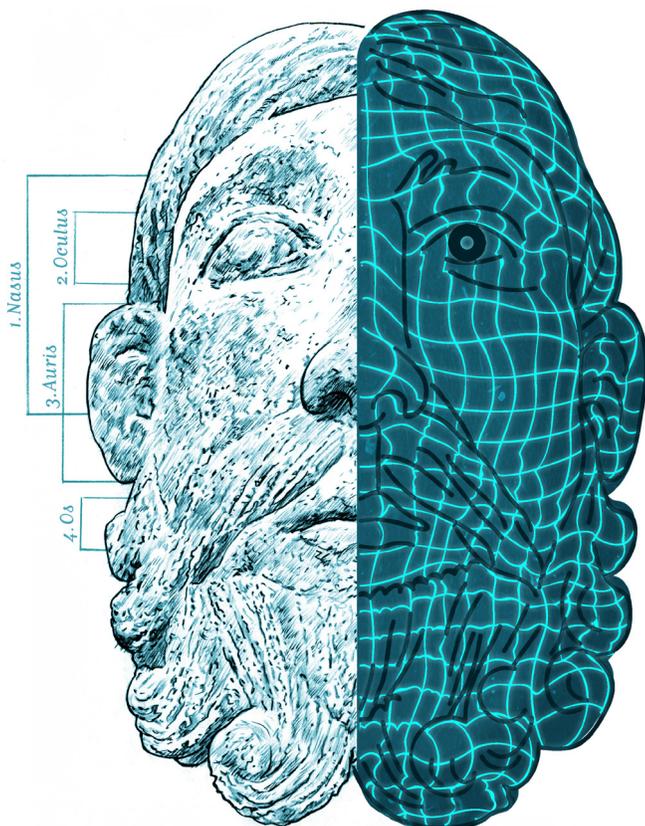


XVI REUNIÓ TÈCNICA

CONSERVACIÓ - RESTAURACIÓ

DOCUMENTAR
EN LA CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ
MÈTODES I NOVES TECNOLOGIES

I CONGRÉS VIRTUAL
3, 5, 10 i 12 DE NOVEMBRE DE 2020



ORGANITZA:



XVI Reunió Tècnica de Conservació i Restauració

Documentar en la conservació-restauració
Mètodes i noves tecnologies

XVI Reunió Tècnica de Conservació i Restauració

Documentar en la conservació-restauració
Mètodes i noves tecnologies

I congrés virtual
3, 5, 10 i 12 de novembre de 2020

Primera edició: novembre de 2020

© 2020, *Conservadors-Restauradors Associats de Catalunya (CRAC)*

Passatge dels Escudellers, 5, baixos. 08002 Barcelona

La responsabilitat de les afirmacions fetes en les comunicacions correspon exclusivament als seus autors. L'opinió expressada per aquests no coincideix necessàriament amb la de CRAC.

Tots els drets reservats. Cap part d'aquesta publicació no es pot reproduir, transmetre ni emmagatzemar de cap manera ni per cap mitjà sense l'autorització escrita dels titulars del copyright.

Comitè científic: Anna Bertral, Juan Luis Campoy, Toni Escudero, Laura Fuster, Esther Gual, Paloma Gueilburt, David Iglesias, Néstor Marqués, José Manuel Pereira i Trinitat Pradell.

Membres del Comitè Organitzador: Ruth Bagan Pérez, Lídia Balust Claverol, Àlex Castro Julián, Kusi Colonna-Preti, Laia Duran Vila, Anna Ferran Roig, Marta Gabernet Solé, Olga Íñigo Fernández, Núria Jutglar Alvaro, Nieves Marí Ribas, Maria Teresa Sala Pietx, Natàlia Sánchez Carretero.

Revisió i coordinació: Kusi Colonna-Preti, Natàlia Sánchez

Edició: Conservadors-Restauradors Associats de Catalunya (CRAC)

Maquetació i impressió: Ramon Ruiz Bruy

Imprès a Catalunya (Espanya)

ISBN: 978-84-09-24772-1

El paper emprat per a l'edició d'aquest llibre compleix la norma FSC de gestió responsable dels boscos tenint en compte, a més de la gestió de la fusta, l'ús social i econòmic d'aquests.

SUMARI

Presentació 11

COMUNICACIONS ORALS

Estudi de l'obra Rocibaquinante de Salvador Dalí a partir de l'aplicació de noves tecnologies. Cartografia d'alteracions digital, fotogrametria i escàner làser sobre braç articulat en obra gràfica. Carme BALLIU BADIA i Èlia LÓPEZ REGUANT 13

DadesBorn, El Born Centre de Cultura i Memòria: vint anys generant documentació. Eugènia BORT, Antoni FERNÁNDEZ, Carme MIRÓ, Marta FÀBREGAS i David SOLÀ 25

Intervencions en policromia sobre pedra: anàlisi documental de les principals fonts arxivístiques de Catalunya. Lluïcia BOSCH RUBIO 41

La documentación como método para una gestión eficaz del patrimonio en Gordailua, Centro de Colecciones Patrimoniales de Gipuzkoa. Irene CÁRDABA, Maite BARRIO, Nekane GOENAGA, Agurtzane JUANENA, Xabier KEREXETA i Carlos OLAETXEA 57

Documentació d'intervencions de restauració en jaciments arqueològics i patrimoni edificat: cap a la construcció d'un sistema d'informació. Pablo DEL FRESNO BERNAL, Alfred MAURI MARTÍ i Esther TRAVÉ ALLEPUZ 75

Horus Condition Report App ®: Development of a Digital Tool for and by Conservators. Anaïs GAILHBAUD 91

- Estratègia i Pla d'Acció referent a la documentació generada al Laboratori de Conservació Preventiva i Restauració del Museu de Ciències Naturals de Barcelona.* Eulàlia GARCIA-FRANQUESA, Olga MUÑOZ BLASCO, Marta PÉREZ-AZCÁRATE i Maria VILA CASÒLIVA 107
- Proposta metodològica per a l'estudi i la documentació dels paviments conservats a la Neàpolis i la ciutat romana d'Empúries.* Sílvia LLOBET I FONT, Jaime SALGUERO MARTÍNEZ, Roger SALA i Pablo DEL FRESNO BERNAL 123
- L'RTI (Reflectance Transformation Imaging) al servei del conservador-restaurador.* Silvia MARÍN ORTEGA 139
- Com traduir la documentació 3D a una representació 2D. Un recorregut de la mà del conservador-restaurador.* Mercè MARQUÈS BALAGUÉ i Jaime SALGUERO MARTÍNEZ 155
- Identificar para preservar: caracterización de procesos fotográficos históricos.* Alejandra NIETO VILLENA, José Refugio MARTÍNEZ MENDOZA, José Ángel DE LA CRUZ MENDOZA, Gerardo ORTEGA ZARZOSA i Álvaro SOLBES GARCÍA 171
- CollectionCare: un servicio innovador y asequible de monitorización para la conservación preventiva de obras de arte.* Andrea PEIRÓ VITORIA, Ana María GARCÍA-CASTILLO, Jaime LABORDA MACARIO, Fernando J. GARCÍA-DIEGO i Ángel PERLES 187
- Documentación y propuesta de conservación de cuatro obras de arte contemporáneo en el espacio público. El legado de Expo'92: Ettore Spalletti, Eva Lootz, Per Kirkeby y Stephan Balkenhol.* Lara RODRÍGUEZ SEARA 203

Aplicacions del georadar d'alta freqüència per a la caracterització no destructiva d'elements constructius.
Roger SALA, Helena ORTIZ-QUINTANA, Pedro RODRÍGUEZ
SIMÓN, Ekhine GARCÍA, Sílvia LLOBET I FONT i Robert
TAMBA 219

L'Arxiu del taller Amigó i la seva importància durant la restauració de la rosassa de l'església de Sant Esteve de Bordils. Anna SANTOLARIA TURA 237

La microscopía digital 3D para evaluar los tratamientos de limpieza en el material óseo arqueológico. Noé
VALTIERRA, Lloyd A. COURTENAY i Lucía LÓPEZ-POLÍN 251

PÒSTERS

Documentar el color: la colorimetria aplicada a la conservació-restauració de mosaics. Lorena ANDINO POL 267

L'estudi de la documentació com a tasca imprescindible per conèixer l'estat actual d'un bé cultural: el cas del mausoleu de Bellpuig. Pau ARROYO CASALS i Adrià
ARROYO MONTAGUT 275

Modelatge 3D per a la documentació del suport de taules policromades. Iris BAUTISTA MORENILLA i Anna NUALART
TORROJA 283

Protocol de registre, documentació i difusió en un taller privat. Berta BLASI ROIG 291

Uso de rayos X y tomografía computerizada para la documentación y estudio del sistema constructivo del Cristo articulado de Almazora (Castellón). M^a Antonia

BODÍ SEPÚLVEDA, David JUANES BARBER, M ^a Pilar JUÁREZ SÁNCHEZ, Olga M ^a MEDINA LORENTE i Manuel MORAGUES SANTACREU	299
<i>Gestión de la documentación generada en la conservación-restauración del documento gráfico y aplicación de nuevas tecnologías en dos casos prácticos.</i> María Dolores DÍAZ DE MIRANDA MACÍAS	305
<i>La realidad virtual como herramienta de registro, difusión y conservación del patrimonio industrial: el caso de la Aduana Marítima en Progreso de Castro, Yucatán.</i> Emilio de Jesús FERNÁNDEZ GAMBOA	313
<i>La preservació de l'art urbà a través de la documentació.</i> Rosa M. GASOL i Rosa SENSERRICH	321
<i>Documentació 2D i 3D dels mosaics modernistes de la Casa Francesc Burés i Borràs.</i> Sílvia LLOBET I FONT i Jaime SALGUERO MARTÍNEZ	329
<i>Documentar el context. L'art contemporani més enllà de l'objecte.</i> Sílvia NOGUER TORRELL i Lluís ROQUÉ COMAS	337
<i>El focus stacking com a eina d'avaluació i documentació de tractaments de neteja de béns culturals.</i> Marta PÉREZ-AZCÁRATE, Sergi GAGO i Eulàlia GARCIA-FRANQUESA	345
<i>3D Survey – Case Study of Recording and Documentation of Interventions.</i> Luis PINTO i Carlos José ABREU DA SILVA COSTA	353

CollectionCare: un servicio innovador y asequible de monitorización para la conservación preventiva de obras de arte

ANDREA PEIRÓ VITORIA

Arquitecta. Investigadora en la Universitat Politècnica de València,
Instituto ITACA

anpeivi@itaca.upv.es

ANA MARÍA GARCÍA-CASTILLO

Conservadora-restauradora. Investigadora en la Universitat
Politécnica de València, Instituto ITACA

anamgarcia@itaca.upv.es

JAIME LABORDA MACARIO

Ingeniero electrónico industrial. Investigador en la Universitat
Politécnica de València, Instituto ITACA

jlaborada@itaca.upv.es

FERNANDO J. GARCÍA-DIEGO

Ingeniero agrónomo. Profesor titular en la Universitat Politècnica
de València, Departamento de Física Aplicada

fjgarcid@upv.es

ÁNGEL PERLES

Informático. Profesor titular en la Universitat Politècnica de València,
Instituto ITACA

aperles@itaca.upv.es

RESUMEN

El objetivo principal del proyecto CollectionCare es desarrollar un sistema de apoyo a la toma de decisiones sobre conservación preventiva de objetos culturales que resulte asequible para museos de pequeño y mediano tamaño, ya que a menudo estos no pueden contar con sofisticados sistemas de control medioambiental ni con personal cualificado dedicado a su manutención. El proyecto integra la investigación actual y los avances tecnológicos en sistemas de monitorización microclimática, comunicación inalámbrica, *big data*, computación en la nube y modelos de degradación de materiales en un único sistema complejo, innovador y de bajo coste.

ABSTRACT

CollectionCare project aims to develop an affordable decision support system for the preventive conservation of cultural objects in small and medium-sized museums that often cannot rely on a sophisticated environmental control system or qualified personnel to maintain them. The project integrates current research and technological advances in microclimate monitoring systems, wireless communication, big data, cloud computing and material degradation models into a single complex, innovative and low-cost system.

PALABRAS CLAVE: conservación preventiva, monitorización, modelos de degradación, conectividad inalámbrica, big data

1. Introducción

El objetivo de la conservación preventiva (CP) es prevenir o minimizar el riesgo de daños irreversibles en los objetos culturales debido a los factores ambientales a los que se encuentran sometidos, como la hu-

edad relativa (HR), la temperatura (T), la luz (L), los contaminantes atmosféricos (CA), las vibraciones (V), etc. Una buena estrategia de CP para colecciones supondría aplicar recomendaciones ambientales para proporcionar entornos que garanticen la estabilidad de los objetos culturales a largo plazo, y además establecer procedimientos de control adecuados para monitorizar dichas condiciones (Lucchi, 2018).

Es necesario registrar y estudiar los datos ambientales para estimar el riesgo que determinadas condiciones conllevan para los objetos culturales expuestos, pero este análisis plantea una gran dificultad debido a la diversidad y heterogeneidad de materiales que suelen presentar las obras. La monitorización ambiental por sí sola no puede considerarse una estrategia de CP eficaz, sino que debería ir vinculada a la existencia de modelos de degradación de los diferentes materiales en relación con los parámetros ambientales mencionados que permitan predecir el daño y, por tanto, establecer los umbrales de tolerancia de la obra o, dicho de otro modo, las condiciones a partir de las cuales puede haber riesgo y puede producirse un daño a menudo irreversible.

En la actualidad se dispone de diferentes soluciones tecnológicas para monitorizar y registrar los parámetros ambientales de los lugares donde se encuentran los objetos culturales en el contexto de los museos (Perles *et al.*, 2018). Sin embargo, estos sistemas carecen de una función predictiva que, por una parte, estime el potencial de degradación futura del objeto causado por su exposición a ese entorno y que, por otra, proporcione recomendaciones para su correcta preservación.

El proyecto CollectionCare, liderado por la Universitat Politècnica de València en el marco del programa Horizonte2020 (www.collectioncare.eu), tiene como propósito diseñar un servicio para la CP de objetos culturales que resulte asequible para museos de pequeño y mediano tamaño, dado que, a menudo, este tipo de instituciones no pueden contar con un sistema de control medioambiental adecuado ni con personal dedicado a su mantenimiento. Para ello, se plantea aunar la investigación actual sobre modelos de degradación de materiales con

los últimos avances tecnológicos en electrónica de sensores, comunicaciones inalámbricas LPWAN (*Low-Power Wide Area Network*), computación en la nube y *big data*, en un complejo sistema que permita predecir cómo se comportarán los materiales a lo largo del tiempo en un entorno determinado y que proporcione recomendaciones de acuerdo a las normas europeas de CP (CEN, 2010).

En las secciones siguientes se expone en detalle el sistema CollectionCare, la estructura y las fases del proyecto, el conjunto de museos como escenarios y algunas de las colecciones seleccionadas como casos de estudio y, por último, se presentan los resultados previstos y las perspectivas de futuro.

2. El sistema CollectionCare

Como se ha comentado en el apartado anterior, el proyecto CollectionCare plantea desarrollar un sistema de apoyo a la toma de decisiones para la CP de objetos culturales. El proyecto se encuentra en su fase inicial y prevé monitorizar las condiciones ambientales del entorno inmediato de cada objeto seleccionado mediante un nodo sensor IoT (*Internet of Things*), de forma ininterrumpida y en los diferentes escenarios y situaciones en que se encuentre, tanto durante su exposición como durante su manipulación, almacenamiento o transporte.

La monitorización de las condiciones ambientales se podrá realizar, bien a nivel de sala o bien a nivel individual, cuando la vulnerabilidad o sensibilidad del objeto lo requiera. Si no se precisa esta monitorización individualizada, un mismo dispositivo servirá para registrar los datos de varios objetos a la vez, lo cual optimiza los costes. En este caso, cabe tener en cuenta que, a pesar de que se realice la monitorización a nivel de sala, la información recogida se asociará siempre a cada objeto de forma independiente.

Una vez obtenida la información de los sensores, los datos se trans-

fieren, almacenan y analizan en la nube (*big data* y *cloud computing*) mediante algoritmos de computación basados en los modelos de degradación de los materiales y en las normativas microclimáticas de CP. El análisis de los datos permitirá proporcionar al usuario información sobre la degradación futura del objeto, así como advertencias y recomendaciones para asegurar la conservación de las piezas a largo plazo.

En la actualidad, las soluciones más avanzadas de monitorización de parámetros ambientales para CP de objetos culturales en museos son los *dataloggers* inalámbricos que registran principalmente T y HR. Sin embargo, tienen varios inconvenientes, como su elevado precio (que oscila entre 250 y 700 euros), su escasa autonomía (inferior a 18 meses) y la falta de análisis predictivos cruzados con los modelos de degradación y normativa medioambiental que permitan pronosticar la degradación material de los objetos culturales en esas condiciones ambientales. Este último aspecto implica que, para lograr una adecuada conservación de las colecciones, se necesita un especialista que analice los datos recogidos por estos dispositivos.

CollectionCare plantea ofrecer un servicio completo que abarque desde la monitorización del objeto hasta la sugerencia de recomendaciones para su CP: ahí radica su principal innovación. Se trataría de un servicio con una tarifa anual asequible por nodo sensor que proporcione: a) el equipo electrónico necesario (nodo sensor con conectividad inalámbrica); b) un servicio de visualización de las condiciones ambientales a las que se encuentra expuesto el objeto, tanto históricas como actuales en tiempo real; c) información sobre el estado de conservación del objeto, predicción de su degradación a lo largo del tiempo y recomendaciones para su CP; y d) un sistema de alerta que avise a los usuarios cuando los parámetros ambientales estén fuera de los rangos establecidos para su conservación óptima.

La figura 1 presenta el esquema de CollectionCare y muestra cómo se integran en el sistema las diferentes áreas tecnológicas y de investigación previamente mencionadas.

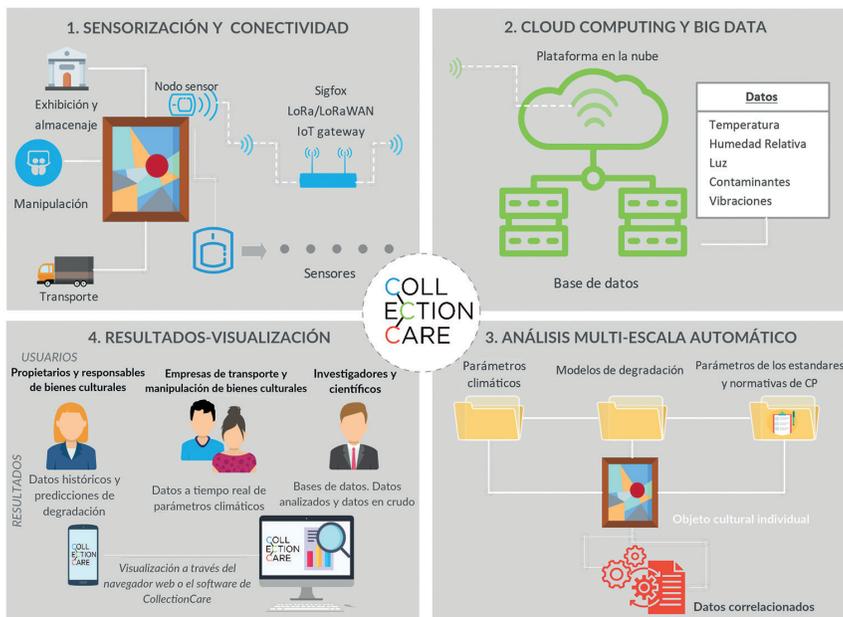


Figura 1. Diagrama del sistema CollectionCare. CollectionCare, 2019.

2.1. Sensores y conectividad

HR, T, L, CA y V son los parámetros de degradación más comunes que afectan al patrimonio cultural (Staniford, 2014; Padfield y Borchersen, 2016). El despliegue de los sensores se hará de forma metódica, centrándose en la obra y siguiendo un protocolo específico que permita estimar el número necesario de sensores para cada sala y cómo deben disponerse. La instalación de los sensores será reversible y la conectividad será *plug-and-play* para facilitar su puesta en marcha.

En caso de monitorizar un solo objeto, el sensor lo acompañará en todo momento: durante su exhibición, almacenaje, manipulación y transporte. Si se monitoriza una habitación con varios objetos o

cuando estos son muy pequeños, como monedas o joyas, el sensor se asignará a todo el conjunto, pero los datos obtenidos se procesarán de manera individual, considerando la naturaleza específica de cada objeto. Así, si la colección cambia de ubicación, los objetos se asignarán a otro sensor sin perder el historial de datos.

El nodo sensor consiste en una pequeña placa electrónica con sensores para los diferentes parámetros físicos, un microcontrolador para gestionarlos y un módulo de radiofrecuencia. Adicionalmente, el nodo implementa un sistema inalámbrico multiprotocolo que permite operar en diferentes escenarios. Para que el nodo sensor sea eficiente y su batería tenga una gran autonomía, será crucial considerar el consumo energético en su diseño, con ciclos de reposo apropiados, baterías de alta densidad y baja autodescarga y técnicas de captura de energía (*energy harvesting*).

La transmisión de los datos a la nube se basa en tecnologías LP-WAN, que se están utilizando de manera satisfactoria en soluciones para ciudades inteligentes. Actualmente, los nodos sensores desarrollados combinan las dos tecnologías LPWAN más exitosas — Sigfox y LoRa/LoRaWAN—, lo que permite la transmisión de datos a través de paredes gruesas y a largas distancias (700 m), que son las limitaciones más comunes en escenarios como museos y edificios históricos.

2.2. Cloud computing y big data

En el marco del proyecto se va a desarrollar una plataforma de computación en la nube que garantice interoperabilidad, independencia y su propia evolución futura. Como requisito, debe permitir el despliegue y el funcionamiento automatizados de grandes grupos de datos y el aprendizaje automático sobre diversas tecnologías y proveedores de nubes.

Teniendo en cuenta el elevado volumen de datos a tratar (10 megabytes por año y objeto) y que los tipos de datos cambiarán según avance

el conocimiento y la definición del problema, se necesita un almacenamiento de datos centrado en bases de datos HDFS y NoSQL, ya que estas no imponen una estructura de tabla predefinida, lo que permitirá adaptarse a nuevos tipos de datos sin necesidad de redefinir la base.

Por otro lado, como el análisis de datos mediante algoritmos numéricos es complejo, se requerirán grandes capacidades de cálculo. Para ello, se emplearán las herramientas de Atos, socio del proyecto, conocidas como Data Analytics y Atos Codex, que permiten desplegar grandes marcos de datos y bibliotecas de aprendizaje automático compatibles, lo que facilitará el tratamiento de grandes cantidades de datos para predecir comportamientos y patrones.

2.3. Modelos de degradación de materiales

Para predecir el alcance de los daños que las condiciones climáticas pueden causar a los objetos culturales, el sistema CollectionCare se basa en el análisis de los datos ambientales cruzados con los modelos de degradación. El punto de partida será considerar los modelos existentes, ampliarlos y adaptarlos para describir la naturaleza específica de los objetos (material) y el agente de degradación considerado, como las fluctuaciones de HR, T, L, CA o V (Bratasz y Vaziri, 2018; Bosco *et al.*, 2017; Irbe *et al.*, 2017; Walaszek *et al.*, 2014). El proceso de degradación depende en gran medida de las propiedades de los materiales de los objetos y de las condiciones ambientales a los que están sometidos (Mecklenburg, 2007). En el marco del proyecto se consideran solo cuatro tipos de materiales —pinturas sobre lienzo, objetos de madera, papel y objetos de metal—, que son los que se encuentran con más frecuencia en las colecciones y, por lo tanto, son escenarios comunes y representativos de degradación. La información del historial ambiental proporcionado por los museos se utilizará como parámetro de entrada previo.

El pronóstico de las condiciones de conservación de los objetos supervisados y las recomendaciones para su CP serán el resultado de

un proceso de análisis automatizado de los datos recogidos mediante algoritmos numéricos basados en los diferentes modelos, que describirán la cinética de envejecimiento y degradación de los materiales.

Antes de someter al análisis los datos ambientales, el objeto deberá describirse en un lenguaje común preestablecido para especificar su multimaterialidad, lo que asegurará un vínculo entre el nodo sensor, el objeto y sus características materiales en el sistema informático. Los datos recogidos de cada objeto se cotejarán automáticamente en la nube con los datos de los modelos de degradación o los parámetros de degradación de cada material transcritos en los algoritmos de computación. Además, se correlacionarán con las actuales normativas, como la norma EN 15757:2010 y las directrices ASHRAE 2015, a fin de obtener predicciones de su degradación de la forma más veraz posible, así como recomendaciones para su adecuada conservación.

3. Organización y fases del proyecto

La figura 2 muestra la estructura y la organización del proyecto. El plan de trabajo se organiza en diez paquetes (WP) que integran el desarrollo completo del sistema (WP1-WP6), la gestión del proyecto (WP9) y otras actividades vinculadas (WP7, WP8 y WP10), como la difusión del proyecto y la definición de un plan de explotación para la futura inserción del servicio CollectionCare en el mercado.

El WP1, «Definición de los requisitos iniciales del sistema CollectionCare», tiene por objeto realizar un análisis exhaustivo de las bases y requisitos técnicos específicos para desarrollar los diferentes elementos que componen el sistema y establecer el lenguaje técnico común a utilizar durante todo el proyecto. El WP1 establece el punto de partida.

El objetivo principal del WP2 es avanzar en el conocimiento y adaptar los modelos de degradación ya existentes que se centran en la predic-

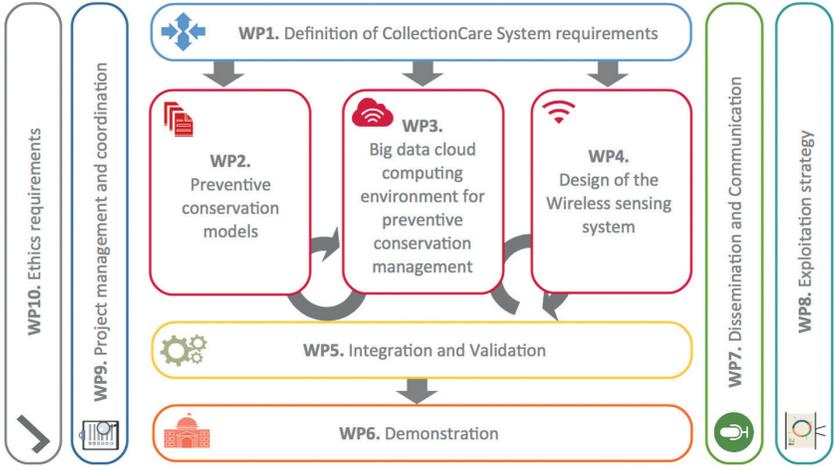


Figura 2. Organización del proyecto en paquetes de trabajo (WP). Collection-Care, 2019.

ción de la degradación de los diferentes tipos de objetos culturales, como pinturas sobre lienzo, objetos de madera, papel o metal.

El WP3 se centra en el diseño, partiendo de las tecnologías existentes, de una infraestructura en la nube basada en *big data* para almacenar grandes cantidades de información sobre las condiciones ambientales de las obras, para su posterior análisis.

El WP4 se enfoca en diseñar el nodo sensor, para que recoja de manera continua los parámetros físicos establecidos (T, RH, L, CA, V), así como en asegurar la comunicación inalámbrica para la transmisión de datos, teniendo en cuenta todos los obstáculos que puedan surgir en los diferentes espacios donde los objetos se exhiben, almacenan o transportan.

Posteriormente se iniciarán las tareas de validación (WP5) y demostración (WP6), que se llevarán a cabo en siete museos asociados al proyecto. Las diferentes tecnologías y los modelos desarrollados se

integrarán en el sistema para comprobar su correcto funcionamiento en un escenario real.

4. Casos de estudio: museos y colecciones

El consorcio del proyecto está compuesto por dieciocho socios, de los cuales seis son o engloban museos, que actuarán como sitios de demostración para validar el sistema:

- Museo de Armería y Museo de Bellas Artes de la Diputación Foral de Álava (Vitoria, España)
- Brīvdabas Muzejs, The Ethnographic Open-Air Museum of Latvia (Riga, Letonia)
- Filmoteca, Institut Valencià de Cultura (Valencia, España)
- Art and History Museum (Bruselas, Bélgica)
- National Historical Museum, Historical and Ethnological Society of Greece (Atenas, Grecia)
- Rosenborg, Kongernes Samling. The Royal Danish Collection (Copenhague, Dinamarca).

En esta primera etapa, se han seleccionado los objetos culturales de cada museo para la futura etapa de validación. Para ello, se definieron unas directrices y unos criterios basados en los requisitos técnicos establecidos durante los primeros meses del proyecto (WP1), y se priorizaron las obras que tenían un historial de conservación documentado, una composición material conocida y un registro histórico de parámetros ambientales. Por otro lado, también se tuvo en cuenta que se incluyeran objetos de diferentes condiciones, con distintos niveles de sensibilidad a las variaciones ambientales, y que estuvieran ubicados en diferentes tipos de espacios.

Los criterios para la selección de obras fueron los siguientes:

- Cuarenta objetos por institución y, dentro de lo posible, diez de cada tipo de material

- Objetos que tengan un historial de conservación conocido, preferentemente documentado
- Objetos que hayan formado parte de la colección durante mucho tiempo
- Objetos que, si es posible, cuenten con un registro histórico de datos ambientales
- Objetos tanto tratados como no tratados
- Objetos tanto en préstamo o tránsito constante como en exposición permanente
- Objetos de varios tamaños y características.

Para evaluar los diferentes escenarios y espacios en los que se exhiben o almacenan los objetos, también se tuvieron en cuenta las características constructivas de los edificios y los factores de conectividad inalámbrica.

Entre junio y agosto de 2019 se seleccionaron, pues, los diferentes objetos de cada institución y se elaboró un informe de conservación para cada uno de ellos. La selección final consta de 215 objetos, entre ellos 50 de madera (23 %), 62 de papel (29 %), 44 pinturas sobre lienzo (21 %) y 59 piezas de metal (27 %). En las figuras 3-6 se muestran varios objetos representativos de los diferentes tipos y se indica su origen y el escenario de exposición.

5. Conclusiones. Perspectivas y resultados esperados

En el primer año del proyecto, se han hecho progresos significativos definiendo los requisitos para iniciar el desarrollo y la adaptación de los modelos de degradación (WP2), la infraestructura en la nube para computación y almacenamiento de datos (WP3) y el diseño de los nodos sensores inalámbricos (WP4). En cuanto a los modelos de degradación, se ha identificado toda la información con los detalles necesarios sobre los actuales modelos de pintura sobre lienzo, papel, madera y metal. Para el almacenamiento de datos y la computación en

la nube, se han llevado a cabo investigaciones preliminares para evaluar la carga de datos históricos en diferentes tipos de bases de datos y se ha seleccionado Amazon DynamoDB como resultado de ese estudio. Por último, se han definido los requisitos necesarios para diseñar el nodo sensor y se ha desarrollado un primer prototipo.

Durante los próximos dos años del proyecto se continuará trabajando en el desarrollo de las tres áreas principales del sistema CollectionCare: la conectividad y los sensores, la computación en la nube y los modelos de degradación. El objetivo es integrar estos componentes en un único sistema a principios de 2021 e iniciar los procedimientos de validación, cuyo fin es identificar cualquier corrección o mejora que deba realizarse antes de que comience la fase de demostración. Durante los últimos seis meses del proyecto, se realizarán las actividades de demostración en las diferentes instituciones para evaluar



Figura 3. Escuela Dalcroze Hellerau. Pintura sobre lienzo atribuida a José Garnelo y Alda, 1993. Museo de Bellas Artes de Álava, Diputación Foral de Álava (Vitoria, España), 2019.



Figura 4. Conjunto de 52 cartas de papel de celulosa del siglo XVIII, pertenecientes a la reina Anna Sophie Reventlow de Dinamarca. The Royal Danish Collection, Rosenborg (Copenhague, Dinamarca), 2019.



Figura 5. Cofre de madera pintado. The Ethnographic Open-Air Museum of Latvia (Riga, Letonia), 2019.



Figura 6. Arma de fuego del siglo XVI. Museo de Armería de Álava, Diputación Foral de Álava (Vitoria, España), 2019.

la utilidad, la eficacia y la eficiencia de las funcionalidades que ofrece el sistema, así como la satisfacción de los usuarios finales.

Por último, a principios de 2022 se celebrará en Valencia una reunión denominada *Research & Innovation Actions for Preventive Conservation of Cultural Heritage* para difundir los resultados de la investigación del proyecto y evaluar las posibilidades de CollectionCare en relación con los museos y colecciones, con especial atención a los servicios de CP del patrimonio cultural. Asimismo, en el marco de dicho congreso se pre-

tende crear un foro en el que los investigadores, los profesionales de los museos y las empresas intercambien ideas y exploren posibles áreas de investigación en el futuro.

Agradecimientos

El proyecto CollectionCare ha sido financiado por el programa Horizon2020 Innovative Action – Industrial Sustainability de la Unión Europea mediante el acuerdo de subvención nº 814624.

Bibliografía

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). «Chapter 23: Museums, Galleries, Archives, and Libraries». En: *ASHRAE Handbook HVAC Applications*. Atlanta: ASHRAE, 2015, p. 23.1-23.22.

BOSCO, Emanuela; PEERLINGS, Ron; GEERS, Mark. «Asymptotic homogenization of hygro-thermo-mechanical properties of fibrous networks». *International Journal of Solids and Structures* (Texas: Elsevier), 115-116 (1 junio 2017), p. 180-189.

BRATASZ, Łukasz; VAZIRI SERESHK, Mohammad Reza. «Crack Saturation as a Mechanism of Acclimatization of Panel Paintings to Unstable Environments». *Studies in Conservation* (Londres: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works), 63, 1 (11 septiembre 2018) p. 27.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). *EN 15757:2010 Conservation of Cultural Property-Specifications for Temperature and Relative Humidity to Limit Climate-Induced Mechanical damage in Organic Hygroscopic Materials*. Bruselas: European Committee for Standardization, 2010.

IRBE, Ilze [et al.] «Susceptibility of thermo-hydro-treated birch plywood to mould and blue stain fungi». *Wood Material Science & Engineering* (London: Taylor & Francis), 13, 5 (7 junio 2017), p. 296-304.

LUCCHI, Elena. «Review of preventive conservation in museum buildings». *Journal of Cultural Heritage* (Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson SAS), 29 (enero-febrero 2018), p. 180-193.

MECKLENBURG, Marion F. «Determining the acceptable ranges of relative humidity and temperature in museums and galleries, Part 2, structural response to temperature». *Smithsonian Libraries* (Wash-

ington D.C: Smithsonian Institute) [en línea], (2007). <<https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/7055/Mecklenburg-Part2-Temp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [Consulta: 19 noviembre 2019].

PADFIELD, Timothy; BORCHERSEN, Karen (eds.). *Museum microclimate: contribution to the Copenhagen conference, 19-23 November 2007*. Copenhagen: National Museum of Denmark, 2007.

PERLES, Angel [*et al.*] «An energy-efficient internet of things (IoT) architecture for preventive conservation of cultural heritage». *Future Generation Computer Systems* (Amsterdam: Elsevier B.V.), 81 (abril 2018), p. 566-581.

STANIFORD, Sara. «Environmental conditions for the safeguarding of collections: Future trends». *Studies in Conservation* (Londres: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works), 59, 4 (24 junio 2014), p. 213-217.

WALASZEK, Damian [*et al.*] «Minimally-invasive Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry analysis of model ancient copper alloys». *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* (Oxford: Elsevier B.V.), 99, (septiembre 2014), p. 115-120.