

MODIFICACIÓN 01 DEL
PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN PARA LA
RESTAURACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL
RÍO TAJO EN TRILLO (GUADALAJARA)

UBICACIÓN: Calle del puente s/n, Trillo (Guadalajara)

PROMOTOR: AYUNTAMIENTO DE TRILLO

AUTOR: Luis Aguilar Romanos y Daniel Ximénez de la Torre

FECHA: Abril 2024

ANEXOS

XIMÉNEZ
arquitectos

LA
AR



C/Teniente Figueroa 7 19001 Guadalajara · 949 21 22 17 · info@ximenezarquitectos.com

Federico Moreno Torroba 9 28007 Madrid · Tel. 914 433 09 31 · www.peritoarquitectomadrid.com

MODIFICACIÓN 01 DEL
PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN PARA LA
**RESTAURACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL
RÍO TAJO EN TRILLO (GUADALAJARA)**

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

I. PROYECTO

- I.1. Memoria
- I.2. Planos
- I.3. Mediciones y presupuesto
- I.4. Plan de control
- I.5. Pliego de condiciones
- I.6. Estudio básico de seguridad y salud Fase I
- I.7. Estudio básico de seguridad y salud Fase II
- I.8. Estudio de gestión de residuos
- I.9. Manual de uso y mantenimiento
- I.10. Plan de obra

II. ANEXOS

- II.1. Anexo I: Informe Petrológico
- II.2. Anexo II: Caracterización de morteros
- II.3. Anexo III: Plan de desamiantado



MODIFICACIÓN 01 DEL
PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN PARA LA
RESTAURACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL
RÍO TAJO EN TRILLO (GUADALAJARA)

UBICACIÓN: Calle del puente s/n, Trillo (Guadalajara)

PROMOTOR: AYUNTAMIENTO DE TRILLO

AUTOR: Luis Aguilar Romanos y Daniel Ximénez de la Torre

FECHA: Abril 2024

ANEXO I: INFORME PETROLÓGICO

XIMÉNEZ
arquitectos

LA
AR



C/Teniente Figuerola 7 19001 Guadalajara · 949 21 22 17 · info@ximenezarquitectos.com

Federico Moreno Torroba 9 28007 Madrid · Tel. 914 433 09 31 · www.peritoarquitectomadrid.com

La piedra del Puente de Trillo (Guadalajara)

Informe petrológico para
la evaluación de su estado
de conservación

David Sanz Arauz
Profesor de la ETS. Arquitectura de la
UPM
Geólogo colegiado con nº 3814



Madrid, octubre 2016

Índice

Objeto del estudio	3
Estudio experimental	4
Materiales y métodos	4
Muestras tomadas.....	4
Difracción de Rayos X (DRX).....	5
Microscopía Óptica de Polarización (MOP).....	5
Ensayo de propiedades físicas.....	6
Resultado de los ensayos	7
Difracción de Rayos X	7
Microscopía Óptica de Polarización.....	10
Constantes físicas	12
Interpretación de resultados	13
Conclusiones	14

Objeto del estudio

El presente trabajo tiene por objeto la caracterización de la composición química y mineralógica de tres muestras procedentes del Puente de Trillo. Para determinar con la mayor certeza posible la composición del material, se realiza un estudio a través de una batería de técnicas instrumentales (Difracción de Rayos X, Microscopía Óptica de Polarización y Determinación de constantes físicas mediante balanza hidrostática).

Este informe se redacta a petición del Ayuntamiento d Trillo, a sugerencia del equipo de estudios previos del puente, compuesto por los arquitectos Luis Aguilar y Daniel Ximénez, y por el arqueólogo Antonio Batanero. El presente informe se realiza a través del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Universidad Politécnica de Madrid, practicándose los ensayos en el Laboratorio de Materiales de Construcción Luis de Villanueva de la UPM y en el Centro de Apoyo a la Investigación de Técnicas Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, éste último certificado según la norma ISO 9001: 2008 para los ensayos empleados en este informe.

Estudio experimental

Materiales y métodos

Muestras tomadas

Se han tomado tres muestras del puente, todas en la vertiente aguas abajo del puente, en la zona cercana a jardines (Figura1). Se tomaron muestra en tres localizaciones correspondientes a texturas diferentes.

- AD1. Piedra tipo arenisca alterada superficialmente
- AD2. Piedra tipo arenisca alterada superficialmente
- AD3. Piedra tipo arenisca alterada superficialmente



Figura 1. En la imagen se distinguen bien los tres tipos de piedra mencionados, correspondiendo a las muestras AD1, AD2 y AD3

Los ensayos que se han realizado son los siguientes:

- Análisis mineralógico mediante Difracción de Rayos X
- Microscopía Óptica de Polarización
- Ensayo de propiedades físicas mediante balanza hidrostática

Los métodos de ensayo se describen a continuación.

Difracción de Rayos X (DRX)

La Difracción de Rayos X es una técnica instrumental de tipo físico, en la que en el método del polvo cristalino, una muestra pulverizada y tamizada a tamaño muy fino, es bombardeada con rayos X, colocada en una pletina metálica de aluminio, en un soporte que gira frente a un haz de rayos generados en un tubo de rayos X.

El fraccionamiento por pulverización y el giro de la muestra permiten que se produzcan colisiones de los rayos X con todos los átomos presentes en las distintas configuraciones cristalográficas y minerales.

Los rayos X, al atravesar los cristales interactúan con los electrones de los átomos y dispersan su radiación en forma de trenes de ondas. Cada interferencia constructiva entre los sucesivos trenes de ondas energéticas, que se analizan mediante la Ley de Bragg, relacionando el ángulo de incidencia de los rayos con el espaciado intercapa y la intensidad de cada reflexión.

En el método del polvo cristalino el resultado es un diagrama de intensidades y espaciados a determinados ángulos de difracción. Cada sustancia mineral tiene tres líneas de intensidad máxima en cada diagrama, que son las que permiten su identificación.

Microscopía Óptica de Polarización (MOP)

El microscopio óptico de polarización o petrográfico además de la óptica habitual de microscopía, tiene un cristal polaroide, denominado polarizador situado en la parte inferior de la pletina que transmite luz polarizada N-S, y otro polaroide, denominado analizador, montado entre el objetivo y el ocular, que transmite sólo la luz que vibra E-O. Estos cristales polaroides permiten la identificación de los minerales según su comportamiento óptico ante la luz polarizada, atravesando los materiales en preparaciones de láminas delgadas consolidadas con resina epoxi debido al tipo de material.

Mediante el estudio de microscopía óptica se ha obtenido información sobre la mineralogía (fases minerales mayores, menores y trazas) de las muestras de los morteros.

La Microscopía Óptica de Polarización es una técnica versátil para materiales con un tamaño de grano apreciable en su rango de aumento. Debido a que para la observación hay que preparar láminas delgadas por pulido y desgaste, en materiales relativamente blandos como es el caso de los morteros históricos las operaciones de preparación son especialmente delicadas pese a haberse realizado una consolidación con resinas epoxídicas, pues hay que realizar el desbaste y pulido en ausencia de agua y cuidando de no alterar la porosidad de la muestra ni provocar la ruptura de granos.

Ensayo de propiedades físicas

Los valores de las constantes físicas analizadas sirven para caracterizar el comportamiento del material, sobre todo en relación al agua

Estas constantes suponen una batería de propiedades que se determinan con el método de las pesadas hidrostáticas, procedimiento que permite determinar los valores de Densidad aparente, Porosidad accesible al agua y Coeficiente de absorción.

Resultado de los ensayos

Difracción de Rayos X

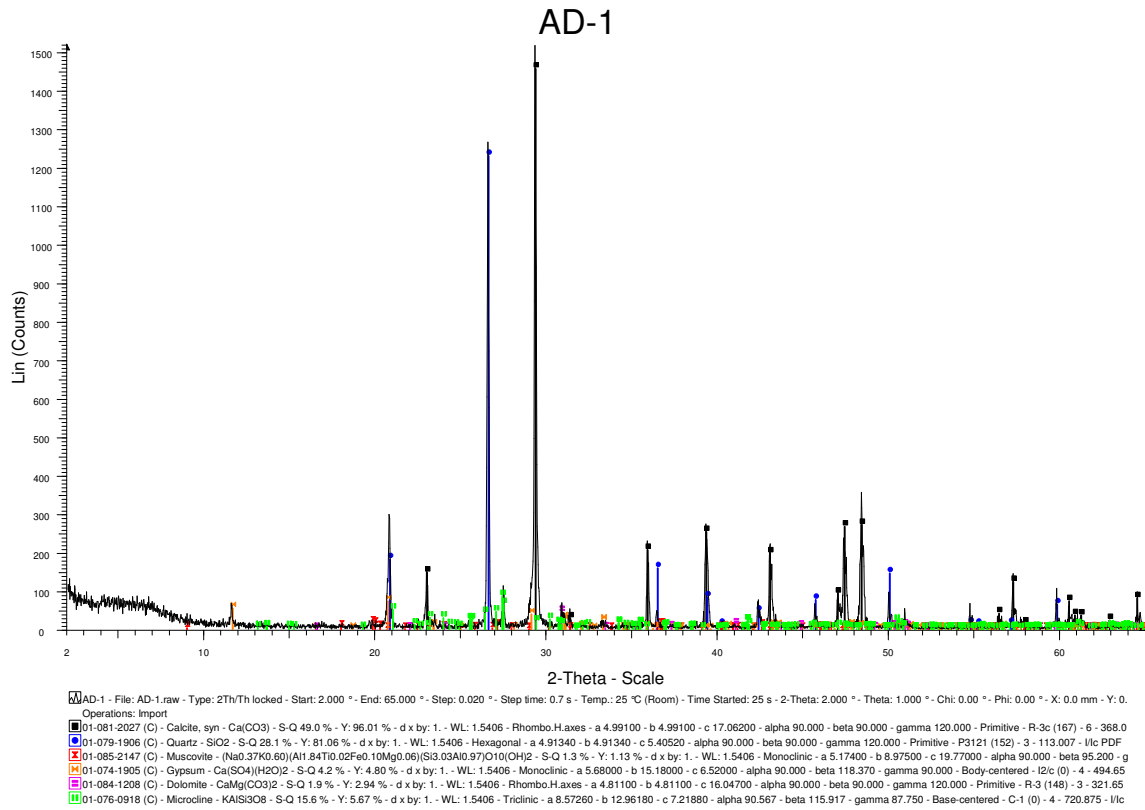


Figura 2. Difractograma de la muestra AD 1

Minerales identificados ordenados según su abundancia:

- Calcita
- Cuarzo
- Feldespato potásico
- Filosilicatos
- Yeso
- Dolomita

Informe sobre la piedra del Puente de Trillo (Guadalajara)

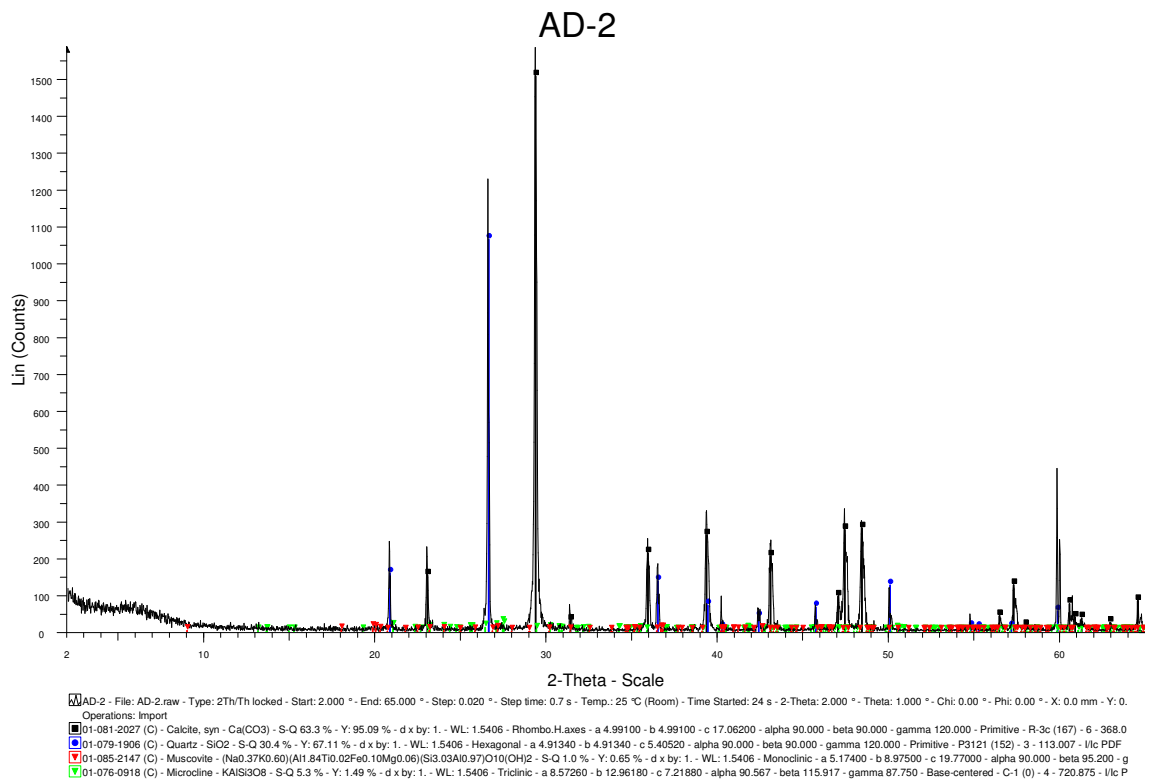


Figura 3. Difractograma de la muestra AD2

Minerales identificados ordenados según su abundancia:

- Calcita
- Cuarzo
- Feldespato potásico
- Filosilicatos

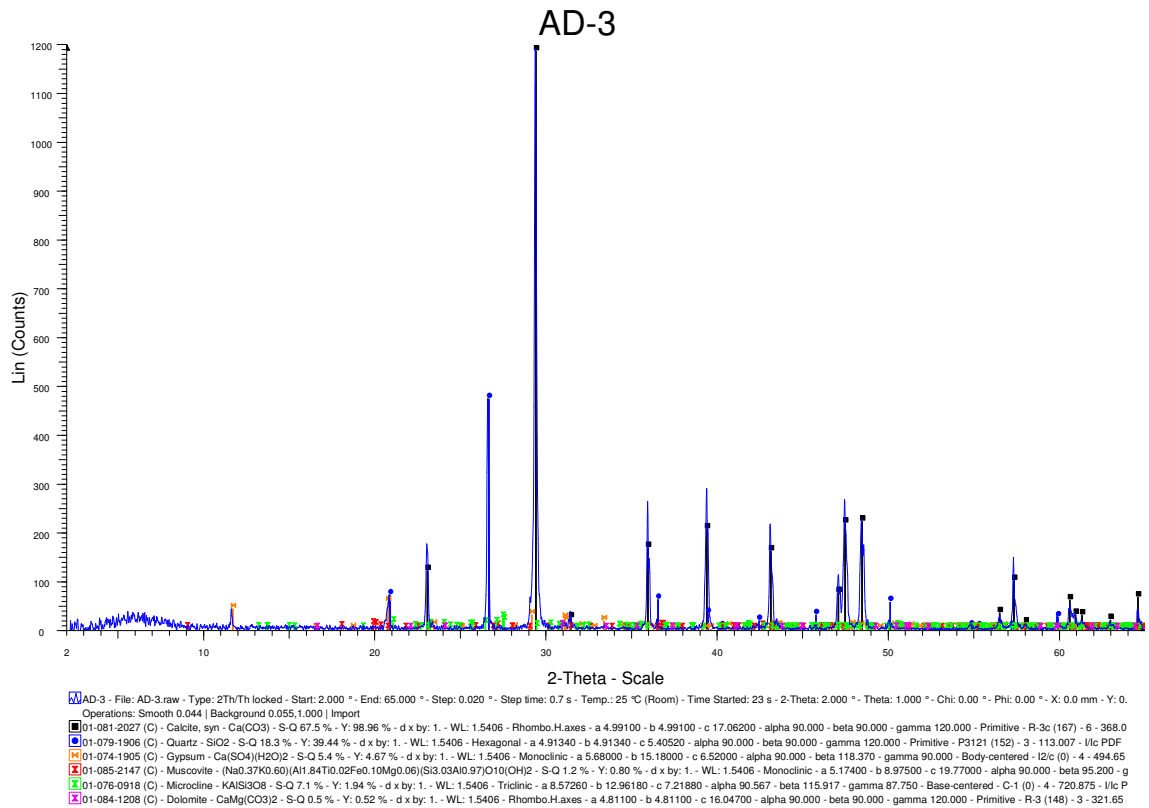


Figura 4. Difractograma de la muestra SI3 (piedra roja)

Minerales identificados ordenados según su abundancia:

- Caolinita
- Cuarzo
- Feldespato potásico
- Filosilicatos
- Yeso

Microscopía Óptica de Polarización

Muestra AD1

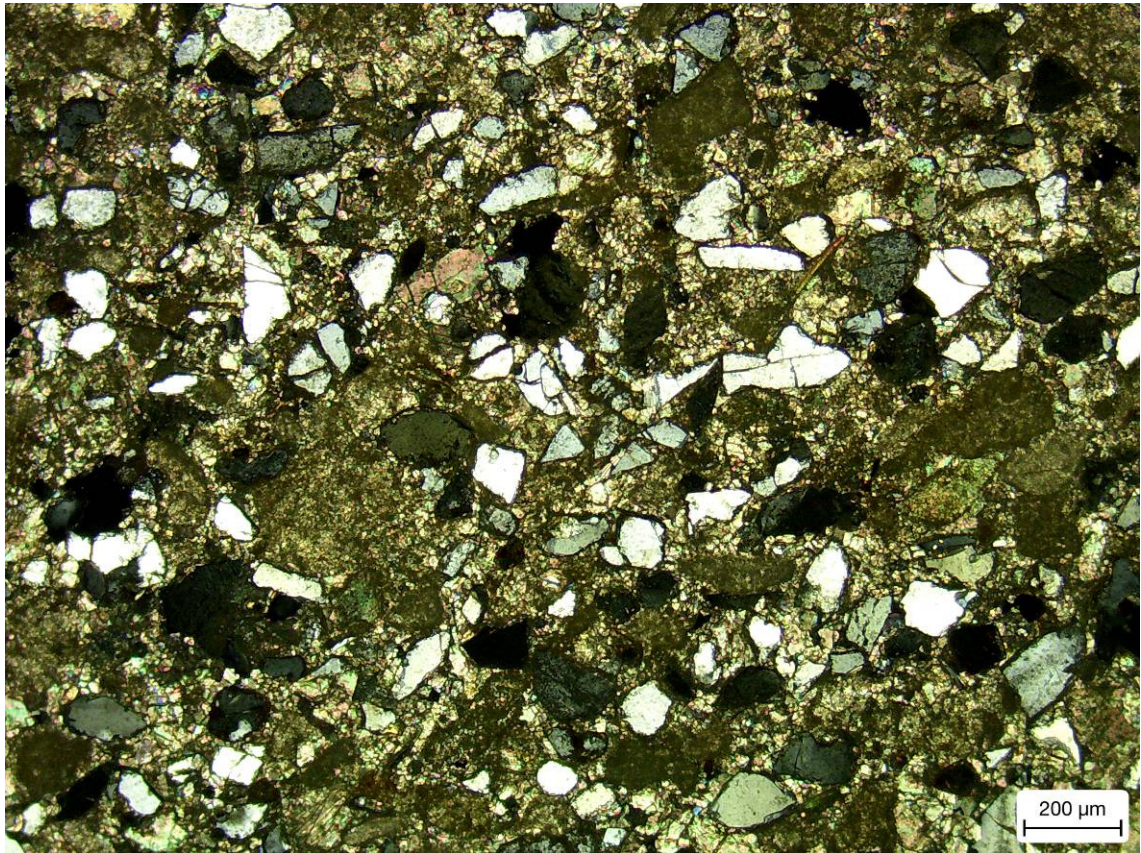


Figura 5. Muestra AD1 50x nícoles cruzados

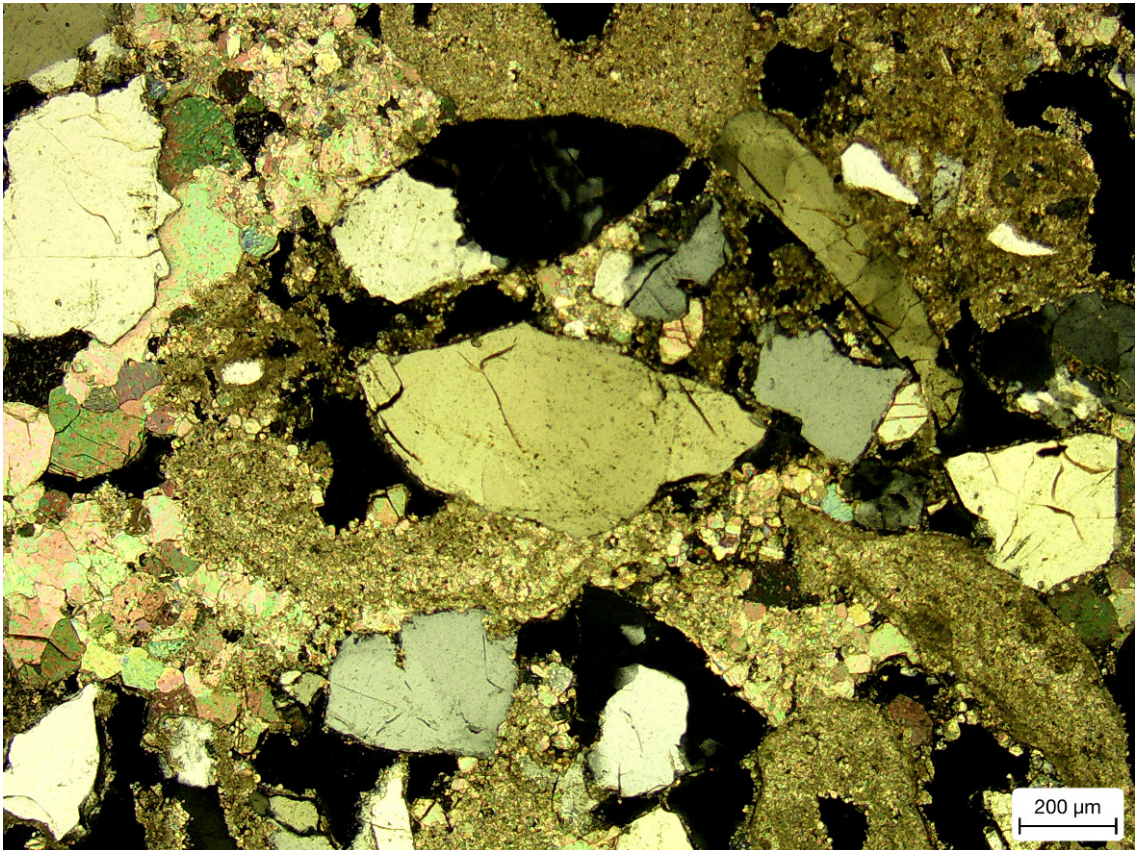


Figura 6. Muestra AD2 50x nícoles cruzados.

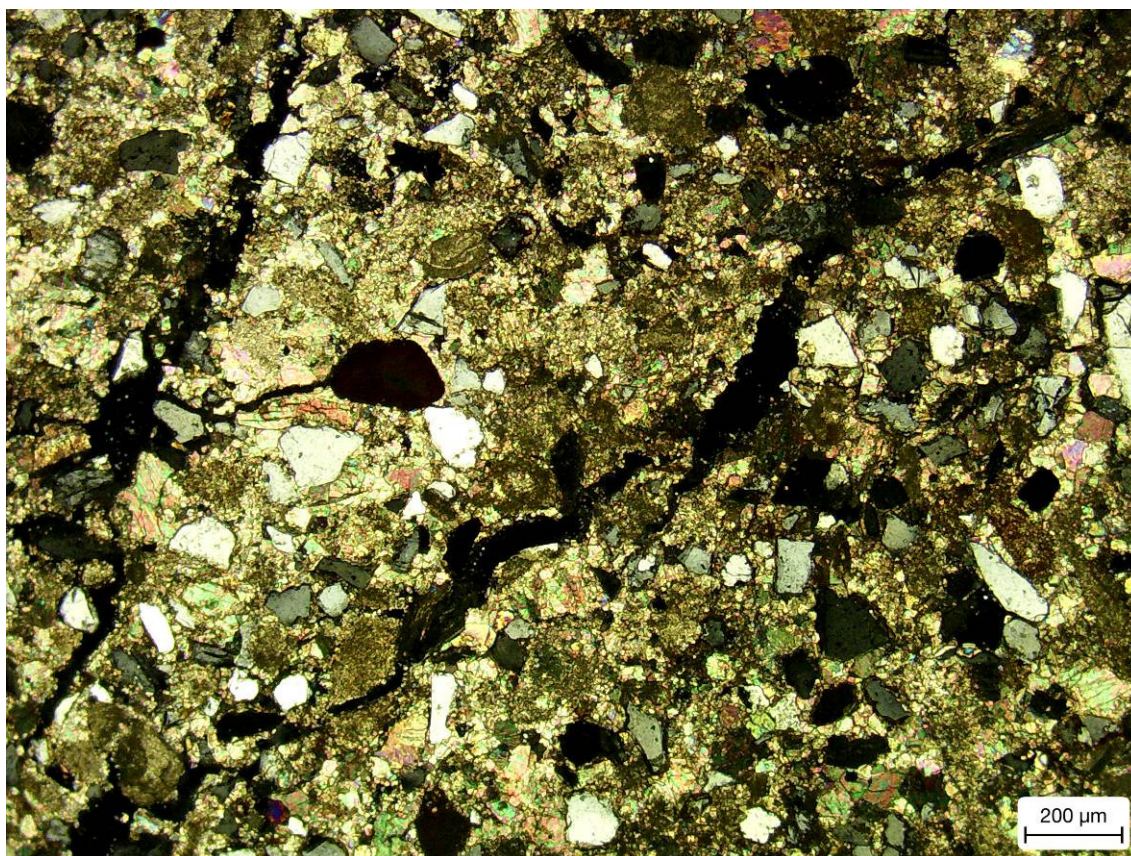


Figura 7. Muestra AD3 50x nícoles cruzados.

Constantes físicas

A partir de la saturación por inmersión y pesada en balanza hidrostática se han alcanzado los siguientes resultados para las piedras y los morteros:

Tabla I. Constantes físicas de las piedras blanca (SI1, SI6), roja (SI3) y ocre (SI2 y SI6)

PIEDRAS	Coefficiente de absorción (%)	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad accesible al agua
AD1	6.6	2.1	14.0
AD2	6.3	2.2	13.6
AD3	6.0	2.0	11.4

Interpretación de resultados

Los resultados muestran una composición de las piedras del monumento que se asemeja a una roca detrítica tipo arenisca, con fábrica de minerales silíceos: cuarzo y feldespatos, fundamentalmente; y una matriz de carbonato cálcico. Se han encontrado algunos minerales arcillosos en las muestras AD1 y AD3, que pueden corresponder a alteraciones de los feldespatos. También se han hallado yeso y dolomita, como minerales secundarios.

Tabla II. Composición mineral comparada de las piedras

AD1	Calicita	49
	Cuarzo	28
	Feldespato potásico	15.5
	Filosilicatos	1.5
	Yeso	4
	Dolomita	2

AD2	Calcita	63.5
	Cuarzo	30.5
	Feldespato potásico	5
	Filosilicatos	1

AD3	Calcita	68
	Cuarzo	18
	Feldespato potásico	7
	Filosilicatos	1.5
	Yeso	5.5

Sus propiedades físicas (coeficiente de absorción 6 % y porosidad accesible del 11 al 14%) la sitúan en una posición intermedia de alterabilidad. No especialmente grave por sí sola, pero suficiente como para que, unido a otros factores como la humedad constante y el hielo, sean susceptibles de deterioro.

A partir de las observaciones de Microscopía Óptica se aprecia que la matriz carbonática se ha disuelto y ha reprecipitado en muchas zonas de las muestras. Esto es especialmente visible en los bordes de la porosidad secundaria, que es la producida por la pérdida de algún grano de cuarzo o feldespato. Estos poros tienen la forma de la silueta del árido perdido. En el entorno de estas siluetas (bordes de poro) se aprecian cristales de calcita de tamaño muy pequeño, signos típicos de un proceso de disolución y reprecipitación. Este fenómeno debilita la estructura y facilita la pérdida por desprendimiento de los granos de la fábrica con los cambios volumétricos térmicos e hídricos (Figuras 6 y 7).

Conclusiones

Las muestras del Puente de Trillo pertenecen a un mismo tipo de piedra pero con distintas facies, según el tamaño de grano y la coloración superficial, que va de grisáceo a rosa anaranjado.

Se trata de una arenisca con una matriz carbonática con una escasa presencia arcillosa. Tiene dos tipos de porosidad: una inicial que no representa un porcentaje muy elevado pero que en combinación con otros factores induce al deterioro por un fenómeno de recristalización que debilita la estructura y favorece la pérdida de material; y un segundo tipo de porosidad que es la generada por estas pérdidas.

Se recomienda evitar, en la medida de lo posible, las condiciones de humedad permanente en las partes altas del puente.

MODIFICACIÓN 01 DEL
PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN PARA LA
RESTAURACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL
RÍO TAJO EN TRILLO (GUADALAJARA)

UBICACIÓN: Calle del puente s/n, Trillo (Guadalajara)

PROMOTOR: AYUNTAMIENTO DE TRILLO

AUTOR: Luis Aguilar Romanos y Daniel Ximénez de la Torre

FECHA: Abril 2024

ANEXO II: CARACTERIZACIÓN DE MORTEROS

XIMÉNEZ
arquitectos

LA
AR



C/Teniente Figuerola 7 19001 Guadalajara · 949 21 22 17 · info@ximenezarquitectos.com

Federico Moreno Torroba 9 28007 Madrid · Tel. 914 433 09 31 · www.peritoarquitectomadrid.com



Universidad
de Navarra

VI Jornadas



FICAL

Fórum Ibérico de la Cal

Pamplona | 28-30 | Mayo | 2018

Tradición, versatilidad e innovación en la cal: un material de excelencia

VI Jornadas FICAL

Pamplona, 28-30 de mayo de 2018

Libro de Actas



Universidad
de Navarra



Tradición, versatilidad e innovación en la cal: un material de excelencia

VI Jornadas FICAL

Fórum Ibérico de la Cal

Libro de Actas

Livro de Atas

Editores:

José Ignacio Álvarez Galindo

José María Fernández Álvarez

Íñigo Navarro Blasco

Adrián Durán Benito

Rafael Sirera Bejarano

VI Jornadas FICAL – Fórum Ibérico de la Cal

Pamplona, 28-30 de mayo de 2018

La Organización de estas Jornadas se enmarca dentro de las actividades del Proyecto “Optimización de nuevos morteros de restauración de cal mediante combinaciones de aditivos y adiciones minerales puzolánicas” financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) con la signatura MAT2015-70728-P, y han contado con el patrocinio de Grupo Puma, Heidelberg Cement, Saint-Astier, Lhoist, Ancade, Gordillos y Unicmall.

Grupo de investigación MIMED

Departamento de Química

Facultad de Ciencias

<https://www.unav.edu/en/web/heritage-materials-environment/home>

mimed@unav.edu



© Servicio de Publicaciones

Universidad de Navarra

www.unav.edu

ISBN: 978-84-8081-604-5

URL: <http://hdl.handle.net/10171/52333>

Presentación	1
La cal en arquitectura	5
Cal y arquitectura tradicional gallega.....	7
La cal en el patio tradicional canario.....	19
Revestimientos con base en cal em monumentos de interesse histórico e patrimonial: Exemplos do repositório DB-HERITAGE.....	27
La cal como elemento bioclimático en la arquitectura tradicional canaria	39
Aplicaciones diversas de la cal.....	51
Cales aéreas especiales para morteros: el ejemplo de morteros de relleno para túneles.....	53
Propiedades de la cal en pasta obtenida a partir del tratamiento de fosfoyesos de la industria de fertilizantes.....	64
Aplicaciones de la cal en la ingeniería civil.....	76
Características de los morteros de cal.....	85
Comportamiento de fábricas de piedra tomada con mortero de cal	88
A avaliação do comportamento hídrico de argamassas com base em cal: O efeito dos agregados na capacidade de proteção	95
Incidencia de los valores de consistencia de los morteros de cal de elaboración artesanal en su comportamiento en estado endurecido	107
Análise experimental do fluxo de humidade em argamassas de cal aérea	118
Características de materiales con base cal	131
Caracterización de los morteros históricos del puente de Trillo (Guadalajara).....	133
Estuques Maneiristas de uma Igreja de Lisboa: Caracterização Material e Técnica	144
Metodología simplificada de identificación mediante MOP de las cales hidráulicas y los cementos naturales.....	155
Desafios atuais na análise e na replicabilidade de argamassas históricas à base de cal aérea	167
Cal en restauración / Nanocales y aditivos.....	179
Aditivos de origen natural: su influencia en la reactividad y propiedades de morteros de cal aérea e hidráulica.....	181
Estudio del comportamiento en estado endurecido de morteros de cal aérea con metacaolín y superplastificantes	194
Protocolos de intervención en la restauración del Edificio catalogado del Puerto de Barcelona	207
Morteros de relleno con base cal con adición puzolánica y diversos aditivos	217
Efecto del disolvente en la síntesis de nanocal.....	229
Cal como sustrato para incorporación de agentes fotocatalíticos	234
Hornos de cal	247
Tres hornos de cal en la isla de Gran Canaria. Tipologías y funcionamiento	249

Caracterización de los morteros históricos del puente de Trillo (Guadalajara)

Pablo Guerra García ⁽¹⁾, David Sanz Arauz ⁽²⁾, Antonio Batanero Nieto ⁽³⁾, Juan Carlos Batanero

Nieto ⁽³⁾, Israel J. Alcón García ⁽³⁾

(1) Universidad Politécnica de Madrid. p.guerra.garcia@gmail.com

(2) Universidad Politécnica de Madrid. david.sanz.arauz@upm.es

(3) ABN Patrimonio. abnpatrimonio@gmail.com

Resumen

En el año 2014 el ayuntamiento de Trillo se propuso realizar el estudio completo del puente de Trillo sobre el río Tajo, obra del s. XVI, y una de las obras públicas históricas de mayor relevancia en la provincia de Guadalajara. Se trata de una pieza con múltiples etapas constructivas y varias restauraciones, con una conservación compleja dado su estado patológico y su uso. Es por ello que la empresa de arqueología ABN Patrimonio, junto con la Universidad Politécnica de Madrid, desarrollaron un estudio sobre el estado del puente, que incluía el análisis de los morteros, a la par que se desarrollaban otros trabajos arqueológicos. Se tomaron un total de 14 muestras de morteros del puente de acuerdo con las especificaciones del equipo de arqueología añadiendo, además, muestras de algunas estructuras cercanas. Los análisis, que se efectuaron en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y en el CAI de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, comprenden un estudio mediante esterero-microscopía, difracción de rayos X, microscopía óptica de luz polarizada y microscopía electrónica de barrido con microanálisis.

Los resultados permitieron elaborar una tabla tipológica de morteros que recababa información sobre los conglomerantes empleados, los áridos, las dosificaciones e incluso algunas evidencias de los deterioros que estaban sufriendo las argamasas. También se identificaron microorganismos, diversidad en las dosificaciones, consistencias y tamaños variadas, etc. A partir del procesado conjunto de la información histórica, arqueológica y de los análisis químicos y mineralógicos se propuso un nuevo mortero para la intervención en obras de restauración, que fuera compatible con los materiales históricos del puente y su estado de conservación.

Esta investigación confirma el valor de los trabajos multidisciplinares en el campo del patrimonio cultural. No solo son necesarios desde el punto de vista de un mayor y más profundo conocimiento del pasado, sino de cara a la prevención y conservación de sus restos.

Palabras clave: caracterización, morteros históricos, puente, cal.

Introducción

El puente sobre el río Tajo en Trillo es obra del siglo XVI, aunque por el estudio histórico realizado, sabemos que hubo en el mismo punto, otro anterior de madera (*Estudios previos arqueológicos en el puente sobre el río Tajo en Trillo, Guadalajara*, dirigido por Antonio Batanero Nieto, Juan Carlos Batanero Nieto, Israel Jacobo Alcón García y con expediente de Cultura nº 14.1192). Además, en la base de la orilla izquierda, se aprecia un resto que podría pertenecer a una cimentación anterior. Está realizado íntegramente en sillería en sus alzados, y con una fuerte matriz de cal y canto en el interior. Se compone de un gran arco ligeramente carpanel que cubre un vano total de 20,283 metros. La altura desde la clave al nivel medio del río es de aproximadamente de 9,5 metros (Figuras 1 y 2).

El puente actual es resultado de una reforma realizada a principios de s. XX, en la cual se ampliaron los laterales de la calzada de aguas arriba, construyendo unos sobre estribos que descansan en los del s. XVI. En aquella obra también se elevaron los lomos del puente en cada orilla, suplementando en los laterales con bloques de piedra arenisca tallados en hiladas trapezoidales. También se sustituyó el pretil de piedra que había por una barandilla metálica, que quedó anclada sobre una línea de impostas que ha hecho las veces de acera para los peatones.

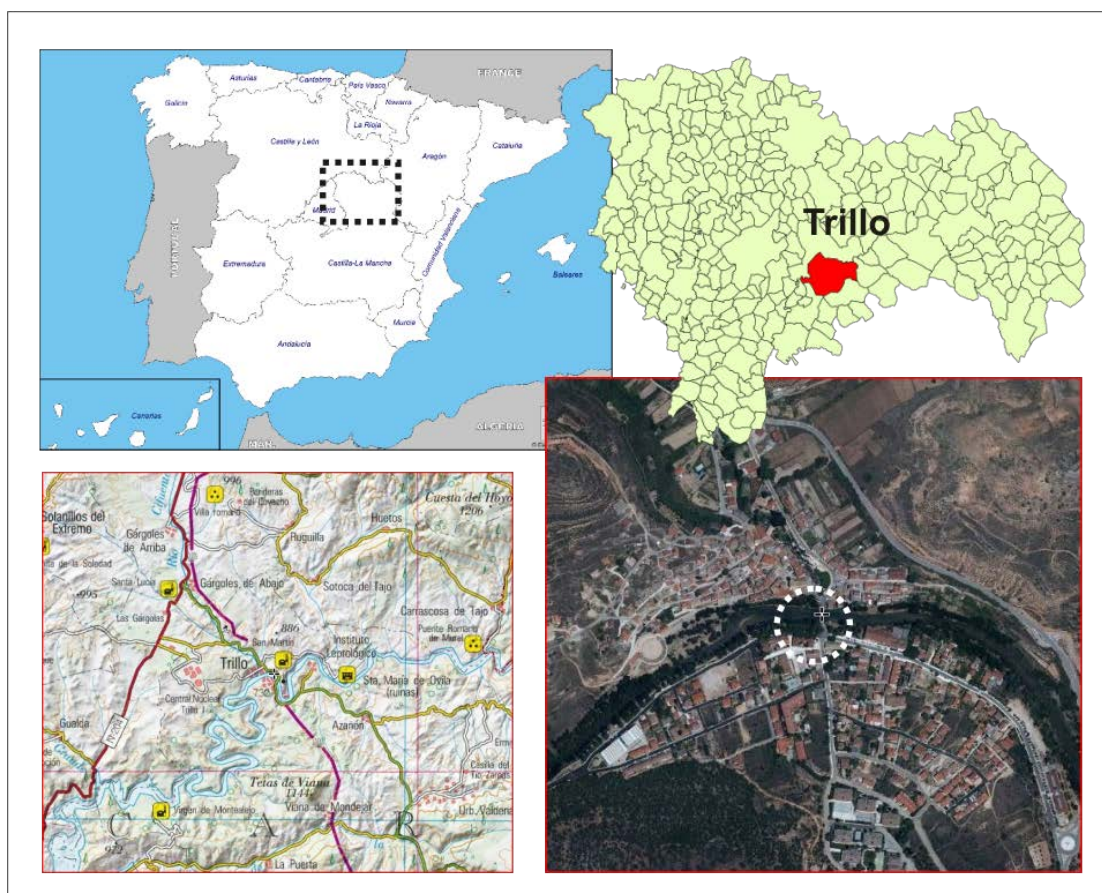


Figura 1: Emplazamiento del puente de Trillo, en la provincia de Guadalajara. Fuente: GoogleMaps.

Se conservan, de la Guerra Civil, dos oquedades sobre los estribos de aguas abajo, cuyo objetivo era el de alojar los explosivos para derruir el puente. Cosa que no llegó a producirse, pero que ha servido para que en este estudio se pudieran tomar muestras del alma de la edificación. De la fase anterior se conserva una postal en la que se aprecia el mencionado pretil, pero no era esa la estampa original del puente del siglo XVI, sino el resultado de la reparación realizada en 1826 por el Obispo de Sigüenza, sobre los restos de la voladura de la parte central del arco en el año 1810, durante la Guerra de la Independencia (Pérez Bodega, 1986).

En cuanto a la intervención arqueológica, consistió en cuatro sondeos de 2 x 1 m practicados de la siguiente manera: dos en la base del parapeto de aguas abajo, sobre el relleno de los estribos del s. XVI; uno en la base del muro de ampliación de principios de s. XX, en la orilla izquierda; y el último en la calzada, en la parte de unión entre el puente antiguo y el relleno de la estructura de ampliación de la calzada.

Para el asunto que nos ocupa, los sondeos más interesantes son los A y B, sobre los estribos del s. XVI. En ellos se tomaron algunas de las muestras del mortero de cal analizado. En éstos además se aprecian varios rellenos intencionados con el objeto de sembrar de jardín la superficie de los estribos. Capa de tierra que está transmitiendo humedad a los paramentos de sillería arenisca, y que por capilaridad está afectando a la piedra, con formación de eflorescencias, arenización, etc.



Figura 2: Detalle del puente desde aguas arriba y abajo (izquierda) y algunas instantáneas históricas (derecha). Fuente: ABN Patrimonio.

Metodología

Toma de datos y muestras

El procedimiento se inició con una exhaustiva documentación fotográfica de los puntos de muestra, contando con el trabajo y la ayuda de la dirección arqueológica, la cual facilitó la documentación fotogramétrica del puente (Figura 3). Tras el fotografiado de las zonas de muestreo, se retiraron los morteros pertenecientes en su mayoría a llagueados entre sillería. A la par, se fotografió tanto el proceso del muestreo como las muestras en sí, una vez extraídas. En total fueron trece muestras de aproximadamente 40/50 gramos cada una.

La extracción de las muestras se llevó a cabo por el equipo de investigación, siguiendo los estándares establecidos por los organismos internacionales, por algunas instituciones académicas internacionales y por recientes tesis doctorales defendidas (Bartos *et al.* 2000; (Elsen, 2006; Miriello, 2010; Guerra García, 2015), de tal forma que se ha respetado todo lo posible el estado de conservación de los paramentos originales. Además se buscaron puntos lo suficientemente ocultos para que el impacto visual fuese mínimo también, a la vez que se seleccionaban las muestras más representativas de la estructura (Tabla 1). Tras la extracción, no se procedió a la sustitución de los morteros por otro tipo de material. Este proceso de muestreo se encuentra bien documentado en otros trabajos publicados y que han sido consultados previamente (Boscheti *et al.* 2008; Hughes y Callebaut, 2000; Mertens *et al.* 2009).

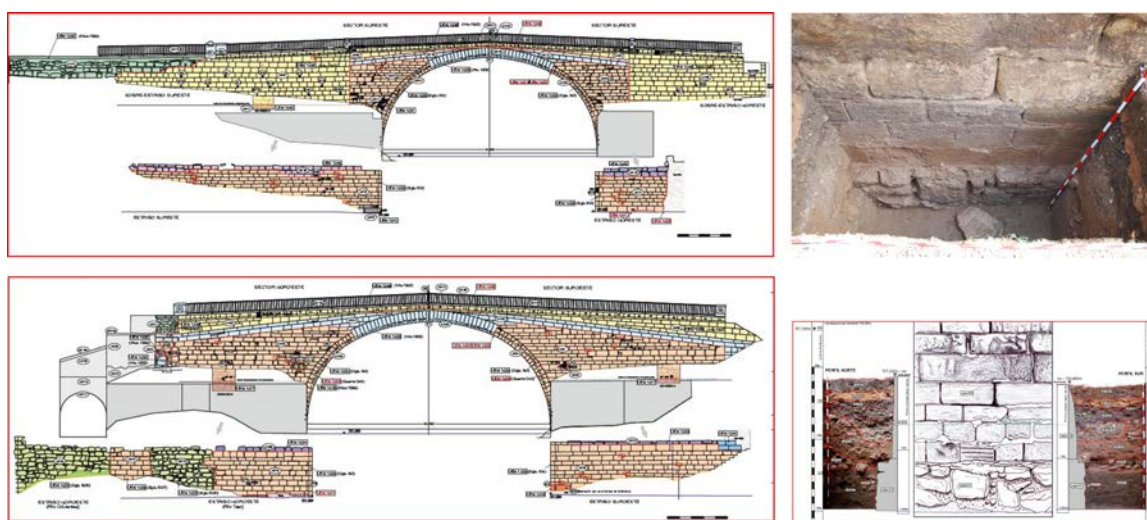


Figura 3: Lectura de paramentos del puente y columna estratigráfica del sondeo B, en el que se tomaron algunas muestras de mortero. Fuente: ABN Patrimonio.

En líneas generales las muestras corresponden a morteros de áridos silíceos de origen fluvial, poco troceados en donde destacan a simple vista, cuarzos y micas. Todos ofrecen un aspecto limpio, consistente al tacto y con tamaños finos. Algunas muestras sí sufren algún desprendimiento al tacto, probablemente por el exceso de humedad (muestras próximas al río).

Tabla 1: Resumen de las muestras analizadas y su localización.

Muestra	Ubicación	Muestra	Ubicación
PTR1	Parapeto, aguas abajo	PTR8	Contrafuerte lateral, aguas abajo
PTR2	Parapeto, aguas abajo	PTR9	Contrafuerte lateral, aguas arriba
PTR3	Parapeto, aguas abajo	PTR10	Contrafuerte lateral, aguas arriba
PTR4	Parapeto, aguas abajo	PTR13	Arranque de arcada, intradós de arco
PTR5	Parapeto (detonación), aguas abajo	PTR14	Arranque de arcada, intradós de arco
PTR6	Parapeto (detonación), aguas abajo	PTR15	Arranque de arcada, intradós de arco
PTR7	Parapeto, aguas abajo	Las muestras PTR11 y PTR12 corresponden a sedimentos.	

Macroscopía

La macroscopía trata de localizar e identificar de forma visual, todos los componentes que forman parte del material, tanto orgánico como inorgánico, determinando su interacción, su ordenamiento y su distribución (Doebley y Spitzer, 1996). En esta fase se pueden determinar los componentes pero también la relación entre ellos, el estado de conservación y los patrones constructivos. Los ensayos macroscópicos destacan por el uso del estéreo-microscopio que, a diferencia del microscopio, permite una visión del material por reflexión, facilitando ver los objetos de forma natural ampliada hasta determinados aumentos. La observación es generalmente del conjunto, principalmente debido a la amplitud del campo de visión. La visión estereoscópica, o también llamada sensación de relieve, se consigue cuando cada ojo recibe imágenes con distintos planos del objeto.

Esta fase se centra en conocer los materiales constructivos de cara la restauración de edificios históricos o para la identificación de los componentes visuales. Permite, entre otras cosas, identificar la distribución de los áridos, los cuales pueden estar dispersos de forma más o menos ordenada. Esta ordenación se puede catalogar en función de la orientación, el tamaño o la concentración/dispersión de las arenas, los granos cerámicos, etc. (Alejandre Sánchez *et al.* 2004; Ingham 2010).

Difracción de rayos X, Microscopía Electrónica de Barrido

En este caso, por un lado, se han empleado las técnicas de DRX con el método del polvo cristalino, con una semicuantificación a partir de los poderes relectantes de los componentes más representativos, según el método de Chung a partir de las tres direcciones planos cristalográficos (*hkl*) de mayor intensidad, así como Microscopía Electrónica de Barrido por Microanálisis.

Las condiciones experimentales y de los equipos han sido:

Difractómetro Bruker D8 Advancer, trabajando según una geometría Bragg-Bentano, provisto de una fuente de rayos X con un ánodo de cobre de alta estabilidad y con un detector energía dispersiva SOL-X. Las mediciones se han efectuado en un rango de 2 a 50° 2θ con un tiempo de paso de escaneo de un segundo, el ángulo de divergencia se limitó a 0,02° 2θ.

El software empleado para la adquisición, proceso y evaluación de datos ha sido el EVA DIFFRACplus. Para la Microscopía Electrónica de Barrido se ha empleado un equipo JEOL JSM-

820 con microanálisis asociado, dotado de un detector de electrones secundarios y un software Oxford ISIS-Link.

Resultados

Caracterización macroscópica

En primer lugar, y relativo a los componentes que se han localizado, se podría decir que todas las argamasas presentan áridos de origen fluvial. En líneas generales se presentan los cuarzos, feldspatos y micas poco troceados y seleccionados, así como ofrecen un aspecto limpio y un tamaño pequeño (posible selección), poco o nada aristados y acompañados por fragmentos de cuarzos de mayor tamaño en la muestra PTR8. Además argamasas presentan una textura muy uniforme, propia de una mezcla aceptable (Figura 4). Los nódulos de cal que se han identificado responden a efectos posteriores propios de la recarbonatación, generando cierta pérdida de cohesión vinculada con la absorción en exceso de humedad. Es más evidente en las muestras PTR5, PTR7 y PTR9. Caso aparte son las muestras PTR13, PTR14 y PTR15, en donde la cal queda prácticamente disgregada por la saturación de agua.

En cuanto al estado de conservación y características básicas de la mezcla, en líneas generales habría que diferenciar tres tipos de muestras en función de la consistencia: por un lado, las muestras que presentan un aspecto consistente e incluso robusto (PTR6); muestras que presentan un aspecto consistente aunque con cierta disgregación de los áridos (PTR1, PTR2, PTR3, PTR4, PTR6, PTR7, PTR8 y PTR10); y muestras que presentan un aspecto poco consistente (PTR5, PTR9, PTR13, PTR14 y PTR15).

Las muestras PTR5 y PTR9 reaccionan de forma muy endeble incluso al tacto, como consecuencia del deterioro gradual que sufren por el exceso de humedad absorbida. Este efecto genera la aparición de alteraciones, mucho más profundas, así como la pérdida de material (especialmente de los áridos). No obstante el estado de conservación de las muestras es, en líneas generales, aceptable a pesar de la presencia de humedad en todas las mezclas.

En cuanto a la distribución de los áridos, las muestras analizadas presentan un aspecto relativamente ordenado y con unas dimensiones de grano reducidas, con la excepción de la muestra PTR8, en donde el mortero es un hormigón por la presencia de áridos de más de 3 mm de diámetro (gravas). En todas las muestras es predominante la heterometría de los granos, con unas dimensiones pequeñas en líneas generales.

Desde el punto de vista de la técnica de fabricación de argamasas, las muestras tomadas del puente de Trillo no presentan muchas diferencias con respecto a otras fábricas documentadas del mismo periodo. Estos morteros, denominados *de juntas*, solían ser de diversos tipos y dosificaciones, reproduciendo en la mayoría de las veces viejos modelos procedentes de oficiales y artesanos de época romana (Adam, 1996; Ambròs i Monsonís, 2000; MacKay, 1975).

En cuanto al estado de conservación se han documentado los deterioros habituales en estructuras de este tipo, relacionados en su mayoría con el exceso de humedad o la ausencia de ventilación, sobre todo en los morteros inferiores, cercanos al curso fluvial o por debajo de la capa vegetal. Todos ellos están bien estudiados y se conocen tanto las causas como las consecuencias (Magalhaes y Veiga 2009; Sabbioni *et al.* 2002), así como los procedimientos necesarios para su restauración (Arioglu y Acun, 2006).

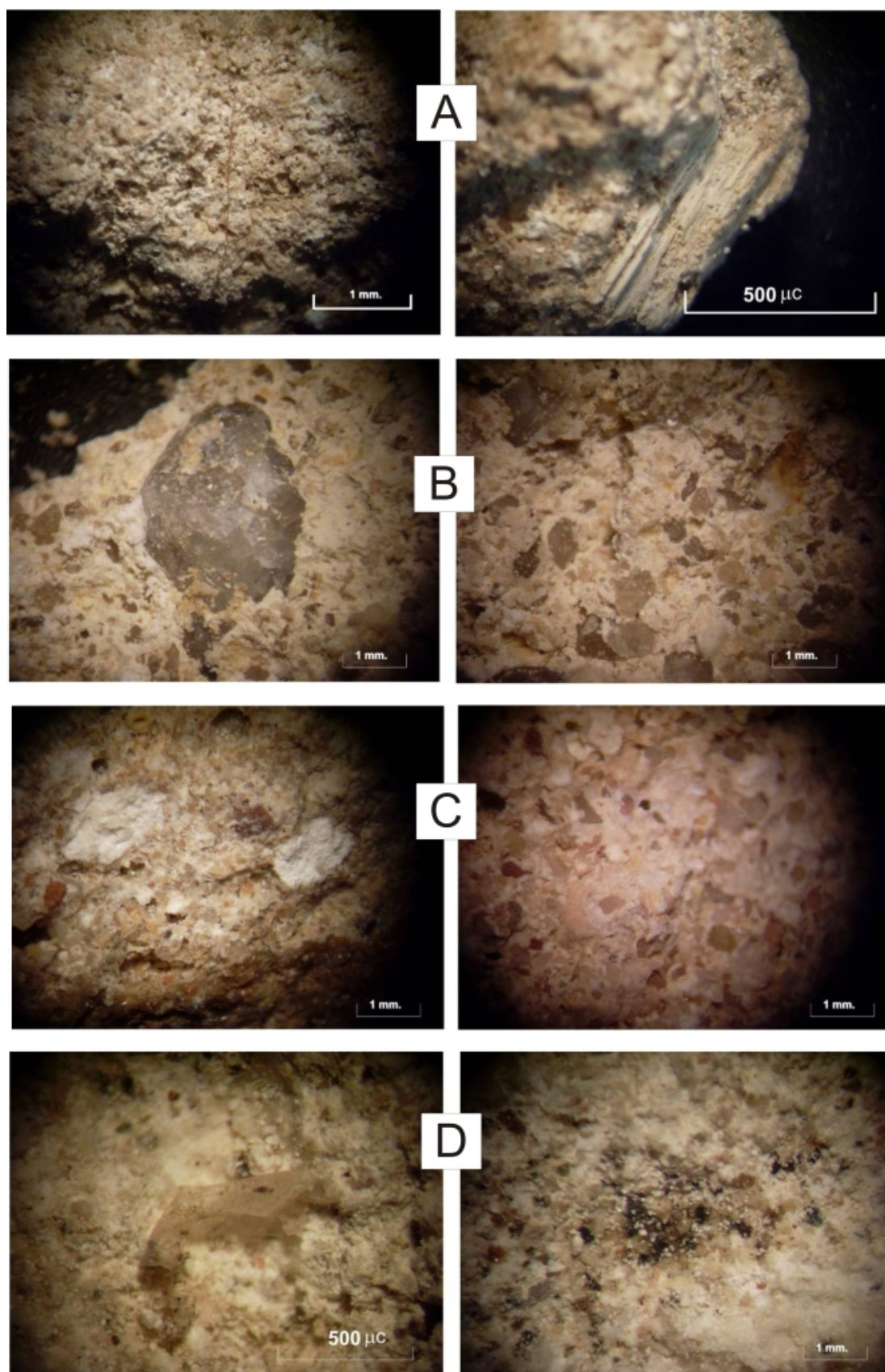


Figura 4: Imágenes de la caracterización macroscópica de diversas muestras: A) PTR1; B) PTR8; C) PTR10; y D) PTR14.

Caracterización mineralógica

Los diagramas obtenidos muestran una mineralogía similar, aunque se han identificado algunas variaciones que nos permiten agrupar las muestras en varios tipos composicionales (Tabla 2).

Un primer grupo lo constituyen las muestras PTR1, PTR2, PTR3 y PTR4, en los que se ha identificado en todos ellos la presencia de dolomita, con un porcentaje en torno al 5-6%.

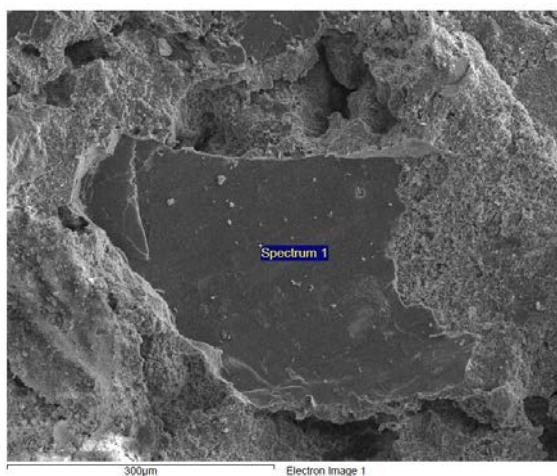
Las muestras PTR5 y PTR6, se diferencian de las anteriores en que no se han encontrado restos de dolomita, lo cual lleva a pensar que se trata de un mortero con un tipo de cal distinta. Estas muestras además se ven afectadas por sales, en especial la muestra PTR6 en la que se han detectado cloruros.

La muestra PTR7 es un caso especial, con un alto contenido en cal y con una matriz calcítica muy cerrada en su vista de microscopio electrónico, lo que lleva a pensar en una elaboración especialmente cuidada para este mortero. Tampoco se detecta dolomita en su composición. En el microscopio electrónico se observan nódulos que podrían corresponder a óxidos de calcio sin hidratar, procedentes de un apagado irregular.

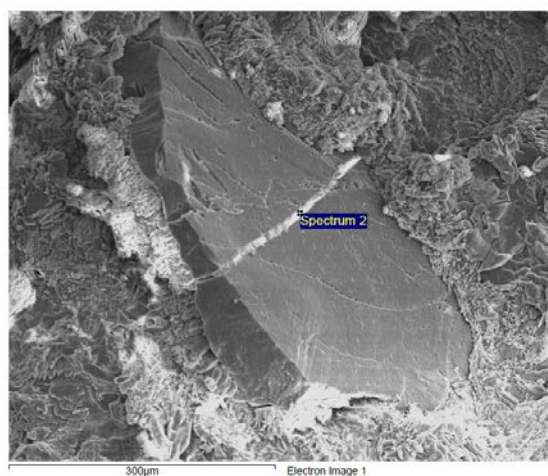
Por otra parte las muestras PTR8, PTR9 y PTR10 son muestras en las que se identifica una proporción significativa de yeso. En todas estas muestras se observan compuestos de alteración mineral. La muestra PTR9 tiene varias colonias de organismos biológicos con minerales de neoformación o bacterias. La dosificación de la muestra PTR10 es más homogénea que en las otra dos (Figura 5).

Las muestras PTR13, PTR14 y PTR15 tienen una importante presencia de yeso, en especial la PTR14. En la muestra PTR13 se identifican colonias de posibles diatomeas (restos biológicos de composición silícea).

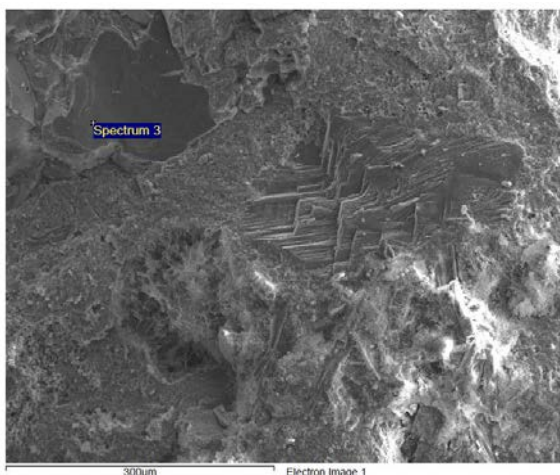
PTR1, Spectrum 1



PTR10, Spectrum 2



PTR7, Spectrum 3



PTR14, Spectrum 1

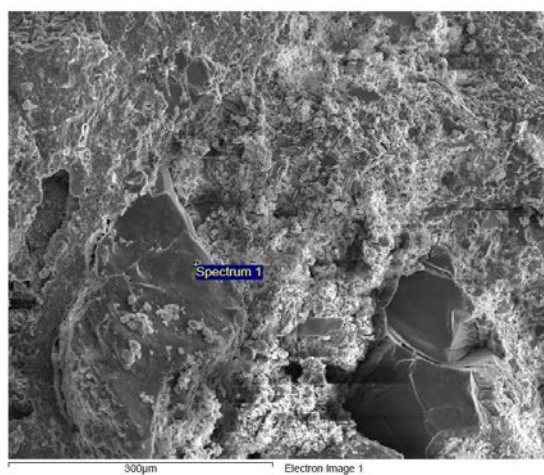


Figura 5: Serie de resultados de la microscopía electrónica de barrido en algunas muestras.

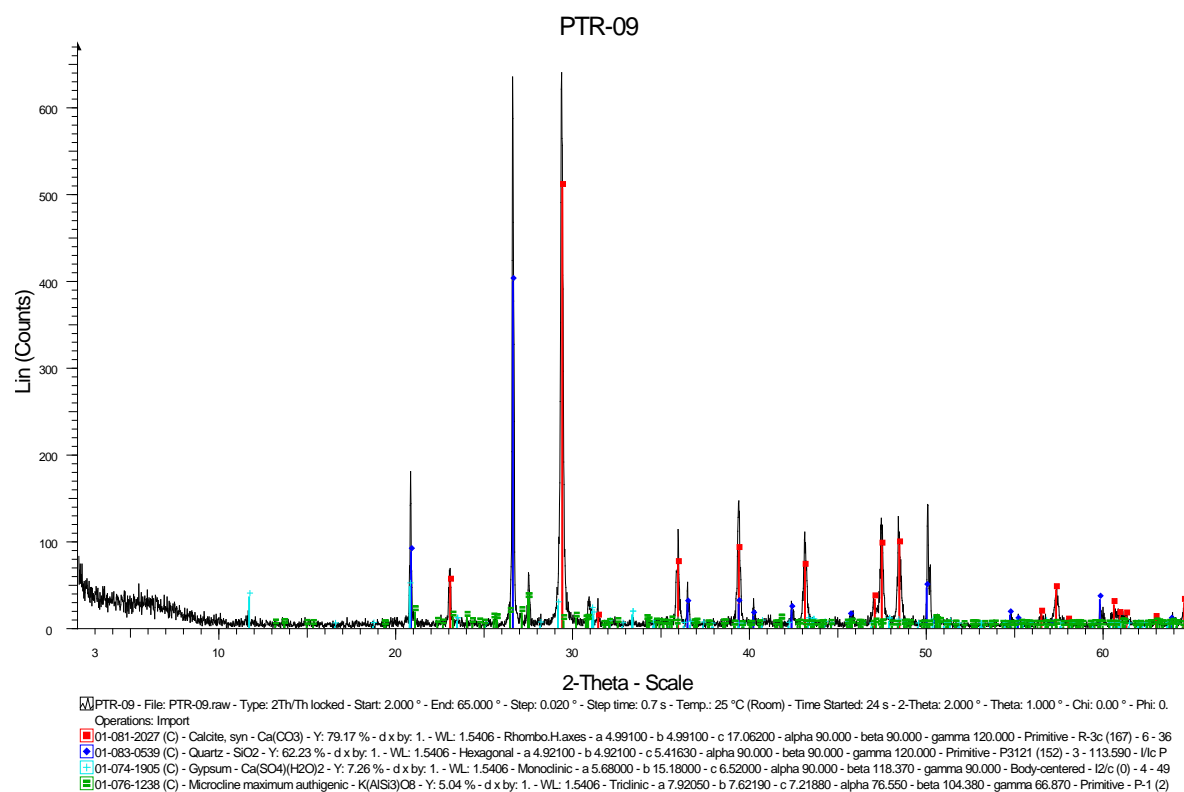


Figura 5: Difractograma de la muestra PTR9.

Conclusiones

En líneas generales las muestras analizadas presentan un buen estado de conservación, a excepción de las muestras PTR5 y PTR9, en donde la ausencia de sustitución y reemplazo de los

materiales de restauración ha generado un deterioro químico de los áridos y del conglomerante. La muestra PTR2 se ha fabricado con un árido muy lavado.

Los áridos documentados corresponden a arenas de carácter fluvial, en donde predominan los cuarzos, los feldespatos, y las micas. Los nódulos se concentran en los alrededores de los poros, en las fisuras y especialmente, en el contacto con las alteraciones de las muestras. Estas alteraciones, junto a las fisuras, generan mucha pérdida de material en los áridos en todas las muestras analizadas. La falta de adhesión con el conglomerante genera a su vez la presencia de bio-ataques y nuevas nodulaciones, lo que facilita de nuevo la acumulación de humedad y de nuevo, falta de adherencia en el conglomerante y pérdida de árido. La muestra PTR6 es la que conserva un mejor estado, pese a pertenecer a los cimientos del puente.

Como conglomerante se ha empleado una cal bien decantada en general, con un aspecto limpio (sin presencia de arcillas ni cerámicas) en la matriz de las muestras. Y un mortero de cal y yeso en las muestras procedentes del puente lateral.

Las muestras se pueden agrupar en cinco grupos composicionales: PTR1, PTR2, PTR3 y PTR4 (cal y arena con impurezas dolomíticas); PTR5 y PTR6 (cal y arena); PTR7 (muestra única, mortero de cal y arena muy rico); PTR8, PTR9 y PTR10 (cal y arena, con yeso, muy alteradas); y PTR13, PTR14, PTR15 (mortero de cal y yeso con arena).

Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento a Sol López Andrés, responsable del Centro de Ayuda a la Investigación y catedrática de Cristalografía de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, así como a los arquitectos Daniel Ximénez de la Torre y Luis Aguilar Romanos, y al Excmo. Ayuntamiento de Trillo (Guadalajara), por la confianza depositada en este equipo.

Bibliografía

Alejandre Sánchez, F.J.; Enríquez Díaz, C.; Martín del Río, J.J.; Flores Alés, V. (2004). Restauración de un mosaico romano: caracterización y análisis constructivo". *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, XII (51). Sevilla, Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, 94-101.

Boschetti, C.; Corradi, A. y Baraldi, P. (2008). Raman characterization of painted mortar in Republican Roman mosaics. *Journal of Raman Spectroscopy. Special Issue: Raman Spectroscopy in Art and Archaeology*, III, 39, 8. Wiley Online Library. 1085-1090.

Chung, F. (1974). Quantitative Interpretation of X-Ray Diffraction Patterns of Mixtures. I. Matrix-Flushing. Method for Quantitative Multicomponent Analysis. *Journal of Applied Crystallography*, 519-25.

Chung, F. (1974). Quantitative Interpretation of X-Ray Diffraction Patterns of Mixtures. II. Adiabatic. Principle of A-Ray Diffraction analysis of mixture. *Journal of Applied Crystallography*, 526-31.

Doebly, C. E. y Spitzer, D. S. (1996). Guidelines and standards for testing historic mortars". Kelly, S.J. (ed.). *Standards for preservation and rehabilitation*. Filadelfia, American Society for Testing Materials, 285-293.

Elsen, J. (2006). Microscopy of historic mortars: a review. *Cement and Concrete Research, Actas del X Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, June 21-25, 2005, University of Paisley*, 36, 8. Elsevier. 1416-1424.

Guerra García, P. (2015). *Sola Romani. Morteros hidráulicos romanos en la península Ibérica*. Tesis doctoral inédita. Universidad Politécnica de Madrid. <http://oa.upm.es/40096/>. Último acceso 11/05/2018.

Hughes J. y Callebaut, K. (2000). Practical sampling of historical mortars. Bartos, P.; Groot, C. y Hughes, J. J. (eds.). *Proceedings of the RILEM International Workshop Historic Mortars: characteristics and tests*. Cachan, Paisley, RILEM, 17–26.

Ingham, J. (2010). *Geomaterials under the microscope*. Manson, CRC Press.

Mertens, G.; Elsen, J.; Brulet, R.; Brutsaert, A.; Deckers, M. y Fernandes, I. (2009). Quantitative composition of ancient mortars from the Notre Dame Cathedral in Tournai (Belgium). *Conférence: Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials (EMABM), Porto. Materials Characterization, A, 60, 7*. Elsevier, 580-585.

Miriello, D. (2010): Characterisation of archaeological mortars from Pompeii (Campania, Italy) and identification of construction phases by compositional data analysis. *Journal of Archaeological Science*, 37, 9. Elsevier, 2207-2223.

Pérez Bodega, A. (1986). *Guía y notas para la historia de Trillo (Guadalajara)*. Trillo, Editorial Ayuntamiento de Trillo.

MODIFICACIÓN 01 DEL
PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN PARA LA
RESTAURACIÓN DEL PUENTE SOBRE EL
RÍO TAJO EN TRILLO (GUADALAJARA)

UBICACIÓN: Calle del puente s/n, Trillo (Guadalajara)

PROMOTOR: AYUNTAMIENTO DE TRILLO

AUTOR: Luis Aguilar Romanos y Daniel Ximénez de la Torre

FECHA: Abril 2024

ANEXO III: PLAN DE DESAMANTADO

XIMÉNEZ
arquitectos

**LA
AR**



C/Teniente Figuerola 7 19001 Guadalajara · 949 21 22 17 · info@ximenezarquitectos.com

Federico Moreno Torroba 9 28007 Madrid · Tel. 914 433 09 31 · www.peritoarquitectomadrid.com

PLAN DESAMANTADO

ÍNDICE

1. CONSIDERACIONES PREVIAS: ANTECEDENTES, OBJETO Y CONTENIDO
 - 1.1. Antecedentes
 - 1.2. Objeto
 - 1.3. Contenido del plan

2. INFORMACIÓN DE CARÁCTER GENERAL
 - 2.1. Proyecto y emplazamiento
 - 2.2. Agentes que intervienen en el proceso de desamiantado
 - 2.3. Periodo de desamiantado

3. NORMATIVA APLICABLE A LOS TRABAJOS CON RIESGO DE EXPOSICIÓN AL AMIANTO

4. MEDIDAS A ADOPTAR EN LOS TRABAJOS DE DESAMANTADO
 - 4.1. Medidas técnicas generales de prevención (Art. 6 del RD 396/2006)
 - 4.2. Medidas organizativas (Art. 7 del RD 396/2006)
 - 4.3. Medidas de higiene personal y protección individual (Art. 9 del RD 396/2006)
 - 4.4. Disposiciones específicas para determinadas actividades (Art. 10 del RD 396/2006)

5. PLAN DE DESAMANTADO
 - 5.1. Consideraciones previas a la elaboración del plan
 - 5.2. Definición, clase y tipos de amianto
 - 5.3. Identificación y localización de los materiales que contienen amianto

6. PLAN DE TRABAJO PARA LAS ACTIVIDADES CON RIESGO DE EXPOSICIÓN AL AMIANTO
 - 6.1. Método de trabajo previsto en el plan
 - 6.1.1. Material con amianto no friable
 - 6.2. Medios de prevención y protección
 - 6.2.1. Controles médicos
 - 6.2.2. Equipos de protección individual
 - 6.2.3. Mediciones en el ambiente de trabajo
 - 6.3. Medidas de higiene personal: mantenimiento y limpieza

7. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS QUE CONTIENEN AMIANTO
 - 7.1. Recogida y embalaje
 - 7.2. Transporte
 - 7.3. Destino y depósito

8. PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA RETIRADA DE LOS PRODUCTOS CON RIESGO DE AMIANTO EN LA COMUNIDAD DE CASTILLA LA MANCHA
 - 8.1. Tramitación de planes de trabajo con riesgo de amianto.
 - 8.2. Aprobación de plan de trabajo con riesgo de amianto.

1. CONSIDERACIONES PREVIAS: ANTECEDENTES, OBJETO Y CONTENIDO

1.1. Antecedentes

La regulación normativa relacionada con el amianto se inicia en España en los años 40, siendo obligatorio para las empresas, desde el año 1947, la realización de controles de los niveles de exposición de los trabajadores al amianto y a los materiales que lo contengan. La normativa básica al respecto fue el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto, aprobado por la Orden ministerial de 31 de octubre de 1984, complementada posteriormente con otras normas equiparables a las existentes en los países de nuestro entorno europeo.

En la exposición de motivos del RD 396/2006, de 31 de marzo, quedan patentes los antecedentes legislativos respecto a la regulación de las disposiciones de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto y a los materiales que lo contengan.

"La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo".

"Según el artículo 6 de la Ley citada en el párrafo anterior, son las normas reglamentarias las que deben ir concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, estableciendo las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre tales medidas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al amianto durante el trabajo".

"Junto a la exigencia comunitaria, no se puede olvidar la necesidad de actualizar el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto. La Orden de 31 de octubre de 1984 fue una norma adelantada a su tiempo, que introducía en el ámbito de los trabajos con amianto conceptos preventivos desconocidos en nuestra normativa, entonces denominada de seguridad e higiene: evaluación de riesgos, formación e información de los trabajadores, etc. Sin embargo, en los años transcurridos desde 1984, España se ha dotado de un marco jurídico sobre prevención equiparable al existente en los países de nuestro entorno europeo, y ello exige una actualización de las disposiciones sobre esta materia, adaptándolas a ese nuevo escenario".

En este contexto jurídico, entra en vigor el RD 396/2006, que regula las disposiciones de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto, estableciendo en su artículo 11 "Planes de trabajo", la obligatoriedad de elaborar un plan de trabajo por parte del empresario, antes del comienzo de cada actividad con riesgo de exposición al amianto.

1.2. Objeto

El presente plan tiene por objeto preservar la seguridad y salud de los operarios implicados en los trabajos de desamiantado, y de todas las personas que puedan verse afectadas durante el proceso.

1.3. Contenido del plan

El plan contiene la información de carácter general, las medidas y las disposiciones específicas, los métodos de trabajo y la descripción pormenorizada del proceso de desamiantado, que a continuación se detalla:

- Agentes que intervienen en el proceso de desamiantado.
- Datos de la obra y del emplazamiento.
- Medidas a adoptar en los trabajos de desamiantado
- Medidas técnicas generales de prevención.
- Medidas organizativas.
- Medidas de higiene personal y de protección individual.
- Disposiciones específicas para determinadas actividades.

- Especificaciones contenidas en el Plan de trabajo en relación a:
 - La previsión de la eliminación de los materiales que contengan amianto, antes de la demolición.
 - Las medidas que garanticen la seguridad y salud de los agentes intervinientes.
 - La descripción del trabajo a realizar.
 - Tipo de material a intervenir (si es friable o no friable).
 - La ubicación de la zona concreta de trabajo con presencia de amianto.
 - La fecha de inicio y la duración prevista del trabajo.
 - La relación nominal de los trabajadores implicados.
 - Los procedimientos a aplicar.
 - Las medidas preventivas para limitar la generación y dispersión de fibras de amianto.
 - Los equipos utilizados para la protección de los trabajadores.
 - Las medidas adoptadas para evitar la exposición de otras personas.
 - Las medidas destinadas a informar a los trabajadores sobre los riesgos existentes y las precauciones a adoptar.
 - Las medidas para la eliminación de los residuos, indicando la empresa gestora y el vertedero.
 - Los recursos preventivos de la empresa.
 - El procedimiento establecido para la evaluación y control del ambiente de trabajo.

2. INFORMACIÓN DE CARÁCTER GENERAL

2.1. Proyecto y emplazamiento

Proyecto de restauración del puente sobre el río Tajo en Trillo.
C/ del Puente Trillo, (Guadalajara).

2.2. Agentes que intervienen en el proceso de desamiantado

Promotor: Excelentísimo Ayuntamiento de Trillo

Contratista: Por determinar

Autor del Plan de desamiantado: Luis Aguilar Romanos y Daniel Ximénez de la Torre

Director de la ejecución de la obra: Por determinar

Coordinador de seguridad y salud: Por determinar

Empresa encargada del proceso de desamiantado: Por determinar

Toda empresa dedicada a los trabajos con el amianto, tiene la obligación de estar inscrita en el Registro de Empresas con Riesgo de Amianto (RERA).

2.3. Periodo de desamiantado

Fecha prevista de inicio de los trabajos de desamiantado: Por determinar

Duración estimada de los trabajos de retirada del amianto: 5 días hábiles

3. NORMATIVA APLICABLE A LOS TRABAJOS CON RIESGO DE EXPOSICIÓN AL AMIANTO

RD 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. (BOE num. 86, de 11 de abril).

Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. (BOE num. 96, de 22 de abril).

RD 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. (BOE num. 104, de 1 mayo).

RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. (BOE num. 256, de 25 de octubre).

RD 665/1997, de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores frente los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. (BOE num. 124, de 24 de mayo).

RD 108/1991, de 1 de febrero, sobre prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto. (BOE num. 32, de 6 de febrero).

RD 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos. (BOE 278/1989, de 20 noviembre de 1989). Anexo II. Disposiciones especiales referentes al etiquetado de los productos que contengan amianto.

4. MEDIDAS A ADOPTAR EN LOS TRABAJOS DE DESAMANTADO

4.1. Medidas técnicas generales de prevención (Art. 6 del RD 396/2006)

La exposición de los trabajadores a fibras procedentes del amianto o de materiales que lo contengan en el lugar de trabajo no superará en ningún caso el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) de 0,1 fibras por centímetro cúbico, medida como una media ponderada en el tiempo para un periodo de ocho horas.

Para tal cometido, se aplicarán las siguientes medidas preventivas:

- Los procedimientos de trabajo se concebirán de tal forma que no produzcan fibras de amianto. Si ello resultara imposible, se procurará que no haya dispersión de fibras de amianto en el aire.
- Las fibras de amianto producidas se eliminarán en las proximidades del foco emisor, preferentemente mediante su captación por sistemas de extracción, en condiciones que no supongan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.
- Todos los locales y equipos utilizados se limpiarán y mantendrán eficazmente y con regularidad.
- El amianto o los materiales de los que se desprendan fibras de amianto o que lo contengan, se almacenarán y transportarán en embalajes cerrados apropiados, con etiquetas reglamentarias que indiquen su contenido.
- Los residuos y escombros de la demolición se agruparán y transportarán fuera del lugar de trabajo lo antes posible, en embalajes cerrados apropiados y con etiquetas que indiquen que contienen amianto. Posteriormente, esos desechos se tratarán con arreglo a la normativa aplicable sobre residuos peligrosos.

4.2. Medidas organizativas (Art. 7 del RD 396/2006)

El contratista adoptará las medidas necesarias para que el número de trabajadores expuestos a fibras o a materiales que contengan amianto sea el mínimo posible, no permitiéndose la realización de horas extraordinarias.

En caso de que se sobrepase el umbral del VLA-ED de 0,1 fibras por centímetro cúbico para un periodo de ocho horas, se identificarán las causas y se tomarán lo antes posible las medidas adecuadas para remediar la situación. No se proseguirá el trabajo en la zona afectada hasta que no se compruebe la eficacia de dichas medidas, mediante una nueva evaluación del riesgo.

Los lugares donde se realicen dichas actividades estarán delimitados y señalizados mediante paneles y señales claramente visibles. Estas áreas no podrán ser accesibles a personas ajenas al trabajo y quedará prohibido beber, comer y fumar en las mismas.

4.3. Medidas de higiene personal y protección individual (Art. 9 del RD 396/2006)

Será responsabilidad del contratista la adopción de las medidas necesarias para que los trabajadores con riesgo de exposición a amianto dispongan de:

- Instalaciones sanitarias apropiadas y adecuadas para su aseo personal, con un periodo de tiempo mínimo, dentro de la jornada laboral, de diez minutos antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.
- Ropa de protección apropiada o ropa especial adecuada, facilitada por el contratista. Ésta será de uso obligatorio durante el tiempo de permanencia en las zonas en que exista exposición al amianto y necesariamente sustituida por la ropa de calle antes de abandonar el centro de trabajo. Del mismo modo, se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando prohibido que los trabajadores laven la ropa en su domicilio. Cuando contratase dichas operaciones con empresas especializadas, tendrá la obligación de asegurarse de que la ropa se envía en recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas.
- Instalaciones o lugares para guardar de manera separada la ropa de trabajo o de protección y la ropa de calle.
- Un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección. Se verificará que éstos se limpian con regularidad y se comprobará su buen funcionamiento, si fuera posible con anterioridad, y en todo caso después de cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso.

El coste de las medidas relativas a la seguridad y la salud en el trabajo establecidas no podrá recaer en modo alguno sobre los trabajadores.

4.4. Disposiciones específicas para determinadas actividades (Art. 10 del RD 396/2006)

Cuando se prevea la posibilidad de que se sobrepase el umbral del VLA-ED de 0,1 fibras por centímetro cúbico para un período de ocho horas, a pesar de utilizarse medidas técnicas preventivas tendentes a limitar el contenido de amianto en el aire, el contratista adoptará las siguientes medidas complementarias:

- Los trabajadores recibirán un equipo de protección individual de las vías respiratorias apropiado y los demás equipos de protección individual que sean necesarios, velando el contratista por el uso efectivo de los mismos.
- Se instalarán paneles de advertencia para indicar que es posible que se sobrepase el valor límite fijado.
- Se evitará la dispersión de polvo procedente del amianto o de materiales que lo contengan, fuera de los locales o lugares de acción.
- Se supervisará la correcta aplicación de los procedimientos de trabajo y de las medidas preventivas previstas, por una persona que cuente con los conocimientos, la cualificación y la experiencia necesarios en estas actividades y con la formación preventiva correspondiente como mínimo a las funciones del nivel básico.

5. PLAN DE DESAMANTADO

5.1. Consideraciones previas a la elaboración del plan

Antes del comienzo de cada trabajo con riesgo de exposición al amianto, el contratista elaborará su correspondiente plan de trabajo, donde prevea que el amianto o los materiales que lo contengan se eliminarán antes de aplicar las técnicas de demolición y que se garantiza que no existen riesgos debidos

a la exposición al amianto en el lugar de trabajo, una vez terminadas las obras de demolición o de retirada del amianto.

Para la elaboración del plan de trabajo serán consultados los representantes de los trabajadores, y será conocido por todos los agentes intervinientes, en especial por los trabajadores y recursos preventivos, que velarán por el cumplimiento del mismo.

El plan deberá estar aprobado por la Autoridad Laboral en los plazos y términos indicados en el artículo 12 "Tramitación de planes de trabajo" del RD 396/2006.

En caso de que el contratista subcontrate con otros la realización de los trabajos de desamiantado, comprobará que dichos subcontratistas cuentan con el correspondiente plan de trabajo, que remitirán a la empresa principal o contratista, una vez aprobado por la autoridad laboral correspondiente.

5.2. Definición, clase y tipos de amianto

El amianto, también llamado asbesto, es un grupo de minerales metamórficos fibrosos, compuestos principalmente de silicatos de cadena doble.

Los minerales de asbesto poseen fibras largas y resistentes que se pueden separar, con suficiente flexibilidad como para ser entrelazadas y resistir altas temperaturas, características que lo han convertido en un material muy usado en la construcción.

Clases de amianto:

- Crisotilo
- Amosita
- Crocidolita
- Actinolita fibrosa
- Tremolita fibrosa
- Antofilita fibrosa

Los materiales que contienen amianto se dividen en dos grupos:

- Friables: Aquellos que pueden liberar fibras o partículas bajo el efecto de choques o vibraciones.
- No Friables: Aquellos que no liberan fibras o partículas por dichas causas.

5.3. Identificación y localización de los materiales que contienen amianto

Con anterioridad al comienzo de obras de demolición, el contratista adoptará todas las medidas adecuadas para identificar los materiales que puedan contener amianto, reflejando su identificación en el Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Los materiales que pueden contener amianto se encuentran localizados en los elementos del edificio que se resumen en la siguiente tabla:

Localización del amianto en la obra
Amianto no friable
Fibrocemento: tubería de abastecimiento de agua de 100 mm de diámetro

Lugar donde se realizan los trabajos	Trabajos en exteriores (calzada puente)
Cantidad de amianto a manipular	60 m lineales de tubería aprox.

6. PLAN DE TRABAJO PARA LAS ACTIVIDADES CON RIESGO DE EXPOSICIÓN AL AMIANTO

6.1. Método de trabajo previsto en el plan

El método de trabajo a adoptar estará en función del tipo de amianto, es decir, si es friable o no friable.

Se tomarán las siguientes medidas preventivas de carácter general para limitar la generación y dispersión de las fibras de amianto en el ambiente y la exposición de los trabajadores al amianto:

- Se manipulará el material durante el mínimo tiempo posible y con precaución.
- Se evitará la rotura o fragmentación del material con amianto.
- Las fibras de amianto producidas se eliminarán en las proximidades del foco emisor.
- Se evitará la dispersión de los materiales friables mediante técnicas de inyección con líquidos humectantes que penetren en toda la masa.
- Se utilizarán herramientas, preferentemente manuales, que generen la mínima cantidad de polvo.
- Se trabajará en húmedo, evitando la aplicación de presión de agua que pueda provocar la dispersión de fibras de amianto.
- Se trabajará con sistemas de extracción localizada de aire, usando filtros de alta eficacia para partículas.
- Los locales y equipos utilizados estarán en condiciones de poderse limpiar y mantener eficazmente, con regularidad.

6.1.1. Material con amianto no friable

Las superficies de los elementos de fibrocemento se impregnarán con una solución acuosa con líquido encapsulante, previa eliminación de las partículas superficiales con aspiradores que dispongan de filtros absolutos, con el fin de evitar la emisión de fibras por la rotura accidental o durante su traslado.

Se utilizarán equipos de pulverización a baja presión para evitar que las fibras de amianto se dispersen. El agua utilizada será debidamente filtrada antes de su vertido en la red general de alcantarillado.

Las placas de fibrocemento se colocarán sobre un palé para su mejor transporte, embalándose con un plástico suficientemente resistente para evitar su rotura. Aquellas que estén rotas o se rompan durante el desmontaje se humedecerán con una impregnación encapsulante, procediendo a su retirada manual con toda precaución, depositándolas en bolsas de polipropileno, que estarán claramente identificadas mediante el indicativo reglamentario del amianto.

Finalmente, se procederá a una inspección general para comprobar que no quedan restos de materiales con amianto, limpiándose la zona con un aspirador dotado de filtro absoluto.

6.2. Medios de prevención y protección

6.2.1. Controles médicos

Todos los operarios que intervengan en las operaciones de desamiantado tendrán que pasar por un reconocimiento médico específico (artículo 16 del RD 396/2006), para determinar, desde el punto de vista médico-laboral, su aptitud para los trabajos con riesgo por amianto.

Una vez finalizados los trabajos con amianto, el operario se someterá a reconocimientos médicos posteriores, con el fin de prevenir las consecuencias de las patologías latentes que produce el amianto.

6.2.2. Equipos de protección individual

En los trabajos de desamiantado se utilizarán los siguientes equipos de protección individual EPI:

Monos de trabajo: Serán flexibles, de tejido ligero que impida la adherencia de fibras, sin ningún tipo de bolsillo o abertura donde puedan acumularse partículas de amianto. Tendrán la clasificación de tipo 5 "impermeables a partículas", según la clasificación de indumentaria de protección contra contaminantes químicos.

Deben proporcionar buena resistencia al desgarrar, quedando cerrados en los tobillos y en los puños, provistos de capuchas y ajustados perfectamente a las polainas, guantes y mascarilla, mediante cinta adhesiva.

Podrán ser reutilizables cuando el lavado y la descontaminación de la ropa de trabajo la efectúen empresas especializadas, asegurándose que el envío se realiza en recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas.

Preferentemente se optará por la ropa desechable, que se tratará y eliminará como otro residuo contaminado.

Protección de manos: Guantes de látex o neopreno con extensión del brazo que quedará cubierto por el elástico de la manga del traje desechable.

Protección ocular: Gafas de protección ocular del tipo góndola, de visión panorámica, no empañables. El ajuste en la cara se realizará por medio del soporte del cristal.

Protección de pies: Botas de goma de seguridad con puntera y suela reforzada homologadas. El elástico del pantalón del traje cubrirá la parte alta de las botas.

Protectores respiratorios: Para interiores, se usarán máscaras que trabajan a presión positiva con aporte de aire previamente filtrado con filtros tipo P3. Para los trabajos en el exterior, mascarillas dotadas con filtro mecánico FFP3 o mascarillas con filtros tipo P3.

La utilización de equipos de protección individual de las vías respiratorias no podrá ser permanente, y su tiempo de utilización, para cada trabajador, se limitará al mínimo estrictamente imprescindible, sin que en ningún caso puedan superarse las 4 horas diarias. Se preverán las pausas pertinentes en función de la carga física y las condiciones climatológicas.

6.2.3. Mediciones en el ambiente de trabajo

Con objeto de que un operario no esté sometido a un valor de exposición diaria superior a 0,1 fibras por centímetro cúbico, medida como media ponderada en el tiempo de ocho horas, se realizará un recuento de fibras durante la ejecución de los trabajos, mediante la toma de muestras personales y estáticas, según el Anexo I del RDA 396/2006.

Las pruebas se realizarán en los lugares de trabajo donde pueda haber amianto, en el exterior de los lugares donde se trabaja con amianto y durante el proceso de retirada del amianto, para asegurar que el lugar de trabajo quede totalmente limpio de restos de amianto.

La toma de muestras y el análisis (recuento de fibras) se realizará preferentemente por el procedimiento descrito en el método MTA/MA-051 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, «Determinación de fibras de amianto y otras fibras en aire. Método del filtro de membrana/microscopía óptica de contraste de fases», según el método recomendado por la Organización Mundial de la Salud en 1997.

6.3. Medidas de higiene personal: mantenimiento y limpieza

En caso de trabajos con amiantos friables, se dispondrá de unidades de descontaminación, que estarán formadas por tres zonas perfectamente diferenciadas. La primera estará compuesta por una taquilla destinada a la ropa de calle "vestuario limpio", en la segunda o "vestuario sucio", se dispondrá de recipientes adecuados para la recogida de ropa y equipos de protección individual (EPI) usados que se considerarán residuos, y la tercera zona, que quedará entre ambas, la constituirá un aseo con ducha equipada con agua caliente sanitaria y un filtro especial para el agua.

Todos los vestuarios dispondrán de un sistema de aspiradores portátiles, sistemas de extracción del aire con filtros y sistema de filtración de aire.

Los protectores respiratorios (EPI) se quitarán en la ducha, una vez se haya procedido a su limpieza.

Las características de los equipos y materiales utilizados quedarán adecuadamente documentadas.

7. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS QUE CONTIENEN AMIANTO

Los residuos con amianto se clasifican según el Catálogo Europeo de Residuos (Orden MAM/304/2002), entre los que figuran los que se utilizan en la construcción:

- 17 06 01 Materiales de aislamiento que contienen amianto.
- 17 06 01 Materiales de construcción que contienen amianto.

Todos ellos clasificados como residuos peligrosos y a los que les será de aplicación la Ley 10/98 de Residuos, BOE 96, por lo que se adoptarán las siguientes medidas de carácter general para la eliminación de los residuos:

- Los residuos de amianto se recogerán de forma separada e independiente, almacenándose y transportándose fuera del lugar de trabajo lo antes posible.
- Se almacenarán y transportarán en embalajes cerrados apropiados, con etiquetas indicativas de su contenido.
- Todo material desechable utilizado en los trabajos de desamiantado tendrá la consideración de residuo de amianto.

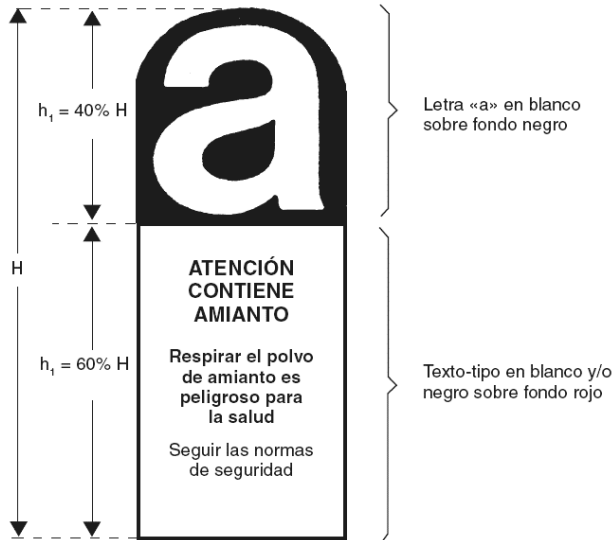
7.1. Recogida y embalaje

Se recogerán separándolos de otro tipo de residuos en origen, en embalajes apropiados al tipo de material de amianto.

Se embalará con material plástico de suficiente resistencia mecánica, que se flejará adecuadamente sobre palets homologados de madera.

Los fragmentos de fibrocemento y otros residuos de amianto, se recogerán en sacos especiales de polipropileno, con asas, provistos de bolsa interior.

Los embalajes se señalarán con etiquetas que indiquen que contienen amianto, de acuerdo con el Anexo II del RD 1406/1989, según la figura:



7.2. Transporte

Se transportarán cerrados y limpios, sin restos de residuos, de acuerdo con la normativa específica sobre transporte de residuos peligrosos.

El transportista estará inscrito en el registro de empresas con riesgo de amianto (RERA) y autorizado por el órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente.

7.3. Destino y depósito

Se depositarán de acuerdo con los criterios del órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente, en vertederos de residuos peligrosos, o en vertederos de residuos no peligrosos que cumplan las condiciones establecidas por la normativa vigente en la materia.

Se verificará por parte del contratista que el destino de los residuos de amianto es un vertedero autorizado gestionado por un gestor autorizado.

Empresa gestora de los residuos: Por determinar

Vertedero autorizado: Por determinar

8. PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA RETIRADA DE LOS PRODUCTOS CON RIESGO DE AMIANTO EN LA COMUNIDAD DE CASTILLA LA MANCHA

8.1. Tramitación de planes de trabajo con riesgo de amianto.

Plazo de resolución:

45 días hábiles, a contar desde la fecha en la que el plan haya tenido entrada en el registro de las delegaciones provinciales de economía, empresas y empleo.

Efectos silencio:

Estimatorio

8.2. Aprobación de plan de trabajo con riesgo de amianto.

Plazo de presentación de solicitudes:

Abierto todo el año.

Objeto:

Antes del comienzo de cada trabajo con riesgo de exposición al amianto o cualquier material que lo contenga, la empresa que vaya a realizarlo está obligada a la presentación de un "Plan de trabajo con riesgo de amianto" que debe ser aprobado por la autoridad laboral competente, que en el caso de la Comunidad de Castilla la Mancha será la Delegación Provincial de Economía, Empresas y Empleo correspondiente al lugar de trabajo en el que vaya a realizarse la actividad.

Destinatarios:

Empresas que vayan a realizar actividades u operaciones en las que los trabajadores estén expuestos o sean susceptibles de estar expuestos a fibras de amianto o de materiales que lo contengan y estén inscritas en el Registro de empresas con riesgo por amianto (RERA).

Requisitos:

La empresa solicitante deberá estar inscrita en el Registro de empresas con riesgo de amianto (RERA) existente en los órganos correspondientes de la autoridad laboral donde radiquen sus instalaciones principales.

Si la empresa pertenece a un Registro de empresas con riesgo de amianto (RERA) no radicado en Castilla - La Mancha deberá adjuntar copia de la ficha de inscripción en el Registro correspondiente.

Criterios:

La aprobación del plan de trabajo está condicionada al cumplimiento e idoneidad técnica de la información contenida en el mismo, de acuerdo a lo dispuesto en el art. 11 del RD 396/2006.

Documentación a aportar:

- Solicitud de aprobación.
- Plan de Trabajo con Riesgo de amianto con el contenido indicado en el art. 11 del RD396/2006, de 31 de marzo.
- En el caso de empresas inscritas en registros de empresas con riesgos de amianto (RERA) no radicados en Castilla - La Mancha, copia de inscripción en el referido registro.
-

Lugar de presentación:

Temática: a través del formulario incluido en la sede electrónica de la Administración de la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha. (<https://www.jccm.es>)

Información Adicional:

DELEGACIÓN PROVINCIAL DE LA CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, EMPRESAS Y EMPLEO
Servicio de Seguridad y Salud Laboral.

GUADALAJARA
Av. de Castilla, 7 C.P. 19071 - Tf: 949 88 79 99

Marco legal:

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

Previamente al inicio de los trabajos, se aportará a la dirección facultativa, el justificante de presentación de la solicitud de APROBACION DE PLAN DE TRABAJO CON RIESGO DE AMIANTO, **no se permitirá el comienzo de los trabajos** si no se entrega aprobación del plan o no hubieran pasado 45 días hábiles, a contar desde la fecha en la que el plan haya tenido entrada en el registro de la delegación provincial de economía, empresas y empleo de Guadalajara.

Una vez realizados los trabajos de retirada de materiales con riesgo de amianto, la contrata entregará a la dirección facultativa el DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS con la aceptación de los residuos del operador, en el que deberá ir reflejada la ubicación de la obra.