

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
FACULTAD DE TURISMO



TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN
TURISMO ELECTRÓNICO:
TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA
GESTIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL
TURISMO

INMÓTICA EN MUSEOS

ÁNGELA GARCÍA MARTÍNEZ

MÁLAGA, 2023



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Facultad de Turismo
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FACULTAD DE TURISMO

**MÁSTER EN TURISMO ELECTRÓNICO:
TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA GESTIÓN Y
COMERCIALIZACIÓN DEL TURISMO**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

INMÓTICA EN MUSEOS

BULDING AUTOMATION IN MUSEUMS

Realizado por
Ángela García Martínez

Tutorizado por
Jorge Luis Martínez Rodríguez

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
MÁLAGA, SEPTIEMBRE DE 2023

Resumen

En este trabajo se realiza un estudio sobre los diferentes sistemas inmóticos que se utilizan en los museos. En primer lugar, comenzaremos haciendo un recorrido por los términos de museo e inmótica como introducción a una mejor comprensión del tema. En segundo lugar, se centrará en profundidad en la ayuda que causa la inmótica en distintos niveles, tanto en la seguridad como en el confort, propiciando la conservación de las obras de arte y el bienestar de los visitantes. Refiriéndonos al tema de la seguridad, se estudiará, sobre todo, el control a través de cámaras de seguridad y los sistemas de transporte interno del museo. Por su parte, el control de los factores climáticos y ambientales se estudiará atendiendo a distintos niveles: calor, humedad e iluminación. De todo ello, se extraen una serie de conclusiones sobre los efectos positivos y negativos de estas innovaciones que servirán de ayuda para futuras investigaciones en este campo.

Palabras clave: museo, sistemas inmóticos, turismo cultural, climatización, seguridad.

Abstract

In this essay it is performed an study of the automation. First of all, we are going to mark off the definition of the two main concepts: museum and bulding automation so we can have a better approach to this topic. Secondly we are going to focus on how inmotoc systems can help in different ways: on security and on confort, that would help the preservation of art works and the experience of the visitors. Regarding the security topic, we will study the cameras and the internal transportation systems such as elevator. Then, we will study the control of climate factos such as heat, humidity and lighting. In conclusion, we are going to achieve some conclutions about the pros and cons of these innovations that will help future investigations in this topic.

Keywords: museum, Smart buldings, cultural turism, climate control, security.

Índice

1	Introducción	1
1.1	Objetivos	2
1.2	Metodología	2
1.3	Planificación temporal	2
1.4	Estructura de la memoria	3
2	Automatización en museos	5
2.1	Conceptos clave	6
2.1.1	Museo	6
2.1.2	Inmótica	6
2.2	Mejoras y riesgos en un museo	8
2.2.1	Mejora de la seguridad del museo	8
2.2.2	Mejora de la conservación de las obras	12
3	Sistemas de transporte interno	15
3.1	Ascensores y montacargas	16
3.2	Escaleras mecánicas	18
3.3	Ejemplos	19
4	Sistemas de control ambiental	23
4.1	Sistemas de climatización	24
4.2	Sistemas de iluminación	26
5	Sistemas de seguridad.....	29
5.1	Cámara de seguridad	30
5.2	Dispositivos perimetrales	32
5.3	Accesos restringidos	32
5.4	Sistemas antiincendios	33
6	Conclusiones	37
6.1	Recapitulación	38
6.2	Otros sistemas inmóticos para museos	39
7	Bibliografía	41

8 Referencia de figuras.....	47
-------------------------------------	-----------

1

Introducción

Este capítulo sirve de presentación al estudio realizado en el presente trabajo fin de máster, donde se incluyen los objetivos, la metodología, la planificación temporal y la estructura de la memoria. Teniendo en cuenta que la visita a museos constituye una de las principales actividades del turismo cultural.

1.1 Objetivos

Este trabajo de fin de máster es un estudio sobre la automatización en edificios dedicados a museos, con todas las particularidades que ello conlleva.

El objetivo principal es mostrar la utilización de la inmotica en museos. En este análisis vamos a estudiar la integración de sistemas inmóticos dentro de los edificios dedicados a albergar colecciones museísticas de interés cultural y conocer las diferentes medidas que toma un museo en cuanto a la seguridad de las obras y el confort de los visitantes.

1.2 Metodología

El trabajo de fin de máster se basa en una búsqueda minuciosa de artículos tanto de divulgación general como científicos o tecnológicos que proporcionen información relevante al respecto.

En primer lugar, comenzaremos estudiando la información disponible acerca de los planes de actuación de los museos, a nivel nacional e internacional, para mejorar la conservación y la seguridad de las colecciones que tengan abiertas al público. A continuación, organizaremos los datos recabados para proporcionarles una cierta coherencia. Las herramientas utilizadas para encontrar esta información han sido buscadores académicos como Dialnet o Google Académico y los diferentes repositorios electrónicos de la Universidad de Málaga.

Por último, para terminar este TFM, elaboraremos la memoria y extraeremos las conclusiones a partir de los resultados obtenidos.

1.3 Planificación temporal

Se plantea la siguiente temporización del trabajo a realizar en base a las siguientes etapas de trabajo secuenciales:

- Búsqueda bibliográfica general (0'5 meses).
- Reglamentaciones aplicables a edificios de uso público (0'5 meses).
- Información concreta sobre remodelación de museos (1'5 meses).
- Análisis y organización de la información obtenida (1'5 meses).
- Elaboración de la memoria y de la presentación del trabajo (1'5 meses).

1.4 Estructura de la memoria

Se ha estructurado la memoria en ocho capítulos. El primero de ellos sirve para que el lector sepa en qué va a consistir el trabajo, las partes de las que se compone y el tiempo que se le ha dedicado a cada una.

El segundo capítulo trata sobre la automatización del museo. En este caso ya se introduce la investigación definiendo los conceptos claves, las mejoras y los desafíos específicos que se encuentran en un museo, acercando al lector al tema que se va a tratar en el trabajo.

En los siguientes tres capítulos se profundiza en la investigación, diferenciando los sistemas de transporte interno, el control ambiental y la seguridad de un museo, analizando individualmente cada sistema inmótico.

Por último, se encuentran las conclusiones obtenidas de la investigación, la bibliografía correspondiente y las fuentes de las figuras, en los capítulos 6, 7 y 8, respectivamente.

2

Automatización en museos

En este capítulo, se presentarán una serie de aspectos generales que permitirán una mejor comprensión del presente trabajo. En concreto se estudiarán; en primer lugar, los conceptos clave (museo e inmótica), en segundo lugar, se comentarán los desafíos que afrontan los museos y, por último, se examinarán aquellas mejoras que se pueden implementar para evitar riesgos.

2.1 Conceptos clave

2.1.1. Museo

Asociar un museo a un edificio es algo que a simple vista parece sencillo, pero resulta complicado si nos adentramos en el origen de la palabra y en su evolución. Según los estatutos del Consejo Nacional de Museos del Mundo la definición de un museo ha evolucionado a lo largo de los años debido a los cambios en la sociedad y en la cultura del propio ser humano (Serrano Vázquez & Coraisaca, 2018).

Haciendo un recorrido por la historia, el término museo emana de la palabra griega mouseion. En sus orígenes hacía referencia a un altar dedicado a las musas, que eran consideradas las protectoras del arte y de las ciencias. Con las conquistas de Alejandro Magno y el paso del tiempo, se alteró el concepto y es entonces cuando empezó a existir la noción de biblioteca (de Alejandría) que fue considerado un lugar dedicado al estudio e investigación de las diferentes ciencias y de la filosofía. Más adelante, el término cobra sentido de nuevo con los humanistas debido a que sus colecciones necesitan un sitio en el que operar, por ello el museo pasaría a ser un espacio donde las actividades eruditas se realizaban. Con el Renacimiento la práctica de coleccionar se ligó con la tradición intelectual enciclopédica. La palabra mouseion se convirtió en el eje donde se cruzaban todas las estructuras y colecciones del saber. Durante los siguientes siglos el término museo conocido actualmente fue nombrado de diferentes formas: pinacoteca, studio, microcosmo, archivo... conceptos relacionados que indicaban una gran variedad de colecciones, pero es la palabra museo la que termino adaptándose técnicamente (Labandeira, 2008).

El Consejo Internacional de Museos propone la siguiente definición de museo: “Una institución permanente, sin ánimo de lucro, al servicio de la sociedad y abierta al público, que adquiere, conserva, estudia, expone y difunde el patrimonio material e inmaterial de la humanidad con fines de estudio, educación y recreo” (Consejo Internacional de Museos, 2007).

2.2.2. Inmótica

Frente a la aparente simpleza del término “museo”, puesto que es una palabra que podemos usar en nuestro vocabulario cotidiano y hay un cierto sentido común o general que tienen los hablantes de ella, nos encontramos con el término “inmótica”, que quizás por su novedad precise una mayor definición. Al mismo tiempo, frente a la antigüedad del museo, cuyos orígenes hemos podido rastrear hasta la Antigua Grecia, la inmótica, por su parte, es relativamente nueva. Precisamente no existe una traducción directa del término inmótica al inglés, al que se lo conoce como “building automation” o “Smart intelligent bulding”.

Sin más dilación, podemos definir la inmótica como el conjunto de sistemas automáticos integrados en un edificio para hacer más eficaz su uso práctico. El origen de la inmótica se refiere directamente a la gestión técnica de edificios (GTE). Por tanto, su principal campo de aplicación serían los grandes edificios como hoteles, hospitales, centros comerciales, bancos o museos (Pérez Jaqui & Fustillos Chimborazo, 2018). Sin embargo, este tipo de tecnología cuando se aplica a los hogares se denomina domótica y a las ciudades urbótica. Se entiende por automatizar, la realización de tareas sin una intervención humana directa sino por medio de máquinas.

Algunos de las áreas en las que más se desarrolla la inmótica son las siguientes:

- Eficiencia energética: uso de energías limpias es un ejemplo de esta área.
- Bienestar: mejorar la calidad de vida gracias a la inmótica con el control de la climatización o la iluminación.
- Seguridad: instalación de alarmas que eviten, por ejemplo, escapes de gas o los aspersores en el caso de incendios.
- Comunicaciones: los avisos de alarmas o el control remoto con Internet.
- Ocio: la inmótica contribuye en el disfrute audiovisual.
- Accesibilidad: mejorar el acceso a personas con discapacidad física a edificios fomentando la integración (Moreno, 2012).

Todos estos ejemplos reflejan el objetivo real que persigue la inmótica: la eficacia, o sea, el máximo aprovechamiento de los sistemas instalados en un edificio. Gracias a esta tecnología, se consiguen diversos beneficios de índole económico, pero también de calidad. En primer lugar, se optimiza el gasto en recursos energéticos favoreciendo no solo el ahorro sino también el cuidado del planeta. En segundo lugar, aumenta la calidad de vida facilitándonos nuestras tareas y creando un ambiente más favorable. En tercer lugar, se controlan las personas que acceden a un edificio y se pueden instalar sistemas de videovigilancia más modernos, lo que ayuda a nuestra seguridad (Leon & Damara, 2011).

Por todo ello, son cada vez más las compañías que quieren implementar la inmótica en sus edificios, sobre todo, en el sector hotelero. Sin embargo, hemos de señalar que la inmótica emplea tecnología puntera y, por ello, no está al alcance de todo el mundo, debido a su elevado coste de instalación. Para hacer la instalación de un sistema inmótico hay que pasar por diferentes fases (ver Figura 1), el pre-estudio, la definición, la instalación y la entrega.

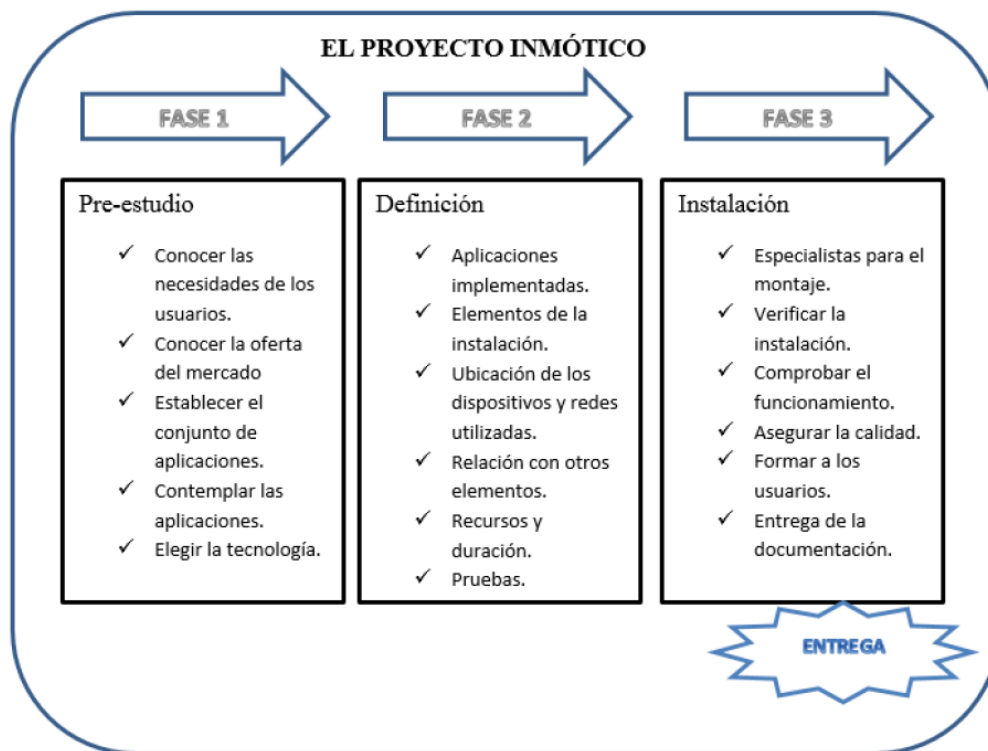


Figura 1: Fases y criterios de un proyecto inmótico

La instalación de inmótica en museos es un tema que profundizaremos más adelante, pero no cabe duda de que la inmótica realiza un papel fundamental en el desarrollo de un edificio por la eficacia, la conservación del patrimonio y la experiencia del usuario, y en un museo no podrá ser menos.

2.2 Mejoras y riesgos en un museo

2.2.1. Mejora de la seguridad del museo

Conservar las piezas de un museo entra en cierta contradicción con exponerlas al público ya que hay que proteger las colecciones de su deterioro, pérdida o destrucción, pero, al mismo tiempo, debido al servicio social del museo, hay que enseñarlas para la educación y el disfrute del público. Además, la seguridad en un museo también contempla no solo en proteger las obras, sino también a los visitantes.

Al planificar la construcción de un museo generalmente se opta por el que tiene un coste de instalación y mantenimiento razonable. Aquí estamos entrando en un debate sobre los problemas presupuestarios de instalación y la necesidad de protección de objetos y de personas.

Un museo está expuesto a diversos peligros (ver Figura 2). Podemos hacer una clasificación de los posibles riesgos que un museo debe contemplar y que amenazan su

seguridad como la intervención del hombre, la ubicación en la que se encuentra y peligros que pueden llegar a desencadenar los equipos del propio museo. A

Riesgos geográficos-climáticos	Riesgos técnicos	Riesgos antrópicos
<ul style="list-style-type: none"> - Geográficos. - Climatológicos. - Medio-ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendio. - Inundaciones. - Escape de gases nocivos para las colecciones y para el público. 	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">A). Involuntarios.</div> <ul style="list-style-type: none"> - Accidentes por el personal del museo. - Accidentes del público en su visita. - Accidentes por conflictos armados o disturbadores de la paz social, siempre que el museo no es objetivo de estas acciones. <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">B). Voluntarios.</div> <ul style="list-style-type: none"> - Robo. - Vandalismo. - Acciones Bélicas o disturbadoras de la paz social, con el museo como objetivo de estas acciones.

continuación, desarrollaremos cada uno de estos tres grupos (Palomares, 2022).

Figura 2: Riesgos para la seguridad de un museo

- Riesgos geográficos y climáticos

Los museos son construcciones permanentes que se encuentran ligados a su ubicación geográfica y, por tanto, pueden presentarse problemas específicos como seísmos, inundaciones, actividad volcánica, etc. Esto requiere especiales medidas de protección, las cuales se pueden tomar desde un principio, es decir, al construir un museo ya que se tiene en cuenta la zona donde se va a llevar a cabo la construcción, como, por ejemplo, alejarse de máquinas que emitan contaminantes nocivos en suspensión.

Además, otras medidas que pueden tomar los museos son instalar alarmas y sensores para evitar cualquier catástrofe o reducir los daños. Por ejemplo, mecanismos que han sido instalados en plantaciones se trasladan a edificios como museos para controlar las inundaciones, gracias a la instalación de un sistema para el monitoreo del contenido volumétrico del agua usando sensores y la tecnología del Internet de las cosas (Miñán, et al., 2021). Otra medida contra las inundaciones son las sondas de humedad,

que deben colocarse estratégicamente en lugares donde haya altas posibilidades de fugas.

Desgraciadamente hay experiencias de varios países en los cuales las amenazas causadas por efectos naturales han tenido un fuerte impacto negativo en los museos. De estos casos lo único positivo es la enseñanza de cómo actuar para que no vuelvan a suceder o cómo actuar para asegurar que ocurra el menor daño posible en los bienes (Plazas, 2008).

Un ejemplo de este tipo de riesgo sería el sucedido en París, concretamente en el museo del Louvre en el año 2016, cuando el río Sena se desbordó debido a intensas lluvias y provocó inundaciones en gran parte de la ciudad incluidas zonas cercanas al museo. Afortunadamente se pudieron evitar pérdidas dolorosas, ya que hubo una rápida respuesta del museo y un plan previo de desalojo de las piezas.

- Riesgos técnicos

En esta ocasión, los peligros que afectan al museo provienen del propio equipamiento que este contiene, como pueden ser cortocircuitos, material inflamable, roturas de cañerías, escapes de gas, etc. Un ejemplo más específico sería un fallo de soporte en una vitrina que sostiene a un objeto o el deterioro de una pieza dentro de una vitrina por las malas condiciones climáticas.

Las vitrinas tienen una función muy importante dentro del museo, ya que además de proteger a las piezas, también realzan su presencia. Estas vitrinas deben de ser herméticas, es decir, tiene que controlar las condiciones climáticas en su interior. Hay muchos niveles de control en las vitrinas donde algunas son solo vidrios y otras tienen una serie de mecanismos que generan un mayor grado de control de las condiciones climáticas en su interior. Hay que tener en cuenta que el precio de adquisición también varía y es mayor cuantos más mecanismos contenga la vitrina, por esto hay que saber los recursos con los que se cuenta y la prioridad que tienen las vitrinas en el museo para incorporar más protección o menos (Palomares, 2022).

Podemos clasificar las vitrinas con tecnología incorporada, en dos grandes grupos. En primer lugar, las vitrinas con control climático activo crean microclimas artificiales reduciendo costos de consumo eléctrico y las posibilidades de fallos mecánicos, pero necesitan un mantenimiento periódico y tienen un precio elevado. En segundo lugar, las vitrinas con sistemas pasivos de control de humedad. En esta ocasión se utilizan productos higroscópicos, compuestos que atraen agua en forma de vapor o de líquido de su ambiente como pueden ser el gel de sílice. La cantidad debe ser calculada en función del volumen del espacio interior de la vitrina, el coste y complejidad de la técnica son inferiores a la anterior (Ministerio de cultura y deportes, 2023).

Por otra parte, otro ejemplo de protección en los museos frente a riesgos técnicos son los sistemas KNX de comunicaciones, ya que los edificios se protegen de que ocurran incidentes como, por ejemplo, cortocircuitos, puesto que éstos ofrecen

seguridad en los cables y en los componentes de la red. Estas fuentes de alimentación tienen regulaciones de tensión y corriente por lo que son resistentes a los cortocircuitos y, además son energéticamente eficientes (Jara Maldonado, 2015).

- Riesgos antrópicos

En esta ocasión los riesgos para el museo son provocados por el propio ser humano. Pueden ser de dos tipos dependiendo de la intención con la que se causan los destrozos: involuntarios o voluntarios.

En primer lugar, los incidentes provocados involuntariamente, como por ejemplo aquellos destrozos que el público puede originar con su visita: el visitante puede caerse sobre objetos colgados o vitrinas ocasionando el deterioro de estas, el descuido de algún visitante fumador puede provocar incendios, posibles destrozos ocasionados por visitas multitudinarias como la de colegios. También entran dentro de este grupo aquellos riesgos que pueden originarse en el desarrollo de una actividad profesional dentro del propio museo como puede ser la manipulación de las obras de arte. Por último, dentro de los incidentes involuntarios se encuentran aquellos que son causados por conflictos armados, protestas de algún colectivo o cualquier disturbio social, siempre que el museo no sea objeto directo de estas acciones.

En segundo lugar, tenemos los incidentes provocados voluntariamente, dentro de este grupo se encuentran todas las acciones que son llevadas a cabo con el fin de deteriorar el museo, por ejemplo, un robo, un incendio, acto vandálico o acciones bélicas que tienen como objetivo destruir el museo (Palomares, 1996).

Un ejemplo de incidente que puede ocurrir en un museo es el robo en el museo Vicent van Gogh en Ámsterdam, el más visitado de Países Bajos, que sucedió en 2002. Dos hombres con un martillo y unas escaleras burlaron el sistema de seguridad del museo y robaron dos obras de arte del artista holandés valoradas en 100 millones de euros. Estas obras estuvieron desaparecidas por más de 14 años hasta que fueron encontradas por la policía italiana en Nápoles (Aguiar, 2017).

Para evitar que estos incidentes, ya sean involuntarios o voluntarios, sucedan o provoquen daños se deben de tomar medidas de seguridad y aquí es donde la inmótica juega un papel muy importante, ya que, gracias a ella la protección de un edificio es más eficaz. La responsabilidad de seguridad de un museo tiene que analizarse en dos etapas, la primera durante la planificación del museo donde los profesionales técnicos, especialistas o arquitectos evalúan los riesgos a los que el museo se enfrenta y adoptan los sistemas de seguridad más apropiados para cada uno de los riesgos analizados. En la segunda etapa son el personal del museo los responsables del óptimo funcionamiento de los sistemas de seguridad (Palomares, 1996).

La seguridad que un museo contiene para proteger tanto las piezas del museo como a sus visitantes son diversas medidas, algunas de las cuales pueden ser cámaras de videovigilancia, sistemas antiincendios, restricción de accesos, etc. No todos los museos

cuentan con estas medidas de seguridad, ya que muchos museos son construcciones históricas y para incorporar en sus instalaciones la inmotica se deben de realizar reformas costosas.

2.2.2 Mejora de la conservación de las obras

Las principales funciones de un museo son investigar, documentar, conservar y exhibir. Estas acciones se plasman en diferentes áreas como dirección, documentación, investigación, conservación, educación y administración. La conservación es una de las funciones primordiales del museo, ya que de ella dependen la preservación y la posibilidad de herencia del patrimonio.

Ahora bien, si nos referimos más a fondo a la conservación de las obras dentro del museo respecto al riesgo que supone para ellas la temperatura, la humedad, la contaminación atmosférica o el nivel de iluminación, realmente estas piezas se están enfrentando a su deterioro. Para ello, los museos pueden tomar medidas y aquí es donde entra en juego la inmótica. Los factores que son más constantes son los que representan unas consecuencias más nefastas, porque su actuación sobre las piezas es acumulativa. Estos factores suelen ser un nivel elevado de radiación ultravioleta o niveles de temperatura y humedad relativa incorrectos (García Morales, 2023).

La conservación implica un estudio tanto del bien cultural, como de los materiales y técnicas, de las intervenciones y restauraciones pasadas, además de un análisis de las condiciones medioambientales a las que las piezas están sometidas: agentes climáticos, mantenimiento, plagas, etc. Hay que tener en cuenta que no todas las obras son igualmente sensibles al paso del tiempo o a un entorno adverso. Por ejemplo, los materiales inorgánicos son resistentes (piedra o cerámica), mientras que los orgánicos (madera o papel), y las fibras textiles, son muy degradables.

Hemos señalado como factores de riesgo para la conservación de las piezas de un museo los agentes ambientales, es decir, la luz, la temperatura, la humedad y la contaminación atmosférica. Hay que tener en cuenta que no existen unas condiciones ambientales de humedad relativa y de temperatura óptimas fijas para las colecciones de los museos, ya que cada caso es distinto, por lo tanto, hay que analizar previamente el ambiente al que se han habituado los bienes culturales.

En cuanto a la iluminación, debemos señalar que la luz, ya sea natural o artificial, es otro factor degradante para las obras de arte, siendo éstas moderadamente sensibles a su acción. Existen unos límites máximos de luz sobre las obras de arte, dependiendo de cada tipo de materia como la pintura, cerámica, talla de madera... (Alonso, 2009).

Para prevenir todos estos riesgos un museo puede tomar muchas medidas ayudándose de la inmótica. Estas medidas las desarrollaremos más adelante en el trabajo, pero a grandes rasgos serían el monitorio de la temperatura y humedad en salas de exhibición gracias a sensores y actuadores, instalar sensores de iluminación

automática, establecer deshumificadores adecuados para mantener buen clima en las salas, utilización de LED de bajo impacto, entre otras medidas.

Por lo tanto, los materiales de las colecciones no son eternos, inevitablemente las piezas se deterioran incluso dentro de los museos. Los agentes de destrucción que afectan a las colecciones como ya hemos visto son numerosos: humanos o naturales, físicos o químicos. Según los especialistas, el más implacable de todos ellos es el clima. Pero, al contrario de lo que se podría pensar, no son las variaciones de temperatura las más peligrosas sino las variaciones de humedad (ver Figura 3). La mayoría de los objetos reaccionan a dichas variaciones, haciéndolo a veces en forma violenta. De hecho, la mayor parte de ellos, sin contar con su edad, origen o constitución, reaccionan rápidamente a las variaciones de la humedad relativa ambiental. En el caso de los museos, el vapor de agua proviene habitualmente de una o varias de las siguientes fuentes: del exterior, como puede ser la lluvia (1), los lagos, los ríos, el mar (2) o la tierra húmeda (3). También puede venir de las paredes con goteras y tubos agujereados (4) o de la capilaridad, es decir la subida de humedad del suelo a través de las paredes (5). Además, puede provenir del interior: como el cuerpo humano (6), por la limpieza (7) y por último la condensación en las superficies frías (8) (Guichen, 1987).

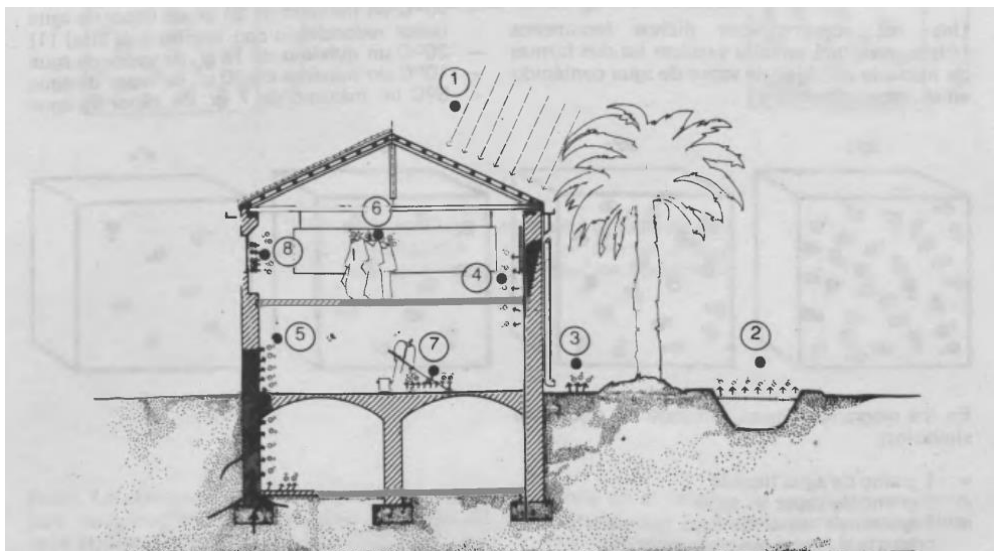


Figura 3: *El vapor de agua en los museos*

3

Sistemas de transporte interno

En este capítulo vamos a tratar todos los sistemas de transporte interno que se encuentran dentro de un museo, es decir los ascensores, escaleras mecánicas y montacargas, viendo ejemplos concretos de museos que poseen estos tipos de sistemas inmóviles. Son importantes ya que facilitan el movimiento del público, incluyendo personas con dificultades motrices. Además, los montacargas permiten desplazar piezas del museo.

3.1. Ascensores y montacargas

Los sistemas de transporte interno son aquellos aparatos instalados para facilitar el desplazamiento de cargas o el tráfico de personas dentro de un edificio, en este caso, un museo. La inmótica brinda la posibilidad de monitorear y ayuda a controlar el funcionamiento de varios servicios y equipos en los museos como, por ejemplo, los ascensores (Arias, 2015).

A la hora de diseñar y fabricar ascensores o montacargas hay que tener en cuenta un complejo proceso en el que se encuentran infinidad de conceptos técnicos y reglamentación. El instalador de máquinas debe ser capaz de llevar a cabo el montaje con herramientas y materiales, consultando planos o esquemas y cumpliendo todas las indicaciones técnicas (Costas, 2004).

Hay diferentes tipos de ascensores y estos, se pueden clasificar según el sistema de tracción que utilicen, es decir pueden ser ascensores hidráulicos, electromecánicos o sin sala de máquinas (Paredes, 2017).

- Ascensores electromecánicos:

Este tipo de ascensores están compuestos por una cabina y un contrapeso (ver Figura 4). La tracción se realiza a través de un motor eléctrico, este permite subir y bajar con la ayuda de unas guías y carriles fijos. Además, se compone de una reductora y una polea de la cual cuelga el cable de tracción.

Para la instalación de los componentes de este tipo de ascensor se necesita una sala de máquinas, que suele estar instalada en las azoteas o parte superior de un edificio. Los ascensores electromecánicos deben de tener un sistema de seguridad, en este caso poseen un amortiguador en la parte inferior del hueco del ascensor y tienen un limitador de velocidad, este hace que el ascensor se detenga en caso de que se exceda la velocidad



Figura 4 Ascensor electricomecánico

establecida (Chumacero, 2021).

- Ascensores hidráulicos

Los ascensores de este tipo tienen un motor eléctrico acoplado a una bomba que introduce aceite a presión en el cilindro, impulsando a la cabina, haciendo que ascienda. Para realizar una bajada se deja vaciar el pistón mediante gravedad (ver Figura 5).



Figura 5 Ascensor hidráulico

Los ascensores hidráulicos tienen una velocidad más controlada y admiten mayores cargas. El lado negativo de estos ascensores es que son más lentos que los ascensores eléctricos y el recorrido vertical es menor (Pareces, 2012).

- Ascensores sin sala de máquinas

Estos ascensores cuentan con la particularidad de no poseer sala de máquinas, lo que permite un ahorro en la instalación (ver Figura 6). Tienen un motor más reducido, lo que les permite instalar un sistema de tracción en el mismo hueco del ascensor.

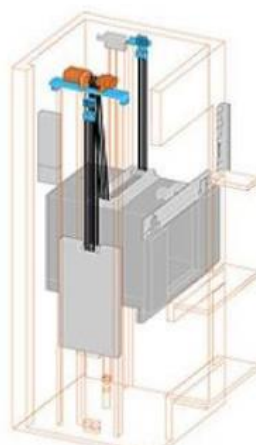


Figura 6 Ascensor sin sala de máquinas

Otra característica de este tipo de ascensores es que pueden ser instalados en lugares no previstos, lo que los hace idóneos para establecerlos en edificios ya construidos sin necesidad de realizar grandes cambios.

- Montacargas

Los montacargas tienen un funcionamiento análogo a los ascensores, pero su uso se limita al personal del museo, permiten desplazar grandes cargas y volúmenes en su interior. Son esenciales para transportar piezas pesadas o delicadas del museo. De esta manera se prevé que ocurra algún tipo de incidente.

3.2. Escaleras mecánicas

Las escaleras mecánicas permiten un mayor flujo de personas que los ascensores, dentro de un museo. Tienen un componente de desplazamiento horizontal del que carecen los ascensores. Son instaladas para mejorar la experiencia de los visitantes y facilitar el acceso a las diferentes plantas del museo.

Por otro lado, refiriéndonos ahora a otro sistema de transporte interno utilizado en museos, el diseño de una escalera mecánica no ha cambiado sustancialmente en los últimos años. Se puede decir que una escalera mecánica está formada por una cadena de peldaños que se desplazan a lo largo de un bucle continuo siguiendo una forma específica determinada por unas guías. En el siguiente gráfico (ver Figura 7) se muestran las partes y zonas más importantes de una escalera habitual, sin embargo, para el usuario solo queda visible la parte de los peldaños de las zonas superiores situadas en las zonas de embarque indicadas (Moreno & Becerra, 2018).

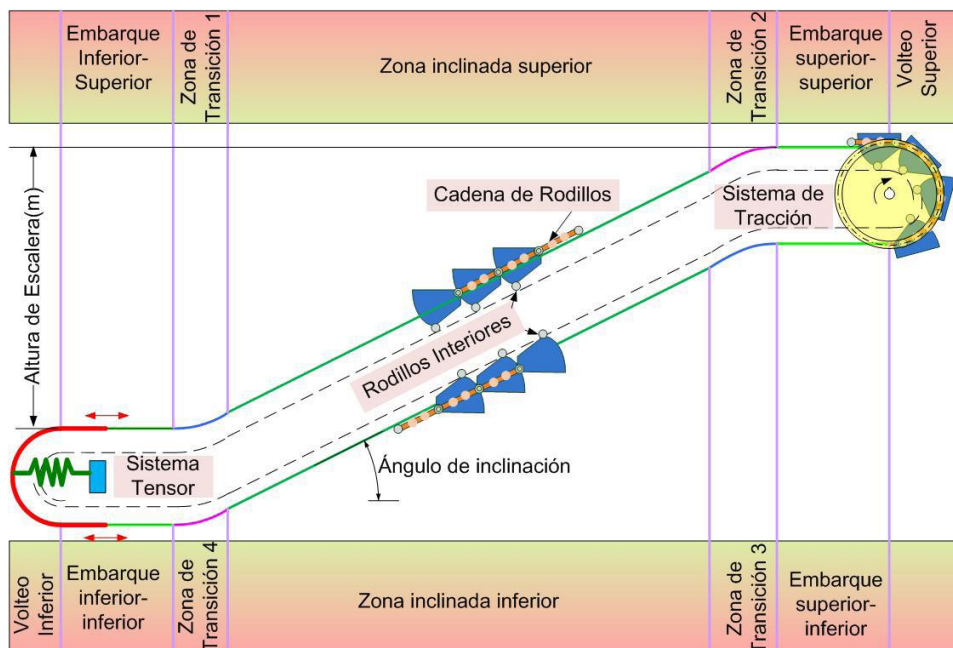


Figura 7: Principales partes de una escalera mecánica

3.3. Ejemplos

A continuación, vamos a ver tres ejemplos de museos que cuentan con sistemas de transporte interno:

- Centre Pompidou:

Este museo se encuentra situado en París, Francia, es una de las obras más emblemáticas del siglo XX, por el uso del cristal y el hierro. El Centre Pompidou fue diseñado por los arquitectos Renzo Piano y Richard Rogers. Una de las características más notorias del edificio es el color, se utiliza de manera simbólica, el color azul representa los conductos de aire, el verde son tuberías para transporte de fluidos, el amarillo para instalaciones eléctricas y el color rojo para circulación, es decir escaleras, ascensores y seguridad (París, 2015).

Los alrededores del museo cuentan con muchas ventanas que dan al exterior, pero el edificio en sí tiene muy pocas puertas y esto no contribuye positivamente al espacio público, aunque la ubicación de las escaleras mecánicas panorámicas en la fachada hacia la plaza son la representación de las aberturas de este edificio. Estas escaleras permiten captar la atención de los visitantes ya que al subirlas su experiencia se convierte en un espectáculo y a la vez las escaleras ayudan a la transición pública (Danieles Echeverria, 2020).



Figura 8: Vista de la fachada del Centre Pompidou

- Museo Reina Sofía

Este museo se encuentra en Madrid, España, en un antiguo hospital de estilo neoclásico. Para respetar la simetría de la fachada se han dispuesto en las dos torres gemelas ascensores panorámicos. Estos ayudan a conducir el flujo de los visitantes de unos niveles del museo a otros. Además, en una de las fachadas laterales, se ha construido una torre de servicio con un montacargas, utilizado para transportar las obras de arte. Lo sorprendente de estas tres torres es la transparencia de sus fachadas ya que están revestidas con paneles de vidrio, lo cual desde el interior del ascensor se ofrecen magníficas vistas del entorno (De Onzonño & De Castro, 1992).



Figura 9: *Museo Reina Sofía*

- Museo del Louvre.

Es el museo nacional de Francia, ubicado en París. Este museo cuenta con bastantes ascensores para facilitar el flujo de audiencia además de escaleras mecánicas. Destaca entre ellos el ascensor hidráulico, que es un cilindro metálico rodeado de una escalera de caracol. Además, la poca altura del edificio hace que el transporte funcione de una manera más eficiente. Además, el museo es accesible a personas con poca movilidad ya que los ascensores son de gran diámetro y puede entrar sin problemas personas en silla

de ruedas, también los ascensores están equipados con pavimentos táctiles que son adecuados para invidentes (Campuzano, 2016).



Figura 10: *Museo del Louvre, ascensor hidráulico*

4

Sistemas de control ambiental

En este capítulo, nos vamos a centrar en el control ambiental, haciendo un análisis de los sistemas de climatización, el control del aire, la temperatura y por último la iluminación. Todos ellos indispensables para prevenir y controlar las oscilaciones bruscas de temperatura, humedad y luz.

4.1 Sistemas de climatización

La inmótica dentro de un museo brinda la posibilidad de controlar el funcionamiento general de varios servicios como la climatización, iluminación, el balance energético o el monitorio de la temperatura, humedad... La instalación de la inmótica dentro de un museo para los sistemas de climatización debe de ser, por lo general, fácil de usar, flexible e integral para que se puedan utilizar equipamientos de diferentes fabricantes (Gallegos, 2015).

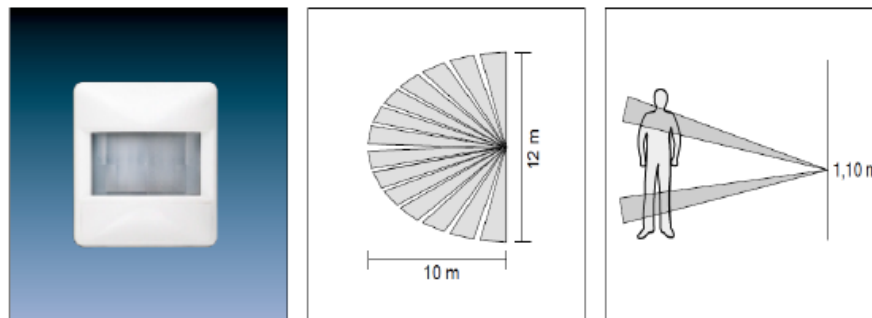
La climatización dentro de un museo es muy importante ya que ayuda a la conservación del patrimonio cultural y, además ayuda a crear un entorno agradable y adecuado para que los visitantes disfruten de las instalaciones del museo. Por otra parte, una buena climatización también evita la existencia de plagas, ya que la existencia de humedad puede crear un entorno idílico para insectos y hongos que aparte de dar una mala imagen al museo pueden dañar las colecciones.

Una gran amenaza a la que se enfrentan los museos es el clima ya sea el de la propia sala, el que generan los visitantes con el calor corporal o el de la humedad que se produce en el aire. Una de las defensas que pueden establecerse en los museos para controlar la climatización son los sensores. Podríamos definir este instrumento como un dispositivo que se utiliza dentro del sistema del museo para evaluar el estado de parámetros, en este caso el de la temperatura en el ambiente. Los sensores más utilizados serían los siguientes: el termostato de ambiente que registra la temperatura real de una habitación, el sensor de temperatura interior que mire la temperatura del lugar donde se encuentre instalado, sondas de temperatura que gestionan el funcionamiento de los tipos de calefacción eléctrica y sondas de humedad que descubren fugas de agua en aseos (Leon & Damara, 2011).

Por consiguiente, los factores ambientales son otro aspecto esencial que hay que vigilar para una correcta conservación del museo. Para ello, las innovaciones inmóticas que aquí estamos estudiando serán de gran ayuda. Siguiendo a García Morales podemos enumerar los distintos instrumentos que se pueden usar para controlar el clima:

- Psicrómetros: diseñados para medir los cambios de temperatura del aire provocados por la evaporación de agua.
- Higrómetros e higrógrafos: miden puntual o relativamente las variaciones en la humedad.
- Termohigrafos: son los más usados en museos ya que proporcionan un registro continuo de la humedad relativa y la temperatura, además de tener un sencillo manejo a un precio asequible.
- *Loggers* portátiles: son sistemas más modernos creados para medir la temperatura y humedad relativa en espacios pequeños. Son ideales para colocar en vitrinas debido a su tamaño (García, 2003).

Los sensores de presencia son elementos que detectan cambios en el sistema de un museo, estas variaciones pueden ser movimientos, cambios de luminosidad, temperatura, humedad... Ahora bien, nos centraremos en el sensor de movimiento. Se encuentran dos tipos diferentes, por un lado, está el sensor de movimiento de 180° (ver Figura 11). Está compuesto por un detector de movimiento KNX que tiene que ir montado sobre un acoplador de bus. Este sensor reacciona a los cambios de temperatura que se producen a su alrededor, como el movimiento de personas, y en función de ello y de su programación envía telegramas de



accionamiento al KNX.

Figura 11: *Sensor de movimiento 180°*

Además, se encuentra el sensor de movimiento universal para montaje en el techo (ver Figura 12).

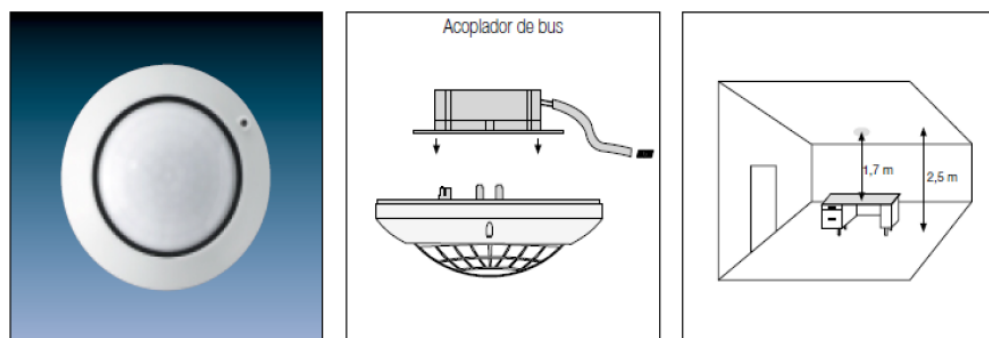


Figura 12: *Estructura del sector de movimiento universal*

De los daños físicos que sufren las obras, la humedad es uno de los principales causantes. La humedad atmosférica causa graves daños, sobre todo, en estructuras superficiales como la madera, los marcos, etc. Entre las deformaciones que este proceso atmosférico acarrea, en zonas de mucha concentración de humedad, las piezas de la colección de un museo pueden sufrir mayoritariamente cambio de

tamaño, de color, ... No obstante, la humedad no es el único fenómeno atmosférico que se ha de tener en cuenta al tratar la conservación de obras en un museo. Las radiaciones electromagnéticas producidas por diversas fuentes de calor, tanto el Sol como el propio calor humano o la iluminación de la sala, son otro aspecto a tener en cuenta. Siguiendo con el ejemplo anterior de la madera en los marcos de cuadros y otras obras, la exposición a las radiaciones calóricas le afecta causando daños como el cambio de color, agrietamiento, ... (Hernández Pérez, 2015).

Un ejemplo de museo que cuenta con sistemas avanzados de climatización y se preocupa por conservar en buen estado sus obras es el Museo Británico en Londres. Algunos ejemplos de los métodos que usa para su conservación son mantener una temperatura alrededor de los 20° centígrados, controlar la humedad relativa sobre el rango de 40% al 60%, emplear sistema para la filtración del aire o mantener sistemas de monitorio constantes.

4.2 Sistemas de iluminación

La iluminación en edificios como los museos es esencial para la presentación de las obras de arte y para la creación de un ambiente atractivo para los visitantes. Por ello los museos deben de considerar diferentes aspectos a la hora de establecer iluminación en sus salas, entre ellos los diferentes tipos de luz (natural o artificial), la intensidad, temperatura, dirección, además de la eficiencia energética, las luces automáticas, luces LED, ...

La luz no se puede eliminar totalmente ya que es necesaria para ver los objetos y permite que las personas se muevan con seguridad. La inmótica juega un papel importante aquí porque podría permitir un control más eficiente de la iluminación del museo, asegurando que solo se utilice la cantidad necesaria de luz en cada zona. También se podría programar para ajustar la luz a diferentes horarios o a eventos especiales.

Haciendo un recorrido por la iluminación dentro de los museos encontramos que los estudios para encontrar la luz más conveniente para las pinturas en las salas de los museos se han llevado a cabo de manera más o menos científica desde la segunda mitad del siglo XVIII. Se estudio la utilización de luces laterales, la iluminación natural que entraba por las propias ventanas, las luces cenitales, hasta que se llegaron a sistemas que recurren a mecanismos para dirigir la luz con la intensidad y dirección adecuados (Moya, 1994).

Hay una gran cantidad de empresas que se dedican a la fabricación e investigación de sistemas de iluminación, una de ellas es la empresa Sengled. Esta marca trata de innovar el sistema de las bombillas, ofreciendo una gran variedad de diferentes estilos de bombillas, entre estas podemos encontrar las bombillas con cámaras de videovigilancia, con bocinas, con sensores de movimiento capaces de ser autónomas o bombillas con baterías (Gordillo, 2021).

Además, de la luz artificial que el propio museo diseña cómo y dónde colocar se ha de tener en cuenta también la luz exterior. La radiación ultravioleta de la luz solar puede dañar muchas obras expuestas de galerías y museos, a la vez que el brillo de las horas más radiantes, puede crear sombras que cambian la perspectiva. Por ello, se ha de evitar que las obras reciban luz directa mediante difusores o ubicándolas estratégicamente lejos de la misma. Debe existir un equilibrio en la cantidad de luz que hay en la sala, ya que poca luz no permite ver nada a los visitantes y un exceso de luz elimina la magia y los matices del museo.

Una vez que tenemos en cuenta todos estos factores de iluminación tanto natural como artificial, vamos a revisar que innovaciones inmóviles están al alcance del museo en este aspecto. Para ello, existen diversos instrumentos de medición de la luz que deberían formar parte del equipo de cualquier museo, en concreto expondremos dos: un luxómetro y un medidor de radiación ultravioleta. El primero, el luxómetro, mide la iluminación basándose en células fotosensibles. Este instrumento es bastante intuitivo y fácil de usar ya que es de uso portátil. No obstante, se ha de tener en cuenta el rango de captación de luz para que cubra todas las iluminancias emitidas en la sala. Por otro lado, el segundo instrumento, el medidor de radiación ultravioleta, mide la cantidad de radiación ultravioleta que incide sobre una superficie. Al igual que el anterior es un aparato portátil lo que facilita su uso (García, 2003).

Actualmente los museos cuentan con muchos tipos de iluminación: general, extensiva, indirecta, en vitrinas, efectos especiales, etc. (ver Figura 13). Por otra parte, las fuentes de luz también pueden ser variadas: incandescente, fluorescente, natural, eléctricas, ... cada una de ellas tiene sus ventajas e inconvenientes. En cuenta a la luz incandescente es de bajo coste, tiene diferentes tamaños de haz luminoso, pero emite mucho calor y brilla demasiado en distancias cortas; las fluorescentes cuentan con la ventaja de ser de larga duración, tener bajo consumo de energía y ser útil en las distancias cortas, sin embargo, no se pueden dirigir fácilmente; otras luces eléctricas son utilizadas para grandes espacios, proporcionan poco calor y son de bajo consumo de energía pero tienen distorsión de color además de generar una luz fría; por último, la luz natural es psicológicamente más agradable pero es difícil de controlar. Por todo ello, el plan de cada museo de exposición y conservación deberá tener en cuenta lo aquí expuesto para combinar el mejor tipo de luz posible (Zussa, 2022).



Figura 13: *Iluminación cenital en museo*

Un ejemplo actual de museo que utiliza la inmótica para mejorar los sistemas de iluminación es el museo Van Gogh de Ámsterdam, este museo cuenta con iluminación LED en sus salas de exposición para preservar las pinturas y no exponerlas de manera prolongada a la luz natural, como hemos dicho antes esto permite un control sobre la iluminación directamente a las obras de arte.

5

Sistemas de seguridad

En este capítulo, vamos a analizar las principales medidas que toma o debería de tomar un museo para proteger las obras que alberga y a los usuarios que visiten el museo de accidentes como incendios, robos, actos de vandalismo, etc. Además, vamos a estudiar medidas tecnológicas relacionadas.

5.1 Cámaras de seguridad

Las cámaras son un equipamiento de suma importancia para la seguridad de un museo ya no solo para proteger las piezas sino la vida de los visitantes, puesto que permite vigilarlo. Las cámaras de videovigilancia controlan si algún intruso accede al campo de visión o si desaparece o cambia de ubicación algún objeto haciendo saltar una alarma en tiempo real. Los sistemas de videovigilancia deben de ser efectivos, pero también debe de serlo el personal que los supervisa.

Hay muchas de marcas que venden estos sistemas de seguridad en el mercado, como por ejemplo la de la Figura 14. Cada marca posee diferentes dispositivos con características propias y diferentes especificaciones como la conexión WIFI, conectividad, aplicaciones móviles, etc. En el caso de la marca TP-Link crean cámaras de seguridad capaces de mandar notificaciones a una aplicación si se registra alguna actividad inusual (Gordillo, 2021).



Figura 14: Cámara inteligente WI-FI

Las diferentes cámaras de seguridad al igual que todas las medidas que adopta un museo para protegerse ante amenazas tienen un coste elevado y antes de decidir instalarlas en los edificios hay que analizar si son necesarias y cuáles son el tipo y número de cámaras de videovigilancia que necesita el museo.

La mayoría de las cámaras de videovigilancia necesitan tener un servidor detrás que le ayuden a analizar las imágenes recogidas. Un ejemplo de dicho servidor es el presentado por unos investigadores de la universidad de Wisconsin, el *EdgeEye*. Este es un servidor creado para implementar y mejorar la eficiencia de los programas de reconocimiento de imágenes. En concreto, una vez recogidas las imágenes procedentes de cualquier tipo de cámara, el servidor es capaz de reconocer y detectar objetos y reconocer y verificar los rostros que han sido previamente asociados. Cuando *EdgeEye*

ha realizado estas tareas las manda a una aplicación móvil de manera inmediata para informar a sus usuarios. En la Figura 15 podemos ver como se implementó su uso en un ámbito doméstico, pero puede ser aplicable a otros sectores como los museos (Liu, Qi & Banerjee, 2018).

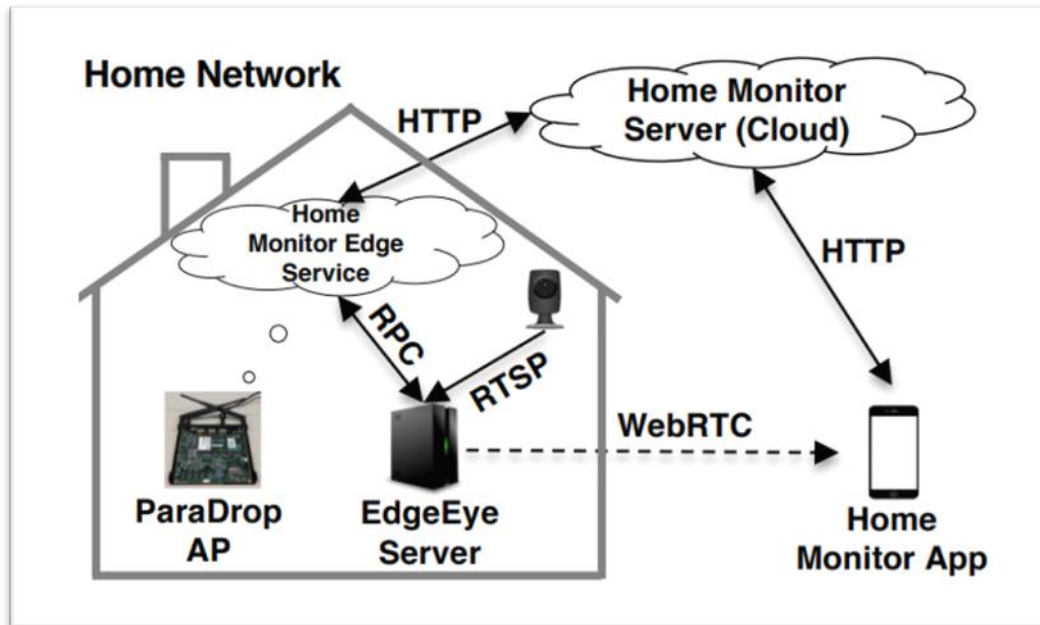


Figura 15: Implementación doméstica de *EdgeEye*

Lo que caracteriza la denominada “Cámara IP”, frente a otros modelos del mercado es su conexión instantánea tanto a Internet como a una interfaz conectada y su gran calidad de captación de imágenes, audios y movimiento. Todo ello se puede programar para notificarlo a sus usuarios. Estas son usadas, por ejemplo, en la mejora y modernización aplicada a la Catedral de Munich (Alemania) con la tecnología LonWorks, la cual para mejorar la vigilancia instaló este tipo de cámaras y dos grandes paneles de control (Escalera Marroquin, s.f).

En definitiva, las cámaras de seguridad han avanzado acompañadas de la tecnología. A lo largo de los años se han ido recreando nuevas mejoras aplicadas a las cámaras. Podemos nombrar las primeras cámaras analógicas en blanco y negro, pasando por un sinnúmero de implementaciones tecnológicas hasta llegar a los sofisticados sistemas de captación de imágenes con tecnología IP (tecnologías que utilizan protocolos de Internet) y tratamiento de la imagen. Además, también hay que asegurar las propias redes de comunicación, especialmente si son inalámbricas, que pueden ser interceptadas o saboteadas.

5.2 Dispositivos perimetrales

En esta ocasión, los sistemas de seguridad se colocan en el exterior del museo para detectar las intrusiones en una fase temprana, reaccionar con antelación a los incidentes y resolverlos con rapidez. Además, estos dispositivos pueden estar activos las 24 horas del día reduciendo el riesgo de cualquier tipo de intrusión. Para ello, se engloban todos los muros, vallas de seguridad y sistemas de videovigilancia.

Al igual que sucedía con las cámaras de seguridad, hay múltiples empresas que se dedican a fabricar dispositivos de seguridad perimetrales. En el caso de la marca mexicana TecnoLite, se dedican a fabricar la cámara de seguridad Watcher diseñada para exteriores integrada con micrófonos, altavoces y conexión Wifi (Gordillo, 2021).

Al estar situadas en el exterior del edificio, las cámaras de seguridad presentan un problema ya que deben solo de utilizarse para captar imágenes de sospecha de criminales y no para vulnerar la intimidad de la población. En España, hay una legislación que cuenta con el aval de que la información recogida y captada por las cámaras de seguridad no debe ser utilizada con otro fin que no sea la prevención de la seguridad del museo. Es cierto que el debate entre seguridad y el derecho de intimidad se da principalmente entre académicos ya que la población normalmente estima necesaria el control y la seguridad, por lo tanto, no son reacios ante la instalación de cámaras de seguridad en el exterior (Fuentes, 2021).

Las vallas y muros que se encuentran fuera de los edificios han ido evolucionando gracias a las nuevas tecnologías. Estos muros han sido implementados gracias a luces LED, puede mejorar la visibilidad y la estética, y sensores de presencia, para detectar actividades o presencias sospechosas.

5.3 Accesos restringidos

Otro sistema de seguridad que pueden adoptar los museos es crear lugares, como salas, de acceso restringido, donde se establecen sistemas para poder entrar personalmente como códigos de acceso, huella dactilar o tarjetas magnéticas. De esta manera se mantiene la privacidad y seguridad de obras de arte que, por ejemplo, se pueden encontrar fuera de la exposición. La implementación de nuevas tecnologías permite crear una protección contra ataques internos y externos. A continuación, vamos a ver algunas de las innovaciones en controles de acceso para museos.

- Las huellas dactilares

Son medidas eficientes para evitar suplantaciones o infiltraciones que traen como consecuencia la pérdida de objetos o información. En un museo es habitual esta medida en las oficinas. Los sistemas de seguridad de análisis de huellas pueden ser clasificados en dos grupos: identificación o verificación. En el primer caso, verificar consiste en obtener de una persona, de la cual se conoce su identidad, la huella dactilar y

compararla con la que está almacenada en la base de datos. En el otro caso, la identificación consiste en conocer solo la huella dactilar y compararla con la existente en la base de datos para hallar la identidad de la persona a la que pertenece esa huella (Madrigal, 2007).

El sistema biométrico dactilar o huella dactilar tiene una parte negativa y otra positiva. Lo negativo de este sistema es que se pueden encontrar errores en el momento de identificar la identidad como, por ejemplo, cortes en el dedo, huellas dactilares adhesivas, etc. El aspecto positivo que tiene este tipo de seguridad es la confiabilidad y viabilidad que ofrece ya que la huella dactilar es una característica estable en el tiempo, además es una forma rápida de acceder ya que no requiere contraseña de ningún tipo ni llevar llaves o tarjetas que pueden perderse u olvidarse (Vargas, 2023).

- Tarjetas de acceso

Este sistema de seguridad evita el contacto con superficies y también tiene un reconocimiento inmediato. El uso de estas tarjetas en el museo puede ser, por ejemplo, entre los trabajadores o visitantes especiales, solo ellos con la tarjeta pueden acceder a ciertas zonas del museo. Además, se pueden asignar diferentes permisos según horarios, zonas, etc. Hay diferentes tipos de tarjeta: las tarjetas con banda magnética que son las más antiguas, las tarjetas de proximidad RFID y las tarjetas inteligentes con un chip.

La tecnología RFDI o identificación por radiofrecuencia, su objetivo principal es implementar el sistema de control de acceso. Las características de este tipo de tarjeta son: lecturas para corta y media distancia, el precio es económico y la velocidad de la lectura es media (Fernández, Rodríguez & Muñoz, 2006).

Por otro lado, las tarjetas inteligentes con un chip para el acceso a determinados lugares de un museo son un avance de las tradicionales tarjetas con banda. Estas tarjetas contienen procesadores con memorias ROM o RAM insertados en un plástico con una banda que permite tanto almacenar datos como ejecutar comandos, se caracterizan por su seguridad, durabilidad y atractivo (Mejía, 2019).

5.4 Sistemas antincendios

Este sistema de seguridad se activa en caso de detección de humo y sirve para prevenir siniestros como incendios, que no solo ponen en peligro la vida de las personas, sino que destruye todo a su paso. Por esto, los museos deben de estar preparados para estos incidentes ya que pueden originarse dentro del propio edificio o en sus alrededores. De hecho, no es algo que deba extrañarnos ya que, como explicaremos a continuación, algunos de los centros artísticos y patrimonios culturales han sufrido este suceso. Sin ir más lejos, seguro que todos recordamos el devastador incendio de la catedral francesa de Notre Dame de hace tan solo unos años.

Para luchar contra el fuego una vez detectado el peligro, en la actualidad, se suelen utilizar distintos tipos de agentes ya sean gaseosos o en polvo. Cuando las instalaciones están anticuadas, es habitual que el recurso coloquial sea el agua líquida como medio de extinción. Sin embargo, el uso de agua es contraproducente y sus daños pueden llegar a ser tan graves como los provocados por un incendio ya que podrían llegar a estropear las obras. (Plazas, 2008). En aquellas galerías y museos más modernos o reformados se usa un sistema de sofocamiento de incendio, que emplean aspersores compatibles con la presión del sistema hidráulico instalado en el recinto.

Por otro lado, antes de la extinción, es decir, antes de que ocurra el incendio, podemos intentar prevenirlo. Actualmente existen un muchos tipos de sensores para la protección de un edificio, uno de los más comunes es el detector de incendios para la presencia de fuego. Estos sensores surgen en el siglo XIX con las aplicaciones industriales en edificios como bancos, oficinas o centros comerciales, en la actualidad se aplica a otros edificios, como los museos (Jara Maldonado, 2015).

De este modo, es aconsejable no escatimar en sistemas de bajo costo, sin embargo es necesario siempre tener sensores de detección de llamas. Los actuadores que se emplean en estos sistemas son dispositivos que mediante órdenes del módulo de control pueden ser activados o desactivados con el propósito de emitir una alerta o sofocar un incendio, estas órdenes pueden ser dadas, o bien, de manera automática por el sistema una vez que detecte la presencia de un riesgo o bien, manualmente. Se pueden utilizar dos actuadores, por un lado, la válvula solenoide de control de flujo de agua y, por otro lado, la sirena para alerta sonora (Mallorquín et al, 2017).

Hay diferentes detectores de humos (ver Figura 16), entre ellos está el detector iónico capta las primeras partículas que se pueden llegar a generar con el incendio, y acciona el relé que da la señal y a la vez emite una señal acústica y luminosa (Jara



Maldonado, 2015).

Figura 16: *Detector de humo*

El sistema del monitoreo y control de incendios obtiene datos de los sensores, estos datos son comparados con parámetros de configuración que ya fueron establecidos previamente(ver Figura 17). Si estos datos son superiores a los parámetros se crean estados en el sistema como: temperatura elevada, presencia de gases, presencia de fuego o presencia de incendio. En el caso de que el estado sea presencia de incendio, el usuario es notificado por dos vías diferentes, SMS o e-mail, en caso de que el estado sea otro éste será registrado en la base de datos con el propósito de tener un historial de sucesos. Una vez detectado la presencia de incendio se ejecuta una función de control donde los actuadores podrán ser activados de modo manual por el usuario o automáticamente por el nodo.

Los nodos pueden actuar de dos modos maneras (automático o manual). En modo automático el nodo realiza las mediciones de las variables, analiza y constata si existe un riesgo, cada vez que existe un riesgo actúa con el fin de controlar el mismo. En modo manual, el nodo realiza las mediciones de las variables y las sincroniza con el servidor para su posterior análisis y en caso de que ocurra un riesgo, recibe datos de control del servidor, y de esta manera activa los actuadores deseados en el nodo. En caso de un riesgo el nodo queda pendiente de una orden del servidor, en caso de que esta orden tenga un retraso mayor de lo configurado, el nodo entra en modo automático y actúa (Mallorquín et al, 2017).



Figura 17: Esquema de funcionamiento del sistema de monitoreo y control de incendios doméstico

Un ejemplo actual de un caso de incendio catastrófico en un museo fue el siniestro sucedido el 2 de septiembre de 2018 en el Museo Nacional de Brasil en Rio de Janeiro. El fuego acabo con la enorme colección arqueológica, paleontológica y zoológica (Montúfar, 2019).

6

Conclusiones

En este capítulo concluimos este trabajo de fin de máster sobre la inmótica en museos. De todo lo dicho anteriormente, podemos extraer una serie de conclusiones sobre las que reflexionar y seguir investigando en el futuro.

6.1. Recapitulación

En primer lugar, hemos de destacar el elevado coste de instalación. La inmótica, además de las numerosas ventajas que aquí hemos expuesto, tiene un elevado coste de instalación. La aplicación, instalación de nueva tecnología o mejora de la anterior lleva consigo la necesidad de un estudio y diseño previo, la compra de materiales, las obras o reformas convenientes y un largo etcétera que puede ascender a millones de euros. Claramente, no todos los museos pueden permitirse este tipo de innovaciones, las cuales quedan fuera del alcance de los pequeños museos, y además antes de entrar en hacer obras hay que pensar si realmente son necesarias para el museo o no.

Por otro lado, además del alto coste, otra de las conclusiones que aquí extraemos es la dificultad de implantación en edificios históricos o muy antiguos. La mayoría de los museos que existen datan de hace más de un siglo. Sin ir más lejos, el Museo del Prado se inauguró en torno al 1819. Un edificio de tal antigüedad no estaba acondicionado para las instalaciones actuales. Por ello, como hemos dicho anteriormente, las innovaciones inmóticas llevan consigo obras y reformas que dificultan su implantación por el coste de la obra, las reformas obligan a cerrar parte de la exposición al público ... o implantar los mecanismos fuera del edificio como se hizo con los ascensores en el museo del Reina Sofía. Aunque es cierto que ya todos los nuevos museos que se están construyendo tienen en cuenta toda la tecnología que tienen a su alcance y valoran la posibilidad de instalar sistemas inmóticos desde el inicio.

Sin embargo, a pesar de esas dos conclusiones negativas que obtenemos de este trabajo, también hemos observado una conclusión positiva. La inmótica es de gran utilidad para facilitar desplazamientos, controlar el clima y la seguridad. De este modo, las innovaciones inmóticas ayudan a controlar la temperatura, la humedad, la iluminación y demás factores ambientales que hemos visto en el grueso de este estudio. Esto proporciona mejoras evidentes en la conservación de las piezas y un ambiente psicológico y físico más atractivo para los visitantes. Además, las mejoras también se realizan por la rama de la seguridad protegiendo a las obras de un posible robo o acto vandálico y también a los propios visitantes de cualquier percance.

Por último, una vez vistas estas conclusiones hemos de terminar afirmando que las innovaciones inmóticas ya están presentes en la gran mayoría de los museos solo que realizadas a una menor escala o en algunas zonas concretas. Por ejemplo, las zonas más desarrolladas con tecnología inmótica son los ascensores y las cámaras de seguridad en la mayoría de los museos. No obstante, esto es un signo de que estamos en el buen camino avanzando hacia un turismo cultural más atractivo. Además de que hay una gran cantidad de empresas que se dedican al estudio y fabricación de sistemas inmóticos.

6.2. Otros sistemas inmóticos para museos

Se han dejado aparte del estudio otras tecnologías inmóticas, como pueden ser los sistemas de comunicación interna en un museo o sistemas de ayuda como el bucle magnético para personas con audífonos. A parte, solo se ha comentado de pasada los términos de KNX o Loggers.

7

Bibliografía

Aguiar, J. C. G. (2017). El gran robo de van Gogh: dos pinturas regresan al museo en Amsterdam. *Aristegui Noticias*. Recuperado de: <https://scholarlypublications.universiteitleiden.nl/access/item%3A2941739/view>

Alexandres Fernández, S., Rodríguez-Morcillo García, C., & Muñoz Frías, J. D. (2006). RFID: La tecnología de identificación por radiofrecuencia. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/5321/IIT-05-035A.pdf?sequence=1>

Alonso, M. D. P. P. (2009). GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS FONDOS MUSEÍSTICOS. *Almoraima: revista de estudios campogibraltareños*, (39), 505-518. https://institutoecg.es/wp-content/uploads/2019/01/38_PPINTOR.pdf

Arias, G. G. (2015). Estudio para la implantación de un sistema inótico para el control, seguridad y ahorro de energía sobre una red de datos IP- caso de estudio de nuevo campus de la PUCE. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de <http://file:///C:/Users/angel/Desktop/Master%20UMA/TFM/Bibliografia/14.pdf>

Bresnick, A. (1994). El tiempo en Nueva York: los museos de la ciudad. *Arquitectura: Revista del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM)*, (298), 79-80. <https://www.coam.org/media/Default%20Files/fundacion/biblioteca/revista-arquitectura-100/1993-2000/docs/revista-articulos/revista-arquitectura-1994-n298-pag79-80.pdf>

Campuzano López, J. M. (2016). Centro de gestión I+ D+ I en modalidad de coworking como espacios para la innovación.

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/21486/Memoria%20del%20Proyecto.pdf?sequence=1>

Chumacero Santos, J. L. (2021). Sistema de automatización de ascensor electromecánico para su disponibilidad en casos de corte de energía para el mercado municipal de Máncora.

<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3145?locale-attribute=es>

Consejo Internacional de Museos del mundo (2007) Definición del Museo, Austria, Recopilado de: <http://icom.museum/la-vision/definición-del-museo/L/1/>

Costas, P. C. (2004). Montaje E Instalacion De Ascensores y Montacargas: Guia Practica para el Instalador de Maquinas y Equipos Industriales. Ideaspropias Editorial SL.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Kdpp0rR_eH4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=como+funciona+un+ascensor&ots=dxt5IrQv0v&sig=-1xygbPaCAtaua1biSfbOUf8PyY#v=onepage&q&f=false

Danies Echeverria, B. E. (2020). Edificio del Centro Pompidou, París: Un derroche de tecnología o una pieza maestra de arquitectura. MÓDULO ARQUITECTURA CUC, 23, 49-66.

<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/6252/Edificio%20del%20Centro%20Pompidou,%20Par%C3%ADs.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De Guichen, G. (1987). El clima en los museos. https://www.iccrom.org/sites/default/files/2018-02/1987_guichen_clima_spa_40924_light.pdf

De la arquitectura IV, H. I. S. T. O. R. I. A., & MENESES, D. E. S. centro nacional de arte y cultura Georges Pompidou. https://www.academia.edu/download/63577589/Investigacion_Pompidou20200609-61389-9xhn3q.pdf

De Onzoño, J. L. Í., & de Castro, A. V. (1992). Torres de vidrio del centro de arte " Reina Sofía" de Madrid. Informes de la Construcción, 43(417), 47-57. <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/1345/1436>

Escalera Marroquin, M. Análisis de tecnologías y equipos utilizados en domótica. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/15030/I.C.%2038-08.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fuentes, A. S. (2021). Ciudades con muros invisibles:(in) seguridad, cámaras de videovigilancia y exclusión social. Encrucijadas: Revista Crítica de Ciencias Sociales, 21(1), 13. Extraído de:

<https://recyt.fecyt.es/index.php/encrucijadas/article/view/80700>

García Morales, M. A. (s/f). Teoría y práctica. Museosdetenerife.org. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de

<https://www.museosdetenerife.org/assets/downloads/publication-afc4ac6e02.pdf>

Gallegos Arias, G. (2015). Estudio para la implantación de un sistema inmótico para el control, seguridad y ahorro de energía sobre una red de datos ip-caso de estudio nuevo campus de la Puce. Universidad Pontificia Católica de Ecuador.

Gordillo, S. F. F. (2021). Domótica e inmótica para el ahorro de energía. <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/handle/20.500.12753/4154/Felipe%20Santiago.pdf?sequence=1>

Hernández Perez, D. & Paz Lira, M. (2015). Tres casos de conservación preventiva y restauración de madera arqueológica. Universidad de Chile.

Jara Maldonado, P. A. (2015). Estudio y diseño de un sistema inmótico para seguridad, comunicación y confort, utilizando el protocolo KNX para el edificio Torre Piamonte ubicado en el sector de Totoracocha de la ciudad de Cuenca (Bachelor's thesis). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8808/1/UPS-CT005020.pdf>

Labandeira, S. (2008). Breve recorrido por la evolución del concepto museo. Museo: Revista de la Asociación Profesional de Museólogos de España, 13, 320-325.

Leon, D. C., & Damara, I. (2011). Domótica e inmótica: viviendas y edificios inteligentes. Universidad Veracruzana. Extraído de https://catoute.unileon.es/permalink/34BUC_ULE/1ekdeev/alma991001710699705772

Liu, P., Qi, B., & Banerjee, S. (2018, June). Edgeeye: An edge service framework for real-time intelligent video analytics. In Proceedings of the 1st international workshop on edge systems, analytics and networking (pp. 1-6). <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3213344.3213345>

Madrigal González, C. A., Ramírez Madrigal, J. L., Hoyos Arbeláez, J. C., & Fernández, D. S. (2007). Diseño de un sistema biométrico de identificación usando sensores capacitivos para huellas dactilares. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (39), 21-32. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302007000100002

Mallorquín Ortellado, M. A., Pareja Neto, D., Ayala Díaz, K. A., & Arrúa Ginés, J. L. (2017). Diseño de un prototipo de sistema de monitoreo y control anti incendios.

<http://servicios.fpune.edu.py:83/fpunescientific/index.php/fpunescientific/article/view/169/165>

Mejía Solano, M. (2019). Implementación de tarjetas con chip. https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/9937/Mej%C3%ADa_Solano_Maribel.pdf?sequence=1

Miñán Ubillús, E., Vegas Chiyón, S., Quevedo Candela, V., & García Calopiña, L. (2021). Mejora del sistema de riego por inundación usando sensores en las plantaciones de banano orgánico en Piura, Perú. http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/3019/AT05-024_21.PDF?sequence=1

Ministerio de Cultura y Deporte, M. (s/f). *Recomendaciones básicas para vitrinas destinadas a bienes culturales de naturaleza orgánica especialmente sensibles*. Investigacionenconservacion.es. Recuperado el 3 de mayo de 2023, de http://www.investigacionenconservacion.es/images/PNIC/recomendaciones-vitrinas-pnic_pncp.pdf

Montúfar, M. O. (2019). Incendio en el Museo Nacional de Brasil: la puesta en escena de un simulacro. *Revista de Arte Ibero Nierika*, (16), 83-88.

Moreno, J. D. C., & Becerra, J. M. C. (2018). Caracterización dinámica de escaleras mecánicas mediante modelos simulación de sistemas multicuerpo. *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 7(2), 82-103. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6488398.pdf>

Palomares Samper, J. Ángel. (2022). Los museos: su seguridad y su público, ¿dos antagonismos?. *Boletín De Arte*, (17), 153-176. <https://doi.org/10.24310/BoLArte.1996.vi17.14861>

Paredes García, D. (2017). Automatización de un Sistema de Ascensores. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/91388/fichero/TFG+-+Automatizaci%C3%B3n+de+Sistema+de+Ascensores.pdf>

Paris, À. (2010). Centre Pompidou. L'Étoile du Nord, La Ménagerie de Verre, le Parc de la Villette, Le Regard du Cygne, le Théâtre des Abbesses, le Théâtre de la Bastille, le Théâtre de la Cité internationale, le Théâtre Dunois, le Théâtre du Lierre jusqu'en. <https://capsf.org.ar/documentos/d5/2019/HBT/HBT%20Habitat%202019%20-%20096%2005Ago-digital.pdf>

Pérez Jaquí, K. L., & Fustillos Chimborazo, E. G. (2018). “*Diseño de la ingeniería inmótica del bloque 4–Sede Queri de la Universidad de las Américas*” (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2018). Extraído de: <file:///C:/Users/angel/Downloads/UDLA-EC-TIRT-2018-03.pdf>

Plazas García, M.C. (2008). “La mayor situación de riesgo es no estar preparados. Gestión de riesgos para las colecciones museológicas”.

Rodríguez Moreno, F. (2012). Domótica e inmótica. *Aparejadores*, (79), 34-37. <https://www.riarte.es/bitstream/handle/20.500.12251/1307/Aparejadores%20079%2>

[0MARZO-12.%20pp.%2034-37.%20Dom%C3%B3tica%20e%20inm%C3%B3tica.pdf?sequence=1](#)

Serrano Vázquez, M.A. & Coraisaca, J.A.(2018). “Diseño contemporáneo en los museos de Cuenca”, Trabajo de Fin de Grado Universidad del Azuay. Recopilado de: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8035>

Vargas, A. M. (2013). Sistema biométrico de reconocimiento de huella dactilar en control de acceso de entrada y salida. *Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá*. Extraído de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/11168>

Zussa, N. (2022). Laboratorio de prácticas curatoriales y autogestivas. Curso de Extensión FBA UNLP.

8

Referencias de figuras

Figura 1: Fases y criterios de un proyecto inmótico (8). Fuente: Jara Maldonado, P. A. (2015). Estudio y diseño de un sistema inmótico para seguridad, comunicación y confort, utilizando el protocolo KNX para el edificio Torre Piamonte ubicado en el sector de Totoracocha de la ciudad de Cuenca (Bachelor's thesis). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8808/1/UPS-CT005020.pdf>

Figura 2: Riesgos para la seguridad de un museo (9). Fuente: Palomares Samper, J. Ángel. (2022). Los museos: su seguridad y su público, ¿dos antagonismos?. Boletín De Arte, (17), 153-176. <https://doi.org/10.24310/BoLArte.1996.vi17.14861>

Figura 3: El vapor de agua en los museos (13). Fuente: De Guichen, G. (1987). El clima en los museos. https://www.iccrom.org/sites/default/files/2018-02/1987_guichen_clima_spa_40924_light.pdf

Figura 4 Ascensor electricomecánico (16). Fuente: Paredes García, D. (2017). Automatización de un Sistema de Ascensores.

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/91388/fichero/TFG+-+Automatizaci%C3%B3n+de+Sistema+de+Ascensores.pdf>

Figura 5 Ascensor hidráulico (17). Fuente: Paredes García, D. (2017). Automatización de un Sistema de Ascensores. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/91388/fichero/TFG+-+Automatizaci%C3%B3n+de+Sistema+de+Ascensores.pdf>

Figura 6 Ascensor sin sala de máquinas (17). Fuente: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/91388/fichero/TFG+-+Automatizaci%C3%B3n+de+Sistema+de+Ascensores.pdf>

Figura 7: Principales partes de una escalera mecánica (18). Fuente: Moreno, J. D. C., & Becerra, J. M. C. (2018). Caracterización dinámica de escaleras mecánicas mediante modelos simulación de sistemas multicuerpo. 3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme, 7(2), 82-103. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6488398.pdf>

Figura 8 Vista de la fachada del Centre Pompidou (19). Fuente: De la arquitectura IV, H. I. S. T. O. R. I. A., & MENESES, D. E. S. centro nacional de arte y cultura Georges Pompidou. https://www.academia.edu/download/63577589/Investigacion_Pompidou20200609-61389-9xhn3q.pdf

Figura 9 Museo Reina Sofía (20). Fuente: De Onzoño, J. L. Í., & de Castro, A. V. (1992). Torres de vidrio del centro de arte "Reina Sofía" de Madrid. Informes de la Construcción, 43(417), 47-57. <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/1345/1436>

Figura 10: Museo del Louvre, ascensor hidráulico (21). Fuente: Ren, K. (2009). Ascensor louvre. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=SCIUf7iJEL4>

Figura 11: Sensor de movimiento 180° (25). Fuente: Jara Maldonado, P. A. (2015). Estudio y diseño de un sistema inmótico para seguridad, comunicación y confort, utilizando el protocolo KNX para el edificio Torre Piamonte ubicado en el sector de Totoracocha de la ciudad de Cuenca (Bachelor's thesis). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8808/1/UPS-CT005020.pdf>

Figura 12: Estructura del sector de movimiento universal (25). Fuente: Jara Maldonado, P. A. (2015). Estudio y diseño de un sistema inmótico para seguridad, comunicación y confort, utilizando el protocolo KNX para el edificio Torre Piamonte ubicado en el sector de Totoracocha de la ciudad de Cuenca (Bachelor's thesis). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8808/1/UPS-CT005020.pdf>

Figura 13: Iluminación cenital en museo (28). Fuente: Zussa, N. (2022). Laboratorio de prácticas curatoriales y autogestivas. Curso de Extensión FBA UNLP.

Figura 14: Cámara inteligente WI-FI (30). Fuente: Gordillo, S. F. F. (2021). Domótica e inmótica para el ahorro de energía. <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/handle/20.500.12753/4154/Felipe%20Santiago.pdf?sequence=1>

Figura 15: Implementación de EdgeEye (31). Fuente: Liu, P., Qi, B., & Banerjee, S. (2018, June). Edgeeye: An edge service framework for real-time intelligent video analytics. In Proceedings of the 1st international workshop on edge systems, analytics and networking (pp. 1-6). <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3213344.3213345>

Figura 16: Detector de humo (34). Fuente: Jara Maldonado, P. A. (2015). Estudio y diseño de un sistema inmótico para seguridad, comunicación y confort, utilizando el protocolo KNX para el edificio Torre Piamonte ubicado en el sector de Totoracocha de la ciudad de Cuenca (Bachelor's thesis). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8808/1/UPS-CT005020.pdf>

Figura 17: Esquema de funcionamiento del sistema de monitoreo y control de incendios doméstico (35). Fuente: Mallorquín Ortellado, M. A., Pareja Neto, D., Ayala Díaz, K. A., & Arrúa Ginés, J. L. (2017). Diseño de un prototipo de sistema de monitoreo y control antiincendios. <http://servicios.fpune.edu.py:83/fpunescientific/index.php/fpunescientific/article/view/169/165>



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

| uma.es

FACULTAD DE TURISMO

Facultad de Turismo

Edificio de Hostelería y Turismo

Campus de Teatinos

C. León Tolstoi, s/n
