



FACULTAD DE FARMACIA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

TRABAJO FIN DE GRADO
TÍTULO: FIBRA DE VIDRIO. DESARROLLO
DEL FIBROSCOPIO

Autor: M^a del Pilar Ibabe Avilés

Fecha: Julio 2019

Tutor: M^a Teresa Gutierrez Rios

ÍNDICE

1	Resumen.....	3
2	Introducción	4
2.1	Evolución histórica de la fibra de vidrio	4
2.2	Composición.....	5
2.3	Proceso de obtención	6
2.4	Propiedades.....	7
2.5	Tipos de fibra de vidrio y sus aplicaciones.....	8
2.6	Endoscopia y fibroscopia.....	9
3	Objetivos	11
4	Material y métodos	12
5	Resultados y discusión	12
5.1	Evolución histórica de la endoscopia	12
5.2	Descubrimiento de la fibra óptica e introducción del endoscopio flexible	13
5.3	Ejemplos de aplicaciones actuales de la fibroscopía	16
6	Conclusiones	19
7	Bibliografía	19

1 RESUMEN

La fibra de vidrio es empleada en muchos ámbitos, y aunque los principales son el industrial y el artístico, una de las aplicaciones más importantes ha sido la realización de cables de fibra óptica.

Tras el descubrimiento de la fibra óptica, la medicina moderna tuvo un enorme cambio cuando se creó el primer endoscopio completamente flexible de fibra óptica.

Hasta entonces, los métodos para visualizar la luz gastrointestinal consistían en instrumentos rígidos que se basaban en sistemas ópticos rudimentarios. Además, tenían un alcance limitado y causaban molestias considerables a los pacientes. La tecnología de la fibra óptica cambió radicalmente la práctica endoscópica, y por ello se pretende describir en este trabajo la revolución que supuso en el ámbito de la gastroenterología y cómo se ha ido abriendo camino una nueva tecnología, siendo la base de técnicas quirúrgicas mini invasivas. Además, se exponen algunas de las aplicaciones actuales de los fibroscopios.

Palabras clave: “fibra de vidrio”, “fibra óptica”, “fibroscopio”, “endoscopio flexible”

ABSTRACT

Fiberglass is used in many areas, and although the main ones are industrial and artistic, one of the most important applications has been the realization of fiber optic cables.

After the discovery of fiber optics, modern medicine had a huge change when the first fully flexible fiber optic endoscope was created.

Until then, methods for visualizing gastrointestinal light consisted of rigid instruments that were based on rudimentary optical systems. In addition, they had a limited range and caused considerable discomfort to patients. Fiber optic technology radically changed the endoscopic practice, and for this reason, it is intended to describe in this work the revolution that supposed in the field of gastroenterology and how a new technology has been opened, being the base of minimally invasive surgical techniques .

In addition, some of the current applications of the fibroscopes are exposed.

Key words: “fiberglass” “fiber optic” “fibroscope” “flexible endoscope”

2 INTRODUCCIÓN

2.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA FIBRA DE VIDRIO

La historia de la fibra de vidrio se remonta a un mínimo de dos mil años de antigüedad. Los primeros indicios datan del antiguo Egipto, donde moradores del desierto (beduinos) encontraron accidentalmente filamentos de vidrio mientras calentaban sus alimentos sobre piedra, por la fusión entre la arena y el fuego. Este material puede obtenerse de forma natural y se conoce como cabellos de Pelé, que son hebras de vidrio basáltico que se forman cuando pequeñas partículas de material fundido son lanzados al aire en erupciones volcánicas.

Los egipcios desarrollan los primeros métodos propios para manufacturar el vidrio en cierta escala; pudiéndose observar, en el Museum de Londres, algunos adornos confeccionados en Egipto con fibras de vidrio, hace aproximadamente 3500 años.

Los primeros estudios específicos sobre la fibra de vidrio se dan en el siglo XVIII. Durante la Revolución Industrial, la fibra de vidrio comienza a masificarse, con finalidades meramente estilísticas.

En 1713, durante el transcurso de una conferencia dada en la Academia de las Ciencias de París por René Réaumur, se produjo la primera exhibición de algunas muestras de tejido fabricado con fibras de vidrio.

En 1893, Edward Libbey exhibió en la Exposición Universal de Chicago un vestido con filamentos de fibra de vidrio, pero pasó desapercibido debido a la escasa flexibilidad y grosor de las fibras, y a la fragilidad de los productos obtenidos por los rudimentarios y costosos procedimientos empleados en su obtención.

Sin embargo, fue en 1931 cuando este material comenzó a popularizarse en sus aplicaciones estéticas. Como resultado de las investigaciones iniciadas por O-Illinois Glass, en Estados Unidos, Saint Gobain en Francia, y Modigliani en Italia, se empiezan a producir a escala industrial las primeras muestras de fibras de vidrio aptas para ser tejidas. Al disminuir el diámetro de las fibras, el vidrio se vuelve flexible y resistente al mismo tiempo.

La lana de vidrio a la que hoy se le llama comúnmente fibra de vidrio, fue patentada en 1938 como material aislante para la construcción residencial, por la empresa norteamericana *Owens Corning Fiberglass Corporation*, quien la comercializó bajo el nombre de *Fiberglass*. Esta empresa introdujo en el mercado las fibras de vidrio de filamentos continuos, y hoy en día sigue siendo la mayor productora de fibra de vidrio en el mercado.

A partir de ese momento, se empieza a utilizar la fibra de vidrio como elemento de refuerzo para plásticos y resinas de poliéster, obteniéndose un material compuesto, ligero, resistente y muy fácil de moldear.

Al finalizar la II Guerra Mundial, la fibra de vidrio se extendió a varios países europeos, como Francia, Italia y España. Sus primeras utilidades se remitieron al área militar, para confección de radares electrónicos y piezas de aviones de guerra. Al no oxidarse ni degradarse, posee una importante capacidad térmica.

Debido a su ligereza, dureza, aislamiento térmico y resistencia a la corrosión y el desgaste, el ámbito de aplicación de la fibra de vidrio se extendió durante la década de 1950 a los

sectores automovilístico y aeronáutico, pero también al sector industrial, donde en muchas ocasiones se utiliza en composición con otros materiales de tipo polímero, como la fibra de carbono, que le brinda mayor rigidez y permite ampliar aún más su uso. ^{(1) (2) (3)}

2.2 COMPOSICIÓN

La fibra de vidrio es un material que consta de numerosos filamentos poliméricos muy finos de sílice o dióxido de silicio (SiO_2).

En su forma pura el dióxido de silicio se comporta como polímero $(\text{SiO}_2)_n$, formado por tetraedros con el átomo de silicio en el centro, y los cuatro átomos de oxígenos en los vértices, que se unen a otros átomos de oxígeno formando una red atómica con enlaces covalentes continuos y dando lugar a una estructura ordenada (estado cristalino).

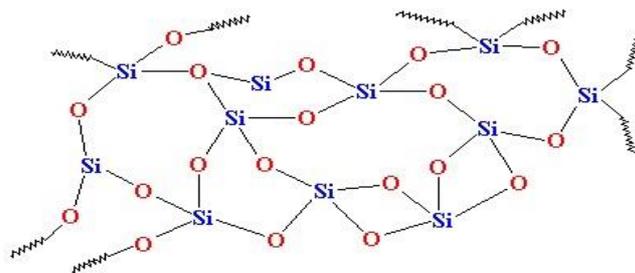


SiO₂ en su forma cristalina, el cuarzo.

Fig 1

Para formar la fibra de vidrio, la sílice pura debe ser trabajada a altas temperaturas. No tiene un punto de fusión verdadero, pero a temperaturas de 1713 °C, esta estructura se ablanda obteniéndose un líquido incoloro y viscoso, que al ser enfriada rápidamente, es incapaz de formar una estructura ordenada, por lo que presenta un estado amorfo de naturaleza vítrea.

La forma vidriosa es extremadamente estable, por lo que para inducir la cristalización es necesario calentarlo a temperaturas superiores a 1200 °C durante largos periodos de tiempo.



SiO₂ en estado amorfo, el vidrio

Fig 2

Esta estructura es la que se emplea para lentes en telescopios. A pesar de poseer muy buenas propiedades ópticas, es quebradizo, por lo que es habitual introducir impurezas en el vidrio, como por ejemplo materiales como el carbonato de sodio. Con esto se consigue bajar su temperatura de trabajo, y además se obtiene un vidrio más resistente. ^{(1) (4)}

Estos materiales también aportan otras propiedades al vidrio que pueden ser beneficiosas en distintas aplicaciones que veremos más adelante

2.3 PROCESO DE OBTENCIÓN

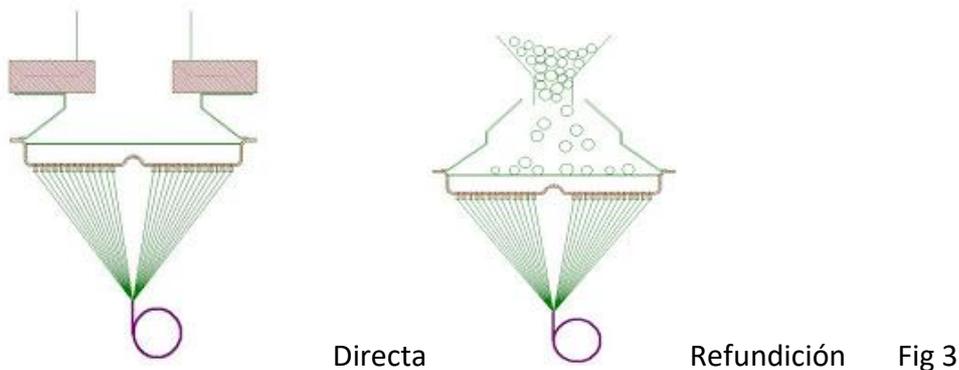
La producción de la fibra de vidrio se basa en el estiramiento a muy alta temperatura mediante tracción mecánica o por la acción de fluidos en movimiento.

El vidrio textil se presenta de dos maneras distintas: en forma de hilado formado por filamentos elementales continuos, denominado Sillione; o como un hilado formado por hebras discontinuas, con una estructura análoga a la fibra artificial, denominado Verrane.

a. Fusión

Se parte de la mezcla formada por los distintos componentes del vidrio debidamente homogeneizada y refinada. Esta mezcla se introduce en un horno, donde se funde a una temperatura en torno a los 1550°C

- Fusión directa: el vidrio fundido del horno va directamente al buje de conformación (pieza cilíndrica que gira alrededor de un eje)
- Proceso de refundición: el material fundido es cortado y enrollado en bolitas estandarizadas, que son enfriadas y envasadas. Estas canicas se llevan a las instalaciones de fabricación de fibra y se insertan en un cilindro, y el material es refundido.



b. Conformación/fibrado

El vidrio fundido se extruye a través del bushing, un cabezal de metal que contiene boquillas para que los filamentos se formen a través de éstas. El bushing está hecho de platino aleado con rodio, y sirve como elemento calefactor, por lo que permite mantener el vidrio fundido a la temperatura correcta para la formación de fibras.

La mezcla se cuela por gravedad entre las boquillas, dando lugar a las fibras, que posteriormente se estiran a gran velocidad, entre 10 y 60 m/s dependiendo del diámetro que queremos conseguir.

El número de boquillas oscila entre 200 y 4000 en múltiplos de 200.

Las boquillas tienen un espesor mínimo a la salida. El vidrio fluye a través de la boquilla y se forma una gota que queda suspendida, y a medida que cae, va formando un hilo, siempre que la viscosidad esté en el rango correcto. Si la viscosidad es demasiado baja, el vidrio, en vez de moldearse en forma de fibra, forma gotas.

c. Enfriamiento

Los filamentos obtenidos al salir de las boquillas son enfriados, primero por radiación y después pasando por aletas de enfriamiento (refrigeración con agua pulverizada)

- d. Ensimado
Consiste en revestir los filamentos con una película lubricante, que suele ser un aceite o una resina emulsionable, para dar cohesión entre los filamentos, proporcionarles resistencia a la abrasión y reducir la fricción.
- e. Bobinado
Unión de los filamentos para obtener la fibra de vidrio en sus en sus diferentes formas comerciales. La fibra se puede enrollar en una bobina y se genera un ovillo, que sería la fibra continua, o bien se trata con una corriente de aire y con aglutinante para obtener una felpa (fibras discontinuas).
- f. Secado
Se elimina el exceso de humedad de las fibras y se refuerza en ensimaje con un tratamiento térmico.
- g. Transformación final
Se obtienen las diferentes formas comerciales de la fibra de vidrio. ⁽¹⁾ ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾

2.4 PROPIEDADES

- **Excelente aislante térmico.** La fibra de vidrio posee un bajo coeficiente de expansión térmica y una baja conductividad térmica, debido a su alta proporción de superficie respecto al peso. Disipa el calor radiante de forma muy rápida, siendo perfecto para usarlo como aislante térmico. Por tanto, es ideal para instalaciones exteriores, ya que no se deteriora por la exposición al sol durante periodos largos de tiempo.
- **Resistencia**
La resistencia del vidrio suele ser probada en las fibras que acaban de ser fabricadas, pues éstas son más delgadas y dúctiles.
Debido a que el vidrio tiene una estructura amorfa, sus propiedades son las mismas a lo largo y a lo ancho de la fibra.
 - **Química:** La resina es un componente de la fibra de vidrio que la hace resistente a la erosión química, por ello no se daña ni se desgasta, pues es resistente a la mayoría de productos químicos y ácidos utilizados en las industrias (excepto el ácido fluorhídrico y el ácido fosfórico). Aun pareciendo frágil, resiste a las altas presiones y temperaturas.
 - **Tracción:** la fibra de vidrio es altamente resistente a la tracción. En contraste con la fibra de carbono, la fibra de vidrio puede sufrir más elongación antes de romperse.
Por otro lado, la humedad es un factor importante en la resistencia a la tracción, pues ésta es fácilmente absorbida, y puede empeorar las grietas microscópicas y los defectos superficiales, y disminuir la tenacidad.
 - **Mecánica:** La fibra de vidrio tiene una resistencia específica mayor que el acero.
 - **Temperatura:** la fibra de vidrio no es sensible a las variaciones de temperatura e higrometría. Tiene un bajo coeficiente de expansión lineal, presentando gran estabilidad dimensional.
- **Peso ligero.** Los materiales que componen la fibra de vidrio son de bajo peso y sumamente livianos, lo que permite que sea muy fácil de mover e instalar. Esto reduce el peso de soporte hacia las estructuras de apoyo.

- **Incombustibilidad:** debido a que la fibra de vidrio es un material mineral, es naturalmente incombustible, es decir, no propaga el fuego. Asimismo, no emite humo ni productos tóxicos cuando se expone al calor.
- **Bajo mantenimiento.** Gracias a las características intrínsecas de la fibra de vidrio, los compuestos no necesitan ningún mantenimiento especial, incluso después de muchos años de uso en aplicaciones externas. Esta característica, conduce automáticamente a ahorros de costos en tiempo y dinero.
- **Aislamiento eléctrico.** La fibra de vidrio no conduce la electricidad, por lo que es idónea para aplicaciones en campos industriales e hidráulicos, donde se requiera aplicar aislamiento de energía eléctrica a ciertas instalaciones.
- **Versatilidad.** Se trata de un producto muy versátil, otorgando amplia gama de filamentos, tamaños, tipos de fibra, etc. Estas características hacen que la fibra de vidrio ofrezca un gran abanico de posibilidades industriales.
- **Compatibilidad con matrices orgánicas.** La fibra de vidrio puede tener diferentes tamaños y es capaz de combinarse con muchas resinas sintéticas y ciertas matrices minerales como el cemento.
- **Económico.** La fibra de vidrio es un material con una gran ventaja económica respecto a otros tejidos de fibras sintéticas y naturales. El poco mantenimiento que requiere y la practicidad de su instalación, derivan en un ahorro significativo en recursos humanos. ^{(7) (8) (9)}

2.5 TIPOS DE FIBRA DE VIDRIO Y SUS APLICACIONES

- **Fibras tipo A**

El vidrio tipo A fue el primero que se utilizó para fabricar fibras. Se trata del vidrio sodio-cálcico, poco resistente a los álcalis. Se refiere a un término para denominar al vidrio reciclado, a menudo de botellas, que se utiliza para hacer lana de vidrio.

- **Fibras tipo E**

Fue el primero que se utilizó para formar filamentos continuos, y todavía constituye la mayor parte de la producción de fibra de vidrio en el mundo. Se usa la letra E ya que se desarrolló principalmente para aplicaciones eléctricas.

Está compuesta de 53-54% SiO₂, 14-15.5% Al₂O₃, 20-24% CaO, MgO y 6.5-9% B₂O₃, y prácticamente no contiene elementos alcalinos. Presenta alta resistencia a los disolventes, a la intemperie y rayos UV y a los microorganismos. Debido a sus buenas propiedades dieléctricas y su bajo coste, es el más utilizado, sobre todo en composites para componentes de vehículos y utensilios o aparejos de deporte (canoas, esquís) y composites para usos industriales, como piezas plásticas reforzadas con este tipo de fibra (PRFV).

- **Fibras tipo AR**

Se trata de una fibra de alto contenido en óxido de zirconio, y es muy resistente a compuestos alcalinos. Presenta alta resistencia a los disolventes, a la intemperie y rayos UV y a los microorganismos.

Se utiliza como fibra de refuerzo en morteros a base de cemento, en sustitución de amianto en tejados, en piezas de recubrimiento y en decoración.

- **Fibras tipo C**

Se trata de una fibra inorgánica compuesta de un 60-72% SiO₂, 9-17% CaO, MgO y 0.5-7% B₂O₃; que fue desarrollada para resistir el ataque de sustancias químicas, por ello se utiliza sobre todo en torres de refrigeración, material para techos, tuberías y tanques de agua.

- **Fibras tipo D**

La fibra de vidrio tipo D es una fibra inorgánica compuesta de 73-74% SiO₂ y 22-23% B₂O₃. Gracias a sus propiedades dieléctricas es utilizada para la fabricación de materiales electrónicos, de comunicación y como elemento permeable a las ondas electromagnéticas.

- **Fibras tipo R**

Se trata de una fibra compuesta de un 60% SiO₂, 25% Al₂O₃, 9% CaO y 6% MgO. Posee elevada resistencia mecánica, por lo que se emplea en materiales que exijan ser resistente a la fatiga, temperatura y humedad. Este tipo de fibra es demandada en los sectores de aviación, espacial y armamento, utilizándose como fibra de refuerzo en palas de helicópteros, cisternas de cohetes, misiles, lanzas... (1)(6)

La fibra de vidrio es empleada en muchos ámbitos, aunque los principales son el industrial y el artístico.

- **Construcción:** la malla de vidrio evita la formación de grietas dentro del hormigón. Al no degradarse con el tiempo, es muy buena opción para corregir deficiencias de aislamiento en las construcciones, reemplazando a las mallas metálicas. Es un agente anticorrosivo que beneficia a las edificaciones afectadas por la humedad (zonas costeras)
- **Artístico:** en la realización de productos de manualidad o de bricolaje, y en esculturas.
- **Fabricación de piezas náuticas:** tablas de surf y wind-surf, lanchas y veleros.
- **Confección de productos de plástico reforzado,** para la construcción de tanques. Para esto, se hacen unos laminados de dicho material junto con la resina, mezcla que sirve para el armado del recolector de agua. Está reemplazando a la fibra de carbono, por prestación y precio competitivo en el mercado
- **Realización de cables de fibra óptica,** que se usan en áreas de telecomunicaciones para la transmisión de señales lumínicas, producidas por un láser o por LEDs.
- **Aplicación de la fibra óptica a la endoscopia:** introducción del endoscopio flexible. Es justamente en esta aplicación donde me voy a centrar en el presente trabajo. (3)(5)

2.6 ENDOSCOPIA Y FIBROSCOPIA

La endoscopia (del griego endo: dentro y skopein: ver u observar) es la inspección visual de una víscera o cavidad del cuerpo con un instrumento óptico. Es una técnica de diagnóstico mínimamente invasiva,⁽¹¹⁾ que permite visualizar el interior del cuerpo durante las intervenciones quirúrgicas dañando lo menos posible los tejidos del paciente. Así, el postoperatorio es menos doloroso, hay menos posibilidades de infección y la cicatrización es más rápida.⁽¹²⁾

ENDOSCOPIOS

Todos los endoscopios están constituidos por una serie de elementos ópticos comunes: ⁽¹²⁾

- **Sistema de iluminación:** ilumina la zona que se desea observar
- **Sistema óptico** (formador de imagen)
El sistema óptico de un endoscopio está formado por un objetivo compuesto por un bloque de lentes que magnifica las imágenes. Proporciona imágenes invertidas del objeto que posteriormente vuelven a ser invertidas por el vehículo óptico.
Se encuentra ubicado en el extremo distal del endoscopio, que es la parte que se introduce en la cavidad que se quiere observar, por lo tanto, debe tener un diámetro pequeño para ser lo menos invasivo posible.
- **Vehículo óptico:** transporta la imagen desde el extremo distal, donde se encuentra el plano imagen del objetivo, al extremo proximal, donde se encuentra el plano imagen final, y la imagen es recogida por un ocular que la envía al infinito, o se forma directamente en un CCD (“dispositivo de carga acoplada”) o CMOS (“semiconductor complementario de óxido metálico”)

TIPOS DE ENDOSCOPIO

Se diferencian tres tipos de endoscopios según la configuración del vehículo óptico. ⁽¹²⁾

- **Endoscopio rígido:** el sistema óptico de un endoscopio rígido está formado por un objetivo, que puede tener un prisma introducido para permitir diferentes ángulos de visión; un vehículo óptico, que en este caso son lentes de varilla o lentes convencionales; un ocular o sensor de imagen; y un sistema de iluminación, formado por fibras ópticas. Todo esto se encuentra recogido por un tubo rígido cuyo diámetro es unos milímetros superior al del sistema óptico, para así permitir cierto grado de flexibilidad

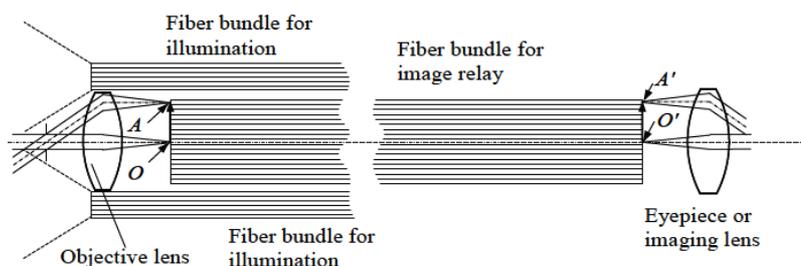
En estos endoscopios, tanto el vehículo óptico como el objetivo tienen que ser telecéntricos, pues esto va a permitir que sean intercambiables, y que los haces de luz que salen del objetivo entren en el vehículo con menos pérdidas y sin la necesidad de aumentar la apertura del vehículo óptico. El telecentrismo va a ayudar a prevenir cambios de aumento con el ángulo de observación y a controlar la distorsión en la imagen.

- **Endoscopio flexible o fibroscopio:** la transmisión de la imagen intermedia y la luz se realiza por medio de fibras de vidrio. La luz entra por un extremo de la fibra, se refleja internamente y se refracta hasta que es emitida por el otro extremo. La observación se realiza por un ocular al cual se le puede acoplar una cámara y hacer la observación desde un monitor.

La diferencia existente entre los endoscopios rígidos y flexibles es principalmente mecánica. Las lentes de varilla que habitualmente se utilizan en los endoscopios rígidos son sustituidas por miles de fibras de vidrio flexibles cuyo diámetro oscila entre 5 y 25 μm cada una, mientras que el haz total es de entre 0.2 y 3 mm, y puede llegar a una longitud de hasta 2 m. Además estas fibras son multimodo, es decir, pueden transmitir la luz mediante reflexiones de varios rayos que entren con trayectorias diferentes.

Las fibras ópticas que constituyen el endoscopio tienen dos funciones. Una de ellas es llevar la luz al espacio que se quiere observar, y la otra, transportar la imagen

hasta el ocular o la cámara. Por ello, las fibras se encuentran separadas en dos grupos. Las que transportan la luz al plano objeto se organizan de forma aleatoria, por lo que se le denomina conjunto "incoherente"; mientras que las que llevan la imagen, deben ordenarse de tal forma que la posición en un extremo corresponda con la posición en el extremo opuesto, pues cada una lleva una información concreta del objeto, es decir, transmiten la información de forma pixelada. A este conjunto se le denomina "coherente".



Sistema de fibras ópticas del endoscopio flexible Fig 4

Esta forma de transmitir la imagen hace que los endoscopios flexibles tengan una profundidad de campo menor que los endoscopios rígidos. Por otro lado, mientras que en los endoscopios rígidos el diseño del ocular puede corregir aberraciones residuales causadas por el objetivo y el vehículo óptico, en los flexibles no. Además, la resolución de la imagen depende del diámetro del haz de fibras.

Otra característica que los diferencia de los endoscopios rígidos es que, mientras que la longitud del endoscopio rígido no tiene ningún tipo de influencia, en el flexible va a determinar la curvatura de la articulación, y esto es importante para determinadas aplicaciones.

- **Videoscopio:** se prescinde de vehículo óptico y la imagen formada por el objetivo es recogida directamente por un sensor que puede ser un CCD o un CMOS.

Las imágenes que nos proporcionan los videoscopios tienen una resolución mayor que los endoscopios flexibles, pues los detectores están constituidos por un gran número de píxeles.

Con este tipo de endoscopio se consigue una menor invasión durante las cirugías, pues tiene un diámetro mucho más pequeño.

3 OBJETIVOS

El principal objetivo del presente trabajo es describir la evolución histórica de la endoscopia y evaluar el avance que supuso la introducción de la fibra de vidrio en la fabricación de endoscopios tras el descubrimiento de la fibra óptica, así como la revolución que supuso en el ámbito de la gastroenterología.

Además, expongo en el presente trabajo algunas de las aplicaciones actuales de la fibroscopia.

4 MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar este trabajo se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica de artículos científicos y estudios que describen como la introducción de la fibra de vidrio supuso un gran avance en la endoscopia, y muestran algunas de las aplicaciones novedosas o exclusivas de los fibroscopios. Para ello se ha realizado una búsqueda exhaustiva de estudios publicados en plataformas como PubMed, Google Scholar y Scielo, utilizando las palabras clave “glassfiber”, “fibroscope”, “endoscopy” y “optical fiber”, además de otras fuentes de información. Se incluyeron en la búsqueda artículos, estudios observacionales y experimentales, informes de evaluación y revisiones sistemáticas. Se llevó a cabo una lectura crítica de los artículos y documentos seleccionados, extrayendo la información más relevante y comparándola para sintetizarla en la revisión.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ENDOSCOPIA

Desde tiempos remotos, el hombre ha explorado todos los campos de la Medicina y la ciencia, pero la inquietud de investigar los órganos internos del cuerpo humano le trajo consigo uno de los mayores desafíos a la Medicina. ⁽¹³⁾

La idea de avanzar en el estudio del cuerpo humano y de las enfermedades para conseguir la cura de las mismas de forma más rápida, da lugar a la necesidad de un instrumento que sea lo menos invasivo posible, es decir, que permita visualizar el interior del cuerpo durante las intervenciones quirúrgicas dañando lo menos posible los tejidos del paciente para que el postoperatorio sea menos doloroso, haya menos posibilidades de infección y la cicatrización sea más rápida. ⁽¹²⁾

Esta filosofía nació en los años 460 a.C. en Grecia con Hipócrates, pues este defendía la idea de que cuanto menos se perturbe el cuerpo, más rápido se recuperará la salud, idea contraria a los métodos de cirugía abierta que se realizaban en aquel momento ⁽¹²⁾

El primer instrumento conocido que cumplía las condiciones básicas de visibilidad y accesibilidad fue fabricado en 1805 por el físico ítalo-germano Philip Bozzini y se conocía con el nombre de “Lichtleiter” o “conductor lumínico”, con el cual visualizó la uretra. Contaba con un sistema de lentes con espejos planos con los que transportar la imagen de la fuente de luz, que era una vela, a un área determinada. Además, introdujo también una lente que transportaba las imágenes de dicha área iluminada hacia el ojo. La adhesión de diferentes tubos metálicos con formas y tamaños diferentes, a los que se denomina espéculos, permitía llegar hasta las cavidades del cuerpo humano que se querían observar. ⁽¹²⁾

En 1843, un cirujano francés llamado Jean Desormeaux, mejora el sistema de iluminación de Bozzini, cambiando la vela por una mezcla de alcohol y aceite de trementina, a la que denominó lámpara de gasógeno. También introdujo lentes en el sistema óptico, con las que

conseguía proyectar la luz en un punto concreto y aumentar la claridad de la imagen. Este nuevo instrumento fue el primero al que se le denominó endoscopio. ⁽¹²⁾

En 1868, Adolph Kussmaul, basándose en la técnica de los tragasables, introdujo un largo y rígido espéculo dentro del estómago, y el componente proximal del tubo fue sujetado con una fuente de luz similar a la que utilizó Desormeaux, pero ésta no fue suficiente y no se pudieron distinguir los detalles adecuadamente. ⁽¹³⁾

Durante los siguientes años se fueron introduciendo mejoras tanto en el sistema de iluminación como en la amplificación de imágenes. Para entonces, la técnica de preparación, anestesia, posición, introducción y exploración iban, poco a poco, sistematizándose para lograr la seguridad y eficiencia requeridas. ⁽¹⁴⁾

El progreso endoscópico del siglo XIX vino de la mano de Von Mikulicz, pues en 1881 desarrolló un concepto unificado que abarcó los tres componentes críticos de un endoscopio: una fuente de luz eléctrica, un sistema óptico y el cuerpo tubular del endoscopio. ⁽¹³⁾

Hacia el primer tercio del siglo XX las limitaciones de la endoscopia eran las complicaciones propias de los instrumentos rígidos, la complejidad de la técnica y la exploración incompleta del estómago. El siguiente paso correspondió a Rudolph Schindler, que en 1932, basándose en el principio de Lang que demostraba que a través de una serie de lentes convexas se podían transmitir imágenes, propone construir el primer gastroscoPIO semiflexible. Se trataba de un instrumento con una porción rígida y cuya mitad distal era flexible, constituida por un tubo de goma, integrado por 31 lentes que transmitían la imagen a través de un arco de 34°. Con este aparato la endoscopia tuvo un enorme impulso porque alcanzó mayor seguridad, más facilidad en la técnica y mejor imagen. Schindler defendió la necesidad de la gastroscopia en la detección temprana de enfermedades gástricas, y se ganó el apodo de “el padre de la gastroscopia”. ^{(13) (14)}

En 1948, Edward Benedict aportó el conducto de operaciones y ya fue posible la toma de biopsias. Cameron hizo mejoras notables al lograr un ángulo de visión de 45°, buena iluminación, mayor flexibilidad y adecuada protección del sistema eléctrico. El endoscopio de Eder, de excelente manufactura, fue la conclusión de una época, pues el momento más esplendoroso estaba por llegar. ⁽¹⁴⁾

Todas estas mejoras ya suponían un gran avance, pero la rigidez de los instrumentos los hacía difíciles de maniobrar y los riesgos de perforación eran muy altos; por eso la historia a través del tiempo los separa en períodos: período del endoscopio rígido (1868-1932), del endoscopio semiflexible (1932-1957), del fibroscopio (1957-actualidad) y de la videoendoscopia (1983-actualidad). ⁽¹³⁾

5.2 DESCUBRIMIENTO DE LA FIBRA ÓPTICA E INTRODUCCIÓN DEL ENDOSCOPIO FLEXIBLE

La medicina moderna tuvo un enorme cambio, cuando, en la década de 1950, el uso de la tecnología de fibra óptica se convirtió en la base para un nuevo tipo de endoscopia y se abrió camino una tecnología que desde entonces se ha convertido en una parte estándar de la práctica médica en todo el mundo.

La fibra óptica fue uno de los grandes descubrimientos de la segunda mitad del siglo XX. Desde la antigüedad, la luz podía usarse para transmitir información, pero ésta viajaba por el espacio libre y sólo se había conseguido hacerla circular por un medio cerrado que fuese totalmente recto.

En 1952, el físico Narinder Singh Kapany junto con el profesor Hopkins, basándose en los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, consiguieron conducir un haz de luz a través de un conjunto de fibras de 75 cm de largo, y además, las pérdidas sufridas en la transmisión habían sido muy pequeñas. Hasta entonces, nadie había sido capaz de **transportar luz bajo un soporte físico que estuviese curvado**

Tras el éxito de Kapany y Hopkins con el desarrollo de estas primeras fibras ópticas experimentales, Hirschowitz, investigador de la Universidad de Michigan, visitó a los autores en Gran Bretaña y discutió la aplicación de la fibra óptica a la endoscopia.

Comenzó a trabajar en 1954 en el nuevo endoscopio, junto con dos miembros del departamento de física, Larry Curtis y C. Wilbur Peters, e idearon un método improvisado pero efectivo para extraer sus propias fibras de vidrio. A finales de 1956, habían logrado incorporar un paquete de fibra óptica en un gastroscopio. Hirschowitz se ofreció para ser la primera persona en ser examinado, y poco después usó el instrumento para examinar a un paciente.

En mayo de **1957**, Hirschowitz mostró su nuevo gastroscopio, al cual llamó fibroscopio, en la reunión anual de la American Gastroscopic Society en Colorado. Este fibroscopio comprendía un tubo de 11 mm de diámetro enteramente flexible, compuesto de 36 000 fibras de vidrio, provisto de una óptica lateral con un ángulo de visión de 34º, que transmitía la imagen por medio de un prisma y una lámpara eléctrica colocada detrás del mismo. En este fibroscopio, el haz de fibras de vidrio que transmite las imágenes ópticas, reemplazaba el tren de lentes empleado en los endoscopios convencionales, lo que los hacía ser rígidos o con una flexibilidad limitada.

Hirschowitz colaboró con ACMI (American Cystoscope Makers Inc.), una empresa neoyorquina que fabricaba equipos urológicos, para producir un instrumento que fuera práctico en el diagnóstico de enfermedades del duodeno. Finalmente, en octubre de 1960, Hirschowitz recibió el primer modelo de producción, y lo presentó en "The Lancet", afirmando que ya había llegado la etapa en la que el fibroscopio debía sustituir al gastroscopio convencional, pues lo declaró obsoleto en todos los aspectos. Además afirmó que gracias al fibroscopio había conseguido alcanzar el duodeno de muchos pacientes, y que no habría sido posible con la gastroscopia convencional. Este hecho era importante, pues el duodeno, siendo el sitio más común de úlcera péptica, se había convertido en una nueva área accesible. Así, los pilares del argumento de Hirschowitz a favor de su instrumento fueron la capacidad de acceder al duodeno, la facilidad del examen gracias a la flexibilidad, y la obtención de imágenes claras.

Aunque la capacidad de inspeccionar el duodeno directamente era una clara ventaja del fibroscopio, algunos de los gastroenterólogos no creían que el instrumento fuera útil para este propósito. Durante los años siguientes ésta fue la opinión que dominó en la Clínica Mayo, donde el fibroscopio se había usado con regularidad desde 1960. Además, muchos de los médicos compartían la idea de que la excesiva flexibilidad del instrumento dificultaba

la maniobra, y en algunos casos resultó ser peligrosa, causando lesión esofágica después de que el instrumento se enrollara en la faringe del paciente, o perforación gastrointestinal.

Por ello, se puso en duda la seguridad de esta nueva herramienta, y se afirmó que su uso no estaba exento de riesgos, hecho que arrojó dudas sobre el optimismo de Hirschowitz. Además, también se criticó la calidad de la imagen del fibroscopio, a menudo haciendo comparaciones explícitas con el gastroscopio convencional, achacando problemas para mantener el enfoque con precisión. Muchos profesionales se mantuvieron comprometidos con el uso del gastroscopio óptico a pesar de que el nuevo instrumento representaba un gran avance, probablemente porque estaban acostumbrados a un estilo de práctica establecido y no veían necesario una nueva herramienta llamativa en su práctica clínica.

Cinco años después de su introducción, el fibroscopio continuó siendo un tema de intenso debate. Se realizaron varios estudios comparativos en los que los autores concluyeron que los hechos hasta la fecha no indicaban superioridad diagnóstica del fibroscopio con respecto al convencional, e incluso se le asoció con tasas de morbilidad y mortalidad más altas que el gastroscopio estándar. Hoy podríamos considerar que estos estudios retrospectivos no estaban bien controlados, teniendo muchos defectos metodológicos que debilitan la validez de sus conclusiones. Sin embargo, estos estudios supusieron notables esfuerzos para evaluar sistemáticamente el rendimiento del fibroscopio en comparación con el de un estándar de referencia y fueron tomadas en serio por los clínicos del momento.

Sin embargo, desde mediados hasta finales de la década de 1960 se produjo un ascenso gradual de endoscopia con fibra óptica y una disminución concomitante de la gastroscopia convencional. Publicaciones contemporáneas reflejan la creciente familiaridad de los endoscopistas con el fibroscopio, que se utilizaba cada vez más en instituciones a través del país. En la Universidad de Alabama, los gastroenterólogos utilizaron exclusivamente el fibroscopio para la gastroscopia desde 1961 en adelante.

A su vez, se produjo una expansión en la producción, venta y sofisticación de los instrumentos de fibra óptica. La adición de puntas y canales desviables para herramientas de aire, agua, succión y biopsia le dio a los usuarios un mayor control sobre el instrumento. En 1966, los cambios en el diseño de los instrumentos permitieron el uso de fibroscopios para examinar partes del tracto gastrointestinal inferior, incluyendo recto y colon.

En los estados unidos Estados, la expansión de la enseñanza médica contribuyó a la propagación del fibroscopio, creando una nueva generación de gastroenterólogos que favorecieron la fibra óptica.

Los estudios realizados hasta bien entrada la segunda mitad de los años sesenta fracasaron en la demostración de una clara ventaja diagnóstica para el fibroscopio; sin embargo, la comodidad del paciente se hizo más prominente en la evaluación del instrumento. Un margen de error de diagnóstico era aceptable si significaba una mayor comodidad para el paciente.

A fines de la década de 1960, la confianza en el gastroscopio convencional se erosionó y sus defensores eran claramente una minoría. El fibroscopio ha demostrado ser una innovación duradera y sigue siendo el instrumento de elección para el examen endoscópico. ⁽¹³⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾

5.3 EJEMPLOS DE APLICACIONES ACTUALES DE LA FIBROSCOPIA

La endoscopia en la actualidad tiene aplicaciones tanto diagnósticas como terapéuticas: (18)(19)

- Detección y prevención del cáncer. Por ejemplo, la colonoscopia para detectar el cáncer colorrectal. Durante una colonoscopia, su médico puede extirpar formaciones denominadas pólipos que pueden convertirse en cáncer.
- Diagnóstico de enfermedades o detección de la causa de los síntomas. El tipo de endoscopia depende de la parte del cuerpo que se necesita examinar. Las más comunes son broncoscopia, colonoscopia, gastroscopia, citoscopia o laparoscopia (a través de una pequeña incisión en el abdomen)
- Toma de muestras de tejidos anormales
- Extirpación de tumores
- Detención de sangrados
- Extracción de cuerpos extraños
- Administración de tratamiento.

La mayoría de estos procedimientos pueden ser ejecutados con un endoscopio flexible o con uno rígido. La anestesia local generalmente se usa para los endoscopios flexibles, mientras que los endoscopios rígidos a menudo requieren anestesia general.

En este apartado he querido destacar alguna de las aplicaciones actuales en las que el uso de fibroscopios prima sobre los endoscopios rígidos.

BRONCOFIBROSCOPIA

La aplicación a la medicina de la fibra óptica ha supuesto un considerable avance en la endoscopia bronquial. De los antiguos broncoscopios rígidos se ha pasado a los actuales broncofibroscopios flexibles (BFF) de 5 mm de diámetro y 55 cm de longitud, totalmente flexibles y fáciles de manejar, canal de 2 mm de diámetro para aspiración y para la introducción del cepillo de citología o de las pinzas de biopsia.

La BFF tiene las mismas indicaciones que la rígida, pero supera al método clásico por varias razones. No precisa, salvo contadas excepciones, de anestesia general, lo que permite realizar la exploración de forma ambulatoria; hay una gran tolerancia por parte del enfermo y un bajo índice de complicaciones instrumentales, y además, permite acceder a segmentos distales del árbol bronquial, sobre todo a los lóbulos superiores, que antes eran inaccesibles.

Las indicaciones actuales de la broncofibroscopia comprenden, por un lado, estudios diagnósticos (sospecha de lesión bronquial en tosedores crónicos o citología anormal de esputo, biopsia o cepillado de lesión periférica) y por otro, maniobras terapéuticas (aspirado bronquial de secreciones retenidas o extracción de cuerpos extraños cuando son poco accesibles para el broncoscopio rígido)

Otras: valoración endoscópica del paciente en estado crítico, vigilancia de la permeabilidad y posición de la sonda endotraqueal, así como del daño a la mucosa, para evitar posibles complicaciones, como la estenosis traqueal por intubación prolongada.

Aunque el BFF reúne unas condiciones de rendimiento y seguridad que le hacen muy superior al aparato rígido, es aconsejable que cada endoscopista utilice el aparato con el que esté más familiarizado. (20)(21)

INTUBACIÓN FIBROSCÓPICA

Cuando está indicada la intubación endotraqueal, la intubación fibroscópica es la técnica de elección para asegurar la vía aérea en presencia de una vía aérea difícil conocida o sospechada⁽²²⁾

CIRUGÍA ENDOSCÓPICA TRANSLUMINAL A TRAVÉS DE ORIFICIOS NATURALES (NOTES)

La cirugía convencional por laparotomía, en la que se realiza una incisión amplia en el abdomen, se ha sustituido en gran parte por la cirugía laparoscópica, otro tipo de abordaje abdominal que utiliza "pequeñas incisiones u orificios" a través de los cuales se introducen trócares y laparoscopios, que han revolucionado la cirugía abdominal y digestiva. Esta última presenta menor uso de analgésicos menor tiempo de internación, una pronta recuperación a tareas habituales

A raíz de esta cirugía mínimamente invasiva, actualmente está surgiendo una nueva cirugía endoscópica transluminal aprovechando los orificios naturales (NOTES) con la idea de que no existan cicatrices ni complicaciones debidas a ellas (dolor, herniación e infección) en el abdomen (cirugía más estética)

Esta nueva técnica se fundamenta en la posibilidad de realizar técnicas quirúrgicas intraperitoneales mediante la entrada del endoscopio a través de orificios naturales externos (boca, ano, vagina, y uretra). Así, se pueden visualizar distintas cavidades y producir mediante incisiones y suturas, agujeros u orificios internos que permitan el acceso a la cavidad peritoneal libre y a distintas vísceras, como vesícula biliar, bazo, hígado y genitales internos femeninos. Es aquí donde se practica la cirugía. También podrían cerrarse perforaciones intestinales y gástricas.

El material que se utiliza en este tipo de cirugía son video-endoscopios especiales flexibles de 120 cm de longitud, de alta resolución, con varios canales de trabajo y suficientemente anchos, que alcanzan la cavidad abdominal.

Estas intervenciones se practican fundamentalmente por vía transgástrica, transcolónica, y transvaginal, y así se ha llegado a realizar la primera colecistectomía transvaginal en humanos (Operación ANUBIS), aunque los primeros casos de apendicectomía transgástrica en humanos se realizaron por Rao y Reddy (no publicados) en la India, en el año 2004.

Se debe continuar la investigación en animales, y aunque en la actualidad todavía no se pueden establecer con total seguridad ni las posibles aplicaciones futuras, ni se pueden constatar las posibles ventajas respecto a la aparición de nuevas complicaciones, como podrían ser la apertura de vísceras huecas con riesgo de peritonitis o fallo en la sutura, sí que está claro que NOTES representa un avance potencial para conseguir "una cirugía endoscópica sin cicatrices, sin infecciones, con mínimos requerimientos de anestesia y una inmediata recuperación."⁽²³⁾⁽²⁴⁾

CIRUGÍA DE PUERTO ÚNICO O DE ÚNICA INCISIÓN

Se trata de una posible futura aplicación de la fibroscopía, pues es una nueva vía de que ha surgido para mejorar y reducir la instrumentación laparoscópica. Se fundamenta en emplear una única puerta de entrada al abdomen, siendo el abordaje transumbilical el más popular. La cirugía transumbilical está ganando partidarios y se está aplicando de manera inicial para

diversos procedimientos, sobre todo colecistectomía y apendicectomía. Muchos autores apoyan el uso de varios trócares con entrada única en el ombligo, pero esto genera un mayor traumatismo a la pared abdominal que la laparoscopia convencional, por lo que en el futuro el desarrollo más adecuado podría venir por el uso de la cirugía endoscópica con el instrumental flexible también a través del ombligo. El uso del endoscopio hace que se disponga de dos canales de trabajo, la luz y la cámara en el interior del abdomen con una sola entrada parietal. El abordaje transumbilical no presenta la limitación al sexo femenino que presenta el transvaginal, por lo que tiene un futuro prometedor. ⁽²³⁾

ENDOSCOPIA DIGESTIVA EN INGESTIÓN DE CAÚSTICOS

La endoscopia digestiva como procedimiento diagnóstico ha alcanzado un puesto privilegiado en la gastroenterología moderna gracias a los equipos de fibra de vidrio. La fibroscopia ha demostrado un claro beneficio como procedimiento de urgencia en el diagnóstico de hemorragias digestivas altas, y también como medio para la remoción de cuerpos extraños esófago-gástricos.

Pero además, actualmente esta fibroscopia digestiva presenta un campo de acción amplio y prometedor como procedimiento de emergencia en el estudio de pacientes que han sufrido lesiones del tubo digestivo superior por ingestión de cáusticos o corrosivos ya sea accidental o intencionalmente.

Con la fibroscopia es posible en una sola sesión explorar el esófago, estómago y duodeno y por tanto, valorar de forma más concreta la extensión y gravedad de la lesión, pudiendo conocer el grado de quemadura y sus localizaciones de una forma más inmediata y con menos riesgos para el paciente.

La urgencia para esta exploración endoscópica puede ser inmediata o diferida algunos días, dependiendo de la clase, cantidad y poder corrosivo de la sustancia ingerida.

Los álcalis y ácidos fuertes, como la soda y potasa cáusticas, ácidos clorhídrico y sulfhídrico, son los que producen la máxima acción corrosiva, actuando los primeros especialmente en el esófago, y los segundos en el estómago. En estos casos se necesitan mayores precauciones por el peligro de perforación instrumental, ya que durante la primera semana la necrosis e inflamación aguda llegan a su máximo. Cuando se trata de sustancias menos agresivas o la cantidad ingerida no es muy abundante, esta fibroscopia puede y debe practicarse con mayor precocidad.

Esta exploración permite hacer una idea sobre las posibles secuelas esófago-gástricas para poder tomar la conducta terapéutica más adecuada. Permite así mismo seguir la evolución de las lesiones producidas por los corrosivos hasta su cicatrización total, pudiendo comprobar por ejemplo, formación de cicatrices antrales, estenosis residuales, mantener o modificar el criterio pronóstico inicial y planear las sesiones de dilataciones del esófago. Y además comprobar la efectividad del tratamiento prescrito, determinando en muchos casos la duración del uso de esteroides.

La fibroscopia por tanto permite explorar estos enfermos con más prontitud, mayor seguridad y menos riesgos, informando hasta dónde ha llegado la acción del corrosivo, y dando además de este criterio diagnóstico, una orientación pronóstica y terapéutica ⁽²⁵⁾

6 CONCLUSIONES

En la actualidad, las técnicas con los endoscopios flexibles son utilizadas por muchos especialistas médicos y quirúrgicos, para el tratamiento de enfermedades de las cavidades orgánicas, que antes eran inaccesibles a menos que se realizaran incisiones quirúrgicas amplias.

Hacia el primer tercio del siglo XX las limitaciones de la endoscopia eran las complicaciones propias de los instrumentos rígidos, la complejidad de la técnica y la exploración incompleta del estómago. La rigidez de los instrumentos los hacía difíciles de maniobrar y los riesgos de perforación eran muy altos. Es por ello que el desarrollo del fibroscopio tras el descubrimiento de la fibra óptica en la segunda mitad del siglo XX supuso una revolución en la gastroenterología. Las principales ventajas que aportó el fibroscopio fueron la obtención de imágenes claras, la capacidad de acceder al duodeno y la facilidad del examen gracias a su flexibilidad. Además, los cambios en el diseño de este instrumento permitieron el uso de fibroscopios para examinar partes del tracto gastrointestinal inferior, incluyendo recto y colon.

A pesar de que el nuevo instrumento representaba un gran avance, muchos profesionales se mantuvieron comprometidos con el uso del gastroscopio óptico, y mostraron notables esfuerzos para evaluar sistemáticamente el rendimiento del fibroscopio en comparación con el endoscopio rígido.

Sin embargo, desde mediados hasta finales de la década de 1960 se produjo un ascenso gradual de endoscopia con fibra óptica y una disminución concomitante de la gastroscopia convencional.

Con todo ello, el fibroscopio ha demostrado ser una innovación duradera y sigue siendo el instrumento de elección para el examen endoscópico, tanto diagnóstico como terapéutico.

7 BIBLIOGRAFÍA

- (1) Tecnologiadelosplasticos.blogspot.com. (2019). *Fibra de vidrio*. [online] Available at: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>
- (2) Fibras-sinteticas-y-artificial.webnode.mx (2019). *Fibras sintéticas y artificiales*. [online] Available at: <https://fibras-sinteticas-y-artificial.webnode.mx/news/historia-de-la-fibra-de-vidrio/>
- (3) Arkiplus. (2019). *Historia de la fibra de vidrio* | Arkiplus. [online] Available at: <https://www.arkiplus.com/historia-de-la-fibra-de-vidrio/>
- (4) Scribd. (2019). *Estructura Química Fibra de Vidrio*. [online] Available at: https://es.scribd.com/document/248918376/Estructura-Quimica-Fibra-deVidrio?doc_id=248918376&download=true&order=456821261
- (5) Maquinariapro.com (2019) *Fibra de vidrio*. [online] Available at: <https://www.maquinariapro.com/materiales/fibra-de-vidrio.html>

- (6) Webscolar. (2019). *Clasificación de la fibra de vidrio*. [online] Available at: <http://www.webscolar.com/clasificacion-de-la-fibra-de-vidrio>
- (7) abcpedia.com (2019) *¿Cómo se trabaja la fibra de vidrio?* [online] Available at: <https://www.abcpedia.com/construccion-y-materiales/fibra-de-vidrio>
- (8) Atescom.es (2019) *Fibra de vidrio: propiedades y aplicaciones*. [online] Available at: <https://www.atescom.es/fibra-vidrio-propiedades-aplicaciones/>
- (9) UNI-HER Blog. (2019). ▷ *Qué es la Fibra de Vidrio y Cuáles son sus Características*. [online] Available at: <https://www.uni-her.com/blog/caracteristicas-fibra-de-vidrio/>
- (10) Es.slideshare.net. (2019). *Nuevos materiales en la construcción*. [online] Available at: <https://es.slideshare.net/archieg/nuevos-materiales-en-la-construccion>
- (11) Sedici.unlp.edu.ar (2019) *Manual de endoscopia*. [online] Available at: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62836/Documento_completo.pdf?sequence=1#page=8
- (12) Ellison, Sarah *The Historical Evolution of Endoscopy*. [ed.] Honors Theses. 2015, Vol. 2571.
- (13) Yoan Gabriel Rodriguez, Reynier Martinez, Arlenis Labañino. Desarrollo histórico de la endoscopia gastrointestinal. 16deabril. [Internet]. 2019 <http://www.16deabril.sld.cu/rev/248/historia.html>
- (14) Amegendoscopia.org.mx (2019) *Historia de la endoscopia*. [online] Available at: <https://www.amegendoscopia.org.mx/index.php/acerca/historia/145-historia-de-la-endoscopia>
- (15) Campbell IS, Howell JD, Evans HH. (2019) Basil Hirschowitz and the Birth of Fiberoptic Endoscopy. - PubMed - NCBI. [online] Ncbi.nlm.nih.gov. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27479222>
- (16) Blogthinkbig.com (2019). *Fibra óptica: la historia de sus orígenes*. [online] Available at: <https://blogthinkbig.com/fibra-optica-origen>

- (17) artsci.case.edu (2019) Hirschowitz fiberoptic Endoscope, 1960. [online] Available at: <https://artsci.case.edu/dittrick/online-exhibits/explore-the-artifacts/hirschowitz-fiberoptic-endoscope-1960/>
- (18) Cancer.net (2019) *Tipos de endoscopia*. [online] Available at: <https://www.cancer.net/es/desplazarse-por-atenci%C3%B3n-del-c%C3%A1ncer/diagn%C3%B3stico-de-c%C3%A1ncer/pruebas-y-procedimientos/tipos-de-endoscopia>
- (19) Medlineplus.gov (2019) Endoscopia. [online] Available at: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003338.htm>
- (20) J.A. Ramirez, A. Gutierrez del Olmo, J. Armengol, F. de los Rios. Fibroendoscopia bronquial: introducción a la técnica. ScienceDirect [Internet]. 2019. 13(4):179-181. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300289615326569>
- (21) Federico C. Rohde, Luis E. Pineda, Francisco García-Rojas. Broncofibroscopía. Indicaciones diagnósticas. Análisis de 500 casos. Anmm.org.mx [Internet]. 2019. 116: 447-452. Disponible en: https://www.anmm.org.mx/bgmm/1864_2007/1980%20v116%20n10%20%5B447-452%5D.pdf
- (22) Schenk A, Markus CK, Kranke P: Awake fiberoptic intubation - gold standard for the anticipated difficult airway. Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2014; 49: 92-9
- (23) José F. Noguera, Carlos Moreno Sanz, Angel Cuadrado García. Historia y situación actual de la cirugía endoscópica por orificios naturales en nuestro país. Elsevier. [Internet]. 2019. 88(4): 209-282. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-espanola-36-articulo-notes-historia-situacion-actual-cirugia-S0009739X10001934>
- (24) M. J. Varas Lorenzo, J. C. Espinós Pérez y M. Bardají Bofill. Cirugía endoscópica transluminal por orificios naturales (NOTES). Rev.esp.enferm.dig [Internet]. 2019 101(4) Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-01082009000400006
- (25) Endoscopia de urgencia en ingestión de causticos | SpringerLink [Internet]. [citado 7 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02974290>