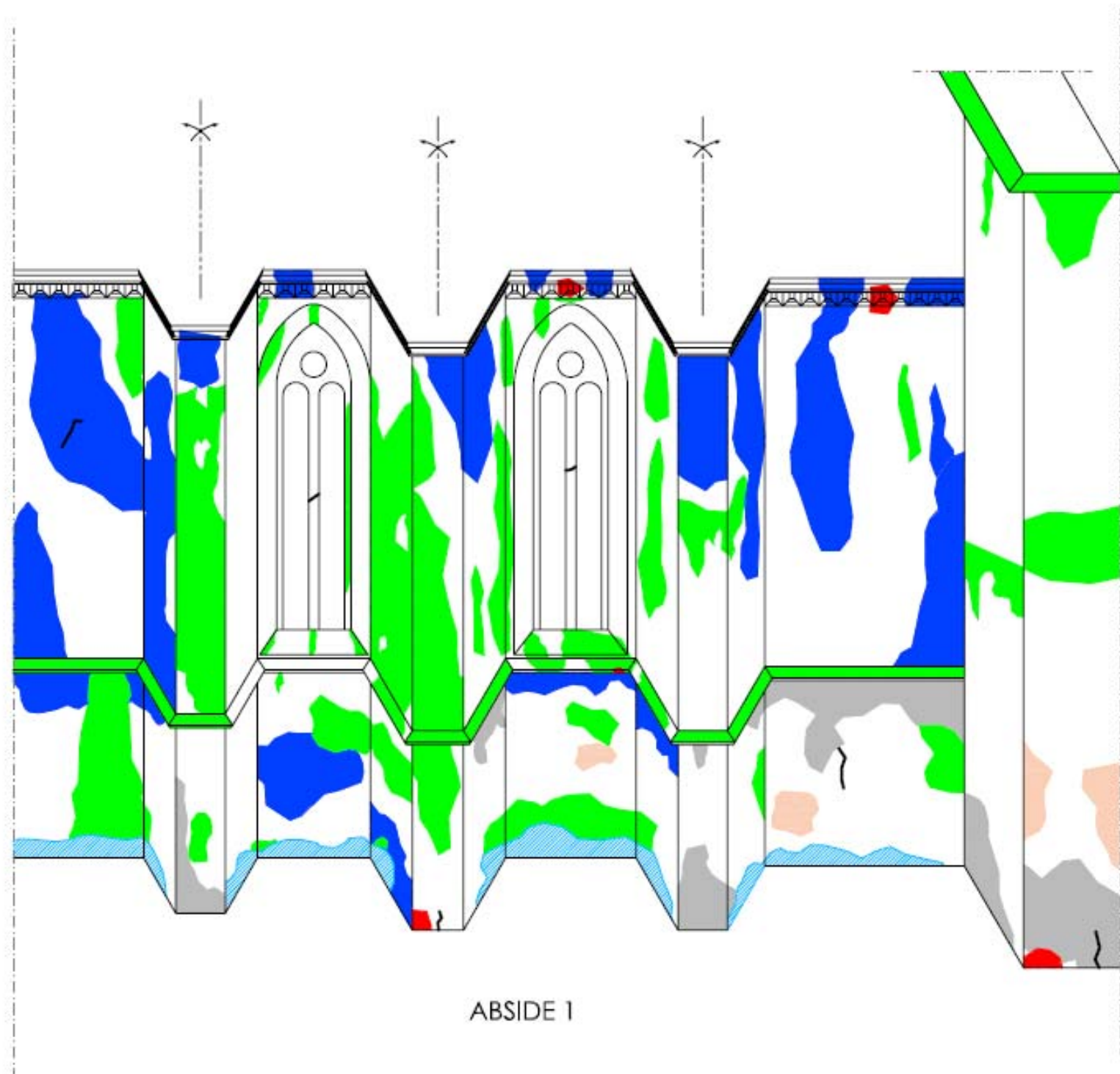


Leyenda	
	Humedad escurrenfia
	Humedad capilar
	Colonización biológica
	Castro negra
	Pérdida material
	Grieta
	Deposiciones animales
	Desplacación

	Propietario:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A3 : 1/75 A1 : 1/30	Título do proyecto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Título do plano:	DAÑOS ÁBSIDES INTERIORES Rosetón	Nº do plano:	04.06
	Situación:	PONTEVEDRA	E.Gráfica:				Data:	Nov.13				



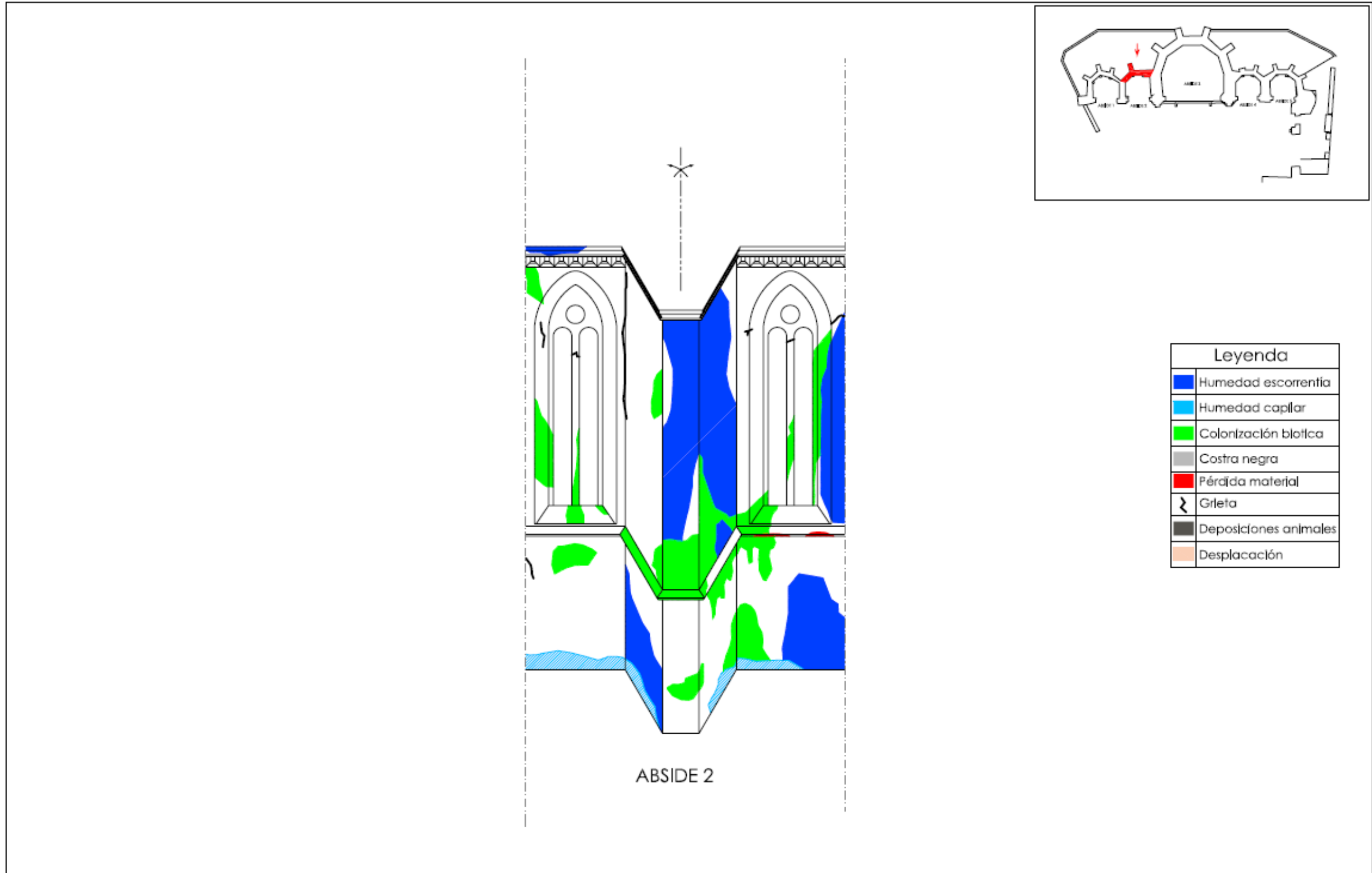
Consultor: 	Propietario: MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala: A3 : 1/100 A1 : 1/50	Título de proyecto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave: 13340	Título de plano: DAÑOS FACHADA ÁBSIDES INTERIORES	Nº de plano: 04.07
	Ubicación: PONTEVEDRA	E. Crítica:		Fecha: Nov.13		



Leyenda	
■	Humedad escorrentifa
■	Humedad capilar
■	Colonización biotica
■	Costra negra
■	Pérdida material
Z	Grieta
■	Deposiciones animales
■	Desplacación

ABSIDE 1

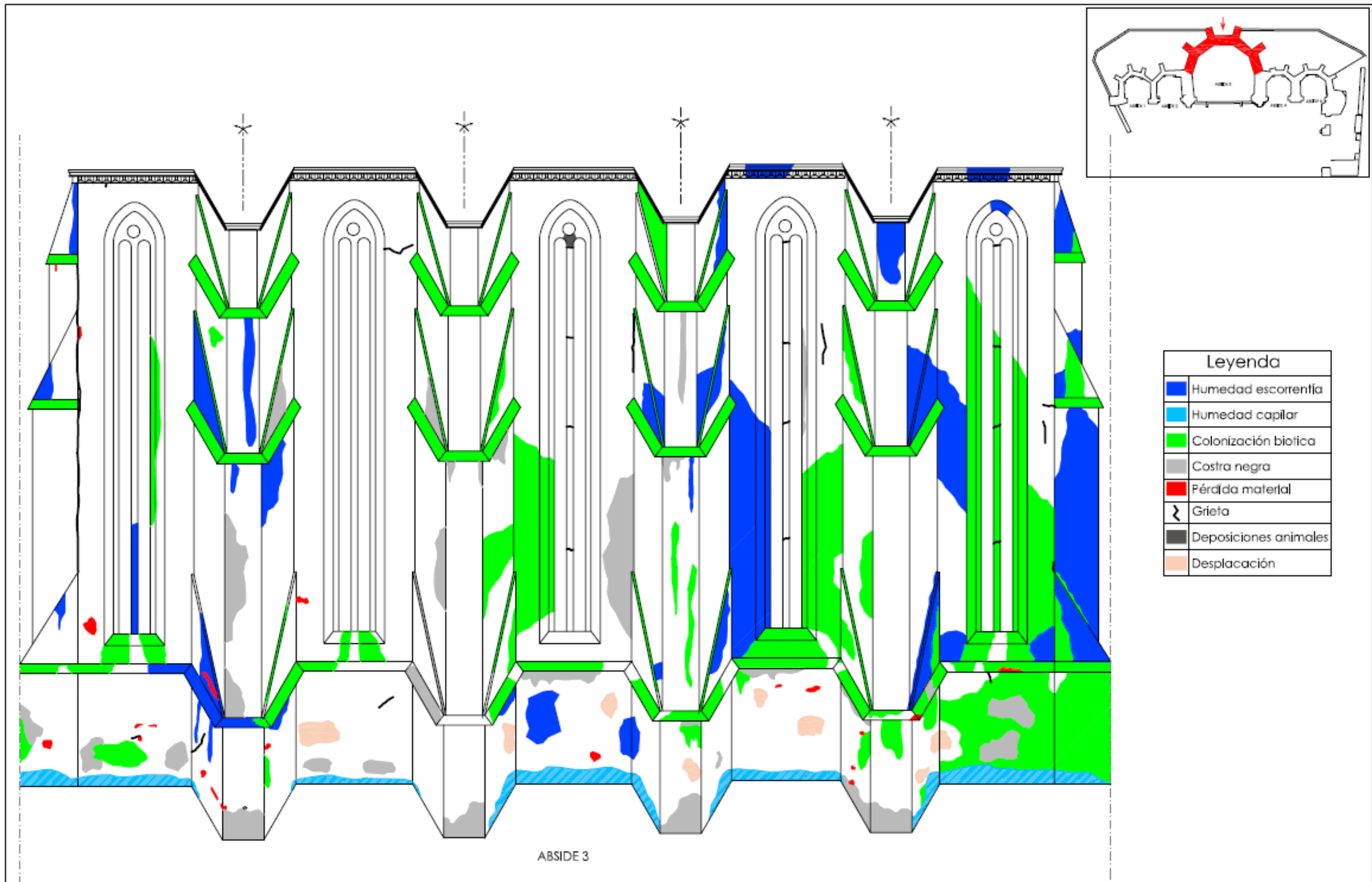
Consultor: 	Procedente:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A2 : 1/50 A1 : 1/25	Título do proyecto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Título do plano:	DAÑOS ÁBSIDES EXTERIORES Ábside 1	Nº do plano:	04.08
	Situación:	PONTEVEDRA	E.Gráfica:				Data:	Nov.13				



Leyenda	
	Humedad esorrentia
	Humedad capilar
	Colonización biol6ica
	Costra negra
	P6rdida material
	Grleta
	Deposiciones animales
	Desplacaci3n

ABSIDE 2

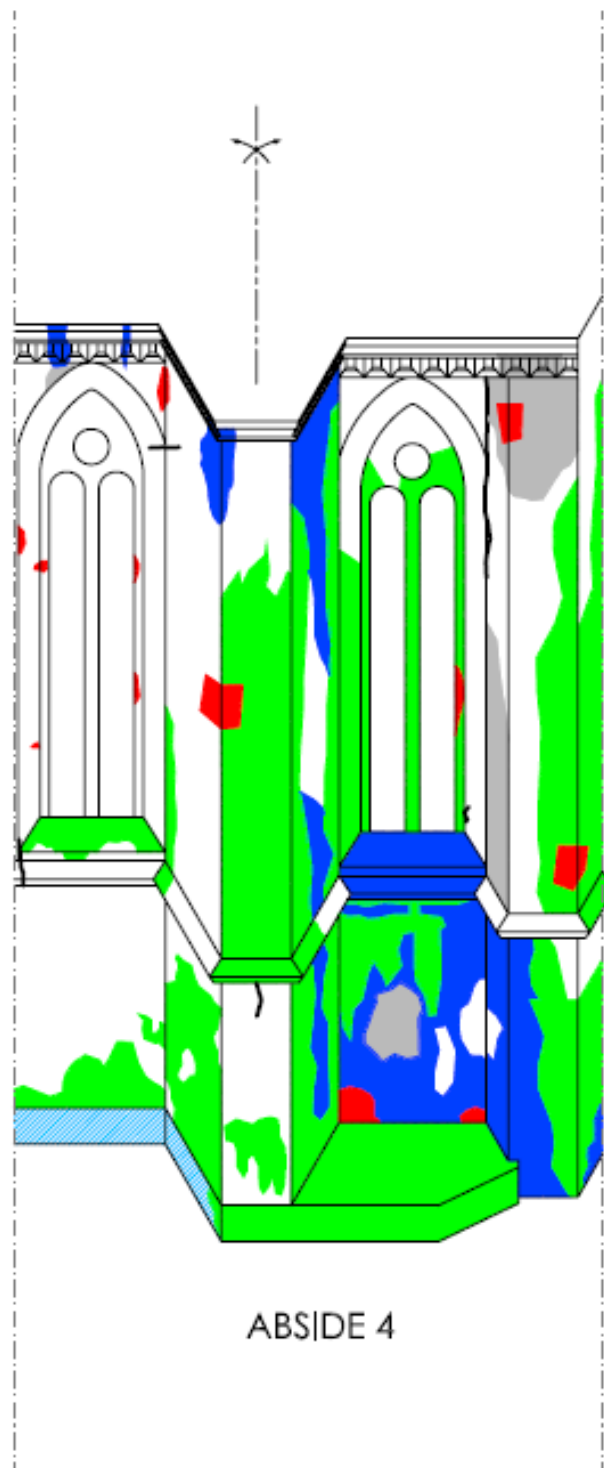
Consultor: 	Propietario:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A3 : 1/50 A1 : 1/25	Título do proxecto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Título do plano:	DAÑOS ÁBSIDES EXTERIORES Ábside 2	Nº do plano:	04.09
	Situación:	PONTEVEDRA	E.Gráfica:				Data:	Nov.13				



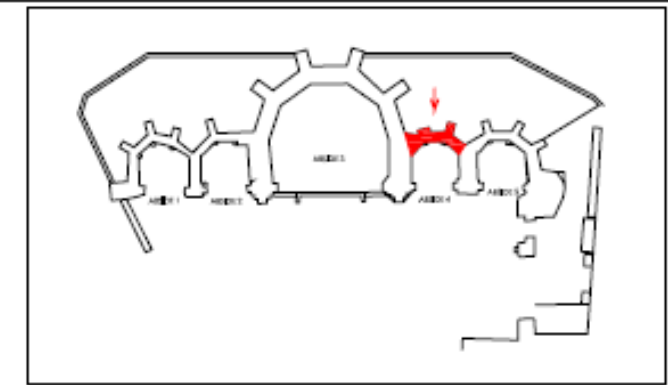
Leyenda	
■	Humedad escorrentia
■	Humedad capilar
■	Colonización biótica
■	Costra negra
■	Pérdida material
	Grieta
■	Deposiciones animales
■	Desplacación

ABSIDE 3

Consultor: 	Propietario:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A3 : 1/75 A1 : 1/50	Título do proxecto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Título do plano:	DAÑOS ÁBSIDES EXTERIORES Ábside 3	Nº do plano:	04.10
	Situación:	PONTEVEDRA	E.Gráfica:				Data:	Nov.13				

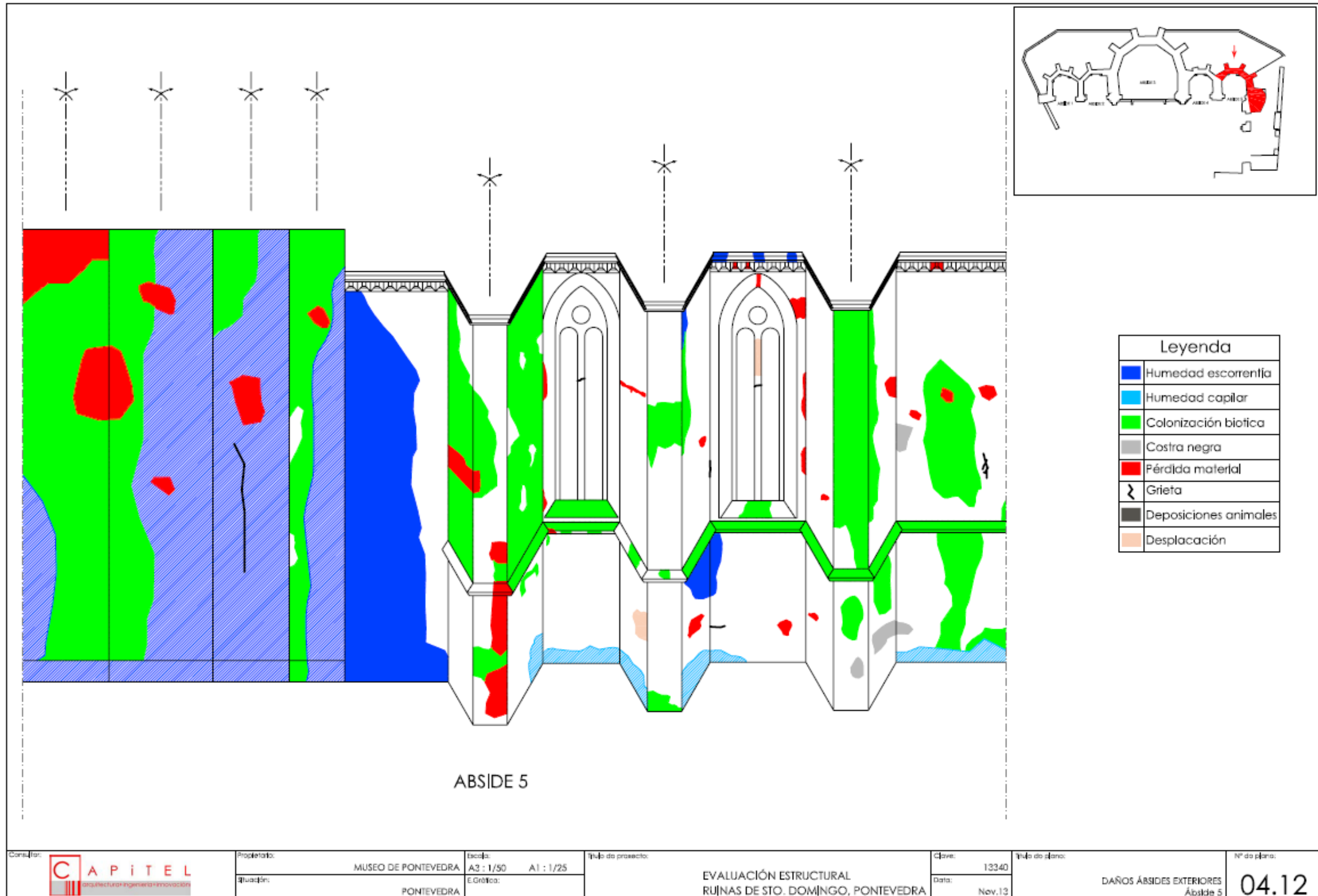


ABSIDE 4



Leyenda	
	Humedad escorrentia
	Humedad capilar
	Colonización biotica
	Costra negra
	Pérdida material
	Grieta
	Deposiciones animales
	Desplacación

Consultor: 	Propietario:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A3 : 1/50 A1 : 1/25	Tipo de proyecto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Tipo de plano: DAÑOS ÁBSIDES EXTERIORES Ábside 4	Nº de plano: 04.11
	Situación:	PONTEVEDRA	E.Gráfico:			Data:	Nov.13		



Consultor: 	Propietario: MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala: A3 : 1/50 A1 : 1/25	Título del proyecto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave: 13340	Título del plano: DAÑOS ÁBSIDES EXTERIORES Ábside 5	Nº del plano: 04.12
	Situación: PONTEVEDRA	E. Gráfica:		Fecha: Nov.13		



4.4. Reportaje fotográfico de detalle

Como complemento a la inspección de detalle, se ha realizado un reportaje fotográfico minucioso de las ruinas con objeto de disponer de documentación gráfica para el presente análisis, pero también como referencia para futuras actuaciones en el conjunto artístico.

El reportaje fotográfico completo se incluye en soporte DVD en el Anexo 2, que se ha estructurado de la siguiente manera:

- Fotografías de la fachada exterior
 - Ábside 1
 - Ábside 2
 - Ábside 3
 - Ábside 4
 - Ábside 5
- Fotografías del interior de los ábsides
 - Ábside 1
 - Ábside 2
 - Ábside 3
 - Ábside 4
 - Ábside 5
- Zona de paño de fachada de la iglesia con rosetón
- Vistas generales del conjunto

Se incluyen un total de 957 fotografías



5. LEVANTAMIENTO GEOMÉTRICO CON LASER ESCANER.

Con objeto de conocer la posición real de los muros y bóvedas que componen las ruinas, se realizó un levantamiento de su geometría con ayuda de la técnica de láser escáner.

El levantamiento fue realizado por la empresa "In situ ingeniería", vinculada a la Universidad de Vigo

5.1. Equipos empleados

- Láser escáner terrestre: TLS (Terrestrial Laser Scanner) de la marca RIEGL, modelo LMS Z390i, compuesto por el láser escáner, un ordenador portátil con el software Riscan Pro y un cable de red para la transmisión de datos.



Figura 5.1. Equipo TLS dispuesto en el interior del ábside 3.

- Estación total : marca Leica, modelo TCR 1102, dotada de distanciómetro láser, empleado para el posicionamiento de las dianas reflectantes circulares planas de 5 cm y 10 cm de diámetro, empleadas para la definición del sistema de coordenadas integrado. Este equipo tiene una precisión angular (horizontal y vertical) de 2'' y un rango máximo de medida entre 3.500m y 80m dependiendo de si se usa o no prisma reflectante. La precisión de la medida de la distancia



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

según la norma ISO 17123-4 es 2mm + 2ppm tomada en modo estándar. En la configuración de medida sin reflector, se usa un distanciómetro láser rojo (633nm de longitud de onda) cuya precisión alcanza 3mm + 2pp a 30mm.

5.2. Procesamiento de datos

Para la adquisición de datos, se realizaron 12 posicionamientos (Scan Position, SP) y 26 escaneos, que permitieron obtener las coordenadas de los puntos de la superficie de la totalidad de las ruinas. Tres de los escaneos se situaron en el área exterior a las ruinas (SP1, SP2 y SP4). La posición de escaneo SP3 se encuentra a una cota elevada, haciendo posible la adquisición de la geometría de las cubiertas. Las localizaciones SP5 a SP12 corresponden al interior de las ruinas; en todas ellas excepto en la posición SP5 y la SP12, se realizaron varios escaneos con distintos ángulos para captar la totalidad del espacio. La figura 3 muestra una vista en planta de la nube de puntos adquirida con las diferentes localizaciones del TLS y de sus respectivos campos de escaneos de detalle.

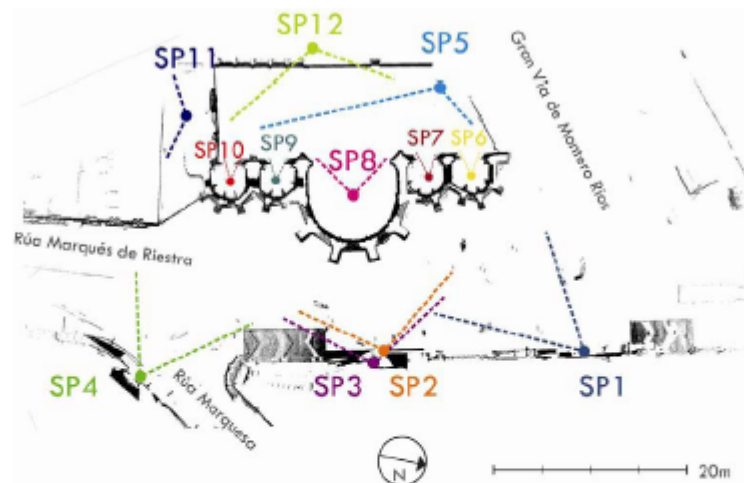


Figura 5.2. Localización de los puntos de emplazamiento para empleados en el levantamiento.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

5.3. Resultados obtenidos

Se realizaron los cálculos topográficos para obtener el listado de coordenadas de los elementos medidos. A partir de esta información y con ayuda del programa informático específico para la gestión de datos obtenidos con láser escáner terrestre de la marca RIEGL, Riscan Pro, se procedió al procesamiento de la información láser mediante el registro por dianas de los escaneos, obteniendo una desviación estándar global inferior a 1cm.

Finalmente, se procedió al depurado de los modelos, eliminando los puntos captados por el láser que no forman parte de los elementos de las ruinas, como por ejemplo, las tumbas situadas en el patio.

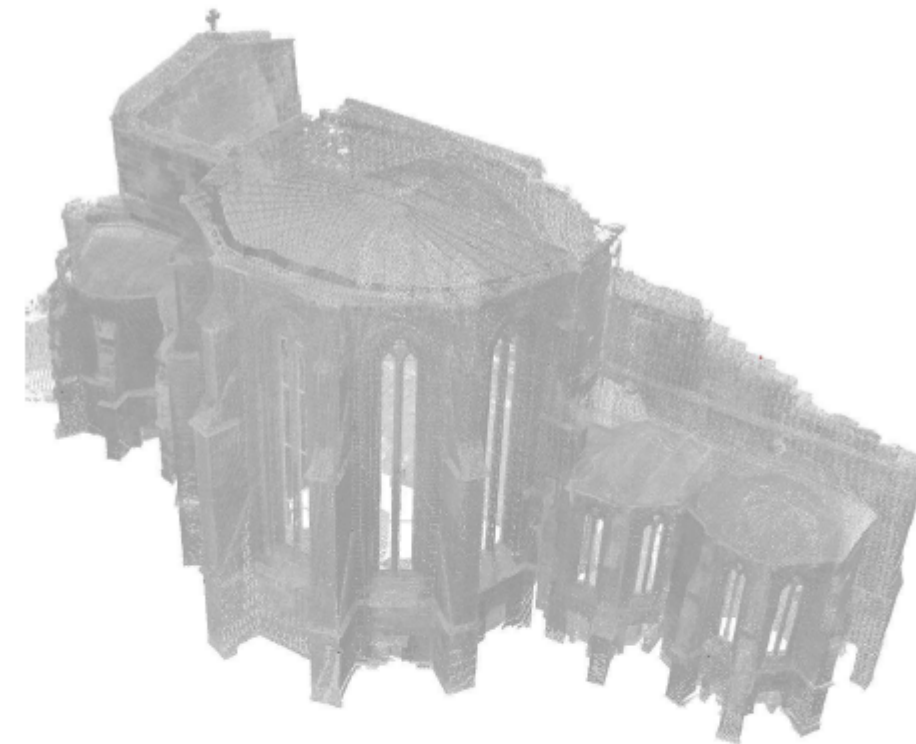


Figura 5.3 Vista del modelo de puntos de la zona exterior de las ruinas.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra



Figura 5.4 Vista del modelo de puntos de la zona interior de las ruinas.

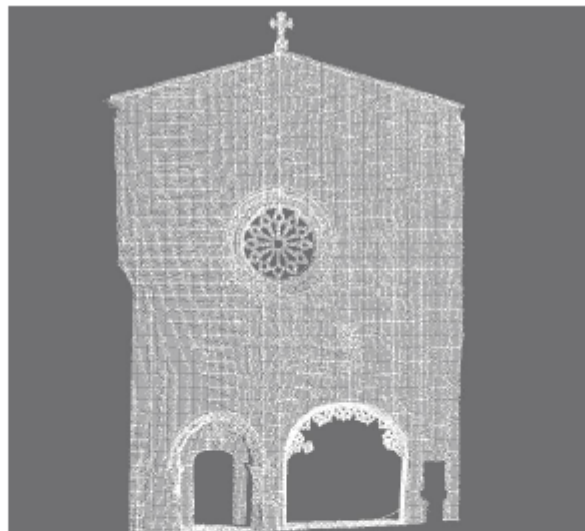


Figura 5.5 Vista del modelo de puntos de la fachada de la iglesia con rosetón



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

6. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD A PARTIR DEL LEVANTAMIENTO LASER

A partir de la nube de puntos obtenidos con la técnica del láser escáner se realizó un análisis de los modelos tridimensionales, con las siguientes características:

- Investigadores de la Universidad de Vigo, disponían de un modelo previo de levantamiento realizado en el año 2008.
- Para la comparación de ambos modelos, el efectuado en 2008 y el realizado con motivo del presente estudio en 2013, se realizó el ajuste por regresión de las partes fijas de ambos modelos.
- La precisión del modelo actual, validada mediante puntos de control definidos con levantamiento topográfico, es inferior a 1cm. Sin embargo, la precisión media de cierre del modelo antiguo se sitúa en torno a los 2cm. Por lo tanto, en el registro entre ambos, han de esperarse errores de magnitud 2cm. Esto nos hace concluir que el valor de la comparación entre ellos reside en los valores relativos y no en los absolutos

6.1. Determinación de las secciones de control

A partir del modelo actual y el modelo realizado en el año 2008 se generaron secciones en formato CAD. Con objeto de obtener la máxima información posible se definieron una serie de secciones de control que aportasen medidas de los posibles desplomes de muros y ábsides en los tres ejes cartesianos.

En todas las comparaciones se adoptó un criterio de punto fijo en la base de los muros, corroborado con la inspección ocular, al estimarse que son puntos que se han mantenido inalterados al menos durante los últimos cinco años.

Se establecieron las siguientes secciones de control:

- a. Sección por contrafuerte en ábside 1
- b. Sección por contrafuerte en ábside 2
- c. Sección por contrafuerte en ábside 4
- d. Sección por contrafuerte en ábside 5



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

- e. Sección por contrafuerte en ábside 3 (central)
- f. Sección por muro de acceso a los ábsides
- g. Sección por la cara exterior de la fachada del rosetón (a patio)
- h. Sección por la cara interior de la fachada del rosetón (a zona de escudos)

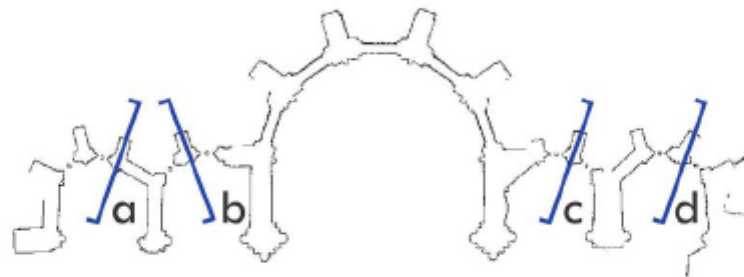


Figura 6.1 Secciones de control por los ábsides.

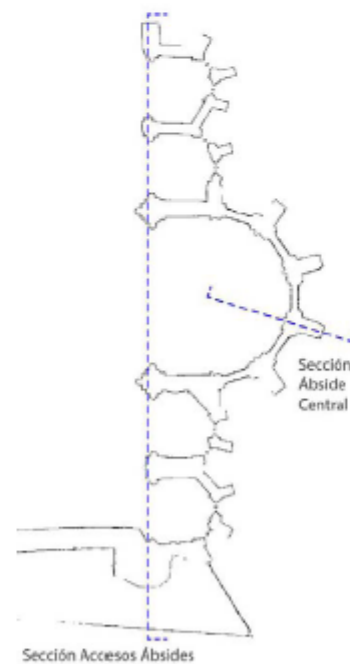


Figura 6.2 Secciones de control en fachada de acceso ábsides y ábside central (3).



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

6.2. Esquemas gráficos de análisis de las desviaciones detectadas

Para el estudio de las desviaciones, se ha realizado un análisis geométrico de los desplomes percibidos en los dos ejes ortogonales, con el fin de analizar las variaciones geométricas respecto a los sistemas de referencia obtenido en los modelos del año 2008 y 2013.

Asimismo, se ha efectuado una comparativa con objeto de analizar la variación de las condiciones geométricas de las ruinas en el período de control de 5 años.

Seguidamente se presentan las conclusiones gráficas de los análisis realizados en los siguientes esquemas de representación:

1. Plano de desviaciones horizontales de la fachada de los ábsides año 2008
2. Plano de desviaciones horizontales de la fachada de los ábsides año 2013
3. Plano de desviaciones horizontales de los ábsides por contrafuertes
4. Plano de desviaciones horizontales del ábside 3 por contrafuertes 2008
5. Plano de desviaciones horizontales del ábside 3 por contrafuerte 2013
6. Plano de valores geométricos de ábsides por contrafuertes
7. Plano de valores geométricos del ábside 3 por el contrafuerte

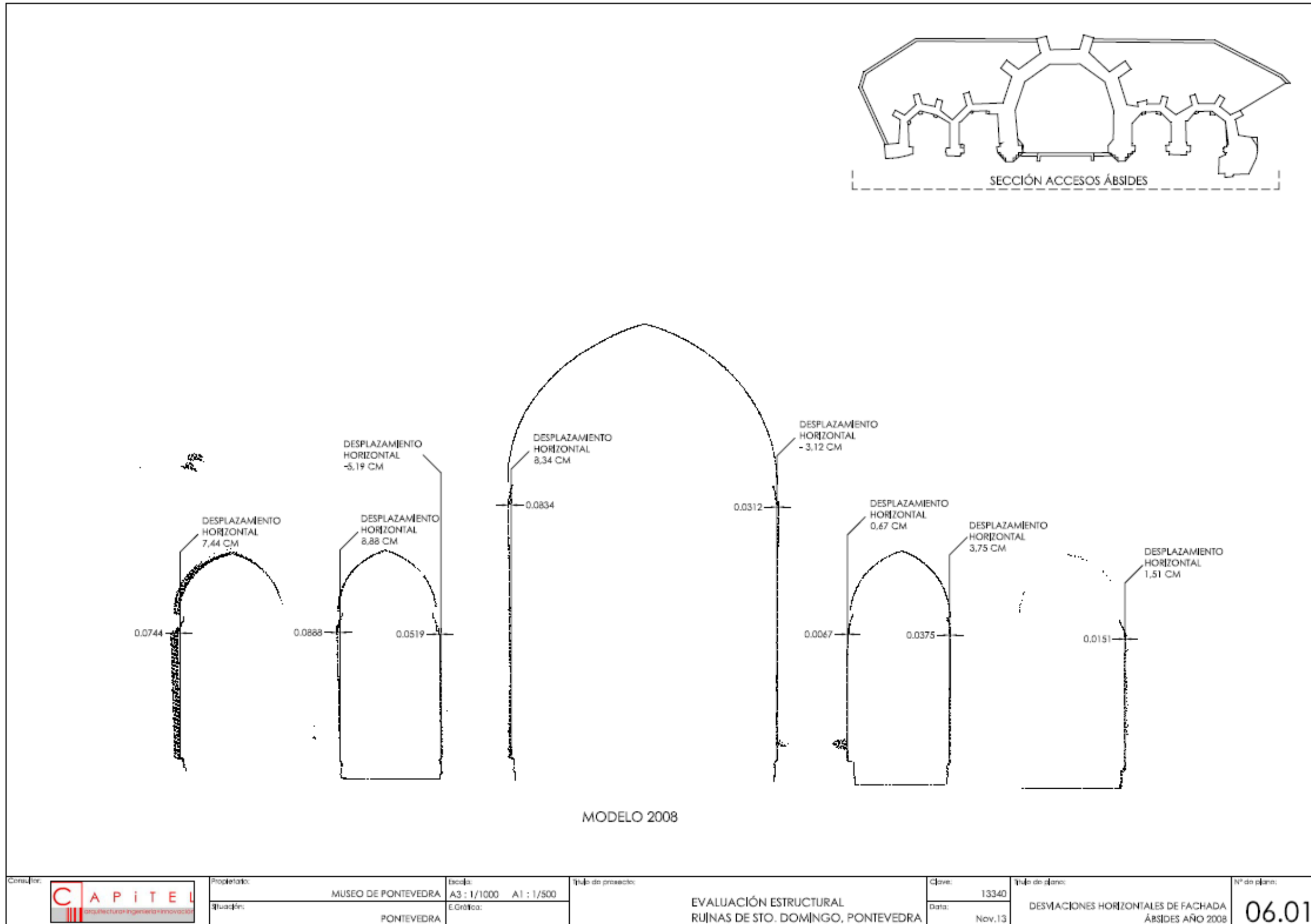
Se pueden establecer las siguientes conclusiones del análisis de los desplazamientos detectados en las ruinas:

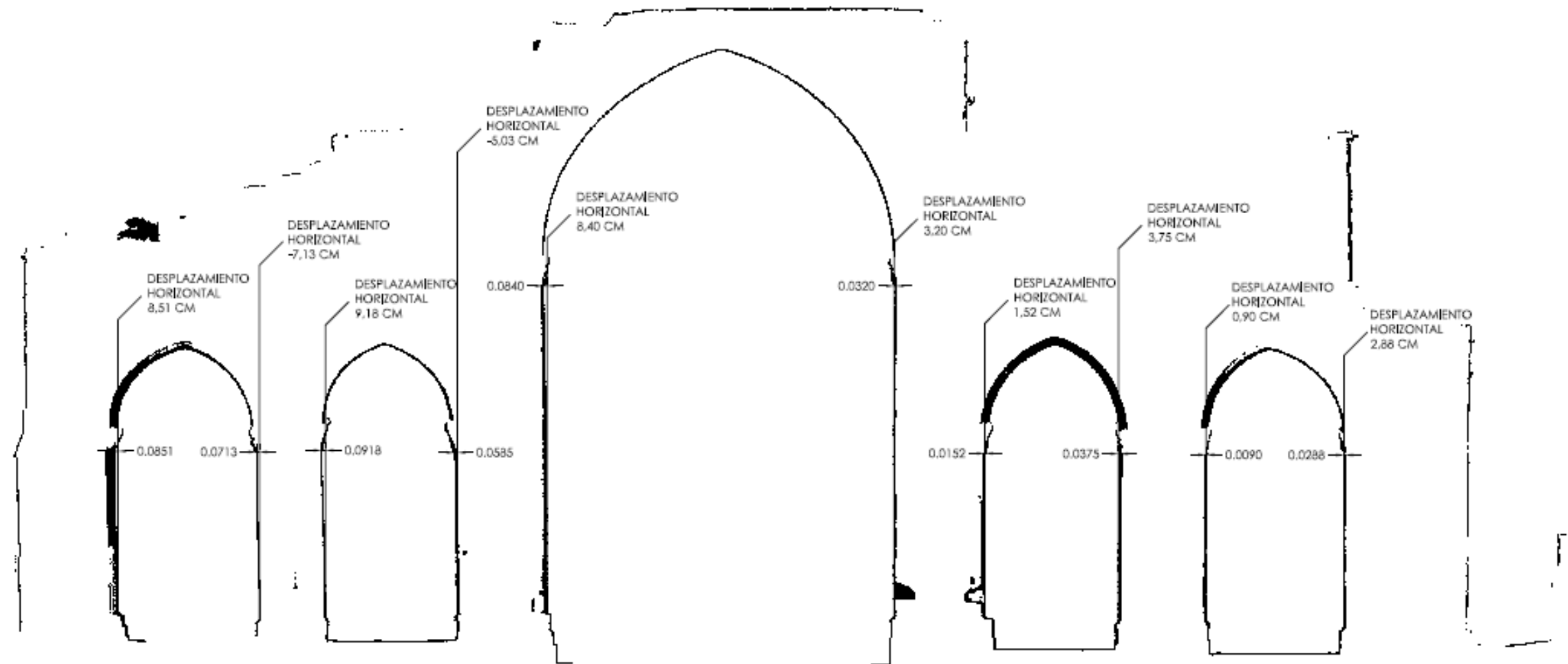
- Los valores de desviaciones detectados se mantienen prácticamente constantes en la comparativa entre el año 2008 y 2013.
- Los valores de desplazamiento más elevados se encuentra en el ábside 1 y 2, coincidentes con las lesiones detectadas, son valores magnitud considerable, habida cuenta de la relación entre el desplazamiento y altura del elemento. En el ábside 3 se han medido desplazamientos relativos de $h/120$, algo superiores a los habituales en este tipo de construcciones.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas
de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

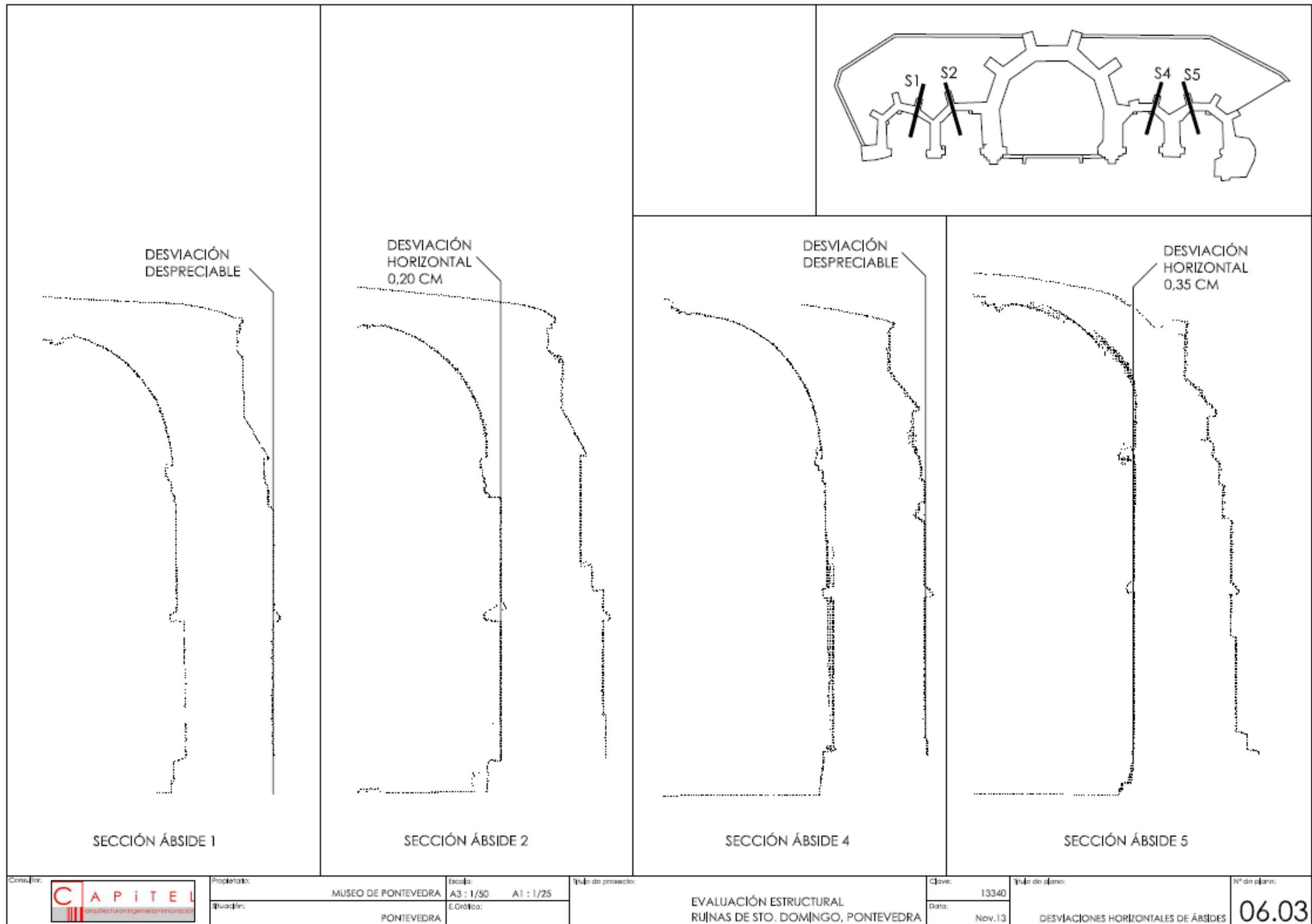
- Los desplazamientos horizontales pueden haberse producido desde la fase de construcción hasta nuestros días. El análisis de las lesiones asociadas a zonas más desplazadas muestra una antigüedad considerable.
- Los desplazamientos de las secciones de referencia tomada por los contrafuertes, son prácticamente despreciables, lo que muestra una verticalidad notable en la cara exterior de las ruinas.
- Finalmente deber recordarse el rango de error y tolerancia de la medida realizada, situado en torno a 1/1.5 cm.



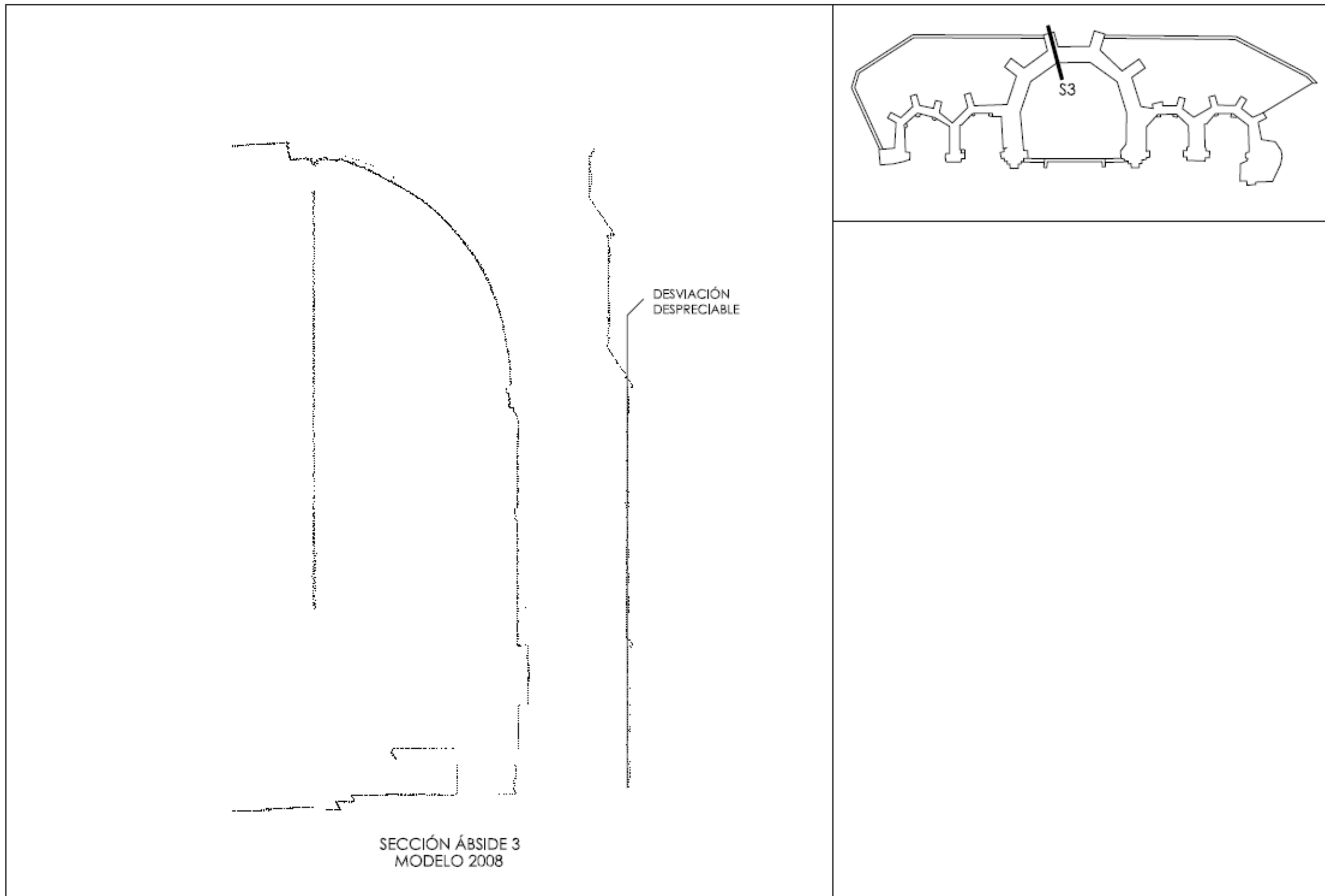


MODELO 2013

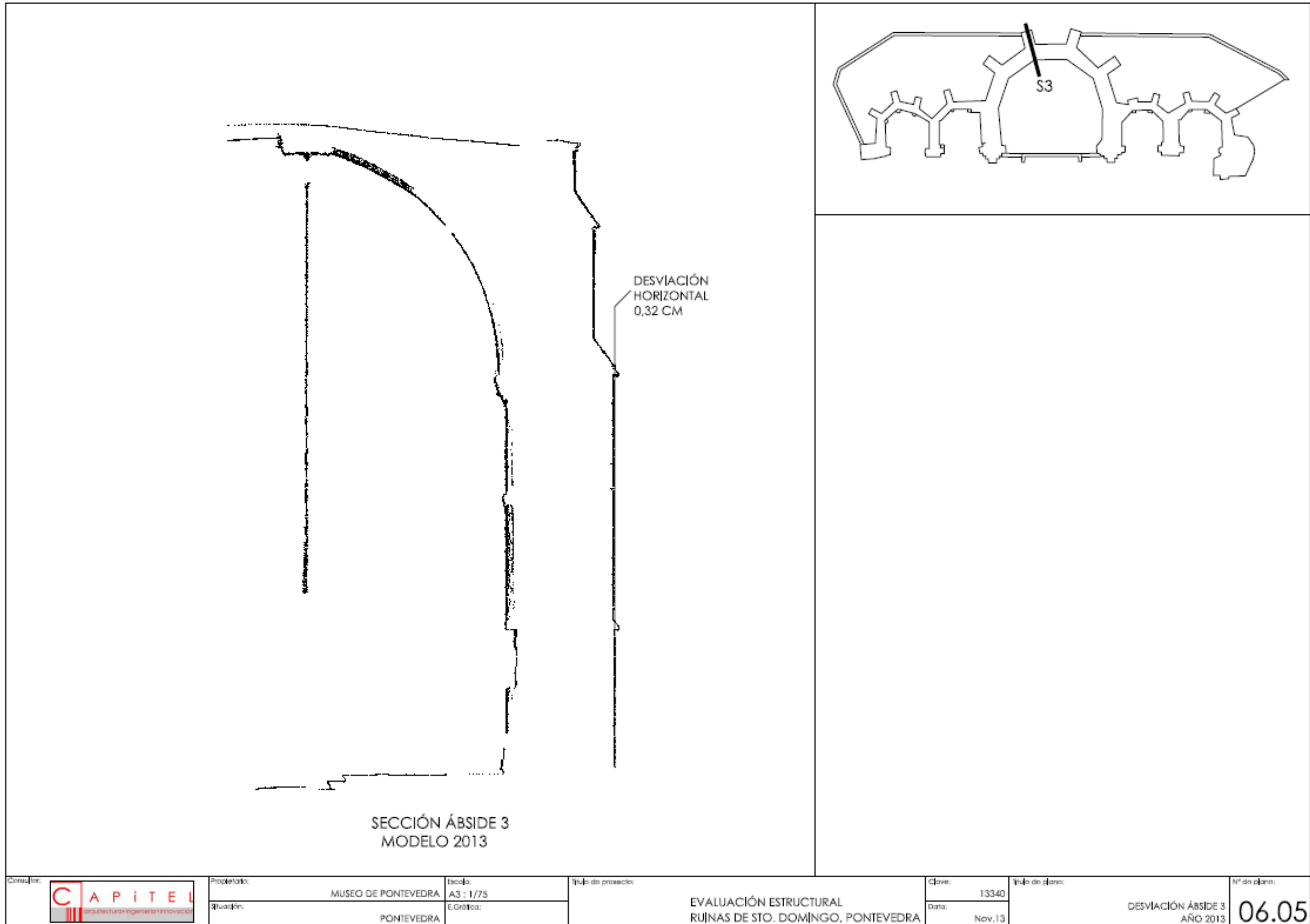
	Propietario:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A3 : 1/1000 A1 : 1/500	Título de proyecto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Título de plano:	DESVIACIONES HORIZONTALES DE FACHADA ÁBSIDES AÑO 2013	Nº de plano:	06.02
	Ubicación:	PONTEVEDRA	E.Gráfica:				Data:	Nov.13				

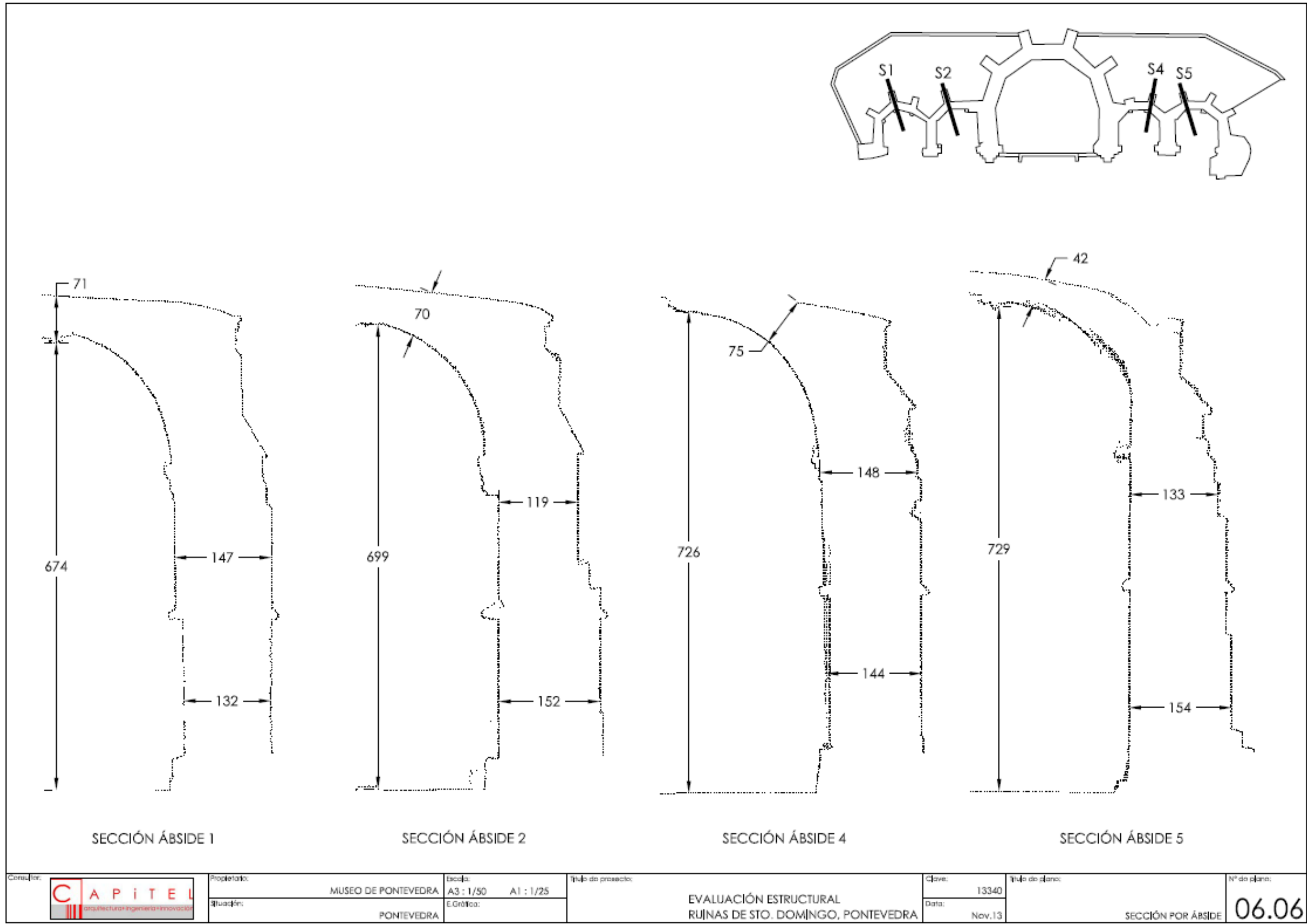


Consultor:	Propietario:	Escala:	Título de proyecto:	Código:	Título de plano:	Nº de plano:
	MUSEO DE PONTEVEDRA	A3 : 1/50 A1 : 1/25	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	13340	DESVIACIONES HORIZONTALES DE ÁBSIDES	06.03
	PONTEVEDRA	E.Gráfica:		Data:		
				Nov.13		

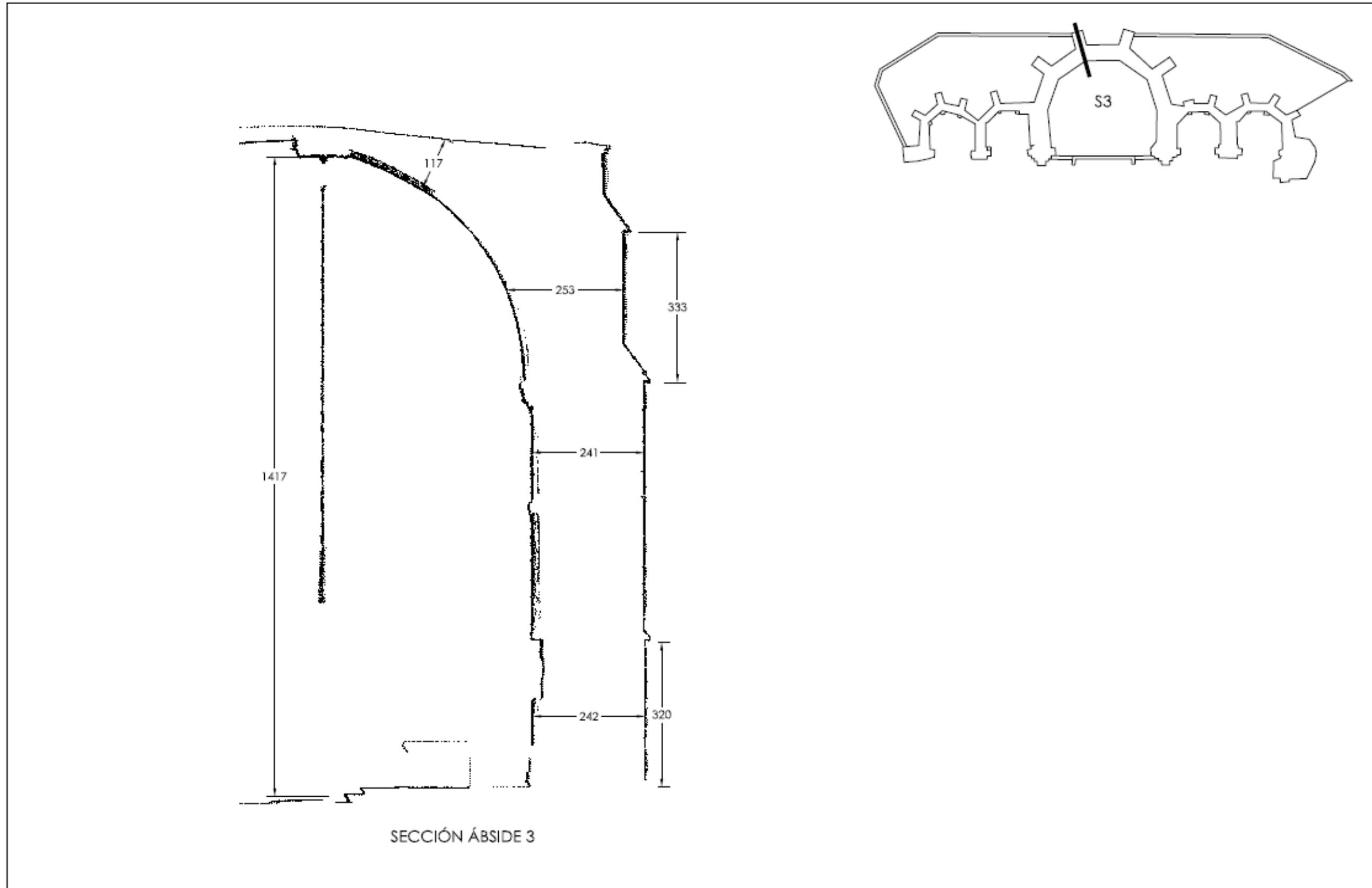


Consultor: 	Propietario:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A3 : 1/75	Título de proyecto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Título de plano: DESVIACIÓN DE ÁBSIDE 3 AÑO 2008	Nº de plano:	06.04
	Situación:	PONTEVEDRA	E.Gráfica:			Data:	Nov.13			





Consultor:	Propietario:	Escala:	Título de proyecto:	Clave:	Título de plano:	Nº de plano:
	MUSEO DE PONTEVEDRA	A3 : 1/50 A1 : 1/25	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	13340	SECCIÓN POR ÁBSIDE	06.06
	Situación:	Elaborado:		Data:		
	PONTEVEDRA			Nov.13		



SECCIÓN ÁBSIDE 3

Consultor: 	Propietario:	MUSEO DE PONTEVEDRA	Escala:	A3 : 1/75	Título de proyecto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL RUINAS DE STO. DOMINGO, PONTEVEDRA	Clave:	13340	Título de plano: SECCIÓN POR ÁBSIDE 3	Nº de plano: 06.07
	Situación:	PONTEVEDRA	E.Grúfica:			Data:	Nov.13		



7. EVALUACIÓN DE LAS LESIONES DETECTADAS

Una vez descritas las lesiones observadas, se realiza una evaluación de la trascendencia de las mismas, agrupada por familias:

7.1. Lesiones relacionadas con la falta de rejuntado, oquedades y falta de elementos

Los agentes atmosféricos contribuyen a la degradación del mortero de rejuntado, generando estados avanzados de disgregación. Esta circunstancia puede afectar al asiento de una pieza de piedra contra otra, generando un punto duro y el riesgo de rotura de la pieza.

En numerosas juntas se ha observado la técnica de calzar las piezas con conchas de ostras para facilitar el montaje, esta técnica tradicional genera la aportación de sustancias minerales que pueden contribuir a la degradación de la piedra.

Tanto las oquedades como la falta de rejuntado severo, son vías de acceso a los agentes agresivos al corazón de los muros, por lo que deberá actuarse sobre ellos, sellando las juntas con un nuevo rejuntado y rellenando las oquedades con material de aportación para detener el deterioro interior de las hojas de la fábrica de piedra.

En cuanto a la falta de elementos o rotura de algunos aleros, debe someterse a opinión de los responsables de Patrimonio, ya que, a nuestro entender, son "cicatrices" de la historia del edificio que difícilmente pueden ser reemplazadas.

7.2. Grietas en paños

Se han localizado importantes grietas en paños del muro, con aberturas de varios centímetros como se indica en las fotografías que se adjuntan. Todas ellas presentan un aspecto antiguo y no muestran síntomas de estar "vivas". Sin embargo, suponen una nueva vía de entrada para agentes agresivos y un riesgo real de caída de fragmentos de piedra sobre la vía pública o el patio interior.

Es por ello que aunque se encuentren detenidas en su abertura, deberán ser tratadas para asegurar el comportamiento monolítico de la fábrica y eliminar la entrada de agentes exteriores que contribuyan al deterioro del muro.



7.3. Colonización biótica y costras

Las ruinas se encuentran fuertemente colonizadas por musgos, líquenes, incluso algunas plantas herbáceas, que actúan de manera negativa sobre los muros de piedra.

La presencia de musgo indica un elevado grado de humedad del muro, provocando degradaciones hasta de un centímetro de profundidad bajo la superficie del granito. Asimismo, se generan agentes quelantes que se pueden combinar con otros ácidos orgánicos e inorgánicos y reaccionar con los minerales existentes, generando sales solubles.

Las plantas y sus raíces pueden ser responsables de provocar acciones mecánicas sobre las juntas de los sillares e incluso fisuras en el material y sus exudados pueden ser ácidos.

La costra negra produce cristalizaciones y roturas de material exterior del granito. La agresión sufrida durante años por el paso de vehículos a escasos metros de las ruinas ha contribuido al incremento del deterioro. En la situación actual, al encontrarse enclavado en un conjunto peatonal, la agresión directa ha cesado, no obstante la contaminación atmosférica y la cercanía al mar, con su ambiente salino, contribuyen a la degradación de la cara exterior de la piedra.

7.4. Lesiones relacionadas con la humedad

Las lesiones originadas por la humedad suponen un camino para el deterioro de la piedra y para la ampliación de otras agresiones asociadas, como la colonización biótica.

Las labores de cubrición efectuadas en la parte superior de los ábsides, han colaborado sin duda a la mejora de las condiciones de conservación de los paños de fachada.

No obstante, en lo referente a la humedad ascensional por capilaridad, la presencia del jardín exterior contribuye de manera negativa y destacada a la agresión a la base de los paños de piedra. Se observa claramente como las zonas que no están en contacto con el jardín presentan mejor aspecto y menor humedad que las situadas



sobre el jardín exterior. La eliminación del terreno en contacto con el arranque del muro mejoraría las condiciones hídricas de la fábrica.

Asimismo, en la zona interior se ha observado el profundo lavado de las juntas de la solera por efecto del agua de lluvia, mediante su circulación con arrastre y cuando permanece estancada sobre la solera. Esta circunstancia afecta al rejuntado de la solera y al terreno subyacente, por lo que debería actuarse para impedir la acumulación del agua sobre la solera cada vez que llueve.

7.5. Lesiones relacionadas con la presencia de aves

Las aves generan un deterioro en las piezas de piedra por la aportación de agentes químicos agresivos, especialmente nitratos, que contribuyen al deterioro de la roca. Los ácidos orgánicos que se generan son, además, transportados por la lluvia de modo que se extiende su efecto dañino a una mayor superficie.

La actuación sobre este fenómeno debe abordarse por dos caminos;

- el primero, dificultando la presencia de las aves, tal como ya se ha realizado en las ruinas con la disposición de elementos que impiden el acercamiento y posado de las aves. Este método ha resultado insuficiente por lo que deberán realizarse nuevas actuaciones en este sentido.
- El segundo, realizar campañas periódicas de limpieza que eliminen el material adherido, con especial atención a la retirada de los excrementos con su carga de ácido fosfórico y nítrico.

Este elemento agresivo sobre la piedra puede calificarse como de categoría media-baja, ya que a lo largo de los siglos todo parece indicar que ha habido una importante presencia de aves al tratarse de una construcción abierta y sin limitaciones al paso.



8. ESTUDIO TEÓRICO DE LA ESTABILIDAD DEL CONJUNTO.

8.1. Consideraciones previas

Las ruinas de la Iglesia de Santo Domingo pueden ser analizadas como cualquier otro elemento estructural resuelto con la tipología de fábrica, en la que el material base, piedra granítica, se encuentra rejuntado con un mortero de tipo bastardo, debiendo cumplir las condiciones básicas de la seguridad estructural:

- Resistencia: considerada como la capacidad portante de los elementos, tomados de modo singular y como conjunto.
- Estabilidad: como capacidad para mantener el equilibrio, frente a las distintas combinaciones de las hipótesis de carga consideradas.
- Rigidez: condición para mantener su forma de manera estable.

Para la estructura de las ruinas de Santo Domingo, la resistencia no es un factor determinante, tal como ocurre en todas las estructuras antiguas de esta tipología, ya que el material dispone de una capacidad de soportar carga muy superior a la tensión a la que se encuentra sometido.

Esta circunstancia se fundamenta en dos aspectos:

- Alta resistencia del material base, piedra granítica, que en condiciones normales de conservación y suponiendo una piedra de baja resistencia, supera los 40 N/mm² (400 kg/cm²)
- Secciones masivas de pilares y apoyos.

Por todo ello, el estudio teórico de la seguridad de la estructura se centrará en la estabilidad de la fábrica, para ello se tendrán en cuenta las condiciones clásicas de funcionamiento para este tipo de elementos:

- Se desprecia la resistencia a tracción de la fábrica, pese a que existe y como aproximación podría cifrarse en un 8-10% de la resistencia a compresión, se prescindirá de ella (quedando del lado de la seguridad)



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

- Las tensiones a las que se encuentran sometidas las piezas de granito son bajas, muy inferiores a sus valores de resistencia última, por lo que se considerará que la resistencia a compresión es ilimitada, no siendo éste un modo de fallo esperable.
- No se considera el fallo por deslizamiento, las fábricas actúan de manera conjunta y se considerará que existe rozamiento entre sus elementos.

8.2. El análisis límite de la fábrica

El análisis de las condiciones de viabilidad de las estructuras de fábrica se formuló a finales del pasado siglo por autores como J. Heyman, basándose en el cumplimiento de dos principios o teoremas:

- "Si se puede hallar una posición cualquiera para la línea de empujes contenida dentro de la fábrica, la estructura es estable y el colapso no sucederá para la carga dada".
- "Si es posible encontrar un mecanismo de colapso, cinemáticamente admisible, la estructura colapsará".

Por ello, para el análisis de la seguridad de los arcos, bóvedas y muros de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, se podrá expresar por un número, y por las condiciones de la línea de empujes, por ello, la seguridad se establece en términos de geometría, y de estabilidad, no de resistencia.

El coeficiente geométrico de seguridad se define como la relación entre el espesor de un segmento de la fábrica que sería capaz de mantener la líneas de empujes dentro de su sección. Por ejemplo, un arco con coeficiente de seguridad igual a 3, indica que la línea de empujes se encuentra contenida dentro del tercio central de la sección del arco (conocido como "regla del tercio central", empleado tradicionalmente para evitar tracciones en la fábrica)



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

De acuerdo con la literatura de referencia, los coeficientes de seguridad geométricos empleados son:

- Coeficiente de seguridad para arcos: 2
- Coeficiente de seguridad para estribos: 3

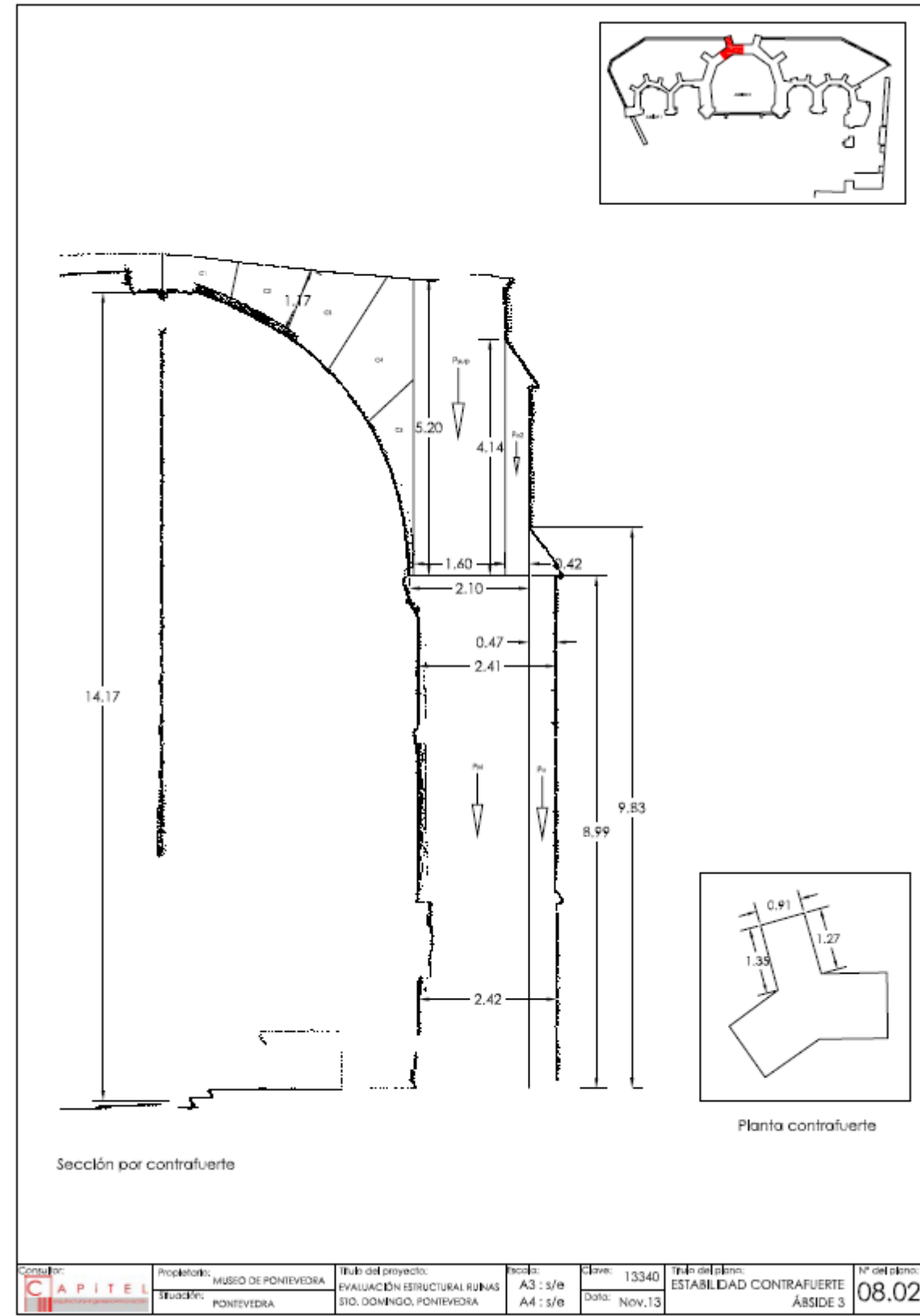
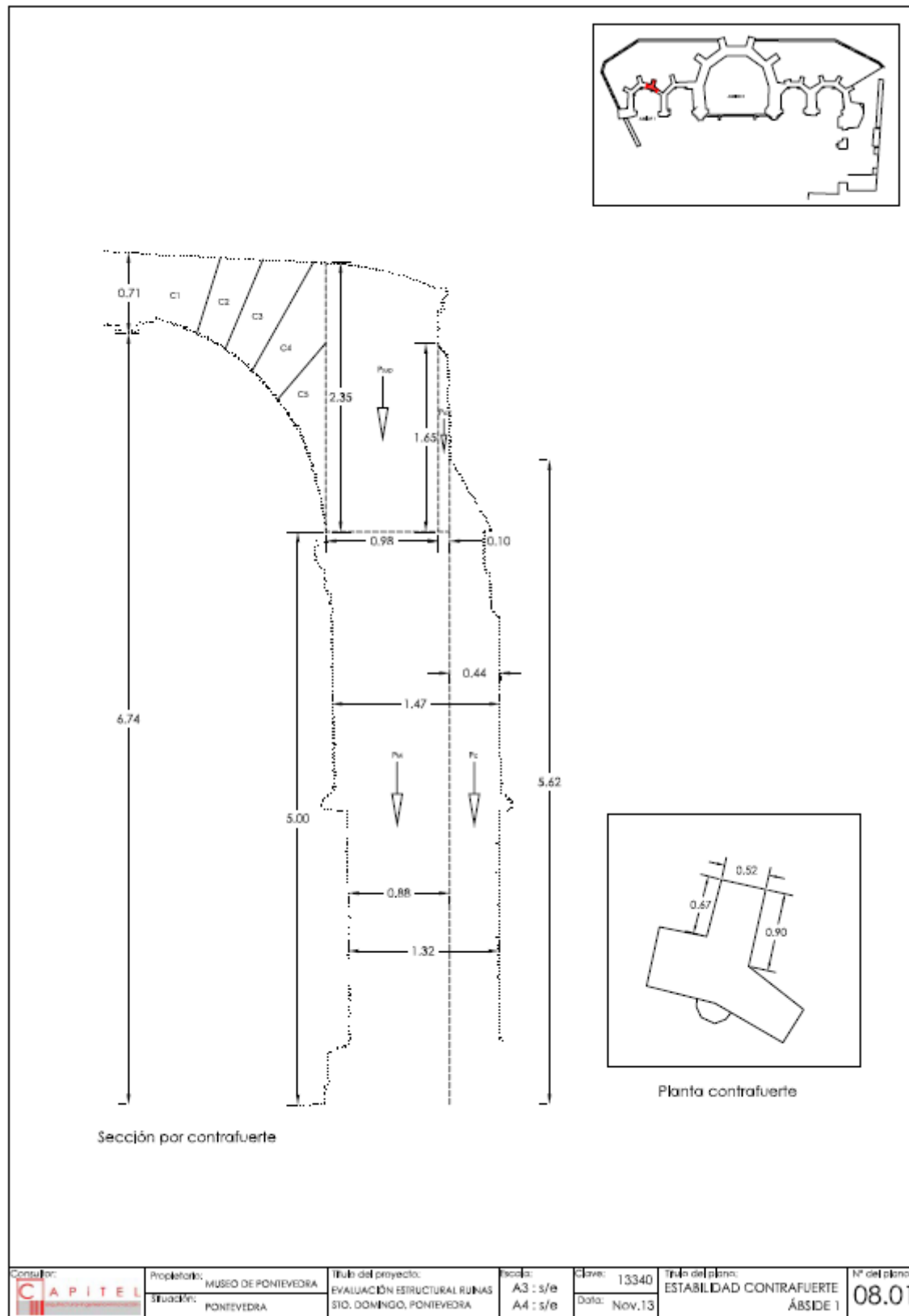
El análisis teórico de la fábrica se combina con la inspección detallada de las lesiones de la fábrica, con objeto de localizar zonas en las que se pueda observar la existencia de colapsos locales, grietas, desplomes o cualquier otra alteración que pueda indicar la insuficiencia o incorrección de la fábrica para soportar los esfuerzos a los que se encuentra sometida.

En el caso de las ruinas, una de las principales alteraciones es la falta de continuidad de los elementos estructurales, ya que en la actualidad se conservan los ábsides apoyados sobre pilastras y contrafuertes situados en la zona exterior, sin embargo en la zona interior sólo se encuentra disponible un gran paño a modo de fachada.

8.3. Descripción y condiciones geométricas

En los siguientes esquemas se presentan los valores geométricos obtenidos con ayuda del levantamiento láser escáner y la medición manual realizada in situ.

Para los valores que presentan medidas irregulares, como los contrafuertes exteriores, se han efectuado aproximaciones adoptando el valor medio de cada una de las caras medidas.





8.4. Empuje de la cúpula del ábside

Las cúpulas disponen de un nervio cuya traza corresponde con la posición del contrafuerte. Como los ábsides son poligonales e irregulares se estima, del lado de la seguridad, un área de influencia mayor de la que realmente le corresponde.

Se supone que cada sector de la cúpula carga sobre el pilar y contrafuerte correspondiente, por ello se considera el peso de la cubrición se distribuya a modo de sector circular del siguiente modo:

- Ábside 1 sector circular de 60°
- Ábside 3 sector circular de 50°

Con los datos disponibles se realizan una serie de estimaciones e hipótesis basadas en la tipología constructiva de este tipo de edificios, ya que, por ejemplo, no se conoce el espesor exacto de la piedra que conforma la cúpula y el espesor del relleno correspondiente situado sobre el arco, por lo que deberán realizarse suposiciones para el cálculo de la estabilidad.

Consideraremos como situación más desfavorable que el relleno tiene el peso del granito (2800 kN/m³).

Con la geometría disponible se obtienen los siguientes pesos del área tributaria del ábside:

- Ábside 1 5.3 toneladas
- Ábside 3, 18.4 toneladas

De acuerdo con las hipótesis de Poleni, aplicables al caso de las hipótesis de cálculo empleadas en los ábsides de las ruinas (apto. 3.2, referencia 2), se pueden considerar unos empujes horizontales de 1,1 ton y 4, 0 ton, respectivamente.



8.5. Estabilidad del sistema de contrafuertes

Para considerar la estabilidad frente al empuje horizontal de los ábsides, consideraremos que cada sección de con contrafuerte contiene el paño que carga sobre él, empleando el concepto de área de carga.

Consideraremos como sección resistente estabilizante, la del muro y el contrafuerte, depreciando la sección del muro situado bajo las ventanas, al considerarlo como elemento de arriostamiento ortogonal a los contrafuertes.

La estabilidad se analizará mediante la línea de empujes, que será la resultante de unir los sucesivos puntos de aplicación de las cargas verticales, actuando como momento centrador frente a los momentos de vuelco generados por los empujes en cabeza.

La línea de empujes presentará un trazado hiperbólico y deberá situarse dentro de la sección mural para garantizar su estabilidad. Asimismo, se deberá introducir un coeficiente de seguridad, que en la práctica equivaldrá a la reducción de la sección mural. De acuerdo con la literatura técnica de referencia, para los análisis de los contrafuertes de las ruinas de Santo Domingo se adoptará como satisfactorio un coeficiente de seguridad de 3, un valor de considerable magnitud, que permitirá confirmar que toda la sección del contrafuerte se encuentra comprimida.

Se estudia el caso más desfavorable de los contrafuertes de los ábsides 1, 2, 3, 4 y 5 de modo que si se alcanza un coeficiente de seguridad aceptable en ellos, en el resto de los contrafuertes las condiciones de seguridad serán mayores.

Se estudia las condiciones de estabilidad del contrafuerte del ábside 1 y 3

Consideraciones geométricas y de materiales:

- Espesor del muro en la sección del contrafuerte
- Ancho del muro en la sección del contrafuerte
- Altura hasta solera
- Empuje del ábside en cabeza de contrafuerte
- Peso específico de la piedra granítica 2,8 kN/m³



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

Con ello se obtiene un valor para el peso del paño de muro y el contrafuerte de:

- Ábside 1 Contrafuerte + muro : 22.9 toneladas
- Ábside 3, Contrafuerte + muro: 103 toneladas

Para analizar la estabilidad, tomamos momentos con respecto a un punto y se obtiene para cada comprobación:

- Ábside 1 coeficiente de seguridad frente al vuelco 4.6
- Ábside 3, coeficiente de seguridad frente al vuelco 6.1

Calculando el coeficiente de seguridad geométrico, teniendo en cuenta que:

- Coeficiente de seguridad geométrico es $=1/(2q)$
- Siendo $q = x-d/2$, con d el ancho del contrafuerte y x la distancia al punto de aplicación de la resultante

Se obtienen los siguientes coeficientes de seguridad geométricos

- Ábside 1 coeficiente de seguridad geométrico de 3.8
- Ábside 3, coeficiente de seguridad geométrico de 3.2

De acuerdo con la literatura clásica, los coeficientes de seguridad geométricos superiores a 3 garantizan la compresión de la sección al situarse la reacción dentro denominado "tercio central", por lo que el resultado de la comprobación puede considerarse como satisfactorio, de acuerdo con las hipótesis realizadas.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN

De acuerdo con la petición realizada por la Excmo. Diputación de Pontevedra, ratificada en el escrito de Resolución Presidencial de fecha 10 de octubre de 2013, se redacta el presente Informe que tiene por objeto la evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de Santo Domingo, en Pontevedra.

9.1. Resumen y conclusiones

De acuerdo con lo expresado en los anteriores apartados se pueden extraer, a modo de resumen, las siguientes conclusiones:

1. A finales del mes de octubre y principios de noviembre se realizaron una serie de inspecciones oculares de detalle del estado de las zonas interiores y exteriores de las ruinas. Asimismo, se realizó un levantamiento geométrico con ayuda de la técnica de láser escáner con objeto de conocer la geometría real del conjunto, sus desplomes y realizar una comparativa con un levantamiento similar realizado en el año 2008. La inspección se realizó en la zona interior y exterior de las ruinas, así como sobre el muro medianero que limita el conjunto con un edificio de viviendas. Paralelamente se realizó un análisis de la información disponible referente al conjunto monumental.
2. El conjunto de paños de los muros que componen las ruinas se encuentra colonizado por gran cantidad de flora, entre la que destacan líquenes, hongos, musgos y plantas vasculares, que a través de sus productos metabólicos producen alteraciones en el granito. Por este motivo deben ser eliminadas mediante un procedimiento de limpieza, diseñado con las siguientes características: la acción del limpiador debe ser lenta de modo que pueda controlar los efectos producidos, el método no debe generar productos dañinos para la piedra y no debe producir, en ningún caso, abrasiones fuertes. Las zonas de tallas y aquellas con peligro de arenización deberán ser limpiadas de modo manual por restauradores.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

3. En los paños de las fábricas de las ruinas se han observado zonas en las que existe una severa pérdida de material, que alcanza al interior del muro (pilastra entre los ábsides 1 y 2), zonas con piezas de la fábrica desplazadas (contrafuerte del ábside 4) y otras zonas indicadas en los planos de lesiones detectadas que suponen una vía de entrada para agentes agresivos externos (se ha comprobado en algunos casos cómo las aves se introducen en el interior de las oquedades que se han generado en los muros). Estas lesiones pueden evolucionar hacia un riesgo de colapso local de la zona afectada, por lo que deberán ser tratadas, de modo que se garantice la continuidad de la fábrica y su comportamiento monolítico, además de servir de barrera para la entrada de elementos procedentes del exterior. Los morteros de rellenos de oquedades tendrán una resistencia menor o igual a la de la fábrica, de modo que no supongan un "punto duro" en el comportamiento del conjunto, sin generar concentración de tensiones.
4. En gran cantidad de uniones de las piezas que conforman la fábrica de sillería se observa la ausencia de material de rejuntado, que si bien no provoca complicaciones estructurales, si contribuye de manera directa a la entrada de agentes exteriores agresivos al núcleo de los muros. Por ello deberá procederse al rejuntado de las piezas para devolver al conjunto su cohesión original. El mortero empleado no deberá liberar sales peligrosas, así como permitir la transpiración de la piedra. En nuestra opinión, sometida a cualquier otra mejor fundada, no deberán emplearse hidrofugantes sobre la piedra que actúen como barrera de vapor, ya que pese a orientarse a un objetivo loable como la protección frente a la humedad, pueden generar barreras que impiden la circulación del vapor de agua desde el interior del material, incrementando, en consecuencia, el grado de degradación de la piedra.
5. En la inspección preliminar realizada en septiembre de 2013, sobre los capiteles de la zona interior de los ábsides, se detectó la presencia de piezas de piedra con peligro de desprendimiento. Estas piezas deberán ser fijadas para garantizar su estabilidad. Se propone la sujeción de dichas piezas con resina de tipo epoxídica que será mezclada con áridos cuando las fisuras presenten



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

- grasor considerable. La superficie exterior podrá ser matizada con masilla acrílica mezclada con piedra molida, con objeto de proteger a la resina epoxídica de la radiación ultravioleta. Si fuese necesario el cosido de alguna pieza podría realizarse mediante barras de fibra de vidrio especiales para restauración.
6. Se ha detectado la elevada presencia de humedad en las partes inferiores de los muros, proveniente del ascenso capilar. Esta situación se ve agravada con la existencia de un jardín exterior que mantiene las condiciones de humedad en el pie de muro, impidiendo la aireación de dicha zona. Asimismo, se ha constatado la presencia habitual de grandes cantidades de agua en el patio interior del conjunto, provocando el arrastre de las juntas del enlosado y generando unas condiciones de deterioro para la piedra. Estas elevadas tasas de humedad se han mantenido a lo largo del tiempo, pero deberían minimizarse con objeto de mejorar las condiciones de conservación de la piedra.
7. Se ha observado la presencia de una importante cantidad de deposiciones de aves, que con el contenido en nitratos de las mismas contribuyen al deterioro de la piedra. En los últimos tiempos, se han dispuesto mecanismos para evitar la presencia de aves pero han demostrado ser insuficientes, por lo que deberá extenderse su uso para evitar la permanencia de las aves en las zonas de la fachada susceptibles de ser usadas como área de reposo.
8. En cuanto al estado general de conservación de la piedra, ésta se encuentra alterada por las condiciones atmosféricas sufridas a lo largo de los años, agravado por la contaminación originada por el tráfico, tal como se observa en su cara exterior que durante años ha estado expuesta a las emanaciones gaseosas de un tráfico intenso. Esta circunstancia se verifica por las costras exteriores de color oscuro.
9. Se ha efectuado un detallado estudio de la estabilidad de los muros de las ruinas a través de las siguientes comprobaciones:



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

- En el estudio de los desplomes actuales de los muros realizado se han medido desviaciones que se consideran de escasa entidad, salvo las observadas en los ábsides 1 y 2, donde se concentran importantes grietas en la pilastra de encuentro.
- Se ha realizado un análisis comparativo entre los datos disponibles de la medición realizada en 2008 y la de 2013. Las diferencias obtenidas son poco significativas y se encuentran dentro del rango de error de la medición.
- Se ha efectuado un análisis teórico con los métodos de cálculo de la teoría clásica empleada para el dimensionamiento de las estructura de muros de piedra. Los resultados obtenidos aportan una adecuada seguridad para la estabilidad de la fábrica.
- El seguimiento realizado por la empresa Enmacosa durante más de un año con regletas de medición de abertura de fisuras ha dado como resultado que no se han detectado desplazamientos durante todo el período de control, junio de 2009 a junio de 2010.
- La inspección detallada de las lesiones de los muros muestran una elevada antigüedad, no existiendo indicios de lesiones relacionadas con movimientos recientes de la estructura.

Por todo ello, se puede concluir que el conjunto de las ruinas de la antigua iglesia de Santo Domingo, situada en Pontevedra, se encuentra en una situación estable, no presentando riesgos estructurales globales que pongan en duda su estabilidad.

Una vez garantizada la estabilidad del conjunto deberán acometerse las actuaciones encaminadas a garantizar las condiciones de conservación del conjunto histórico y, tal como se indicó en el Informe Preliminar emitido por CAPITEL con fecha septiembre de 2013, garantizar el riesgo frente a la caída de elementos o pequeñas porciones de la fábrica que puedan encontrarse en situación de inestabilidad.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

9.2. Recomendaciones de actuación

De acuerdo con lo expuesto en este Informe, se formulan una serie de recomendaciones de actuación que, a nuestro juicio, deben ser abordadas para garantizar la conservación a medio plazo del conjunto monumental:

9.2.1. Consolidación de zonas con grietas, desplazamientos y pérdida de material

Las zonas que presentan oquedades severas en el muro, grietas con separaciones entre labios superiores a 3 centímetros, deben ser tratadas con objeto de garantizar la cohesión del muro y su funcionamiento como conjunto, así como evitar la entrada de elementos agresivos y de lavado del interior de los muros:

- Deberá realizarse un relleno de las oquedades mediante ripio de piedra granítica recibida con mortero bastardo de cemento blanco hidrófugo y cal apagada en obra.
- En algún caso puntual, como en el contrafuerte del ábside 5, deberá recolocarse alguna de las piezas de cantería procediendo a un desmontaje y montaje cuidadoso recibido con un mortero de rejuntado, de modo que quede garantizada la traba de la fábrica.

9.2.2. Saneado y reposición de juntas

Se ha observado la carencia de rejuntado en multitud de piezas de la fábrica de piedra, si bien no resulta crucial para la resistencia del edificio, sí supone una vía de penetración para los agentes exteriores que afectan al núcleo de los muros. Para ello se recomienda:

- Proceder al rejuntado de los sillares en las zonas que sea necesario con un mortero adecuado y que no suponga la aportación de sustancias químicas que puedan generar daños en la piedra. Asimismo, deberá verificarse la tipología de junta, color y textura más adecuada para las condiciones de conservación de conjunto histórico.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

9.2.3. Limpieza de los muros

Para la realización de la limpieza de los muros, y sometidos a las indicaciones que puedan realizar los especialistas en restauración y patrimonio, se proponen dos tipos de actuación:

- Limpieza de elementos singulares: tallas, capiteles, zonas con restos de pinturas murales: realizada por un especialista restaurador incluyendo: limpieza en seco de depósitos superficiales, polvo y detritus mediante proyección de aire y cepillo, limpieza química con sustancias a determinar en función de las tipologías de las manchas, y por último lavado con disolución neutra y chorro de agua caliente con repaso de juntas.
- Limpieza de paños de fábrica mediante proyección a muy baja presión o aplicación manual de arenado fino y agua.

9.2.4. Tratamiento de humedades

Los muros se encuentran afectados por el ambiente húmedo de su enclave, pero se han observado una serie de lesiones y agravamientos de los efectos de la humedad que podrían ser mitigados con las siguientes actuaciones:

- Disposición de sumideros en el patio exterior del recinto de las ruinas de modo que se garantice la evacuación de las aguas de lluvia, que de acuerdo con la información verbal aportada por responsables del Museo, se acumula el agua de manera destacable después de que se produzcan lluvias abundantes.
- Realización de una canaleta de ventilación adosada al arranque de la fábrica que aleje la humedad del jardín exterior existente de los muros de piedra.

9.2.5. Fijación de las pilastrillas central de ventanas del ábside

Tal como se ha descrito en el informe, las pilastrillas centrales del ábside 1 se encuentran fuertemente desplazadas y con una elevada inestabilidad. Para limitar el riesgo de desplome, se recomienda:



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

- Estudiar la posibilidad de disponer un elemento metálico a modo de fleje que arriestre la pilastrilla a las jambas de la ventana, tal como existe en las ventanas del ábside 3.

9.2.6. Limitadores de la presencia de aves

La presencia de aves genera productos químicos que atacan a la piedra, para ello se recomienda:

- Deberán completarse y extenderse las actuaciones ya realizadas para limitar la presencia de aves y su potencial agresión.

9.2.7. Propuesta de protección de ventanas

A la vista de la severa degradación que sufre la piedra en las zonas afectadas por la entrada de agua a través de las ventanas y las deposiciones de las aves, se realiza la siguiente propuesta para su estudio:

- Disposición de vidrios o elementos similares en las ventanas, que sean compatibles con el conjunto monumental y que eviten la entrada masiva de agua y la presencia de aves.

En este sentido, cualquier actuación sobre el conjunto monumental encaminada a su protección de los agentes agresivos exteriores, contribuirá, con toda seguridad, a la mejor conservación del mismo.



Estudio de evaluación estructural y de estabilidad de las ruinas
de la iglesia de Santo Domingo, Pontevedra

Este documento consta de 76 páginas correlativamente numeradas.

Se adjuntan dos Anexos al presente informe:

- Anexo I: Copia del informe de levantamiento mediante láser escáner de la estructura
- Anexo II: DVD en el que se incluye:
 - o Copia en formato pdf del documento del presente Informe.
 - o Todos los planos elaborados: planos generales, desplomes, secciones, lesiones por paños, etc., en formato Autocad (dxf).
 - o Los archivos del láser escáner realizado con las nubes de puntos tomadas, en formato compatible con programas de CAD, tipo Autocad.
 - o Colección completa de fotografías realizadas durante las labores de inspección, las incluidas en el informe han sido las que se han considerado más representativas.

Vigo, 9 de diciembre de 2013.



Javier de la Puente Crespo
Profesor del Área de Ingeniería de la
Construcción. Universidad de Vigo



Pedro de la Puente Crespo
Arquitecto