

# Análisis del riesgo de incendio en un quirófano

JUAN JOSÉ AGÚN GONZÁLEZ

## RESUMEN

**Los quirófanos son zonas de especial riesgo de incendio debido al uso de mezclas anestésicas y desinfectantes. Durante una intervención existe la posibilidad, que no se debe desestimar, de tener un incendio o explosión junto al paciente. Estos incidentes pueden tener serias consecuencias y causar daños al paciente y al personal sanitario. En este artículo se realiza una investigación mediante la reproducción de los casos y factores que pueden dar lugar a este accidente.**

## Introducción

Los elementos básicos de un incendio están siempre presentes durante la realización de la cirugía. Un error en el procedimiento empleado o cualquier otra circunstancia pueden desencadenar de forma rápida una catástrofe. Una lenta reacción del personal o incluso un uso inadecuado de los elementos de extinción pueden agravar los efectos en el paciente, los daños a los trabajadores así como los daños materiales.

Si identificamos los elementos básicos del fuego y analizamos las causas probables de inicio, seremos capaces de eliminar el riesgo o minimizar sus consecuencias, tal y como señala la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

## El tetraedro del fuego

Todos sabemos que el fuego está caracterizado por el *tetraedro del fuego*. Cuando sus componentes se unen en la proporción adecuada, se obtiene una reacción química fuertemente exotérmica: fuego. Si somos capaces de conocer su naturaleza, seremos capaces de eliminar uno, varios o todos los elementos del tetraedro y por lo tanto la aparición en nuestro quirófano de un incendio.

Cada lado del tetraedro contiene com-

ponentes que podemos localizar en un quirófano.

**Calor** (o fuente de ignición): Existen numerosas fuentes de ignición o equipos que pueden producir un punto de calor. Estos pueden ser los bisturíes eléctricos, fuentes de luz, láser, cables, etc. Estos equipos pueden producir temperaturas intensas que son origen de una ignición, otros componentes pueden causar chispas incandescentes y también podemos tener dispositivos que estando en contacto con el combustible pueden calentarlo hasta llegar a su punto de combustión.

**Combustibles:** Un combustible es cualquier cosa que pueda quemarse, incluyendo casi todo lo que entra en contacto con los pacientes, así como los propios pacientes. En un quirófano existen multitud de componentes susceptibles de ser combustibles.

**Comburente:** La sustancia combustible se combina con el comburente, para iniciar el proceso de combustión. Normalmente el comburente es el oxígeno del aire, en el que se encuentra en una proporción del 21%.

La anestesia, a menudo, requiere la entrega de oxígeno (por encima del 21%) para garantizar una correcta oxigenación del paciente. Una característica del oxí-

geno es que es más pesado que el aire y, por lo tanto, tiende a acumularse en las zonas bajas, como por ejemplo en la cavidad torácica del paciente, o en los pliegues del campo quirúrgico).

Con el aumento de oxígeno es más fácil que se produzca un incendio: se quema más rápido, produce más calor y es más difícil de extinguir.

Existen otros gases en el quirófano que pueden producir oxígeno, como puede suceder en la descomposición térmica del óxido nitroso. Ciertos gases pueden apoyar la combustión, como ejemplo, en la ficha de seguridad del protoxido de nitrógeno  $N_2O$ :

#### Identificación de peligros

Identificación de riesgos gas licuado Oxidante. Mantiene la combustión vigorosamente. Puede reaccionar violentamente con los materiales combustibles.

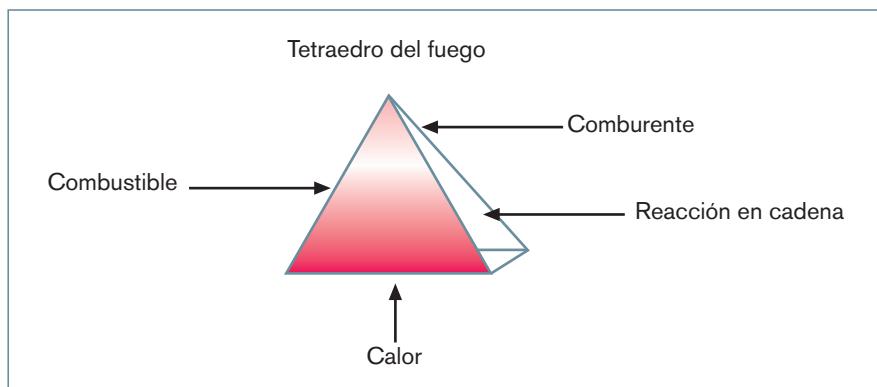
#### Medidas de lucha contra incendios

Riesgos específicos. Mantiene la combustión.

La exposición al fuego puede causar la rotura o explosión de los recipientes.

No inflamable.

Productos peligrosos de la combustión: Si está involucrado en un fuego, los siguientes humos corrosivos y/o tóxicos



Paciente	Cabello, grasa. Gases (principalmente metano).
Preparados	Desengrasantes (éter, acetona). Alcohol (Nota: también en paquetes de sutura) Tinturas (clorhexidina, timerosal...)
Ropa de cama	Paños de campos quirúrgicos. Máscaras. Batas (reutilizables o desechables). Gorros y cubrezapatos. Sábanas.
Apósitos	Gasas, esponjas, vendas, tejidos compuestos de algodón (stockinettes).
Pomadas	Vaselina (petrolato), aerosoles, tinturas con base de alcohol.
Equipos	Componentes de anestesia (tubos, mascarillas, catéteres). Edoscopios flexibles. Cubiertas de cables de fibra óptica. Guantes.
Otros	Envases (papel, plástico, cartón) Gases.

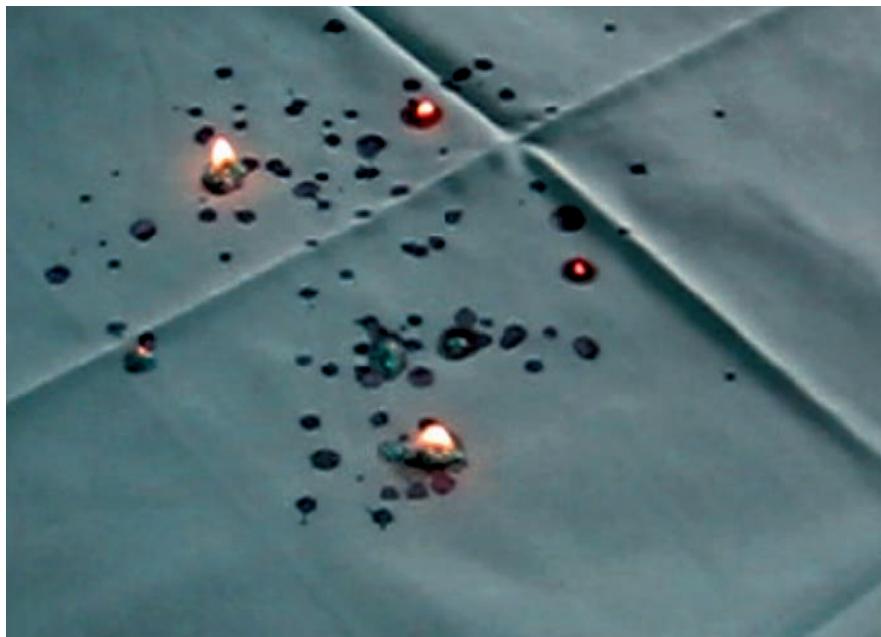


Figura 1. Partes incandescentes de un paño de campo quirúrgico ardiente.

cos pueden producirse por descomposición térmica (Óxido nítrico y dióxido de nitrógeno)

Etiquetado según ADR Etiqueta 5.1:  
Aumenta el riesgo de incendio

Pictogramas O: Comburente

Frases de riesgo R8: Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.

**Reacción en cadena:** Proceso que permite la continuidad y propagación del incendio siempre que se mantenga el aporte de energía de activación, combustible y

comburente.

Una vez iniciado el incendio, existen numerosos materiales con componentes plásticos que son capaces de mantener una llama y una combustión lenta con la cual podemos mantener la reacción en cadena y producir quemaduras en el paciente o a los trabajadores.

Por ejemplo, al producirse el incendio y arder los paños de campo adhesivos con componentes plastificados generamos unas gotas incandescentes (*figura 1*).

## Medidas preventivas

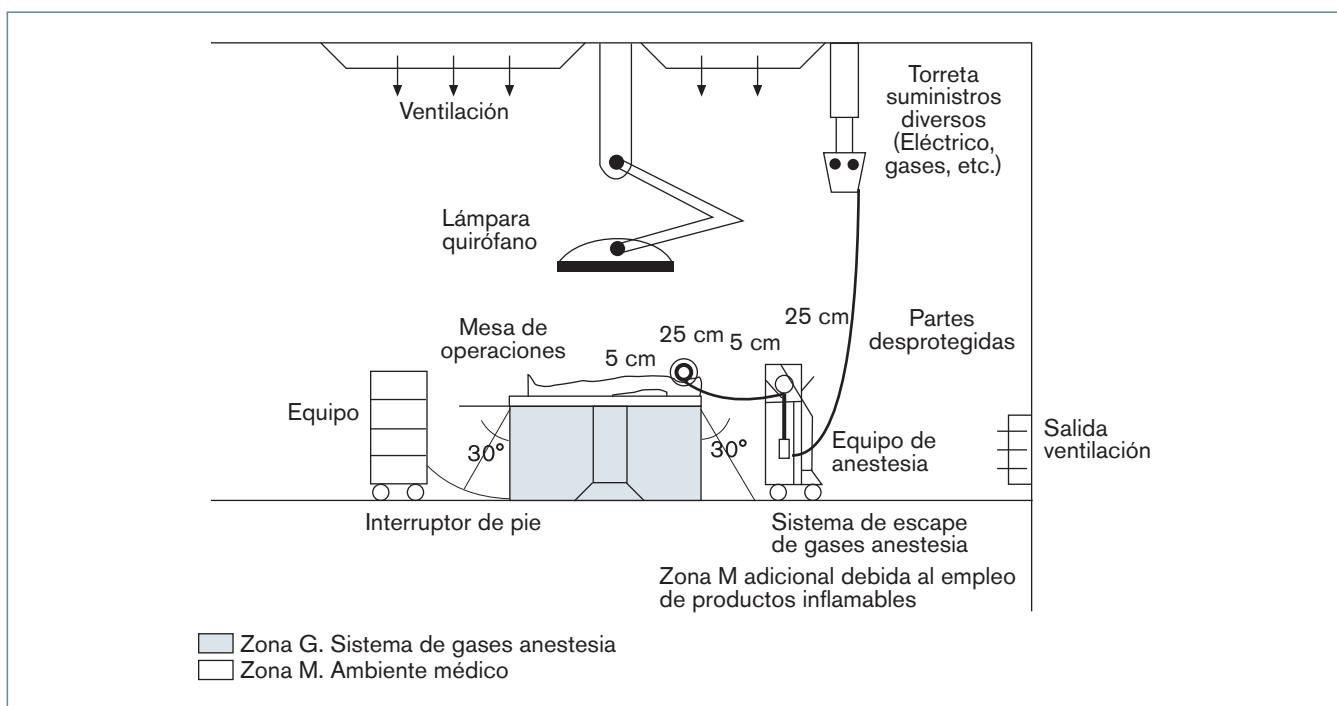
De acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT-38 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, BOE núm. 224 del miércoles 18 de septiembre), hay que considerar ciertas medidas preventivas del riesgo de incendio o explosión.

Para los quirófanos o salas de intervención en los que se empleen mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables, la *figura 2* muestra las zonas G y M, que deberán ser consideradas como zonas de la Clase I; Zona 1 y Clase 1; Zona 2, respectivamente, conforme a lo establecido en la ITC-BT-29. La zona M, situada debajo de la mesa de operaciones (ver *figura 2*), podrá considerarse como zona sin riesgo de incendio o explosión cuando se asegure una ventilación de 15 renovaciones de aire /hora.

Los suelos de los quirófanos o salas de intervención serán del tipo antielectrostático y su resistencia de aislamiento no deberá exceder de  $1 \text{ M}\Omega$ , salvo que se asegure que un valor superior, pero siempre inferior a  $100 \text{ M}\Omega$ , no favorezca la acumulación de cargas electrostáticas peligrosas.

En general, se prescribe un sistema de ventilación adecuado que evite las concentraciones de los gases empleados para la anestesia y desinfección.

Figura 2. Zonas con riesgo de incendio y explosión en el quirófano, cuando se empleen mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables.



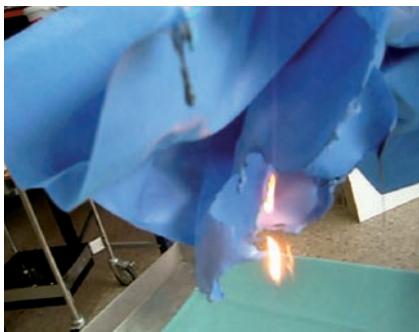


Figura 3. Inicio de la llama.



Figura 4. Gotas incandescentes.



Figura 5. Efectos en la sábana de campo.

## Resultados

A modo de resumen, podemos decir que los incendios en quirófano es un riesgo presente con una baja incidencia. En EE.UU. existe una media de 20 a 30 incendios anuales y en España se desconocen los datos.

En la búsqueda de las causas de un incendio en quirófanos se han realizado varios experimentos para determinar:

1. La posibilidad de reproducir un fuego con los elementos quirúrgicos habituales.
2. Análisis de la inflamabilidad de diferentes elementos.
3. Análisis de los daños directos e indirectos.
4. Estudio de las posibles medidas preventivas a aplicar.

Para poder responder a los cuatro planteamientos que nos hemos impuestos se realizan diferentes experimentos:

1. Mediante la aplicación de llama directa, determinar la facilidad de inflamación de:

–Povidona yodada (20 cc): se aplica llama directamente durante 1 minuto, llegando a una temperatura aproximada de 60 °C. Al retirar la llama se mantiene durante menos de 1 segundo. No inflama.

Nota: La Povidona yodada con etanol a 70% v/v final según indica la Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria. No calentar el producto, ni utilizarlo próximo a una fuente de calor o de llama, debido al riesgo de inflamabilidad por la presencia del alcohol.

–Clorhexidrina (20 cc): se aplica llama directamente durante un minuto, llegando a una temperatura aproximada de 60 °C. Al retirar la llama NO se mantiene. No inflama.

–Paño adhesivo de campo estéril (de 100 cm x 75 cm y banda adhesiva de 100 cm. Se inflama inmediatamente al aplicarle una llama (*figuras 3, 4 y 5*), el paño se fusiona y aparecen gotas con llama las cuales pueden quemar fácil-

mente la tela o sábana que se coloca debajo del paciente.

2. Como dato, se indica en los folletos de características de la marca:

Todos los campos quirúrgicos XXX están clasificados como productos con inflamabilidad normal (clase I) utilizando el Estándar de la Comisión de Seguridad de productos para el Consumidor del Código de Reglamentos Federales (CFR) 1610 respecto a la inflamabilidad de textiles para ropa.

Esta prueba es el estándar vigente en la industria y se utiliza para diferenciar los materiales que tienen inflamabilidad normal de aquellos que pueden quemarse intensamente y con rapidez.

## Norma americana

Las restricciones del *The General Flammable Fabrics Act Flammability* que aplica a todas las vestimentas están basadas en tres normas de inflamabilidad diferentes. Estas normas están establecidas en el Código de Regulaciones Federales (CFR) en el 16 CFR 1610, et seq.

*Clase 1. Inflamabilidad normal.* Ésta tiene “características incendiantes no inusuales”, e incluye dos subcategorías:

1. Textiles sin superficie de fibra levantada que cuando es examinada por inflamabilidad la “extensión de la llama” toma 4 segundos o más; y

2. Textiles que tienen una superficie de fibra levantada y que cuando es examinada o tiene (1) una “extensión de llama” de por lo menos 7 segundos o (2) cuando ella quema con una superficie rápida flash (por debajo de 7 segundos) la “intensidad de la llama es tan baja que no llega a incendiar o fundir la base del tejido.”

*Clase 2. Inflamabilidad intermedio.* Textiles que tienen una superficie de fibra levantada que cuando es examinada tiene una “extensión de llama” entre 4 a 7 segundos, y la intensidad de la llama es suficiente para incendiar o fundir la base del tejido.

## Clase 3. Quemaduras rápidas e intensas.

Textiles que son peligrosamente inflamables y reconocidos por el comercio siendo inapropiados para vestimentas, e incluyen dos subcategorías:

1. Textiles libres de levantamiento de superficie de fibra que cuando son examinados la “extensión de llama es menos de 4 segundos”; y

2. Textiles que tienen una superficie de fibra levantada que cuando son examinados la “extensión de llama es menos de 4 segundos y la intensidad de la llama es de cómo incendiar o fundir la base del tejido”.

Clase 3: Es ilegal vender ropa inflamable por bajo casi todas las situaciones de ventas al consumidor; y clase 2, vestimentas inflamables: puede ser ilegal venderse para ciertos tipos de ropaje y en ciertos contextos limitados. En adición a estas clasificaciones: hay un criterio adicional previamente mencionado para las ropas de dormir de niños, la cual está basada sobre exámenes más restringidos.

## Prueba empírica

Sin dudar de la eficacia de la norma americana, la prueba empírica realizada nos crea cierta incertidumbre.

1. Se realiza una prueba real de cirugía para poder determinar la posibilidad de tener un incendio en el quirófano.

–Material utilizado:

- Un conejo (el paciente.)
- Povidona yodada.
- Paños de campo.
- Bisturí eléctrico en modo de coagulación.

• Mascarilla, tubos.

• Oxígeno (6 litros por minuto).

Al realizar la cirugía con el bisturí eléctrico, se observa que el oxígeno se encuentra por debajo de la tela de campo y la punta del bisturí produce una chispa visible que al entrar en contacto con el canal de oxígeno produce una llama que inmediatamente incendia la tela.

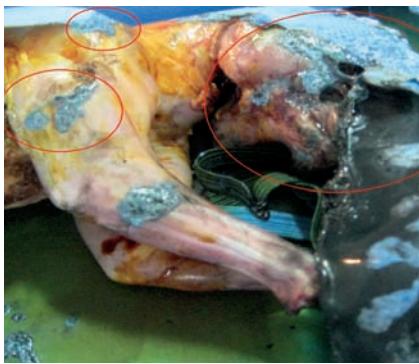


Figura 6. Daños.

Una vez que el paño quirúrgico está ardiendo, se procede a extinguir con un extintor de CO<sub>2</sub> y se observan daños en la mascarilla así como en la piel del paciente, unos debidos a las propias llamas y otros por la fusión del paño quirúrgico (figura 6).

### Conclusiones

Tal y como hemos descrito, existe la posibilidad de que se produzca un incendio en el quirófano de un hospital. Aunque esta posibilidad es bastante baja, no por ello se debe dejar en el olvido y no disponer las medidas preventivas necesarias.

Como se planteaba al principio, uno de los objetivos era poder reproducir un incendio durante la realización de una cirugía. Este objetivo se ha logrado, ya que se ha reproducido el incendio; por lo tanto, tenemos herramientas para su análisis.

Como medidas preventivas, se apuntan las siguientes:

1. La potencia del bisturí debe ser la más ajustada posible para que no se produzcan chispas.

2. El riesgo de incendio, como resulta evidente, aumenta con la proximidad del bisturí a las vías aéreas del paciente. Es decir, el riesgo aumenta en las cirugías que se desarrollan en la zona de la cabeza del paciente. También se puede deducir que al ser el oxígeno más pesado que el aire nos podemos encontrar bolsas de O<sub>2</sub> en la cavidad torácica así como aumentar la posibilidad de incendio al encontrar bolsas de metano en ciertas intervenciones a realizar en la zona intestinal.

3. Los paños quirúrgicos se deben colocar lo más lejos posible de la fuente de calor.

4. Se deben evitar espacios ricos en O<sub>2</sub> al tener un “efecto tienda de campaña” en la realización del pañeo para delimitar el campo quirúrgico.

5. Las gafas nasales por donde sumi-



Figura 7. Fotogramas del proceso.

nistramos el oxígeno deben estar perfectamente adaptadas y, si es posible, sin cubrir la fuente de oxígeno.

6. Se debe tener una especial sensibilidad en el cumplimiento de las renovaciones de aire en el quirófano que nos marca la normativa vigente.

7. Se debe plantear el uso de oxígeno en pacientes de riesgo y cuando disminuya la saturación. En el caso de administrarse debe hacerse con el flujo mínimo necesario.

8. Todo el personal de quirófanos debe ser conocedor del Plan de Autoprotección del Hospital, ya que estamos en una zona de riesgos especial.

9. Todo el personal de quirófanos debe realizar de forma periódica la formación en lucha contra incendios que determina el Plan de Autoprotección.

### Bibliografía

- Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil.  
 Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales.  
 Código Técnico de la Edificación. CTE.  
 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.  
 Steven J. Barker y J. Scott Polson (2001). Fire in the Operating Room: A Case Report and Laboratory Study. *Anesth Analg.* 93:960-5

R. Prasad, Z. Quezado, A. St. Andre, y N. P. O'Grady (2006). Fires in the Operating Room and Intensive Care Unit: Awareness is the Key to Prevention. *Anesth. Analg.* January 1, 102(1): 172 - 174.

S. K. Malhotra y D. Nakra (2006). Smoke in the Operating Room Complex: A Rare Incident of Internal Disaster *Anesth. Analg.* January 1, 102(1): 328 - 329.

Toledano Fernández N, García Sáenz S, Sánchez Cruz J, Racionero O (2005). Quemadura labial por combustión durante la realización de una blefaroplastia. *Archivos Sociedad Española de Oftalmología.* Mayo, 80(5): 297-300.

### AUTOR

Juan José Agún González  
 jagun@ono.com

Ingeniero técnico industrial. Máster en Prevención de Riesgos Laborales.  
 Auditor en Prevención de Riesgos Laborales. Consejero de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas.