



World Library and Information Congress: 71th IFLA General Conference and Council

"Libraries - A voyage of discovery"

August 14th - 18th 2005, Oslo, Norway

Conference Programme:

<http://www.ifla.org/IV/ifla71/Programme.htm>

julio 1, 2005

Code Number:

063-S

Meeting:

105 SI Preservation & Conservation, Asia & Oceania & PAC & Library Buildings

Congreso Mundial sobre Bibliotecas e Información 2005
71st Congreso y Conferencia General IFLA
Oslo, Noruega 14-18 agosto 2005

Ventilación con aire hipóxico – Prevención de incendios para las colecciones de las bibliotecas

Christian Nørgaard Madsen and Geir Jensen

COWI AS, Norway

Jan Holmberg

Department of Building Sciences

Royal Institute of Technology, Sweden

*Translation: Preservation and Conservation
Department. National Library of Spain*

Resumen:

Se ha evaluado una técnica innovadora - ventilación con aire inerte- para proteger del fuego las colecciones de las bibliotecas y sus espacios públicos. Esta técnica impide que se inicie el fuego, permite la ocupación permanente de los espacios protegidos, no provoca efectos secundarios y ofrece una fiabilidad alta. Esta ponencia describe las estrategias diseñadas para un antiguo edificio medieval en Italia y para otras bibliotecas públicas nuevas y más grandes. El tema de la prevención de incendios en bibliotecas siempre ha sido objeto de debate, ya sea porque los sistemas anti-incendio implican un riesgo para las

colecciones en si mismos o por el hecho de que no totalmente eficaces. La ponencia realiza un estudio de los sistemas de protección utilizados en las bibliotecas tanto los convencionales como los más innovadores, incluido el concepto de la ventilación con aire inerte.

El aire inerte es también conocido como aire hipóxico (aire con una concentración reducida de oxígeno) y denomina a un tipo de aire con alteraciones, aunque mínimas, en su composición. Normalmente un 5% del oxígeno es sustituido por un 5% de nitrógeno. El aire inerte tiene niveles predeterminados de oxígeno y las zonas ventiladas con este sistema tienen que estar protegidas permanentemente. El aire inerte se puede respirar, pero evita la ignición y que se produzca el fuego en los materiales más habituales. Es una alternativa a la utilización de los gases inertes. Este tipo de aire se puede producir mediante sencillos y fiables generadores que pueden acoplarse a los sistemas de aire acondicionado ya existentes o de nueva instalación, de modo que en las zonas que se desea proteger no es necesario instalar tuberías, ni hacer salidas, ni ningún otro tipo de equipamiento.

La utilización del aire inerte para la protección contra incendios es reciente y se han realizado avances muy rápidos durante los últimos 10 años. Hace tres años el concepto de introducir aire hipóxico premezclado en la zona que se deseaba proteger sustituyó a la técnica de introducir nitrógeno para crear aire hipóxico, y convirtió al aire inerte en una opción mucho más segura, más sencilla y menos costosa. Se han realizado una gran cantidad de estudios y se han desarrollado aplicaciones, y sus beneficios potenciales para las bibliotecas son numerosos. Se analiza la incorporación de aspectos como la prevención de incendios, salud, costes, fiabilidad, rentabilidad, mantenimiento e impacto en los fondos y en las instalaciones, y se plantean una serie de hipótesis de las que se pueden derivar los posibles beneficios y desventajas en el caso de su aplicación en las bibliotecas. Los resultados son prometedores y los obstáculos que han surgido son escasos y pueden superarse.

Introducción:

Proteger del fuego las colecciones de las bibliotecas es un reto ya que normalmente contienen documentos únicos, se da una acumulación de objetos de valor por metro cuadrado muy elevada, se trata de grandes espacios abiertos y contienen piezas que son frágiles y que se dañan con facilidad si se ven afectadas, en caso de incendio, por el humo, el calor o por elementos utilizados para la extinción.

Para evitar el daño por agua que puede causar la intervención de la brigada anti-incendios o el sistema automático de extinción a base de agua, como aspersores, agua micronizada y espumas, son muchos los que han probado otros sistemas de extinción de fuego por gas. Sin embargo, estos sistemas de extinción no han demostrado ser los mejores porque requieren la evacuación de las personas y espacios estancos para descargar el gas. Los sistemas de gas tienen tendencia a fallar porque necesitan muchos subsistemas para la detección, activación y puesta en funcionamiento. Se vacían rápidamente y

dependen de un suministro externo. Estos sistemas tampoco enfrían el punto donde se ha producido el fuego, de modo que es frecuente que se reactive el fuego cuando se abren las puertas, debido a las fugas de gas producidas en el espacio estanco, o por el desplazamiento del gas hacia el techo o hacia el suelo. Los sistemas basados en gas impiden que el personal pueda entrar a retirar o a proteger las colecciones antes de la llegada de las brigadas. Aunque los gases inertes o mezclas de gas inerte como nitrógeno, argón, Argonite, Inergen y CO₂ no suponen ningún riesgo de descomposición, los productos que son tóxicos, corrosivos o dañinos para el ambiente -como es el caso de los gases basados en halocarburos como el halón o sustitutos como el FE-36 Halotrón y otros-, tienen todas las desventajas de los sistemas basados en gas que se han detallado anteriormente.

Durante los años 90 se desarrolló la técnica de extinción por medio de polvo. Este procedimiento que es muy sencillo y barato, expulsa “gas extintor” cuando se necesita, y extingue de modo eficaz el fuego dejando una fina e inofensiva capa de polvo sobre las estanterías, que puede ser retirada con un cepillo o con un aspirador. Sin embargo, la visibilidad reducida que provoca hace que no sea recomendable para zonas de trabajo o de acceso público o en rutas de evacuación. Se estudió una forma de extraer el humo empleando una mezcla compuesta por agua micronizada y nitrógeno, pero no es efectiva en el caso de grandes espacios, es compleja y comparte muchas de las desventajas mencionadas en relación con los sistemas basados en gas.

Hace unos años la compañía 3M inventó el “agua seca”, un medio extintor que es fluido cuando está almacenado o en las tuberías, pero que se evapora a 49.2 C° y se comporta como un gas cuando se produce el fuego. No es dañino para el medioambiente y no tiene componentes tóxicos, pero no enfría los objetos sólidos del mismo modo que el agua y obliga a adoptar las mismas precauciones que otros tipos de sistemas basados en gas para mantener los espacios estancos, etc.

Una desventaja de todos los sistemas anti-incendios convencionales aplicados en las bibliotecas es que no previenen los daños causados por el fuego en los momentos previos a la extinción. Otra desventaja de estos sistemas convencionales es que todos causan, en alguna medida, daños secundarios en los objetos que protegen.

La ventilación permanente con nitrógeno u otros gases inertes se ha considerado una opción durante décadas y ofrece el efecto adicional de prevenir cualquier incendio desde el primer momento. Sin embargo, no se ha estudiado mucho, ya que sólo se utiliza en los espacios vacíos de las bibliotecas y supone una amenaza para las personas que entren sin equipos autónomos de aire. Estos sistemas requieren considerables cantidades de nitrógeno para compensar las fugas lo que significaba, antes de la introducción de barreras de aislamiento para su producción en los propios espacios en los que se utiliza, disponer de grandes reservas y realizar recargas frecuentes.

Un nuevo concepto:

El aire inerte es también conocido como aire hipóxico (aire con una concentración de oxígeno muy reducida) y sirve para denominar a un tipo de aire con alteraciones, aunque mínimas, en su composición.

Habitualmente un 5% del oxígeno es sustituido por un 5% de nitrógeno. El aire inerte tiene un nivel predeterminado de oxígeno y las zonas ventiladas con este sistema tienen que estar continuamente protegidas. Se puede respirar sin peligro, pero impide que se inicie el fuego y las llamas en los materiales más habituales. El aire inerte sustituye el uso de los gases inertes. Se produce en sencillos y seguros generadores que se pueden adaptar a los sistemas de aire acondicionado ya existentes o a los nuevos, de modo que en las zonas que se desea proteger no es necesario instalar tuberías, ni salidas, ni ningún otro tipo de equipamiento.

Al tratarse de un sistema inerte crea una atmósfera que pueden respirar los seres humanos, pero que impide que los materiales más comunes se enciendan o se quemen.

- Modo preventivo: 15%-16% O₂ (el personal ocupa los espacios ocasional o habitualmente).
- Modo de extinción: 10%-12% O₂ (la ocupación del espacio es muy breve).

El concepto de ventilación con aire hipóxico es muy sencillo en este contexto, aunque se ha descubierto recientemente: durante una investigación sobre sistemas de aire hipóxico se observó que los procesos de ignición y combustión que se producían en un ambiente hipóxico normobárico son muy diferentes de los procesos de ignición y combustión que se producen en un ambiente con altitud hipobárica natural con la misma proporción de presión reducida de oxígeno.

Esta sorprendente observación da lugar a una pregunta obvia (Kotliar): “¿Por qué dos ambientes que contienen idénticas cantidades de presión de oxígeno (es decir, el mismo número de moléculas de oxígeno por volumen específico) se comportan de un modo tan diferente en los procesos de ignición y combustión?”.

Respuesta: “La diferencia en la concentración de oxígeno en ambos ambientes disminuye la capacidad del oxígeno para mantener la combustión. Esto se produce debido al incremento de moléculas de nitrógeno que interfieren en las propiedades cinéticas de las moléculas de oxígeno”. En otras palabras, el incremento de la densidad de las moléculas de nitrógeno en el ambiente normobárico crea una “zona de amortiguación” que bloquea la capacidad de las moléculas de oxígeno para la combustión. Cuando las propiedades cinéticas de ambos gases se comparan revelan que las moléculas de nitrógeno son más lentas y tienen un índice de penetración más bajo (alrededor de un 2.5) que las moléculas de oxígeno.

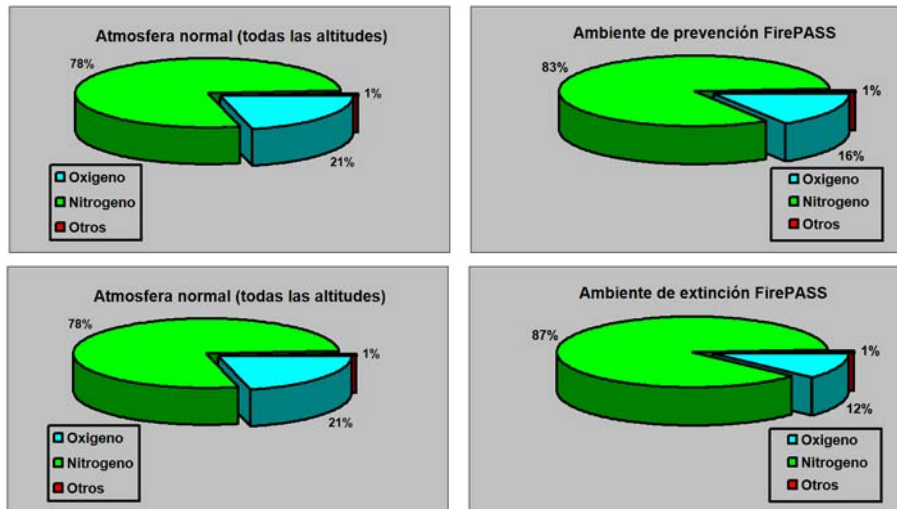


Gráfico 1: Aire (izquierda) y aire (aire hipóxico) (derecha) /Kotliar/. El nivel de oxígeno del aire inerte para la prevención de incendios es habitualmente del 12 al 18% /Fire PASS/.

Los materiales inflamables sólidos y líquidos no se incendian en ambientes con un contenido en oxígeno menor del 16% a una presión barométrica normal (nivel del mar).

Sin embargo, los seres humanos pueden tolerar fácilmente una reducción de oxígeno en la atmósfera 12%-16% (en vez del 20.94% O₂) sin ningún peligro para la salud (pinche aquí para localizar referencias). Para ilustrar mejor las diferencias entre las funciones de los dos sistemas que dependen del oxígeno, la llama y el cuerpo humano, podemos mirar el esquema del diagrama, “oxígeno – curva de saturación de la hemoglobina y curva de extinción de la llama en un ambiente normobarico hipóxico (Kotliar)”.

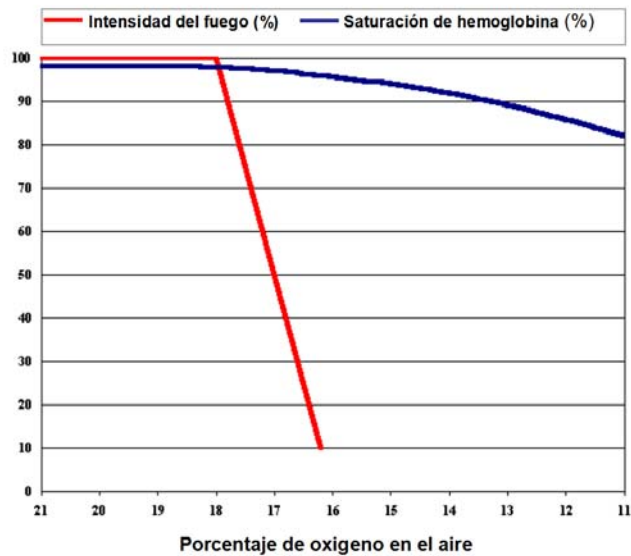
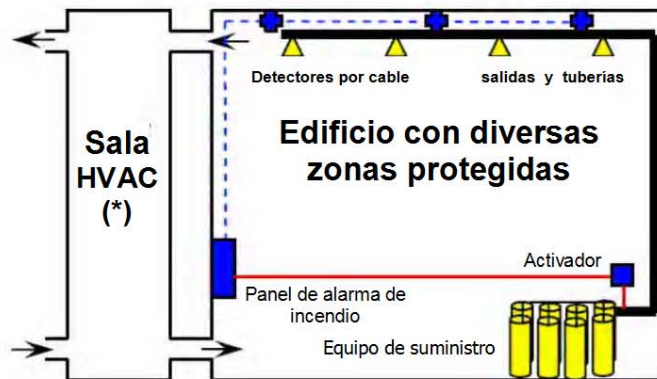


Gráfico 2/1/: La curva roja representa la bajada de la intensidad de la combustión. Corresponde a la altura de la llama estable y depende del contenido en oxígeno en un ambiente creado experimentalmente. El 100% corresponde a la altura máxima de la llama en un ambiente atmosférico con un contenido en oxígeno del 20.94%. Por debajo del 18% de O₂ observamos la línea continua de declive de la altura de la llama, que a un 16.2% se extingue completamente.

La curva azul muestra la dependencia de la saturación de la oxy-hemoglobina cuando se produce una presión reducida de oxígeno en el aire que se inhala. Como la curva asciende rápidamente cuando se incrementa el tanto por ciento del oxígeno, la hemoglobina estará un 90% más saturada si está expuesta al alveolar pO₂ por encima de 60mmHg (corresponde a una altitud de 3.300m. y a un 14% O₂ en el aire hipóxico normobarico). Se debe destacar que únicamente la reducción de la presión del oxígeno provoca la saturación de la hemoglobina en los capilares del alveolo. Cualquier aporte de oxígeno adicional y su metabolismo dependen exclusivamente del balance entre la demanda de oxígeno y la capacidad de ser absorbido a través de sistema cardiovascular. La presión reducida de gases neutros diluidos no influye en estos procesos fisiológicos cuando se produce en condiciones similares a las del nivel del mar. Por el contrario, la disponibilidad y capacidad de reacción del oxígeno en el proceso de combustión depende fundamentalmente de la concentración molecular de otros gases diluidos, aunque sean inertes. La relación del O₂ con la hemoglobina depende únicamente de la reducción de su presión, mientras que el progreso de la combustión depende de la proporción de oxígeno existente en la mezcla del gas.



Sin protección contra el fuego



Sistema de extinción convencional



Prevención y extinción de incendios mediante ventilación con aire hipóxido

(*) Sala de generadores de aire acondicionado

Gráfico 3: La falta de complejidad de los sistemas de aire inerte (hipóxido) se muestra comparando conceptualmente los sistemas de extinción convencionales basados en agua o en gas (en el centro). Los edificios con elementos arquitectónicos o decorativos excesivamente destacados no se adaptan al concepto del gas inerte, ya que éste previene más que extingue el fuego.

Salud y Seguridad:

Nuestro informe aporta recomendaciones bastante fiables para la ocupación en ambientes con niveles de oxígeno reducidos. Hay una diferencia entre los niveles permitidos en los aviones y los niveles generales (más estrictos) para espacios cerrados al nivel del mar que no parece tener sentido. Si el acceso a las exposiciones se controla, por ejemplo, impidiendo el acceso a personas con predisposición a sufrir accidentes importantes, un aire inerte con un 15% de oxígeno no tiene porqué causar problemas, como es el caso de los aviones. Esto quiere decir que el aire inerte es aceptable en los distintos tipos de museos, bibliotecas y edificios históricos siempre que se adopten unas simples precauciones.

Concentración de oxígeno	Síntomas
21%	Ninguno (nivel de oxígeno normal)
15%	No hay efectos inmediatos
12%	Fatiga, dificultad de coordinación
10%	Mareos y dificultad para respirar
7%	Sensación de aturdimiento
5%	Proporción mínima necesaria para que exista vida
2-3%	Muerte en el plazo de 1 minuto

Gráfico 4: Esta guía/Wagner, mencionada en 1/ es un poco básica pero se considera bastante correcta como comparación.

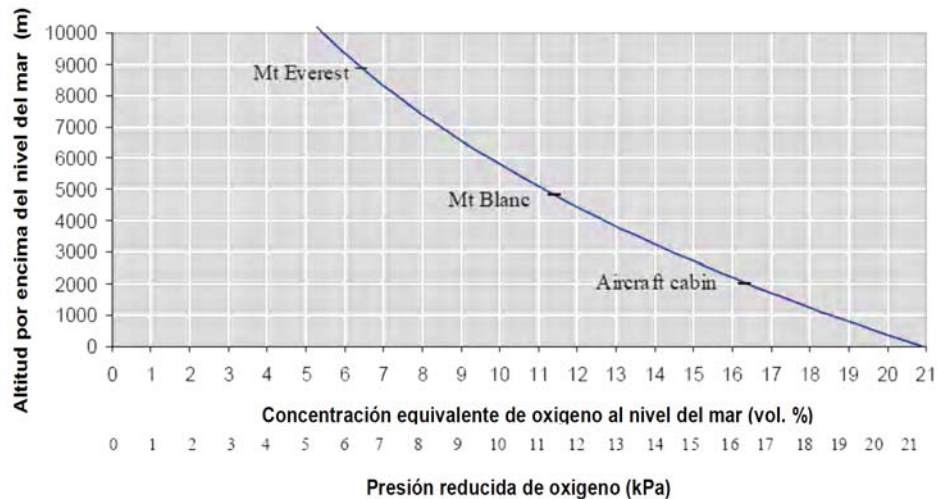


Gráfico 5: Concentraciones similares de oxígeno al nivel del mar comparadas con la altitud /Universidad de Lund, citada en 1/

Riesgos para la salud	Riesgos para la salud
<p>-Zonas publicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exposición a NO_x, SO₂, CO, CO₂ producido por: <ul style="list-style-type: none"> ○ Estufas con combustibles fósiles ○ Tráfico • Contaminación de la ciudad provocada por el tráfico • (PM10, PM2,5,) • Aire hipóxico de los aviones • Zonas habitadas situadas a 1.500-3.000 por encima del nivel del mar. 	<p>- Personal en zonas protegidas contra el fuego</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ • Extinción con gas inerte • Alarma de incendios, carencia de sistemas de extinción <p>(El personal tiene el riesgo de inhalar humo durante la extinción de pequeños incendios, riesgo de verse afectado por el rebrote de un fuego, y puede quedar atrapado por fugas casuales o inevitables de CO₂ o gases inertes.</p>

Tabla 1: Ejemplos de situaciones de la vida diaria que implican un riesgo aceptable para la salud/1/

Los límites deberían ser revisados, ya que los niveles de ocupación se basan hasta el momento en sistemas que controlan la introducción de gas inerte en los espacios, produciéndose distribuciones más irregulares que cuando se emplea aire hipóxico premezclado y seguro. Esta tecnología ha incorporado un margen sustancial de seguridad.

No hay pruebas que indiquen que el aire inerte con un 13%-17% de oxígeno implique riesgo igual o mayor que cualquiera de los mencionados en la Tabla 1 si las personas con índice de riesgo son avisadas del mismo modo que se hace en el momento de entrar en los aviones. Es imposible comparar estos riesgos utilizando un único criterio, por lo que no existen argumentos que indiquen que tampoco son seguros.

Estudiando las experiencias obtenidas durante los vuelos de los aviones – que utilizan aire hipóxico para la inertización- la ventilación con aire hipóxico ofrece probablemente menos riesgos que cualquiera de los otros mencionados anteriormente, siempre y cuando las personas con propensión a verse afectadas sean advertidas previamente, - al igual que se hace en los aviones - . La experiencia obtenida a partir de personas que viven en zonas muy por encima del nivel del mar son también favorables, pero los vuelos en avión son el peor ejemplo que se puede utilizar para realizar comparaciones con la ventilación con aire hipóxico porque los individuos están expuestos a cambios repentinos de inhalación de aire normal y aire hipóxico, y los tiempos de ocupación son similares a los de los edificios.

Para la mayoría de las personas permanecer en un espacio en el que exista aire hipóxico y realizar ejercicio físico puede *mejorar* su salud.

Efectos y desventajas de la ventilación mediante aire inerte

La referencia /1/ analizaba a modo de hipótesis las distintas ventajas e inconvenientes de los sistemas de ventilación con aire inerte. Los objetivos de este estudio eran la protección del patrimonio, pero los resultados se pueden aplicar a todo tipo de bibliotecas en lo que se refiere a los daños causados por el fuego o a los daños derivados de los sistemas de extinción aplicados. Las conclusiones se resumen en la tabla 2.

ARGUMENTOS DE LA HIPÓTESIS	CONCLUSIÓN
A favor:	
1 Impide la ignición. <i>(al contrario que los sistemas de extinción por gas)</i>	Sí Retarda también la combustión
2 Evita la formación de humo anterior a la extinción del fuego. <i>(al contrario que los sistemas de extinción por gas)</i>	Sí
3 Evita que se reavive el fuego. <i>(al contrario que los sistemas de extinción por gas)</i>	Sí La limitada capacidad de actuación de los sistemas de extinción permite que se reactive o que se produzca combustión: puede dar lugar a un rebrote.
4 Totalmente inocuo para el medio ambiente. <i>(al contrario que el halón y otros sistemas de extinción basados en gas)</i>	Sí
5 No tóxico, no deja residuos, no presenta riesgos añadidos de corrosión. <i>(al contrario que los sistemas de extinción por gas)</i>	Sí
6 No se ve afectado por fugas de aire externas. <i>(al contrario que los sistemas de extinción por gas)</i>	Sí
7 Permite mantener las puertas abiertas para la recuperación de obras, retirada y evacuación de obras. <i>(al contrario que los sistemas de extinción por gas)</i>	Sí
8 No se agota. <i>(al contrario que los sistemas de extinción por gas)</i>	Sí
9 No son necesarias operaciones de reabastecimiento, transporte, o reactivación.	Sí
10 Se puede utilizar en zonas ocupadas por personal y en espacio vacíos.	Sí
11 Se puede utilizar en espacios muy grandes. <i>(galerías o grandes almacenes, edificios históricos compuestos por muchas salas).</i>	Sí
12 Se puede utilizar en salas históricas con un índice de fuga moderado y que no se pueden sellar de modo permanente.	Sí En el caso de que existan muchas fugas el consumo de energía impide que se puedan aplicar nuevas aplicaciones sin costes excesivos. Muchas fugas. Se considera que la nueva generación de barreras de aislamiento supondrá un ahorro de energía.
13 Aplicable para la protección de objetos que son especialmente sensibles al fuego, partículas, agua, gas corrosivo o frágiles.	Sí

14	La simplicidad del sistema hace confiar en su alta eficacia	Sí
15	No es necesario instalar salidas, tuberías, etc. en las habitaciones que se desea proteger (cuando los generadores de aire inerte se integran en sistemas de aire acondicionado previstos o ya en funcionamiento)	Sí

Inconvenientes y riesgos:

A	Riesgo, en espacios <i>públicos</i> para la salud de individuos predispuestos.	Sí No obstante, el aire inerte es aceptable en las salas si los visitantes son advertidos previamente.
B	Algunas sustancias en espacios especiales como laboratorios pueden requerir el modo de supresión y evacuación.	Sí
C	Efectos secundarios derivados de la elevada concentración de nitrógeno sobre hongos u otras actividades biológicas favorecidas por el nitrógeno.	No
D	Sistemas basados en la difusión de nitrógeno pueden provocar niveles irregulares de oxígeno y dificultar la emisión adecuada de aire inerte en instalaciones con muchos espacios	Sí
E	El consumo de energía puede generar un coste elevado	Sí Si una habitación tiene normalmente muchas fugas. Se considera que la nueva generación de barreras de aislamiento supondrá un ahorro de energía.

Tabla 2: Conclusiones de evaluaciones independientes realizadas a partir de las demandas de los fabricantes e hipótesis de investigación /1/

Una comparación cualitativa de la protección contra incendios en espacios con fondos patrimoniales se muestra en la Figura 1. Es un buen análisis cualitativo de los parámetros de discusión, pero no es válido para tomar decisiones. El gráfico muestra una evolución favorable de la ventilación con aire hipóxico ya que no provoca daños secundarios y es muy simple como concepto.

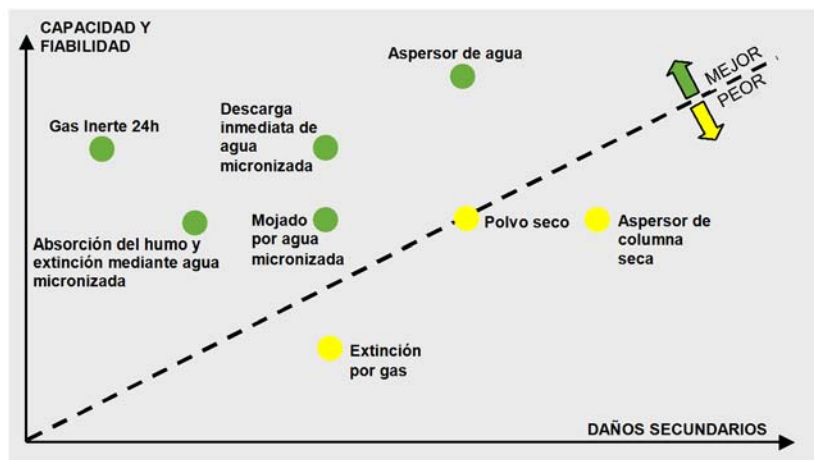


Gráfico 6. Comparación cualitativa de dos propiedades fundamentales de los sistemas de protección anti-incendio en relación con bienes patrimoniales. Téngase en cuenta que el gráfico no se aplica a ningún objeto en concreto, y que se centra en dos aspectos únicamente: riesgo de daños secundarios y capacidad/fiabilidad. Así pues, los aspectos estéticos, costes, mantenimiento, necesidades de espacio, etc., NO se toman en consideración en esta evaluación (buscar referencias sobre evaluación de esas últimas propiedades en cualquier otro apartado de este informe). /1/

Ejemplo de ventilación con aire inerte como sistema de protección contra incendios en bibliotecas:

La Biblioteca Pública de Arezzo. Un edificio del patrimonio histórico en el que se conservan piezas del siglo XIII.

El Palacio Pretorio es uno de los edificios más famosos del centro histórico de la ciudad. Es un ejemplo de arquitectura medieval y renacentista y nace de la anexión de tres edificios construidos en 1200, pertenecientes a las familias guelfas Albergotti, Lodemari y Sassoli. En 1209 el Palacio Albergotti, se convirtió en el lugar de residencia del Capitán de Justicia, y en 1404 en el Palacio Sassoli, adquirido por la ciudad-estado, que lo transformó en una prisión. En 1632 el Palacio Albergotti fue también comprado por la Municipalidad y se amplió la prisión. Fue en 1926 cuando la prisión se trasladó a otro edificio en la Avenida Garibaldi. A partir de ese año se iniciaron los trabajos de restauración bajo la supervisión del arquitecto Giuseppe Castellucci. Estos trabajos permitieron albergar en el Palacio el Museo Medieval y la Galería Municipal. El palacio muestra en su interior las huellas de ocupaciones anteriores e intervenciones de restauración arbitrarias, así como una utilización práctica de la arquitectura y elementos escultóricos como ornamento y mobiliario. En 1930 se retiró un techo artesonado del siglo XVI de un monasterio de la ciudad y se colocó en el despacho del director de la Biblioteca. En el entresuelo se puede admirar una piedra de tabernáculo gótica que tiene un fresco de la escuela de Spinelli, decorada con la habitual cornisa de arcos y remates lobulados. Todas las habitaciones del Palacio reflejan los diferentes períodos históricos en sus frescos, techos de madera y esculturas, y trasladan la imaginación del visitante al pasado.



Fig. 7 Biblioteca Pùblica de arezzo

El edificio alberga archivos, salas de estudio y conferencia y salas para servicios generales.

La colección de la Biblioteca Pùblica de Arezzo está formada por 145.000 piezas, entre las que se encuentran libros y documentos que se remontan al siglo XIII. Además, hay vidrieras, frescos y decoraciones de mrmar, que son objetos valiosos en términos de ser susceptibles de sufrir daños causados por humo, calor, altas temperaturas, gases corrosivos, agua, golpes, etc. Durante el horario de apertura diaria, de 08:30h a 17:00h, el edificio es ocupado tanto por personal interno como por visitantes.

Hoy en día el edificio cuenta únicamente con ventilación natural y existen al menos 0.2cm. de holgura en puertas y ventanas. Es difícil asegurar que en caso de producirse un incendio sea posible abrir las puertas más de un 50%.

El edificio está construido con ladrillos. No dispone de espacios vacíos. Los corredores, etc., se ocupan habitualmente o se utilizan como conductos, o al menos los que pueden servir como conductos de aire, y es difícil encontrar espacio libre o habitaciones para instalar los sistemas de aireación inerte (el espacio necesario es similar al que requieren otros sistemas) o espacios destinados exclusivamente a los equipos de extinción.

Aparte de la preocupación acerca de la aplicación de sistemas convencionales de extinción automática (basados en agua, gas etc.), este edificio presenta los siguientes problemas:

- Relacionados con el agua: dificultad para instalar cañerías y depositos de agua.

- Relacionados con el gas: es imposible reducir suficientemente las fugas en el edificio o en habitaciones, en particular, como para asegurar el periodo de permanencia del gas.

En la Tabla 3 cada área es descrita según el tipo de actividad y el tiempo diario de ocupación. El ambiente hipóxico recomendado, el contenido de oxígeno y las soluciones técnicas se muestran en la Tabla 4.

Zona	Tipo de ocupación	Tipo de ocupación en horas por día
Salas públicas, por ejemplo, salas de conferencias, zonas de exposiciones y zonas públicas, en general	Pública	8
Salas de estudio	Pública	8
Oficinas	No pública	8
Técnicas/ de servicios (por ejemplo, cuartos de baño)	No pública	0,5
Depósitos	No pública	0,5
Archivos	No pública	1

Tabla 3 Zonas del edificio



Fig. 8 Planta de calefacción y vista del interior

Para este edificio pueden ser viables cualquiera de las tres soluciones descritas a continuación:

- Una unidad de aire hipóxico central. La distribución del aire hipóxico se realiza por ventilación natural.
- Instalaciones locales en ciertas zonas.
- Las unidades locales de aire hipóxico se mantienen mediante una unidad central de compresión.

Si la corriente de ventilación natural permite un ambiente de aire hipóxico estable y seguro en las diferentes áreas del edificio, mantenido mediante una unidad central de aire hipóxico, ésta será la solución más asequible, y en este caso la instalación no provoca cambios irreversibles en el edificio. Sin embargo,

esta opción tiene que ser estudiada con más profundidad en lo que se refiere tanto a la medición como al análisis de la corriente de aire.

Otra posibilidad puede ser proteger determinadas zonas, como los archivos, mediante instalaciones locales como las que se muestran en la Figura 9. Esta opción protege bastante bien las zonas elegidas, pero el resto del edificio sigue estando en situación de riesgo. Si se adopta esta solución también se tiene que tener en cuenta la fuga de aire de las habitaciones provocada por la apertura de las puertas o por la propia filtración de aire del exterior.

La última opción es instalar unidades locales de aire hipóxico en distintas zonas, mantenidas por una unidad de compresión central. Se trataría de una solución segura y controlable, pero requiere la instalación de unidades bastante grandes de aire hipóxico y de un sistema de tuberías para distribuir el aire comprimido.

Para este edificio estimamos que el total de las áreas protegidas será aproximadamente de 6.000 metros cúbicos. Una renovación de aire por día produce una demanda de energía de 25kW, y 300kW permiten doce renovaciones de aire diarias.

Zona	Proporción aceptable de aire hipóxico (saludable)	Ambiente hipóxico recomendado	Soluciones técnicas
Zonas públicas, por ejemplo, salas de conferencias, salas de exposiciones y zonas públicas, en general.	15,5%-17,4 %	16 %*	Unidas al sistema de compresión/ Un sistema de aire hipóxico independiente/ alimentado por una corriente de aire natural
Salas de estudio	15,5%-17,4 %	16 %*	Unidas al sistema de compresión/ Un sistema de aire hipóxico independiente/ alimentado por una corriente de aire natural
Oficinas	15,5%-17,4 %	16 %*	Unidas al sistema de compresión/ Un sistema de aire hipóxico independiente/ alimentado por una corriente de aire natural
Técnicas /de servicios (por ejemplo, cuartos de baño)	13%-15 %	15 %*	Unidas al sistema de compresión/ Un sistema de aire hipóxico independiente/ alimentado por una corriente de aire natural
Depósitos	13%-15 %	15 %*	Unidas al sistema de compresión/ Un sistema de aire hipóxico independiente/ alimentado por una corriente de aire natural
Archivos	15,5%-17,4 %	16 %*	Unidas al sistema de compresión/ Un sistema de aire hipóxico independiente/ alimentado por una corriente de aire natural

**Deben ser revisadas con más exactitud en el momento del diseño*

Tabla 4 Valores recomendados para el diseño de una instalación de aire hipóxico en la Biblioteca Pública de Arezzo /1/

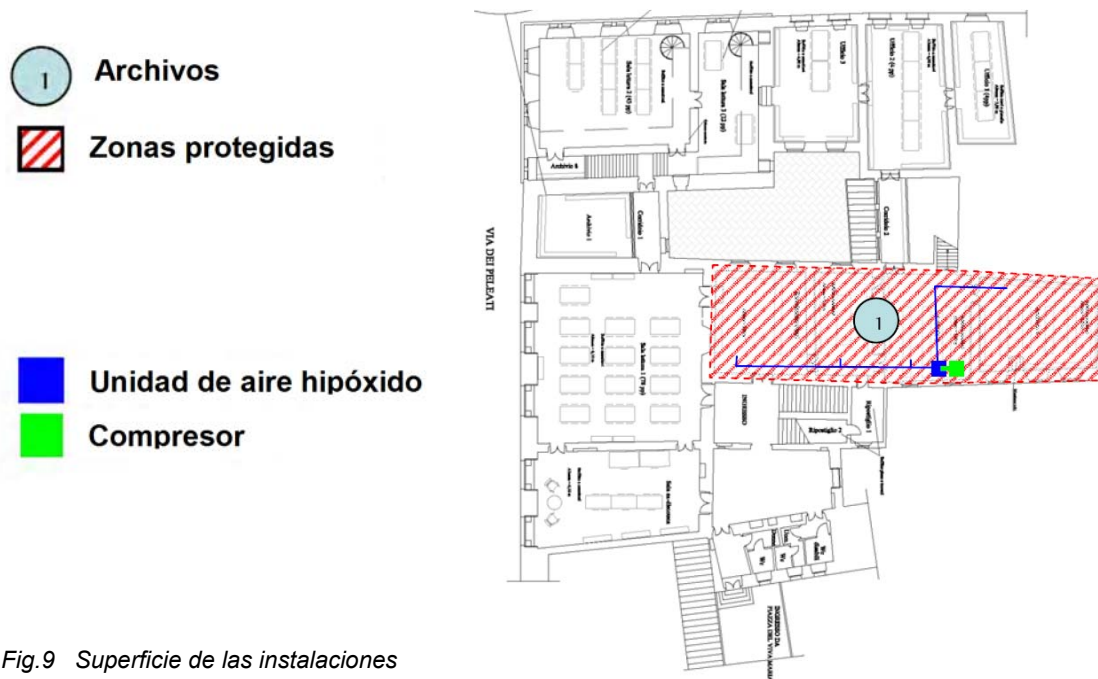


Fig.9 Superficie de las instalaciones

Nuevas bibliotecas modernas en Omán.

Dos nuevas bibliotecas –el Nuevo Edificio de la Biblioteca Universitaria de Omán, 7 plantas y 64.000 metros cúbicos, y la Biblioteca Pública de Nizwa-, han sido diseñadas para contar con una protección integral basada en el aire inerte. Según los planos se instalarán generadores de aire hipóxico y compresores con una sala de generadores de aire acondicionado (HVAC) por planta (cada biblioteca consta de 14 plantas), Más de un millar de visitantes pueden estar presentes en la biblioteca a un mismo tiempo. Se han aplicado estándares en el edificio para la protección contra el polvo, el clima adverso y las fugas que aseguran que la prevención anti-incendio del ambiente sea efectiva y que el consumo de energía sea mínimo. Incluso, si se produce un corte de energía debido a una situación de emergencia por amenaza de fuego, todas las salas quedarán protegidas adecuadamente durante un tiempo suficientemente largo debido a difusión lenta en el ambiente del aire hipóxico.

Conclusión

La ventilación con aire inerte (hipóxido) se considera bastante adecuada para su aplicación en todos los espacios de una biblioteca.

El aire inerte previene la ignición, el humo inicial y la extensión del fuego. Se deben proteger los depósitos, los espacios para el personal y los espacios públicos. Los espacios públicos se deberán tratar del mismo modo que los aviones, impidiendo el acceso de individuos con predisposición a verse afectados por aire hipóxido, ya que la atmósfera de aire inerte es idéntica a la de las cabinas de los aviones. No es necesario instalar tuberías, orificios de salida, ni ningún tipo de equipamiento. No se precisan ventiladores, sensores en las salas, ni sistemas de detección ni activación. El aire inerte se produce de modo constante en el propio lugar, con unas exigencias de espacio muy reducidas. Los generadores se acoplan a los equipos de aire acondicionado - HVAC- y compresores. No se necesitan depósitos que se puedan vaciar o que requieran recarga, como sucede en los sistemas convencionales basados en hidrocarbón o gas inerte.

Prácticamente no existe riesgo de daños secundarios, ambientales o problemas de corrosión. El aire inerte contribuirá positivamente a disminuir el deterioro normal de los elementos orgánicos y no orgánicos, así como el de los elementos decorativos.

Un problema que conlleva la instalación de sistemas de aire inerte es la necesidad de sacar el máximo rendimiento del coste energético, que depende en gran medida de la frecuencia de renovación del aire y de las fugas. Los compresores se deben ubicar cuidadosamente o encapsular para reducir el ruido. Es necesario realizar análisis para asegurar que cualquier sustancia especial que pueda arder con un nivel de oxígeno bajo se proteja con otras medidas como se hace, por ejemplo, con cualquier otro tipo de sistema de extinción con gas inerte, o elegir la opción de un sistema de aire inerte en la modalidad de supresión.

Algunas regulaciones nacionales en cuanto al nivel de oxígeno para espacios cerrados en edificios necesitan permisos especiales o la adopción de medidas como el control del personal o de las zonas públicas para evitar el acceso de quienes estén predispuestos a sufrir ataques al corazón, etc.

Las conclusiones referidas a las hipótesis para el estudio se resumen en la tabla 2. La sencillez inherente a la ventilación con aire inerte proporciona una seguridad irrefutable en comparación con los sistemas de protección anti-incendios más activos.

El ambiente del aire hipóxido en un edificio o en un espacio vacío contribuirá positivamente a reducir el deterioro normal de los objetos orgánicos y no orgánicos así como de los elementos decorativos del interior de los edificios históricos.

Si existe “un vacío de conocimiento en cuando a la inocuidad” del aire hipóxico, se refiere esencialmente a en qué medida mejora o perjudica la salud de quienes ocupan el edificio.

La principal desventaja se centra en los costes derivados del consumo de energía en aquellas instalaciones que requieran un elevado nivel de renovación de aire o tengan un índice de fugas elevado. Una instalación cuidadosa de las unidades de aire hipóxico y el modo como se acoplen a los equipos de aire acondicionado –HVAC– puede compensarlo. La producción industrial de generadores de aire hipóxico y de nitrógeno es una tecnología relativamente moderna, y se espera conseguir unidades más eficaces. Lo mismo ocurre cuando se realizan estudios sobre la ubicación específica de las unidades para determinar los porcentajes necesarios de renovación de aire y demostrar que las especificaciones aplicadas normalmente son demasiado estrictas, y permiten el ahorro de energía.

Al contrario que otros medios de extinción el aire inerte asegura una protección efectiva en la evacuación del edificio en caso de incidentes terroristas en los que estén involucrados fuego o agentes tóxicos. El aire inerte puede proteger a las bibliotecas de incidentes de gravedad similar, y permite la recuperación y el rescate de objetos valiosos.

El edificio de la Biblioteca Pública de Arezzo se ha arriesgado en alguna medida al incorporar la instalación, y contiene valores culturales irremplazables. Por consiguiente, puede obtener el mayor de los beneficios a partir de los sistemas de aire inerte. Estudios detallados de tres edificios históricos concluyen que todos los edificios pueden protegerse adecuadamente mediante el diseño de un sistema de aire inerte (aire hipóxico) permanente. La protección total mediante ventilación con aire inerte se está estudiando actualmente para dos nuevas bibliotecas públicas de Oriente Medio.

Bibliografía:

- 1 Jensen, Gussiås, Melgård, Fjerdings (COWI AS), Holmberg (Haftcourt Ltd): *Hypoxic Air Venting for Protection of Heritage*. Historic Scotland and Riksantikvaren the Norwegian Directorate for Cultural Heritage. Provided for COST – the European CO-operation in the field of Scientific and Technical Research - Action C17 Built Heritage: Fire Loss to Historic Buildings. June 2005.

La referencia a las obras mencionadas en este informe se realiza, en ocasiones, citando el nombre del autor.